

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

## راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح‌های راهسازی

معاونت امور فنی  
دفتر نظارت و ارزیابی طرح‌ها





بسمه تعالی

ریاست جمهوری  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
رییس سازمان

شماره: ۱۰۰/۵۸۱۶۷	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور
تاریخ: ۱۳۸۶/۰۴/۲۷	

موضوع: راهنمای تهیه گزارش توجیهی طرح‌های راهسازی

به استناد ماده (۳۳) قانون برنامه و بودجه، آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۰۴/۲۰ هیأت وزیران) و آیین‌نامه اجرایی ماده (۳۲) قانون برنامه چهارم (موضوع تصویب‌نامه شماره ۲۸۴۸۲/ت/۳۲۸۲۵ هـ مورخ ۱۳۸۴/۰۵/۱۰ هیأت وزیران)، به پیوست راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح‌های راهسازی از نوع گروه سوم برای اجرا ابلاغ می‌شود.

امیر منصور برقی

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

انگیزنده

## پیشگفتار

گزارش توجیه طرح، ابزار بنیادی و مهمی برای تصمیم‌گیری است. هدف آن است که منابع محدود کشور به بهترین شیوه، برای تحقق هدف‌های تعیین شده در برنامه عمرانی، تخصیص یابد. از این رو، قانون برنامه و بودجه و قوانین برنامه دوم، سوم و چهارم عمرانی کشور، تصویب و اجرای طرح‌های عمرانی را موکول به انجام مطالعات توجیه فنی و اقتصادی یا اجتماعی کرده است. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در سال ۱۳۸۰، به منظور ساماندهی به شیوه مطالعه و تهیه گزارش توجیه طرح و نیز شفاف سازی چگونگی تصمیم‌گیری درباره طرح‌های عمرانی، «راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح» را به عنوان چارچوب عمومی مطالعه، سنجش و گزینش طرح‌های عمرانی، تهیه و به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و واحدهای خدمات مدیریت طرح ابلاغ کرد.

در پی انتشار راهنمای یادشده، این نیاز احساس شد که برای هر یک از زیربخش‌های مختلف اقتصادی نیز راهنمای ویژه‌ای تدوین شود. با توجه به سهم عمده زیربخش راه در برنامه چهارم عمرانی کشور، نخستین راهنما، در قالب چارچوب عمومی پیشگفته، برای این زیربخش تهیه شده است. مخاطبان این راهنما مهندسان مشاور، دستگاه اجرایی و مدیریت‌های سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور هستند. از این راهنما می‌توان برای چگونگی مطالعه و مقایسه هزینه و فایده ساخت راه جدید، بهسازی و نیز تعمیر اساسی راه موجود و ارائه گزارش توجیه آن استفاده کرد. در این راهنما به ترتیب درباره ارتباط طرح راهسازی با برنامه عملیاتی حمل و نقل و برنامه عمرانی پنجساله، دلایل و شرایط تفاوت میان قیمت‌های مالی با قیمت‌های اقتصادی، نحوه گردآوری و بررسی و تحلیل آمار و اطلاعات و داده‌های مربوط به ترافیک گذشته و کنونی و روش پیش‌بینی و برآورد ترافیک دوره عمر طرح و مشخص کردن نیاز یا عدم نیاز به طرح، چگونگی برآورد هزینه‌های ساخت، تعمیر و نگهداری گزینه‌های مطروحه، چرایی استفاده از تحلیل اقتصادی، تصحیح اقلام مالی، شناسایی فایده طرح، تعیین قیمت‌های اقتصادی و پیامدهای زیست محیطی طرح توضیح داده شده است و سرانجام، درباره ارزشیابی اقتصادی و معیار سنجش و گزینش طرح و شیوه کاربرد آنها و نیز درباره آزمون حساسیت طرح نسبت به تغییر احتمالی برآوردها، سخن گفته شده است.

در پایان از مهندسان مشاور آوند طرح مجری این مطالعه و جناب آقای فریرز پاکزاد همکار محقق مشاور که مسئولیت پژوهش و نوشتن راهنما را عهده‌دار بوده است، و همچنین آقای

سید مصطفی حسینی رئیس گروه، آقای مهندس حمیدرضا دهکردی مقدم معاون و آقای مهندس محمد علی مجیدی مدیرکل دفتر نظارت و ارزیابی طرح‌ها که در بررسی، شکل‌گیری، تدوین و انتشار این راهنما مشارکت داشته‌اند، سپاسگزار می‌شود.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۶

بسمه تعالی

فهرست مطالب

پیشگفتار.....الف

فصل اول: طرح عمرانی، برنامه عملیاتی، برنامه عمرانی

مقدمه .....	۱
۱. نقش حمل و نقل در اقتصاد.....	۲
۲. تعریف برنامه عملیاتی حمل و نقل.....	۳
۳. گستره برنامه عملیاتی حمل و نقل.....	۵
۴. هدف‌های برنامه عملیاتی حمل و نقل.....	۶
۵. بررسی امکانات کنونی حمل و نقل.....	۸
۵. ۱. بررسی وضع فیزیکی کنونی حمل و نقل.....	۹
۵. ۱. ۱. حمل و نقل ریلی.....	۹
۵. ۱. ۲. حمل و نقل دریایی.....	۹
۵. ۱. ۳. حمل و نقل هوایی.....	۱۰
۵. ۱. ۴. حمل و نقل جاده‌ای.....	۱۰
۵. ۱. ۵. جریان ترافیک.....	۱۱
۵. ۱. ۶. گردآوری اطلاعات درباره هزینه‌های حمل و نقل.....	۱۲
۶. پیش‌بینی ترافیک و توزیع آن بین شیوه‌های مختلف حمل و نقل.....	۱۳
۶. ۱. میزان تولید و شمار جمعیت.....	۱۳
۶. ۲. برآورد ترافیک حاصل از تولید و مصرف.....	۱۵
۶. ۳. توزیع ترافیک میان وسایل مختلف حمل و نقل.....	۱۵
۷. بررسی سیاست‌ها و عملیات حمل و نقل.....	۱۷
۷. ۱. سیاست‌های حمل و نقل.....	۱۷
۷. ۱. ۱. سیاست سنجش و گزینش سرمایه‌گذاری‌های جدید.....	۱۷

۱۸	۷. ۱. ۲. سیاست تعیین تعرفه.....
۱۸	۷. ۱. ۳. سیاست تعیین عوارض.....
۱۸	۷. ۱. ۴. سیاست تدوین مقررات.....
۱۸	۷. ۱. ۵. سایر سیاست‌ها.....
۱۹	۷. ۲. بررسی عملیات حمل و نقل.....
۲۱	۸. برنامه عملیاتی سرمایه‌گذاری.....
۲۳	۸. ۱. طرح‌های افزایش ظرفیت.....
۲۳	۸. ۲. طرح‌های جایگزینی تأسیسات و تجهیزات فرسوده.....
۲۴	۸. ۳. طرح‌های بهسازی تأسیسات و تجهیزات موجود.....
۲۵	۸. ۴. تعیین اولویت.....
۲۵	۸. ۴. ۱. تحلیل فنی.....
۲۶	۸. ۴. ۲. تحلیل مالی.....
۲۶	۸. ۴. ۳. تحلیل اقتصادی.....
۲۷	۸. ۴. ۴. استفاده از تحلیل‌های مالی و اقتصادی.....
۲۷	۸. ۵. مراحل مطالعه طرح‌های حمل و نقل.....
۲۸	۸. ۵. ۱. مطالعه شناسایی طرح.....
۲۸	۸. ۵. ۲. مطالعه توجیه مقدماتی فنی، مالی و اقتصادی.....
۲۹	۸. ۵. ۳. مطالعات اختصاصی.....
۳۰	۸. ۵. ۴. مطالعه توجیه نهایی فنی، مالی و اقتصادی.....
۳۰	۸. ۶. مطالعه طراحی تفصیلی طرح.....
۳۱	۸. ۷. ایجاد هماهنگی.....
۳۳	۸. ۸. نظارت و ارزشیابی.....

## فصل دوم: قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی

۳۵	مقدمه.....
۳۶	۱. کارایی اقتصادی.....
۳۶	۱. ۱. کارایی ایستا اقتصادی.....
۳۶	۱. ۱. ۱. کارایی تخصیص منابع.....

۳۸	..... ۱. ۱. ۲. کارآیی تولید
۳۹	..... ۱. ۲. کارآیی پویای اقتصادی
۴۰	..... ۲. کاستی بازار و نقش دولت
۴۱	..... ۱. ۲. شرایط رقابت کامل
۴۲	..... ۲. ۲. نظریه کاستی بازار
۴۵	..... ۱. ۲. ۲. انحصارهای طبیعی
۴۷	..... ۲. ۲. ۲. هزینه و فایده بیرونی
۴۷	..... ۲. ۲. ۳. کالاهای عمومی و شبه عمومی
۴۹	..... ۳. کاستی دولت و نیاز به قیمت‌های اقتصادی
۴۹	..... ۱. ۳. تحریف‌های مرزی
۵۰	..... ۲. ۳. تحریف‌های داخلی
۵۱	..... ۳. ۳. کالاهای بایسته و نابایسته
۵۲	..... ۴. شرایط تطابق قیمت مالی با قیمت اقتصادی

### فصل سوم: پیش‌بینی ترافیک (بررسی نیاز)

۵۵	..... مقدمه
۵۵	..... ۱. ویژگی‌های اقتصادی بخش حمل و نقل
۵۹	..... ۲. بررسی وضع و تقاضای کنونی حمل و نقل
۵۹	..... ۱. ۲. تعیین هدف و مقصود طرح راهسازی
۵۹	..... ۲. ۲. تعیین محدوده جغرافیایی مطالعه
۶۱	..... ۳. برقراری روابط کمی میان حمل و نقل و کاربری زمین و فعالیت‌های اقتصادی
۶۱	..... ۱. ۳. مبدأ و مقصد سفر
۶۲	..... ۲. ۳. تولید سفر
۶۲	..... ۳. ۳. توزیع سفر
۶۴	..... ۴. تخصیص ترافیک
۶۶	..... ۵. تغییرهای زمانی جریان ترافیک
۷۰	..... ۶. عوامل مؤثر بر سرعت خودرو در جاده
۷۰	..... ۱. ۶. ارتباط سرعت و راننده



۷۱	۲.۶. ارتباط سرعت با وضع خودرو.....
۷۲	۳.۶. ارتباط سرعت با شرایط جاده.....
۷۵	۴.۶. ارتباط سرعت با محیط ناظر بر ترافیک.....
۷۶	۷. بررسی سرعت مدت سفر و فوت وقت (تأخیر).....
۷۶	۱.۷. میانگین سرعت زمانی و میانگین سرعت مکانی.....
۷۹	۲.۷. میانگین سرعت سفر و میانگین سرعت رانندگی.....
۸۰	۳.۷. سرعت عملیاتی و سرعت‌های صدک.....
۸۰	۴.۷. روش‌های اندازه‌گیری سرعت مکانی.....
۸۱	۵.۷. موارد کاربرد مطالعه سرعت، مدت سفر و فوت وقت (تأخیر).....
۸۲	۸. تراکم.....
۸۳	۹. سرعت عملیاتی آزاد.....
۸۶	۱۰. ویژگی‌های جریان ترافیک ناگسیخته (بدون وقفه).....
۸۸	۱۱. تحلیل ظرفیت و ترافیک.....
۹۰	۱.۱۱. تعریف ظرفیت.....
۹۱	۲.۱۱. مفهوم سطح خدمت.....
۹۶	۱۲. نسبت حجم یا نرخ جریان ترافیک به ظرفیت و کاربرد آن.....
۹۸	۱۳. چکیده چگونگی پیش‌بینی ترافیک.....

## فصل چهارم: بررسی فنی و تعیین گزینه‌های طرح

۱۰۳	مقدمه.....
۱۰۴	۱. مفهوم گزینه‌های مختلف.....
۱۰۷	۲. مسئولیت مهندسان مشاور یا مؤلفان طرح.....
۱۰۹	۳. مشخص کردن نوع طرح.....
۱۰۹	۱.۳. تکافوی راه کنونی.....
۱۱۰	۲.۳. تعمیر اساسی راه.....
۱۱۰	۳.۳. بهسازی راه.....
۱۱۰	۴.۳. ساخت راه جدید.....
۱۱۱	۱.۴.۳. ساخت راه جدید برای کوتاه کردن مسیر.....

۱۱۱	.....	۳.۴.۲. ساخت راه دسترسی
۱۱۱	.....	۳.۴.۳. ساخت راه‌هایی که بخشی از طرح‌های بزرگتر است
۱۱۱	.....	۴. طبقه‌بندی و درجه‌بندی راه و ظرفیت آنها
۱۱۲	.....	۴. ۱. طبقه‌بندی راه‌ها
۱۱۳	.....	۴. ۲. درجه‌بندی راه‌ها
۱۱۴	.....	۴. ۳. خودروی مبنای طراحی هندسی راه
۱۱۵	.....	۴. ۴. سرعت مبنای طراحی هندسی راه
۱۱۶	.....	۴. ۵. ظرفیت انواع راه‌ها
۱۱۷	.....	۴. ۵. ۱. ظرفیت آزادراه
۱۱۸	.....	۴. ۵. ۲. ظرفیت راه‌های اصلی چندخطه
۱۲۰	.....	۴. ۵. ۳. ظرفیت راه‌های دوخطه
۱۲۶	.....	۵. مسیریابی
۱۲۷	.....	۵. ۱. توجه به منظرآرایی
۱۲۸	.....	۵. ۲. در نظر گرفتن ساخت مرحله‌ای راه
۱۲۸	.....	۵. ۲. ۱. مطالعه مسیر با بررسی امکان اتصال آن به راه‌های موجود
۱۲۹	.....	۵. ۲. ۲. مطالعه مسیر با امکان توسعه خط‌های عبور
.....	.....	۶. طراحی هندسی راه
		۱۲۹
۱۳۰	.....	۷. روسازی راه
۱۳۱	.....	۷. ۱. بستر روسازی راه
۱۳۲	.....	۷. ۲. زیراساس
۱۳۳	.....	۷. ۳. اساس
۱۳۴	.....	۷. ۴. رویه راه
۱۳۵	.....	۷. ۴. ۱. آسفالت حفاظتی
۱۳۶	.....	۷. ۴. ۲. آسفالت سرد
۱۳۷	.....	۷. ۴. ۳. آسفالت گرم
۱۳۸	.....	۷. ۵. انواع روسازی
۱۳۹	.....	۷. ۵. ۱. روسازی سخت



۱۳۹	.....	۷. ۵. ۳. روسازی مختلط
۱۴۰	.....	۸. تعیین گزینه وضعیت پایه
۱۴۱	.....	۹. تعیین دوره بررسی
۱۴۳	.....	۱۰. محدوده طرح
۱۴۶	.....	۱۱. زمان بندی اجرای طرح
۱۴۶	.....	۱۲. برآورد حجم کار
۱۴۷	.....	۱. ۱۲. برآورد حجم عملیات پاکسازی و آماده سازی زمین
۱۴۸	.....	۱. ۱. ۱۲. راه جدید
۱۴۸	.....	۱. ۲. ۱۲. تعریض راه موجود
۱۵۰	.....	۲. ۱۲. برآورد حجم عملیات خاکی
۱۵۰	.....	۱. ۲. ۱۲. ساخت راه جدید (مسیر موجود یا مسیر جدید)
۱۵۰	.....	۲. ۲. ۱۲. تعریض راه موجود
۱۵۱	.....	۳. ۱۲. برآورد مقادیر عملیات زهکشی
۱۵۱	.....	۱. ۳. ۱۲. ساخت راه جدید (مسیر موجود یا مسیر جدید)
۱۵۲	.....	۲. ۳. ۱۲. تعریض راه
۱۵۳	.....	۴. ۱۲. برآورد کل سطح عرشه پل ها

## فصل پنجم: برآورد هزینه های مالی گزینه های طرح

۱۵۵	.....	مقدمه
۱۵۵	.....	۱. برآورد هزینه های سرمایه گذاری
۱۵۶	.....	۱. ۱. برآورد هزینه کلی
۱۵۷	.....	۲. ۱. برآورد بر پایه هزینه یک واحد از ارکان راه
۱۵۸	.....	۳. ۱. برآورد بر پایه هزینه عملیات
۱۵۹	.....	۱. ۳. ۱. هزینه های مستقیم عملیات
.....	.....	۱. ۳. ۲. هزینه های غیرمستقیم
.....	.....	۱۶۲
.....	.....	۱. ۴. برآورد هزینه مطالعات
.....	.....	۱۶۶

۱. ۵. هزینه تملیک زمین و پرداخت خسارت..... ۱۶۶

۱. ۶. هزینه برپایی و برچیدن کارگاه..... ۱۶۶

۱۶۶	۱. ۶. ۱. حمل و نقل ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار.....
۱۶۷	۱. ۶. ۲. حمل و نقل روزانه کارگران.....
۱۶۸	۱. ۶. ۳. برپایی انبارهای موقت و اردوگاه کارگران.....
۱۶۹	۱. ۷. مصالح.....
۱۷۰	۱. ۸. کارگران ساده.....
۱۷۲	۱. ۸. ۱. دستمزد براساس قیمت بازار.....
۱۷۴	۱. ۸. ۲. پرداخت‌های غیرنقدی.....
۱۷۵	۱. ۹. برآورد هزینه سرپرستان و کارکنان و نیروی کار ماهر.....
۱۷۴	۱. ۹. ۱. برآورد هزینه سرپرستان و کارکنان اداری.....
۱۷۵	۱. ۹. ۲. برآورد هزینه سرکارگران.....
۱۷۷	۱. ۱۰. برآورد هزینه متصدیان ماشین‌آلات و رانندگان.....
۱۷۸	۱. ۱۱. هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات موتوری.....
۱۷۹	۱. ۱۱. ۱. برآورد هزینه استهلاک ساعتی.....
۱۸۳	۱. ۱۱. ۲. برآورد هزینه بهره‌برداری ساعتی.....
۱۸۵	۱. ۱۱. ۳. برآورد مجموع هزینه ساعتی.....
۱۸۵	۱. ۱۲. برآورد هزینه ابزار دستی.....
۱۸۷	۱. ۱۳. تفکیک هزینه‌های سرمایه‌گذاری، به ارزی و ریالی و به سال‌های تحقق.....
۱۸۷	۲. تعمیر و نگهداری.....
۱۸۸	۲. ۱. تعیین روش‌های نگهداری راه.....
۱۸۹	۲. ۱. ۱. برنامه زمان‌بندی شده.....
۱۸۹	۲. ۱. ۲. واکنش بر مبنای شرایط راه.....
۱۹۲	۲. ۲. برآورد هزینه تعمیر و نگهداری.....
۱۹۳	۲. ۲. ۱. برآورد هزینه تعمیر و نگهداری قابل برنامه‌ریزی.....
۱۹۳	۲. ۲. ۲. برآورد هزینه تعمیر و نگهداری واکنشی.....

## فصل ششم: شناسایی هزینه و فایده طرح و چگونگی تعیین قیمت‌های اقتصادی

۱۹۹	مقدمه.....
۲۰۰	۱. چرایی استفاده از تحلیل اقتصادی.....

۲۰۵	۲. تصحیح اقلام مالی.....	۲۰۵
۲۰۵	۱. ۲. عوارض راه.....	۲۰۵
	۲. ۲. پرداخت‌های انتقالی.....	۲۰۶
۲۰۷	۳. ۲. هزینه‌های ریخته.....	۲۰۷
۲۰۷	۴. ۲. ذخیره احتیاطی.....	۲۰۸
۲۰۸	۵. ۲. اثرهای بیرونی طرح.....	۲۰۸
	۶. ۲. هزینه‌هایی که در برآوردهای مالی منظور نمی‌شود.....	۲۰۹
۲۰۹	۳. شناسایی فایده طرح.....	۲۱۲
۲۱۲	۱. ۳. سرعت وسیله نقلیه.....	۲۱۸
۲۱۸	۱. ۱. ۳. محاسبه VDRIVE.....	۲۲۳
۲۲۳	۲. ۱. ۳. محاسبه VBRAKE.....	۲۲۴
۲۲۴	۳. ۱. ۳. محاسبه VCURVE.....	۲۲۵
۲۲۵	۴. ۱. ۳. محاسبه VROUGH.....	۲۲۶
	۵. ۱. ۳. محاسبه VDESIRE.....	۲۲۶
۲۲۶	۲. ۳. برآورد سوخت وسایل نقلیه.....	۲۳۳
۲۳۳	۳. ۳. برآورد فرسایش تایر.....	۲۳۶
۲۳۶	۴. ۳. برآورد قطعات یدکی وسایل نقلیه.....	۲۳۸
۲۳۸	۵. ۳. برآورد نیروی کار تعمیر وسایل نقلیه.....	۲۴۰
۲۴۰	۶. ۳. برآورد مصرف روغن.....	۲۴۱
۲۴۱	۷. ۳. برآورد وقت راننده و کمک راننده.....	۲۴۱
۲۴۱	۸. ۳. برآورد استهلاک و سود سرمایه وسیله نقلیه.....	۲۴۲
۲۴۲	۱. ۸. ۳. برآورد میانگین استهلاک و سود سالانه وسیله نقلیه.....	۲۴۴
۲۴۴	۲. ۸. ۳. میانگین بهره‌برداری سالانه.....	۲۴۷
۲۴۷	۹. ۳. برآورد هزینه‌های بالاسری.....	۲۴۸
۲۴۸	۱۰. ۳. برآورد فوت وقت مسافران.....	

- ۳.۱۱. برآورد کل هزینه عملیاتی..... ۲۴۸
- ۳.۱۲. فایده حاصل از انواع ترافیک..... ۲۴۹
- ۳.۱۲.۱. فایده حاصل از ترافیک معمولی و ترافیک ایجاد شده..... ۲۴۹



۲۵۲	۳.۱۲.۲. فایده حاصل از ترافیک تغییر مسیر یافته.....	۲۵۲
۲۵۴	۳.۱۲.۳. چکیده چگونگی تعیین فایده حاصل از صرفه جویی هزینه عملیاتی.....	۲۵۴
۲۵۴	۳.۱۳.۱. فایده حاصل از صرفه جویی در وقت.....	۲۵۴
۲۵۵	۳.۱۳.۲. فایده حاصل از صرفه جویی مدت سفر ناوگان تجاری.....	۲۵۵
۲۵۶	۳.۱۳.۳. فایده حاصل از صرفه جویی مدت سفر سرنشینان وسیله نقلیه.....	۲۵۶
۲۵۷	۳.۱۴.۱. فایده حاصل از کاهش تصادفها.....	۲۵۷
	۳.۱۴.۲. طبقه بندی تصادفها.....	
	۳.۱۴.۳. هزینه تصادف.....	۲۶۰
	۳.۱۵.۱. فایده حاصل از راه دسترسی.....	۲۶۰
	۳.۱۶. سایر فایدهها.....	۲۶۹
۲۷۰	۴. تعیین قیمت های اقتصادی.....	۲۷۰
۲۷۲	۴.۱. منابع مبادلاتی و منابع غیرمبادلاتی.....	۲۷۲
۲۷۵	۴.۲. تعیین قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز غیرمبادلاتی.....	۲۷۵
۲۷۷	۴.۳. تعیین قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز مبادلاتی.....	۲۷۷
۲۷۷	۴.۴. تعیین قیمت اقتصادی نیروی کار.....	۲۷۷
۲۸۰	۴.۵. تعیین قیمت اقتصادی زمین.....	۲۸۰
۲۸۳	۴.۶. قابل مقایسه کردن قیمت های اقتصادی.....	۲۸۳
۲۸۹	۵. ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی.....	۲۸۹
۲۸۹	۵.۱. نگرش کلی به فرایند ارزشیابی زیست محیطی.....	۲۸۹
۲۸۹	۵.۲. واری و تعیین محدوده.....	۲۸۹
۲۹۱	۵.۳. ارزشیابی گزینه پایه.....	۲۹۱
۲۹۴	۵.۴. پیش بینی پیامدها، ارزشیابی و اقدام های تعدیلی.....	۲۹۴
۲۹۷	۵.۵. تنظیم برنامه مدیریت زیست محیطی.....	۲۹۷
۲۹۸	۵.۶. ارزش گذاری هزینه و فایده زیست محیطی.....	۲۹۸
۲۹۹	۵.۷. رایزنی و گزارش دهی.....	۲۹۹

۳۰۱ ..... ۸.۵ جدول‌های مربوط به پیامدهای زیست محیطی

## فصل هفتم: ارزشیابی اقتصادی طرح

۳۱۳	.....	مقدمه
۳۱۴	.....	۱. تنظیم صورت گردش هزینه و فایده طرح
۳۱۵	.....	۲. روش تنزیل
۳۱۶	.....	۱. شیوه محاسبه تنزیل
۳۱۷	.....	۲. شیوه‌های مقایسه هزینه و فایده برپایه روش تنزیل
۳۱۸	.....	۳. ضابطه ارزش خالص کنونی
۳۱۹	.....	۱. دوره بررسی و مانده ارزش راه در پایان دوره
۳۲۱	.....	۲. تعیین سال پایه
۳۲۲	.....	۳. نرخ تنزیل
۳۲۲	.....	۴. نرخ بازده اقتصادی
۳۲۳	.....	۵. موارد کاربرد ضابطه‌های ارزش خالص کنونی و نرخ بازده اقتصادی
۳۲۳	.....	۱. تصمیم درباره پذیرفتن یا نپذیرفتن طرح
۳۲۳	.....	۲. گزینش گزینه بهینه
۳۲۶	.....	۳. تعیین زمان بهینه آغاز اجرای طرح
۳۲۷	.....	۴. نرخ بازده سال نخست
۳۲۸	.....	۶. ضابطه ارزش معادل سالانه
۳۲۹	.....	۱. مفهوم ارزش معادل سالانه
۳۳۰	.....	۲. چگونگی مقایسه گزینه‌ها برپایه ضابطه ارزش معادل سالانه
۳۳۳	.....	۷. تحلیل بی‌اطمینانی
۳۳۴	.....	۱. منشأ و علت‌های بی‌اطمینانی
۳۳۵	.....	۲. تحلیل حساسیت
۳۳۶	.....	۱. تحلیل حساسیت ارزش خالص کنونی
۳۴۱	.....	۳. تحلیل احتمالات
۳۴۲	.....	۱. ارزش منتظره
۳۴۳	.....	۲. محاسبه محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح
۳۵۲	.....	۴. شیوه کاهش ریسک
۳۵۲	.....	۵. تشریح پیامدهای غیرقابل اندازه‌گیری طرح

.....۶. ۷. انتخاب بهترین گزینه.....

۳۵۳

پیوست یک فصل هفتم: موردپژوهی آسفالت کردن یک راه شوسه..... ۳۵۵

پیوست دو فصل هفتم: موردپژوهی تعریض سطح آسفالت راه..... ۳۶۳

پیوست سه فصل هفتم: موردپژوهی ساخت یک راه اصلی..... ۳۷۳

پیوست چهار فصل هفتم: فهرست واریسی گزارش توجیه طرح راهسازی..... ۳۸۷

واژه نامه ..... ۳۹۳

کتاب شناسی ..... ۴۱۳



## فصل اول

# طرح عمرانی، برنامه عملیاتی، برنامه عمرانی

### مقدمه

برای تحقق توسعه اقتصادی و اجتماعی، دولت همواره با موضوع تصمیم‌گیری و انتخاب از میان سرمایه‌گذاری‌های بخش‌های متفاوت اقتصادی و اجتماعی رو به روست. هدف هر تصمیم‌گیری آن است که از سرمایه‌گذاری و کاربرد منابع کمیاب، بیشترین فایده اقتصادی عاید کشور شود. تصمیم‌گیری هوشمندانه و بخردانه، در پهنه‌ای چنین گسترده، نیازمند برنامه‌ریزی روشمند و سنجیده در سطح بخش‌های گوناگون اقتصادی و اجتماعی و زیربخش‌های آنهاست. از این رو، طرح‌های راهسازی را نیز باید در چارچوب برنامه‌های بلندمدت، میان‌مدت، و کوتاه مدت عمرانی و برنامه‌های متناظر بخش حمل و نقل در قالب برنامه‌های یادشده، مورد بررسی و تصمیم‌گیری قرار داد.

در این فصل، درباره ارتباط طرح‌های راهسازی با برنامه عملیاتی بخش حمل و نقل و نیز برنامه‌های عمرانی کشور سخن گفته شده است. به طور کلی، نقش حمل و نقل در اقتصاد، تعریف برنامه عملیاتی حمل و نقل، هدف‌های برنامه عملیاتی، بررسی امکانات کنونی حمل و نقل، لزوم پیش‌بینی ترافیک و توزیع آن بین شیوه‌های مختلف حمل و نقل، سیاست‌ها و عملیات حمل و نقل، و برنامه عملیاتی سرمایه‌گذاری بخش حمل و نقل، مباحث این فصل را تشکیل می‌دهد.

## ۱. نقش حمل و نقل در اقتصاد

آلفرد مارشال اقتصاددان پرآوازه انگلیسی، حمل و نقل را صنعت فراگیر خوانده است زیرا در تمام مراحل تولید و توزیع کالاها و نیز جابه‌جایی افراد، نقش مهمی دارد. در کشورهای در حال توسعه، هزینه‌های حمل و نقل بخش مهمی از هزینه‌های عمرانی آنها را تشکیل می‌دهد. در برخی از کشورها ۲۰ تا ۴۰ درصد هزینه‌های عمرانی به بخش حمل و نقل تخصیص یافته است و از سوی بخش خصوصی نیز مبالغ چشم‌گیری برای تجهیزات حمل و نقل (خودرو، هواپیما، کشتی، پایانه‌ها و مانند آن) سرمایه‌گذاری شده است.

میزان هزینه‌هایی که بابت حمل و نقل انجام می‌گیرد، به تنهایی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری‌های این بخش باید با دقت فراوان مورد بررسی و ارزشیابی و گزینش قرار گیرد و اطمینان حاصل شود که منابع مورد استفاده در بخش حمل و نقل، دست کم به اندازه کاربرد آنها در سایر بخش‌ها و گزینه‌ها سودمند است و می‌تواند موجبات توسعه اقتصادی و اجتماعی را فراهم آورد.

«جابه‌جایی» و «دسترسی» یک پیش‌نیاز اساسی برای تحقق تمام وجوه گوناگون توسعه اقتصادی است و نشان دهنده اهمیت بخش حمل و نقل در زندگی عادی و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور است. برای مثال، بخش حمل و نقل نقش کلیدی در توسعه زمین‌های کشاورزی، بازاریابی محصولات کشاورزی و صنعتی، استحصال معادن و جنگل‌ها، توسعه صنایع، و گسترش صادرات و واردات دارد. افزون بر آن، برای تحقق هدف‌های اجتماعی و نیز اجرای موفقیت‌آمیز برنامه‌های بهداشتی و آموزشی و مبادلات فرهنگی، بخش حمل و نقل نقش بسیار مهمی دارد.

برای دست یافتن به رشد اقتصادی مورد نظر و افزایش نرخ تولید و درآمد سرانه، باید امور بخش حمل و نقل همزمان با سایر بخش‌ها مورد برنامه‌ریزی قرار گیرد و تمام فعالیت‌های مرتبط به حمل و نقل، به استثنای حمل و نقل درون شهری که در مقوله برنامه‌ریزی توسعه شهری می‌گنجد، باید در قالب برنامه دورنگر (چشم‌انداز ۲۰ ساله)، برنامه درازمدت عمرانی (ده ساله)، برنامه میان مدت عمرانی (پنج‌ساله)، و برنامه کوتاه مدت (یک‌ساله) انجام پذیرد. تعیین سهم بخش حمل و نقل از کل منابع فیزیکی، مالی، اقتصادی و انسانی کشور و نیز، مشخص کردن مناسب‌ترین تکنولوژی برای انجام خدمات مربوط و همچنین ترتیب‌های سازمانی و مالی برای فراهم آوردن تحقق هدف‌های مورد نظر باید به دقت انجام گیرد.

## ۲. تعریف برنامه عملیاتی حمل و نقل

برنامه‌ریزی (Planning) وسیله‌ای برای استفاده بهینه از منابع محدود برای دستیابی به هدف‌های رشد و توسعه است و تنظیم برنامه عمرانی (Development Plan) به همین منظور است. در بند ۳ ماده یک قانون برنامه و بودجه کشور مصوب ۱۵ اسفند ۱۳۵۱ گفته شده که: «منظور از برنامه عمرانی پنجساله، برنامه جامعی است که برای مدت پنجسال تنظیم و به تصویب مجلس می‌رسد و ضمن آن هدف‌ها و سیاست‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی طی همان مدت مشخص می‌شود.»

بخشی از برنامه عمرانی را برنامه‌های عملیاتی (Programs) بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی تشکیل می‌دهد. در واقع، برنامه عملیاتی هر بخش در قالب برنامه عمرانی همان بخش جا می‌گیرد. برنامه عملیاتی هر بخش مجموع طرح‌های عمرانی است که از یک سو با یکدیگر، و از سوی دیگر با هدف‌های برنامه عمرانی از نظر محتوا، مکان و زمانبندی هماهنگ شده است. لازم به یادآوری است، هرگاه مجموعه طرح‌های عمرانی یک بخش (برای مثال بخش حمل و نقل)، از نظر محتوا، مکان و زمانبندی از یکسو با یکدیگر، و از سوی دیگر با هدف‌های برنامه عمرانی پنجساله هماهنگ نشده باشد، این مجموعه را نمی‌توان برنامه عملیاتی قلمداد نمود.

دوره‌های زمانی برنامه عملیاتی از دوره‌های زمانی گوناگون برنامه‌های عمرانی پیروی می‌کند. از این رو، برنامه‌ریزی عملیاتی (Programming) نیز درازمدت، میان مدت و کوتاه مدت خواهد بود. برنامه عملیاتی، حلقه رابط میان طرح عمرانی و برنامه عمرانی است. طبق بند ۱۰ ماده یک قانون برنامه و بودجه کشور: «منظور از طرح عمرانی، مجموعه عملیات و خدمات مشخصی است که براساس مطالعات توجیهی فنی و اقتصادی یا اجتماعی که توسط دستگاه اجرایی انجام می‌شود و طی مدت معین و با اعتبار معین برای تحقق بخشیدن به هدف‌های عمرانی پنجساله به صورت سرمایه‌گذاری ثابت شامل هزینه‌های غیرثابت وابسته در دوره مطالعه و اجرا و یا مطالعات اجرا می‌گردد و تمام یا قسمتی از هزینه‌های اجرای آن از محل اعتبارات عمرانی تأمین می‌شود...»

ملاحظه می‌شود که مهمترین ابزار اجرای برنامه، طرح عمرانی است که باید با دقت بسیار تألیف و سنجیده شود و با سایر طرح‌های بخش مربوط و نیز هدف‌های برنامه عمرانی از نظر محتوا، مکان و زمانبندی هماهنگ گردد و پس از آن به درستی به مرحله اجرا درآید. برنامه‌ریزی عملیاتی و ایجاد هماهنگی بین طرح‌های عمرانی زیربخش‌های مختلف حمل و نقل به دلایل زیر ضروری و الزامی است.



**یکم -** بین ظرفیت زیربناها (جاده، خط‌آهن، فرودگاه، بندر) با وسایل نقلیه‌ای که از آنها استفاده می‌کنند و نیز با تجهیزات تخلیه و بارگیری، وابستگی فنی وجود دارد.

**دوم -** عوامل اقتصادی و مالی نیز در یکدیگر تأثیر می‌گذارند. برای مثال، در ارتباط با احداث و استفاده از زیربناها و خدمات حمل و نقل، میان میزان سرمایه‌گذاری و وضع کلی مالی، با سیاست قیمت‌گذاری وابستگی وجود دارد.

**سوم -** افزون بر دو ملاحظه بالا، میان عوامل فنی و عوامل اقتصادی، وابستگی متقابل وجود دارد. برای مثال، کارایی اقتصادی بندرها با تجهیزات موجود در آنها پیوند دارد. تجهیزات راه‌آهن یکی از عوامل مؤثر کارایی اقتصادی آن است. کارایی اقتصادی حمل و نقل جاده‌ای ارتباط بسیار نزدیکی با نوع جاده و پل‌های موجود و در نهایت قابلیت استفاده خودروهای متفاوت از جاده دارد.

**چهارم -** بین طرح‌های مختلف زیربخش‌های متفاوت حمل و نقل (جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی) وابستگی وجود دارد. برای مثال، کارایی اقتصادی یک خط آهن بستگی به بهبود یا عدم بهبود یک جاده رقیب دارد. ثمربخشی سرمایه‌گذاری در یک بندر، افزون بر وابستگی به بهبود یا عدم بهبود بندرهای رقیب، به راه و یا خط آهنی که بندر را به درون کشور پیوند می‌دهد نیز وابسته است. توجیه سودمندی بهسازی یک جاده اصلی بستگی به آن دارد که چه اقدامی درباره جاده‌های فرعی و موازی به عمل خواهد آمد.

با توجه به آنچه که گفته شد، برنامه عملیاتی بخش حمل و نقل به این معنی است که با کاربرد ضابطه فایده خالص اقتصادی و ملاحظات زیست محیطی، طرح‌های بهینه مشخص شود؛ ارتباط طرح‌های بهینه با یکدیگر تعیین و هماهنگ گردد؛ اولویت طرح‌ها معلوم شود؛ و ارتباط مجموع طرح‌های یادشده با برنامه عمرانی تعیین گردد. به طور خلاصه برنامه عملیاتی، یک گروه از طرح‌های حمل و نقل را در بر می‌گیرد که از نظر محتوا، مکان و زمانبندی با یکدیگر و هدف‌های برنامه عمرانی هماهنگ شده‌اند.

برای برنامه‌ریزی عملیاتی، نخست باید کل بخش حمل و نقل کشور به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد و اولویت‌های زیربخش‌های جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی در یک چارچوب کلی مشخص گردد. مسؤلیت برنامه‌ریزی عملیاتی برعهده وزارت راه و ترابری به شرح زیر است.

**یکم -** طرح‌های پیشنهادی واحدهای اجرایی را در چارچوب هدف‌ها و سیاست‌های کلی برنامه عمرانی بررسی و هماهنگ نماید و آنها را برحسب طبقه‌بندی بخشی و زیربخشی، و برپایه ملی یا منطقه‌ای، در برنامه‌های عملیاتی بلندمدت، میان مدت و کوتاه مدت منظور کند.

**دوم -** برنامه‌های عملیاتی یادشده را به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور پیشنهاد دهد و از آنها دفاع کند.

**سوم -** سیاست‌ها، ابزارهای اعمال سیاست، تدبیرهای اداری و سایر راه‌کارهای ضروری برای اجرای برنامه‌های عملیاتی را به سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور پیشنهاد نماید.

**چهارم -** در فاصله زمان‌های منطقی، طرح‌ها و برنامه‌های عملیاتی را مورد بازنگری و ارزشیابی قرار دهد.

### ۳. گستره برنامه عملیاتی حمل و نقل

گستره برنامه‌های عملیاتی متفاوت است. مطلوب‌ترین و رایج‌ترین برنامه‌های عملیاتی حمل و نقل، تمام نظام حمل و نقل کشور و از جمله وسایل مختلف حمل و نقل را در بر می‌گیرد. حمل و نقل درون شهری به دلیل مسائل و مشکلات مربوط به خود تا حدود قابل توجهی از شبکه راه‌های بیرون شهری و روستایی قابل تفکیک است. اما به هر روی، برای پیش‌بینی وسایل نقلیه مورد نیاز و میزان تأثیر آن بر ترافیک بیرون شهری و برآورد اثر تراکم حاصل از آن بر دسترسی به یک بندر و یا ساخت راه‌های کنارگذر، مسأله حمل و نقل شهری نباید از نظر دور بماند.

راه‌های دسترسی که به منظور آماده سازی زمین برای توسعه کشاورزی ساخته می‌شود و یا راه‌هایی از این دست که ارتباط تنگاتنگ با طرح‌های کشاورزی یا جنگلداری، یا معدنی، و یا صنعتی دارد، در چارچوب برنامه عملیاتی حمل و نقل قرار نمی‌گیرد. در این گونه موارد، هزینه راه سازی بخشی از هزینه فعالیت اصلی بخش اقتصادی مربوط به حساب می‌آید و با فایده حاصل از طرح اصلی مربوط مقایسه می‌گردد. از این رو، برنامه‌ریزی عملیاتی این گونه راه‌های دسترسی در بخش کشاورزی انجام می‌گیرد.

برنامه‌ریزی عملیاتی بخش حمل و نقل را می‌توان به پنج گام مشخص ولی مرتبط به هم تفکیک کرد:

**یکم -** شناسایی هدف‌های اساسی مورد نظر از قبیل افزایش نرخ رشد اقتصادی کشور و یا منطقه خاصی در داخل کشور؛ فرصت‌های اشتغال؛ حصول اطمینان از کاربرد منابع محدود کشور مانند سرمایه و ارز به شیوه‌ای کارآمد؛ و نیز آگاهی از استراتژی کلی کشور برای تحقق هدف‌های یادشده.

**دوم -** بررسی امکانات زیربنایی حمل و نقل موجود در کشور و شرایط و نحوه استفاده از آنها.

**سوم -** پیش‌بینی ترافیک آینده و توزیع آن بین شیوه‌های متفاوت حمل و نقل (جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی).

**چهارم -** بررسی سیاست‌ها و عملیات حمل و نقل به منظور تعیین کم‌هزینه‌ترین شیوه‌های حمل و نقل.

**پنجم -** تنظیم برنامه عملیاتی تفصیلی بر مبنای تعیین طرح‌های سرمایه‌گذاری جدید و طرح‌های بهسازی و نوسازی زیربناهای موجود و اولویت آنها.

برنامه عملیاتی حمل و نقل فارغ از دامنه جغرافیایی و یا نوع وسایل نقلیه مطرحه، همان گونه که در بالا اشاره شد افزون بر سرمایه‌گذاری‌های جدید، شامل اتخاذ تدابیر لازم برای استفاده بهینه از سرمایه‌گذاری‌های انجام شده پیشین نیز می‌شود. اکنون به ترتیب درباره پنج مطلب بالا توضیح داده می‌شود.

#### **۴. هدف‌های برنامه عملیاتی حمل و نقل**

تقاضا برای حمل و نقل به طور کلی یک «تقاضای مشتق» است. به سخن دیگر، بین رشد صنعتی، کشاورزی، تجاری و توسعه عمومی کشور، با افزایش تقاضا برای حمل و نقل، ارتباط متقابل تنگاتنگی وجود دارد. در روند توسعه اقتصادی، نیاز به حمل و نقل همواره رو به فزونی است. سه عامل زیر موجبات افزایش تقاضا را فراهم می‌آورد.

**یکم -** به موازات افزایش تولید، از یک سو نیاز به تدارک منابع بیشتر و از سوی دیگر نیاز به توزیع محصول زیادتر میان مشتریان فزونی می‌گیرد.

**دوم -** معمولاً افزایش مقدار تولید به همراه خود، گستردگی بیشتر مناطقی که منابع از آنها تدارک می‌شود و نیز مناطقی که محصول اضافی در آنها توزیع می‌شود، را فراهم می‌آورد.

**سوم -** به همراه تخصصی‌تر شدن تولید، مبادله کالا به صورت چشم‌گیری افزایش می‌یابد و افزایش درآمدها و افزایش تقاضای ناشی از آنها، به نوبه خود موجب عرضه بیشتر و متنوع‌تر کالاها می‌گردد.

افزایش فعالیت اقتصادی در برگیرنده افزایش جابه‌جایی مواد، کالا و مسافر است. از سوی دیگر، تولید ملی خود وابسته به وجود امکانات حمل و نقل کافی است و از این رو، پیش‌بینی وضع فعالیت‌های اقتصادی متکی بر پیش فرض‌هایی درباره وجود تجهیزات و تأسیسات لازم برای جابه‌جایی کالا و مسافر است.

به هر روی، نسبت بین نرخ رشد حمل و نقل و نرخ رشد فعالیت‌های اقتصادی در هر کشور، با تغییرهایی رو به رو خواهد شد. در مراحل نخست توسعه اقتصادی، نرخ رشد زیربناها و تجهیزات حمل و نقل به دلیل صنعتی شدن کشور و افزایش جابه‌جایی مواد و گسترده شدن شعاع بازار به دلیل تخصصی شدن تولید، معمولاً ۲ تا ۳ برابر نرخ رشد اقتصاد ملی است. در مراحل بعدی توسعه اقتصادی، به خاطر فزونی گرفتن سهم کالاها و سایر خدمات نسبت به سهم خدمات حمل و نقل در تولید ناخالص ملی، سهم خدمات حمل و نقل در تولید ناخالص ملی، سهم خدمات حمل و نقل در تولید ناخالص ملی کاهش خواهد یافت. این احتمال نیز وجود دارد که به موازات پیشرفت اقتصادی، کیفیت تولید داخلی بهبود یابد و از این رو، ارزش یک واحد خدمت حمل و نقل نسبت به ارزش کالا کاهش پذیرد.

تأسیسات زیربنایی حمل و نقل را نمی‌توان همچون سایر کالاها از طریق تولید و انبار کردن این گونه تأسیسات، عرضه کرد. این تأسیسات را باید تنها برپایه زمان و مکان نیاز به آنها، عرضه نمود. از این رو، به هنگام برآورد تقاضای آتی، باید بررسی‌ها به ترتیبی انجام گیرد تا برپایه آن بتوان ظرفیت تأسیسات را به شیوه‌ای طراحی کرد که هم پاسخگوی اوج تقاضا باشد و هم از سوی دیگر، هزینه و زمان ناشی از کمبود احتمالی تقاضا به حداقل برسد. برای پرهیز از تنگناها و سایر مشکل‌ها، در حد توان باید کوشید که تقاضای سال‌های آتی را به خوبی برآورد کرد.

عمل برنامه‌ریزی معطوف به آینده است و از این رو، مستلزم برآورد و پیش‌بینی است، اما برای انجام این کار نیاز به اطلاعات مربوط به سال‌های پیشین است. میزان اطلاعات مورد نیاز بستگی به روش پیش‌بینی دارد و از سوی دیگر، روش پیش‌بینی بستگی به مقدار و کیفیت اطلاعات در دسترس دارد. به ناچار، باید درباره هزینه و زمان مورد نیاز برای گردآوری اطلاعات ضروری و استفاده بهینه از اطلاعات موجود تصمیم‌گیری کرد. به این منظور، باید هزینه و زمان لازم برای گردآوری اطلاعات، با فایده حاصل از داشتن اطلاعات زیاده‌تر، مقایسه شود. یکی از نشانه‌های مهارت در پژوهش‌های تجربی آن است که با گزینش معقولانه عوامل یا متغیرهای مؤثر و کلیدی، بتوان نتیجه‌گیری کافی و قابل اتکا از اطلاعات محدود موجود به دست آورد. البته باید پذیرفت که برای هر نوع تحلیل و پیش‌بینی و برنامه‌ریزی، به یک اطلاعات حداقل و معین نیاز است.

همان گونه که پیش از این اشاره شد، حمل و نقل خدمتی است که مراکز تولید و مراکز جمعیت را با یکدیگر و یا با مراکز مصرف پیوند می‌دهد و از این رو، نمی‌توان گفت که صنعت حمل و نقل هدفی به جز هدف‌های برنامه عمرانی پنجساله را دنبال می‌کند. برای مثال، هرگاه کشوری بخواهد منابع معدنی را برای صادرات مورد استحصال قرار دهد، سرمایه‌گذاری لازم برای ایجاد خط‌آهن و آماده سازی بندر، با سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای استحصال معدن در مجموع یک

سرمایه‌گذاری مشترک را تشکیل می‌دهد و توجیه سرمایه‌گذاری مربوط به حمل و نقل مواد معدنی، بستگی به توجیه کل سرمایه‌گذاری مشترک دارد. همین موضوع درباره راه دسترسی مورد نیاز برای گسترش تولید محصول کشاورزی مصداق می‌یابد. اگر کشوری بخواهد از تراکم بیش از اندازه جمعیت در برخی از شهرها بکاهد، باید سیاست‌های حمل و نقل و سرمایه‌گذاری در مناطق شهری را معطوف به این مسأله نماید. هرگاه تأکید کشور بر صنایع سنگین باشد، راه‌آهن نقش عمده‌ای برعهده خواهد داشت؛ و هرگاه سیاست کشور ایجاد صنایع سبک و صنایع مصرفی را در پیش گیرد، استفاده از خودروهای باری اهمیت بیشتری خواهد یافت. در واقع، استراتژی توسعه اقتصادی تعیین کننده استراتژی مناسب بخش حمل و نقل خواهد بود؛ هر چند که از سوی دیگر، در طراحی استراتژی توسعه اقتصادی، هزینه‌های بخش حمل و نقل یکی از ملاحظات مهم است. این وابستگی‌ها، نشان دهنده آن است که ضروری و به مصلحت است که برنامه‌ریزی عملیاتی بخش حمل و نقل، همزمان با برنامه‌ریزی سایر بخش‌ها انجام گیرد.

## ۵. بررسی امکانات کنونی حمل و نقل

روشن است که بدون آگاهی از وضع کمی و کیفی تأسیسات و تسهیلات کنونی نظام حمل و نقل، نمی‌توان برای نیازهای آتی کشور، برنامه‌ریزی عملیاتی منطقی به عمل آورد. به سخن دیگر، برای داوری درباره این که آیا نظام حمل و نقل کنونی می‌تواند پاسخگوی نیازهای آینده باشد و یا نه، و یا این که چه اقدام‌های اصلاحی باید درباره نظام کنونی انجام پذیرد و یا چه زیربناهای جدید باید به وجود آورد، باید نخست نظام موجود حمل و نقل مورد بررسی قرار گیرد.

نخستین گام برای بررسی وضع موجود آن است که مشخصات فیزیکی نظام کنونی حمل و نقل به شرح زیر تعیین شود:

**یکم -** مکان‌های جغرافیایی تأسیسات زیربنایی برحسب شیوه‌های مختلف حمل و نقل.

**دوم -** ظرفیت موجود جابه‌جایی بار و مسافر با وسایل مختلف در درون و به بیرون از کشور.

**سوم -** فهرست برداری فیزیکی برای تعیین:

- ظرفیت امکانات زیربنایی،

- ظرفیت وسایل مختلف حمل و نقل.

یادآور می‌شود که در این بررسی، افزون بر امکانات اصلی زیربنایی، باید راه‌ها و خدمات

درجه دوم نیز مورد توجه قرار گیرد.

گام دوم آن است که میزان و الگوی جریان ترافیک برای هر یک از شیوه‌های حمل و نقل مشخص گردد.

گام سوم آن است که برای فراهم آوردن امکان تحلیل اقتصادی، باید اطلاعات لازم درباره هزینه‌های ساخت زیربناها و هزینه‌های ارائه خدمات نیز گردآوری شود.

### ۱.۱.۵. بررسی وضع فیزیکی کنونی حمل و نقل

هر یک از شیوه‌های حمل و نقل، نقش معینی در جابه‌جایی افراد و کالاها دارد، از این رو بررسی آنها باید به طور جداگانه و به شرح زیر انجام گیرد.

#### ۱.۱.۵.۱. حمل و نقل ریلی

می‌توان با بازدید کلی از شبکه کنونی راه‌آهن و با استفاده از مدارک و اطلاعات و گزارش‌های موجود، وضع کنونی راه‌آهن را از نظر طول خطها، وضع فیزیکی آنها و نیز مسایل بهره‌برداری و سازمانی، اداری، اقتصادی، و مالی مورد بررسی قرار داد. در این بررسی، ترکیب کنونی جریان ترافیک و میزان بهره‌برداری از خطوط مختلف و سیاست‌های دولت در قبال حمل و نقل با راه‌آهن مشخص خواهد شد.

براساس بررسی‌های یادشده می‌توان:

**یکم -** نیاز به بهبود وضع نگهداری خطوط راه‌آهن موجود را شناسایی و مشخص کرد.

**دوم -** ضرورت گسترش، نوسازی و یا تعطیل برخی خطوط را برپایه ترافیک منتظره آتی مورد ارزیابی قرار داد.

**سوم -** به ضرورت احتمالی تغییر شیوه‌های بهره‌برداری، تجهیزات، و روش‌ها به منظور عرضه باصرفه‌تر خدمات راه‌آهن، پی برد.

#### ۲.۱.۵. حمل و نقل دریایی

برای مطالعه وضع حمل و نقل دریایی باید ویژگی‌ها و تسهیلات بنادر کشور از نظر طول اسکله‌ها، شمار لنگرگاه‌ها، عمق دریا، انبارها و محوطه‌های نگهداری محموله، تسهیلات تخلیه و بارگیری، ظرفیت انبارهای سوخت و روغن مورد نیاز کشتی‌ها و ارتباط میان ظرفیت بندرها و ظرفیت راه‌آبی که بنادر را به درون کشور پیوند می‌دهد مورد بررسی قرار گیرد و مشکلات احتمالی بنادر از

نظر ظرفیت و تجهیزات نیز مشخص گردد. به این منظور باید موارد زیر مورد بازبینی و تحلیل قرار گیرد.

**یکم -** تمام اطلاعات و گزارش‌های مربوط به ترافیک، عملیات، امور مالی، اداری، تجهیزات و تأسیسات، کانال‌های دسترسی بنادر، پیشنهادهای مربوط به گسترش بنادر موجود و ایجاد بنادر جدید.

**دوم -** ظرفیت، وضعیت کیفی، عملیات بهره‌برداری و نگهداری ناوگان دریایی کنونی.

**سوم -** هزینه بهره‌برداری و نگهداری و درآمد حاصل از آن.

### ۵.۱.۳. حمل و نقل هوایی

برای بررسی وضع حمل و نقل هوایی موارد زیر باید مورد بازنگری و تحلیل قرار گیرند.

**یکم -** نوع و سن هواپیماهای مورد استفاده.

**دوم -** تجهیزات، تسهیلات و شرایط در فرودگاه‌های عمده خدمت دهنده به هواپیماها.

**سوم -** سازمان و مدیریت فرودگاه‌ها و شرکت‌های هواپیمایی کشور.

**چهارم -** هزینه بهره‌برداری و نگهداری هواپیماها و فرودگاه‌ها.

**پنجم -** وضعیت مالی شرکت‌های حمل مسافر کشور.

### ۵.۱.۴. حمل و نقل جاده‌ای

گاه اطلاعات تفصیلی درباره راه‌های اصلی کافی نیست و افزون بر آن، درباره راه‌های فرعی و راه‌های روستایی نیز اطلاعات تفصیلی و طبقه‌بندی شده برحسب نوع روکش (آسفالتی، بتنی، شنی، خاکی و سایر) و مشخصات هندسی در دسترس نیست. با بررسی و فهرست برداری از راه‌های موجود می‌توان ظرفیت کل شبکه راه‌های کشور را تعیین کرد. می‌توان با استفاده از اطلاعات مربوط به طول و عرض جاده‌های موجود، ظرفیت آنها را به طور سرانگشتی و خیلی کلی معین کرد؛ اما برای محاسبه دقیق‌تر باید اطلاعات مربوط به نوع روسازی راه، کیفیت کنونی روسازی راه، عرض شانه‌ها، مسیر جاده، پیچ‌ها، فاصله دید، شیب‌ها و سرعت طراحی شده در دست باشد. افزون بر آن، باید درباره سازه‌های موجود از قبیل آبروها، پل‌ها، روگذرها و زیرگذرها، تونل‌ها و مشخصات فنی و فیزیکی آنها، آگاهی لازم را به دست آورد.

برای برنامه‌ریزی عملیاتی، باید برآوردی از عمر رویه و روسازی راه و نیز سازه‌ها در دست باشد؛ زیرا برای مثال، هرگاه در نظر باشد که برای رو به رو شدن با ترافیک آینده در هفت سال بعد،

عرض جاده افزایش یابد و از سوی دیگر، بررسی‌ها نشان دهد که روکش جاده باید چهار سال دیگر تجدید گردد، می‌توان انجام هر دو کار را برای چهار یا پنج سال بعد برنامه‌ریزی کرد. باید برحسب نوع خودرو، عمر، ظرفیت حمل و منطقه عملیات، موجودی برداری جامع از ناوگان حمل و نقل زمینی به عمل آید.

### ۵.۱.۵. جریان ترافیک

معمولاً به دست آوردن اطلاعات تفصیلی درباره مبدأ و مقصد ترافیک کالا و مسافر با دشواری رو به روست. آمار و اطلاعات لازم درباره جریان ترافیک حمل و نقل ریلی کالا برحسب تن - کیلومتر و درباره مسافر برحسب نفر - کیلومتر را می‌توان از دستگاه اداری راه‌آهن به دست آورد. حاصل ضرب شمار واگن‌های باری و مسافری در ضریب بار مربوط، برآورد حجم ترافیک را به دست می‌دهد. گاه می‌توان میزان دقیق حجم ترافیک را به دست آورد؛ اما این کار مستلزم کار زیاد است. به دست آوردن اطلاعات درباره وسایل نقلیه ریلی که در یک خط مورد استفاده قرار می‌گیرد به نسبت آسان‌تر است. به این منظور باید درباره زمان رفت و برگشت وسایل نقلیه ریلی بررسی و تحلیل کرد تا معلوم شود که آیا این وسایل به دلیل زمان غیرعادی تخلیه و بارگیری در برخی از ایستگاه‌ها معطل می‌مانند یا نه.

برای تحقیق درباره مسأله جریان ترافیک در جاده‌ها، دو راه وجود دارد. یکی آن که در نقاط معینی از جاده، شمارش به عمل آید، و دیگر آن که اطلاعات لازم به طور مستقیم از بنگاه‌های حمل و نقل کسب گردد. شمارش را می‌توان برپایه روش‌های زیر انجام داد:

**یکم -** شمارش انواع مختلف خودرو استفاده کننده از جاده.

**دوم -** شمارش دوره‌ای برای تعیین الگوی فصلی و نرخ رشد سالانه ترافیک.

**سوم -** شمارش برپایه میانگین اشتغال خودروهای مسافری و ضریب بار خودروهای باری.

باید دقت ویژه‌ای درباره شناسایی شهر یا منطقه‌ای که ترافیک از آن آغاز شده است، یعنی مبدأ ترافیک و نیز شهر یا منطقه‌ای که ترافیک به سوی آن رهسپار است، یعنی مقصد ترافیک، رعایت شود. بهتر است که اطلاعات به دست آمده از طریق شمارش را با بررسی و کسب اطلاع از استفاده کنندگان عمده حمل زمینی، تکمیل و کنترل کرد.

برخی سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان ملل متحد و بانک جهانی و نیز گمرک‌های مرزی و بنادر، آمار و اطلاعات با ارزشی درباره میزان، مبدأ و مقصد کالاهای وارداتی و صادراتی منتشر می‌کنند.



### ۵.۱.۶. گردآوری اطلاعات درباره هزینه‌های حمل و نقل

مسئله هزینه‌های مربوط به هر یک از شیوه‌های حمل و نقل نیز باید در چارچوب تحلیل وضع کنونی حمل و نقل، برآورد و مشخص شود. هزینه‌های مالی به معنی هزینه‌های اقتصادی نیست و میان این دو تفاوت وجود دارد؛ اما به هر روی، برای برآورد هزینه‌های اقتصادی نیز باید نخست هزینه‌های مالی تعیین گردد و آنگاه براساس روش‌هایی که در جای خود در فصول آینده درباره آن توضیح داده خواهد شد، با انجام تعدیلاتی هزینه‌های اقتصادی را تعیین کرد.

هزینه‌های مالی حمل و نقل برپایه پرداخت‌هایی که از سوی استفاده کنندگان و عرضه کنندگان حمل و نقل انجام می‌گیرد، برآورد و معین می‌شود. برای بررسی ساختار کنونی هزینه‌های حمل و نقل، افزون بر هزینه‌های مستقیم، باید برخی از هزینه‌های غیرمستقیم نیز به حساب گرفته شود.

به طور کلی در کشورهای در حال توسعه، عوامل اصلی مؤثر بر هزینه‌های حمل و نقل در راه‌آهن به شرح زیر است:

- بارگیری در محوطه ارسال محموله (کارخانه، مزرعه، و یا سایر مکان‌های داد و ستد)،
  - حمل به پایانه قطارهای باری،
  - نقل به سکوهاى توزین، تفکیک برحسب مقصد، صدور بارنامه و بارگیری محموله در واگن باری،
  - ردیف کردن واگن‌ها (ناوگان واگن‌های مسقف و واگن‌های روباز)،
  - ارسال بار به وسیله قطار،
  - جداکردن لکوموتیو در مقصد،
  - انتقال محموله‌ها به سکوها برای تفکیک محموله برحسب نشانی‌ها و بارگیری آنها به روی خودروهایی باری،
  - حمل به محوطه دریافت کننده محموله،
  - تخلیه محموله در محوطه دریافت کننده محموله.
- هزینه‌های حمل و نقل با سایر شیوه‌های حمل و نقل باید با توجه به هزینه عوامل مختلف برآورد شود. هزینه عوامل زیر از جمله این گونه هزینه‌هاست:

- دستمزد،

- سوخت و روغن،

- تعمیر و نگهداری،

- استهلاک،

- مدیریت،

- مالیات و عوارض.

اطلاعات لازم درباره اتوبوس‌های مسافری و کامیون‌های باری را می‌توان از متصدیان بنگاه‌های حمل مسافر و کالا و یا در صورت ضرورت با نمونه‌گیری‌های آماری به دست آورد. هزینه ساختن جاده را می‌توان با مراجعه به سابقه آن و گزارش‌های مربوط مشخص کرد. در بسیاری از موارد، حساب هزینه نگهداری هر جاده به طور جداگانه نگهداری نمی‌شود و از این رو نمی‌توان اطلاعات لازم را از دفاتر حسابداری استخراج کرد. در موارد لازم باید هزینه نگهداری جاده و نیز هزینه‌های بهره‌برداری خودروها در جاده را با انجام مطالعه و بررسی‌های ویژه تعیین کرد. اطلاعات مورد نیاز درباره هزینه‌های بهره‌برداری از بنادر و نیز فرودگاه‌ها و هزینه حمل بار و مسافر به وسیله هواپیما و کشتی، از سازمان‌های مسئول قابل دستیابی است.

## ۶. پیش‌بینی ترافیک و توزیع آن بین شیوه‌های مختلف حمل و نقل

پیش‌بینی ترافیک سه مرحله عمده را در بر می‌گیرد. در مرحله نخست، باید میزان و مکان تولید محصولات کشاورزی، صنعتی، معدنی و محل مصرف آنها و نیز میزان واردات، صادرات، افزایش جمعیت و محل زندگی آنها پیش‌بینی شود. در مرحله دوم، باید برپایه اطلاعات گردآوری شده مربوط به محصول و جمعیت، ترافیک حاصل از آن به تفکیک میزان مبدأ و مقصد برآورد و تعیین شود.

در مرحله سوم، باید ترافیک تعیین شده با در نظر گرفتن کارآمدترین شیوه حمل، بین وسایل مختلف حمل (جاده‌ای، ریلی، دریایی، هوایی) توزیع گردد. از آنجا که هزینه‌های حمل و نقل یکی از عوامل مؤثر بر ایجاد ترافیک میان مناطق گوناگون است از این رو، می‌توان گفت که سه مرحله یادشده به طور متقابل با یکدیگر بستگی دارند. اکنون به کوتاهی درباره هر یک توضیح داده می‌شود.

### ۶.۱. میزان تولید و شمار جمعیت

ترافیک آینده وابسته به گسترش تولید صنعتی، کشاورزی، معدنی، رشد جمعیت و توسعه سایر بخش‌هاست و از این رو، برآورد آن موکول به پیش‌بینی تغییرات و تحولات عوامل یاد شده است. سرمایه‌گذاری برای ساخت راه، خطوط راه‌آهن و بندرها در مکان‌های جغرافیایی معین انجام می‌گیرد و پس از ساخت، قابل جابه‌جایی به سایر نقاط نیست از این رو، برآوردهای کلی تولید و مصرف

محصول در قالب اقتصاد کلان پاسخگو نیست و این پیش‌بینی و برآورد باید برپایه منطقه جغرافیایی انجام گیرد.

نکته بالا بیانگر آن است که برنامه‌ریزی عملیاتی بلندمدت بخش حمل و نقل، بدون برنامه‌ریزی بلندمدت سایر بخش‌ها که در حقیقت کاربران اصلی این خدمت هستند، منطقی نخواهد بود. عمر سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی بخش حمل و نقل، یعنی جاده، راه‌آهن، بندر، فرودگاه دست کم ۲۰ سال است و برای آن که بتوان تصویری از وضع کلی اقتصاد کشور در ۲۰ سال بعد در دست داشت لازم است برنامه دورنگر یا چشم‌انداز ۲۰ ساله تنظیم شود. این چشم‌انداز نشان دهنده وضع دلخواه و قابل حصول کشور از نظر اقتصادی، مالی، اجتماعی، سیاسی و آمایش سرزمین (یعنی ساماندهی مطلوب جغرافیایی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی به منظور استفاده بهینه از امکانات و مهار مهاجرت‌های داخلی و رشد جمعیت شهری، از میان بردن نابرابری‌های منطقه‌ای، و نیز نگهداری و نگهداری محیط زیست و منابع طبیعی و میراث‌های فرهنگی) در ۲۰ سال بعد خواهد بود. در واقع چشم‌انداز ۲۰ ساله، هدف‌های بسیار بلندمدت تمام بخش‌ها و از جمله بخش حمل و نقل را مشخص خواهد کرد. در این مرحله است که می‌توان نطفه طرح‌های حمل و نقل را مورد شناسایی قرار داد. به سخن دیگر، شناسایی طرح‌های حمل و نقل در مرحله تنظیم برنامه دورنگر و یا چشم‌انداز ۲۰ ساله انجام می‌گیرد؛ زیرا این برنامه چارچوب‌های کلی، یعنی شبکه عمومی راه‌ها و تسهیلات حمل و نقل مورد نیاز برای آن زمان را مشخص خواهد کرد.

افزون بر آنچه که گفته شد، در بند ۲ ماده یک قانون برنامه و بودجه کشور مصوب ۱۵ اسفند ۱۳۵۱ آمده است که: «منظور از برنامه درازمدت، برنامه‌ای است که ضمن آن توسعه اقتصادی و اجتماعی برای یک دوره ده ساله یا طولانی‌تر به عنوان راهنمای برنامه‌ریزی‌های پنجساله پیش‌بینی می‌شود.» یادآور می‌گردد که تاکنون برنامه‌ای تحت عنوان برنامه درازمدت در ایران تنظیم نشده است ولی بدون تردید برای تنظیم بهتر برنامه‌های عمرانی پنجساله و نیز برنامه‌های عملیاتی بخش‌های مختلف و به ویژه حمل و نقل، علاوه بر برنامه دورنگر یا چشم‌انداز ۲۰ ساله به برنامه عمرانی درازمدت ۱۰ ساله هم نیاز خواهد بود.

برنامه ده ساله در اصل شامل دو برنامه عمرانی پنجساله است. برنامه عمرانی پنجساله نخستین به تفصیل بیشتر و برنامه عمرانی پنجساله دوم با تفصیل کمتر، تهیه و تنظیم می‌شود؛ از این رو، برنامه عملیاتی بخش حمل و نقل در قالب برنامه عمرانی نخستین با تفصیل بیشتر تدوین می‌گردد. در این برنامه ادامه و تکمیل طرح‌های ناتمام برنامه‌های پیشین و نیز طرح‌های جدیدی که مطالعه مقدماتی

توجیه فنی، مالی و اقتصادی درباره آنها انجام شده و اجرای آنها سودمند تشخیص داده شده است، با انجام هماهنگی از نظر محتوا و مکان و زمانبندی، گنجانده می‌شود.

در بخش دوم برنامه درازمدت ۱۰ ساله، برنامه عمرانی پنجساله دوم، ادامه تکمیل طرح‌های حمل و نقل ناتمام برنامه عمرانی نخستین و نیز طرح‌های جدیدی که برپایه برنامه دورنگر ۲۰ ساله مورد شناسایی قرار گرفته‌اند و جنبه کلی دارد، با انجام هماهنگی‌های مورد اشاره در بالا، به عنوان برنامه عملیاتی بخش حمل و نقل در نظر گرفته می‌شود.

## ۲.۶. برآورد ترافیک حاصل از تولید و مصرف

پس از برآورد تولید و مصرف سال‌های آینده، باید ترافیک حاصل از جابه‌جایی مواد و کالاهای حاصل از آن را پیش‌بینی و مشخص کرد. به این منظور، نخست باید ارتباط میان تولید و مصرف، و ترافیک سرچشمه گرفته از آن در سال‌های گذشته تعیین گردد؛ و آنگاه، با اعمال اصلاحات ضروری بابت تغییرات احتمالی آتی، از قبیل کاهش احتمالی سهم راه‌آهن در حمل مسافر و یا تغییر هزینه‌های نسبی حمل با وسایل مختلف حمل، ترافیک سال‌های آینده را پیش‌بینی کرد.

## ۳.۶. توزیع ترافیک میان وسایل مختلف حمل و نقل

پس از انجام دادن دو مرحله پیشین، می‌توان برپایه اطلاعات به دست آمده و در نظر گرفتن اصل حداقل هزینه برای حمل، میزان ترافیک را میان وسایل مختلف حمل توزیع کرد. در اینجا باید به سه مشکل اشاره کرد.

**یکم -** تعیین هزینه به دلیل در دست نبودن آمار و اطلاعات کافی، و تفاوت میان هزینه‌های مالی و هزینه‌های اقتصادی، تا حدودی دشوار خواهد بود. هزینه و فایده اقتصادی، مبنای تصمیم‌گیری‌های دولتی است و در فصول آینده به گستردگی درباره آنها سخن گفته خواهد شد.

**دوم -** هرگاه تعرفه یا کرایه حمل، برپایه هزینه‌های واقعی حمل تعیین نشده باشد، ترافیک در عمل از وسیله حمل ارزان استفاده نخواهد کرد. این مورد به ویژه در راه‌آهن و در مواقعی قابل مشاهده است که تعرفه حمل براساس ارزش کالا تعیین می‌شود و در تمامی خطوط و علی‌رغم تفاوت هزینه، مبلغ آن یکسان است. تعرفه‌ای که برای کاربران جاده و بنادر تعیین می‌شود نیز به ندرت بازتاب مناسب هزینه‌های واقعی استفاده از آنهاست. در گزارش مربوط

به بررسی وضع حمل و نقل باید دگرگونی (تحریف) حاصل از این کار نشان داده شود و اقدام‌های ضروری برای رفع آنها پیشنهاد گردد.

**سوم -** تفاوت‌های کیفی مهمی میان شیوه‌های مختلف حمل و نقل وجود دارد؛ برخی از این تفاوت‌ها را نمی‌توان به صورت کمی برآورد کرد و با وجود این گونه تفاوت‌ها، تعیین کم‌هزینه‌ترین وسیله حمل دشوار خواهد بود. برای مثال استفاده از حمل و نقل جاده‌ای، خدمت از یک در به در دیگر را فراهم می‌آورد و در مقایسه با راه‌آهن، صرفه‌جویی زمانی قابل ملاحظه‌ای فراهم می‌آید و افزون بر آن، قابلیت اتکا و تناوب زیادتر، و امکان آسیب دیدن و گم شدن کالا کمتر می‌باشد و خسارت‌ها سریع‌تر جبران می‌گردد. این مزایا، برای حمل کالاهای عمومی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دلایل عمده گرایش حمل این گونه کالاها از طریق جاده علیرغم گران‌تر بودن هزینه حمل مستقیم آنها در قیاس با راه‌آهن، همین امر است. یادآور می‌شود که در جابه‌جایی کالا، هدف نهایی کمترین هزینه حمل نیست، بلکه کمترین هزینه تحویل محموله است؛ به سخن دیگر باید میان هزینه حمل و هزینه تحویل محموله تفکیک قائل شد. در برخی از بررسی‌های انجام شده، غفلت از تفاوت میان هزینه حمل و هزینه تحویل یا هزینه توزیع، موجب شده که مزیت حمل با راه‌آهن خوش‌بینانه و هزینه حمل جاده‌ای بدبینانه برآورد گردد. در مورد ترافیک مسافران، افزون بر تفاوت درباره هزینه حمل، تفاوت‌های دیگری از قبیل مدت سفر، راحتی و آسایش و احتمال تصادف کمتر نیز وجود دارد.

از سوی دیگر، برخی ملاحظات عملی موجب می‌شود که پیش‌بینی ترافیک درازمدت مشکل چندانی به وجود نیاورد. این ملاحظات به شرح زیر است:

**یکم -** بخش عمده ترافیک بسیاری از خطوط راه‌آهن و بنادر را چند کالای فله مانند: زغال سنگ، مواد معدنی و غلات تشکیل می‌دهد و از این رو تحلیل و پیش‌بینی‌های آتی محدود به اقلام یادشده خواهد شد.

**دوم -** بخش عمده‌ای از ترافیک آبی را، به ویژه در کوتاه مدت و میان مدت، ترافیک موجود کنونی تشکیل می‌دهد و الگوهای موجود محل استقرار صنایع، کشاورزی، و جمعیت به فوریت دچار تغییرهای عمده نخواهد شد.

**سوم -** در مواردی پیش‌بینی ترافیک برای دوره‌ای که حجم ترافیک به ظرفیت طرح خواهد رسید کفایت می‌کند؛ مشروط بر آن که پس از آن، ترافیک کاهش نپذیرد. این مطلب بیشتر درباره طرح‌های راهسازی صادق است.

**چهارم -** با توجه به آن که حمل و نقل، به ویژه حمل و نقل جاده‌ای در کشورهای در حال توسعه، بسیار پویا و در حال رشد است، برآورد دست بالای ترافیک، در مدت زمان کوتاهی پس از سال مورد نظر تحقق خواهد یافت و از این رو، هزینه اشتباه در برآورد ترافیک دست بالا، کمتر از زمانی خواهد بود که ترافیک پیش‌بینی شده هرگز تحقق نیابد. از سوی دیگر، طرح‌های سرمایه‌گذاری راه‌آهن به دلیل عمر طولانی خطوط و تجهیزات راه‌آهن، از این نقطه نظر پرخطرتر است؛ زیرا تجربه نشان داده است که رشد ترافیک راه‌آهن بسیار کندتر از رشد ترافیک جاده است.

## ۷. بررسی سیاست‌ها و عملیات حمل و نقل

در برخی از برنامه‌های عملیاتی، مسأله بازنگری سیاست‌ها و عملیات حمل و نقل به منظور حصول اطمینان از بهره‌برداری کارآمد از سرمایه‌گذاری‌های موجود و به حداقل رساندن ضرورت سرمایه‌گذاری‌های جدید، از نظر دور مانده است. با توجه به کمبود سرمایه و سرمایه‌گذاری کلان مورد نیاز و ارزیابی سنگین طرح‌های حمل و نقل، مسأله مورد اشاره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در اینجا به کوتاهی درباره آن سخن گفته می‌شود.

### ۱.۷. سیاست‌های حمل و نقل

برخی از مهم‌ترین سیاست‌هایی که در بررسی‌های حمل و نقل باید مورد بازنگری قرار گیرد به ترتیب به شرح زیر است.

#### ۱.۱.۷. سیاست سنجش و گزینش سرمایه‌گذاری‌های جدید

به طور کلی، تهیه و تنظیم و سنجش و گزینش طرح‌های حمل و نقل به شیوه‌ای منظم و سنجیده و روشمند مورد تحلیل هزینه و فایده قرار نمی‌گیرد. در گزارش‌های توجیه طرح‌های حمل و نقل، گزینه‌های مختلف مورد توجه قرار نمی‌گیرد، هزینه‌های طرح سرمایه‌گذاری کمتر و فایده آن بیشتر از واقع و مدت اجرای طرح بسیار کمتر از واقعیت موجود در کشور، برآورد می‌شود. افزون بر آن، معیار یا ضابطه مشخصی مورد عمل نیست و در گزارش‌های مختلف، ضوابط گوناگونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این گزارش‌ها، آنچه که به عنوان «بررسی اقتصادی» خوانده می‌شود دقیقاً جنبه «بررسی مالی» دارد و بررسی اقتصادی انجام نمی‌گیرد. معیار سنجش و گزینش طرح‌های راه به شیوه‌ای سنجیده و روشمند، به تفصیل در فصول آینده این راهنما مورد بحث قرار خواهد گرفت.

### ۲.۱.۷. سیاست تعیین تعرفه

به منظور تخصیص کارآمد اعتبار به بخش حمل و نقل، در مقایسه با سایر بخش‌های اقتصادی، و نیز توزیع بهینه ترافیک میان وسایل گوناگون حمل که با یکدیگر در رقابت هستند، باید نرخ تعرفه حمل ترافیک برپایه هزینه واقعی حمل با وسیله نقلیه مربوط، تعیین شود؛ از این رو، در گزارش بررسی وضع حمل و نقل، باید تعرفه‌هایی که بیشتر یا کمتر از هزینه‌های واقعی آنها تعیین گردیده و نیز تأثیر آن بر ایجاد دگرگونی (تحریف) در امور ترافیک و سرمایه‌گذاری‌ها، مشخص شود و اضافه گردد که آیا مسئولان مربوط از اختیار و آزادی کافی برای تعیین و یا تعدیل‌ها تعرفه‌ها برخوردارند یا خیر. معمولاً تعرفه‌های تعیین شده کمتر از هزینه ارائه خدمت مربوط است و در نهایت امر، بر خزانه دولت فشار مالی جدی وارد می‌کنند.

### ۳.۱.۷. سیاست تعیین عوارض

معمولاً برای خدماتی که به استفاده کنندگان از راه، بندر و فرودگاه ارائه می‌شود، عوارض کافی به شکل مالیات بنزین، عوارض صدور مجوز، عوارض راه و مانند آن برای جبران هزینه‌های مربوط، دریافت نمی‌گردد. این مورد نیز همچون مورد اعطای یارانه (تعیین تعرفه کمتر از هزینه انجام شده) موجب دگرگونی (تحریف) وضع از نظر توزیع ترافیک و سرمایه‌گذاری میان شیوه‌های مختلف حمل و نقل خواهد شد و حاصل آن، سرمایه‌گذاری اضافی در کل بخش حمل و نقل، تعیین مکان‌های ناکارآمد برای صنایع جدید، و فشار ناموجه بر امکانات مالی کشور خواهد بود.

### ۴.۱.۷. سیاست تدوین مقررات

به هنگام بررسی بخش حمل و نقل، باید سیاست‌های جاری درباره تدوین مقررات برای کامیون‌های باری و اتوبوس‌ها و سواری‌های مسافری از نظر صدور جواز، محدودیت‌های مربوط به مسیر و مسافت سفر، محدودیت کرایه و نرخ حمل بار، وزن بار و سایر کنترل‌ها و نیز چگونگی اعمال این مقررات مورد بازنگری قرار گیرد.

### ۵.۱.۷. سایر سیاست‌ها

سایر پرسش‌هایی که در ارتباط با سیاست‌های مورد عمل در بخش حمل و نقل، به هنگام مطالعه کلی بخش حمل و نقل باید مورد توجه قرار گیرد به شرح زیر است:

- یکم -** آیا مالیات‌ها و حقوق و عوارض گمرکی ناظر بر شیوه‌های حمل و نقل، بی‌طرفانه و بدون قصد حمایت از یک شیوه در برابر شیوه‌های دیگر حمل و نقل وضع شده است.
- دوم -** آیا تخصیص اعتبار به شیوه‌های مختلف حمل و نقل، بی‌طرفانه و بدون تبعیض است.
- سوم -** آیا کوشش بر آن است که ترافیک به سوی یک شیوه خاص هدایت شود.
- چهارم -** آیا تولید و یا واردات خودرو، لوازم یدکی و غیره به ترتیبی کنترل می‌گردد که در نهایت، شیوه خاصی از حمل و نقل مورد تبعیض قرار گیرد.
- پنجم -** آیا مسئولیت ویژه‌ای برعهده شیوه حمل و نقل خاصی قرار می‌گیرد بدون آن که هزینه آن جبران گردد.

معمولاً سیاست‌های مورد نظر در قبال بخش حمل و نقل از طریق نهاد خاصی تدوین و اداره و اجرا می‌شود و از این رو، در بررسی وضع حمل و نقل باید این نهاد مورد بازنگری قرار گیرد تا مشخص شود که آیا این نهاد بر تمام شیوه‌های حمل و نقل نظارت دارد و اگر پاسخ مثبت است دامنه اختیارات آن مورد بررسی قرار گیرد تا معلوم شود که آیا نهاد مورد بحث از نیروی انسانی ورزیده کافی بهره‌مند است و نیز آیا آمار و اطلاعات معتبر و کافی در دسترس این افراد قرار دارد تا آنان بتوانند برپایه آن، سیاست‌های سودمند تدوین نمایند و هوشمندانه به کار گیرند.

## ۲.۷. بررسی عملیات حمل و نقل

با بهبود عملیات بهره‌برداری از جاده، راه‌آهن و بندر می‌توان نیاز به سرمایه‌گذاری‌های جدید را به حداقل کاهش داد. این بهبود تمام وجوه و مراحل بهره‌برداری را در بر می‌گیرد و شامل بهبود وضع به کارگیری وسایل متحرک ریلی و تجهیزات دیگر راه‌آهن، بهبود وضع نگهداری راه‌ها، استفاده از روش‌های نوین حسابداری و آمارگیری و نیز سازمان‌دهی بهتر و روش مطلوب‌تر اداره امور نظام حمل و نقل می‌شود. در واقع سه گروه با موضوع حمل و نقل رو به رو هستند. این سه گروه عبارتند از استفاده‌کنندگان حمل و نقل، بنگاه‌های حمل و نقل، و مقام‌های مسئول دولتی که برای هر یک از آنها، وجوه سازمان‌دهی متفاوتی مطرح می‌شود.

ابعاد و در نتیجه هزینه نظام حمل و نقل تا حدود زیادی وابسته به دامنه تغییرهای تقاضای استفاده‌کنندگان از این خدمت دارد. هرگاه تغییرهای تقاضا برای دریافت و یا فرستادن محموله از نظر زمانی نامشخص و نامرتب باشد، این امر موجب خواهد شد که گاه و بیگاه در نظام حمل و نقل، ظرفیت بدون استفاده دیده شود. تغییرهای تقاضا برای حمل و نقل می‌تواند ناشی از عوامل بیرونی از قبیل فعالیت‌های فصلی باشد؛ اما افزون بر آن، برنامه‌ریزی ناکافی استفاده‌کنندگان حمل و نقل نیز



دارای نقش است. استفاده کننده از حمل و نقل باید بداند که سازمان‌دهی کارهایش به نفع اوست؛ زیرا بین خرید مواد اولیه و فروش محصول، با میزان نگهداری موجودی انبار رابطه نزدیکی وجود دارد و دیگر این که، هرگاه تقاضای او در چارچوب برنامه زمانی به صورت مرتب و یکنواخت انجام گیرد، بنگاه حمل نقل می‌تواند برپایه آن فعالیت ناوگان حمل و نقل خود را به ترتیبی برنامه‌ریزی کند که از آنها بهره‌برداری بیشتر و مؤثرتری شود و به این ترتیب از هزینه‌های خود بکاهد و از این رو، احتمال آن وجود دارد که به مشتری دائمی خود تخفیف دهد. مؤسسه استفاده کننده از حمل و نقل به منظور بهبود کارایی سازمان داخلی خود و نیز افزایش فروش، باید از بسته‌بندی، بارکف (پالت) و بارگنج (کانتینر) استفاده کند. هرگاه کاربران حمل و نقل و نیز بنگاه‌های حمل و نقل از نظر کاربرد فنون جدید و پیشرفته حمل، با یکدیگر همکاری نمایند می‌توان از تجهیزات حمل و نقل و فضای حمل وسیله نقلیه، به شیوه‌ای بهینه بهره‌برداری نمود. برای برخورداری از بهره‌وری مطلوب وسایل حمل و نقل، همکاری پیش‌گفته ضروری است.

تشکیل کانون استفاده کنندگان عمده از حمل و نقل، می‌تواند از نقطه نظر فنی و نیز اقتصادی، نقش مهمی در ترویج کارایی و برنامه‌ریزی منطقی داشته باشد. هرچند که برنامه‌ریزی‌های پیش‌گفته بیشتر در مؤسسه‌های بزرگ صنعتی و کشاورزی قابل اعمال است؛ اما می‌توان با تشکیل تعاونی‌های خرده کشاورزان و نیز صنایع کوچک، به همین نتایج نایل شد. در این حالت، بنگاه حمل و نقل (یا تعاونی کامیون‌داران) می‌تواند براساس برنامه‌ریزی، فعالیت‌های آتی خود را سامان دهد و موجبات کارایی و صرفه‌جویی را فراهم آورد. به هر روی، باید یادآور شد که در این زمینه، به دلیل گوناگونی گسترده محموله‌ها که موجبات تفاوت سرعت‌های حمل را پیش می‌آورد و نیز به دلیل نبود بار در مسیرهای برگشت، دشواری‌های وجود خواهد داشت که باید مورد توجه قرار گیرد.

در مواردی که شمار رانندگان کامیون‌دار زیاد است، می‌توان از طریق تشکیل تعاونی و یک کاسه و منطقی کردن امکانات و برنامه‌ها، میزان کارایی و سودآوری را افزایش داد. تجربه نشان می‌دهد که به موازات پیشرفت اقتصادی، بنگاه‌های بزرگ حمل و نقل اندک اندک جانشین رانندگان کامیون‌دار خواهد شد و با تشکیل ناوگان‌های بزرگ، پاسخگوی متقاضیان عمده خدمات حمل و نقل خواهند گردید.

به همراه توسعه اقتصادی، ناگزیر نقش مدیریت کارآمد در بخش حمل و نقل از اهمیت زیادتری برخوردار خواهد شد. در بخش حمل و نقل از کارگران فنی ورزیده گران قیمت و تجهیزات وارداتی استفاده می‌شود که بهای آن به ارز پرداخت می‌گردد. مدیران حمل و نقل جاده‌ای باید همواره آمار هزینه‌ها، درآمدها، تناژ و مسافت پیموده شده در هفته را مطالعه و بررسی کنند و راه کارهای

مؤثر برای کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری را پیش‌بینی نمایند. بنگاه‌های حمل و نقل نیز باید کانون یا اتحادیه مربوط به خود را ایجاد کنند و توصیه‌های ضروری درباره سیستم‌های حسابداری، روند کوتاه مدت و بلندمدت تقاضا برای خدمات حمل و نقل، و مانند آن را در اختیار اعضا قرار دهند. نقش دستگاه‌های مسؤل برای افزایش کارایی در واحدهای حمل و نقل به دو صورت زیر خواهد بود.

**یکم -** ترویج فرهنگ کارایی در میان کاربران و عرضه کنندگان خدمات حمل و نقل. برای نیل به این منظور، دستگاه مسؤل می‌تواند کاربران و نیز عرضه کنندگان خدمات حمل و نقل را تشویق به تشکیل کانون یا اتحادیه‌های مربوط به خود کند و در مراحل نخستین، آنها را با ارائه رهنمودها و اطلاعات و آمارهای مربوط به صنعت حمل و نقل یاری نماید.

**دوم -** برخی از کارها نیز باید از سوی دستگاه مسؤل به مرحله اجرا درآید. وضع مقررات رسمی و یا ایجاد هماهنگی لازم میان خدمات مختلف بخش حمل و نقل از طریق نظارت بر نرخ‌گذاری، صدور مجوزهای مربوط و مانند آن، از جمله این وظایف است. به هنگام وضع مقررات، همواره باید در نظر داشت که این مقررات به انعطاف پذیری و کارایی موجود نظام حمل و نقل آسیبی نرساند. به طور کلی و به عنوان یک سیاست ثابت و همیشگی، برای بهبود کارایی تسهیلات موجود، همواره باید مقرراتی وضع گردد که از یکسو به طور مؤثری قابل اعمال باشد و از سوی دیگر، مانع توسعه ملی یک شیوه خاص حمل و نقل نگردد.

## ۸. برنامه عملیاتی سرمایه‌گذاری

پس از برآورد و تعیین الگوی ترافیک آتی و بررسی امکان بهبود سیاست‌ها و عملیات به منظور استفاده بیشتر از تأسیسات و تجهیزات موجود برای پاسخگویی به تقاضای آینده، گام بعدی آن است که درباره طرح‌های سرمایه‌گذاری جدید برای جبران کمبود زیربنایها و تجهیزات، تصمیم‌گیری شود. برای سهولت تحلیل اقتصادی طرح‌های جدید، بهتر است که طرح‌های جدید حمل و نقل را به سه گروه زیر تقسیم کرد:

**یک -** طرح‌های افزایش ظرفیت.

**دو -** طرح‌های جایگزینی تأسیسات و تجهیزات فرسوده.

**سه -** طرح‌های بهسازی تأسیسات و تجهیزات موجود.

این سه نوع طرح سرمایه‌گذاری با یکدیگر ارتباط متقابل دارند؛ اما الگوی تاریخی طرح‌های انجام شده راه‌آهن در بسیاری از کشورها نشان دهنده آن است که تفکیک یادشده سودمند است. برای

مثال، تاریخ احداث راه‌آهن در ایالات متحده آمریکا را می‌توان به سه دوره تقسیم کرد. دوره نخست از اواسط قرن نوزدهم آغاز می‌شود و در پایان قرن یادشده خاتمه می‌پذیرد. در این دوره بیشتر سرمایه‌گذاری‌ها معطوف به گسترش خطوط راه‌آهن و تأسیسات زیربنایی شده بود. در دوره دوم، که از اوایل قرن بیستم آغاز و تا پایان جنگ جهانی اول ادامه یافت، سرمایه‌گذاری‌های مربوط به وسایل متحرک ریلی به نسبت از اهمیت بیشتری برخوردار شد. دوره سوم سال‌های ۱۹۲۰ به بعد را در بر می‌گیرد. در این دوره ترافیک مسافری راه‌آهن کاهش چشم‌گیری یافت و ترافیک بار راه‌آهن نیز فقط از افزایش اندکی بهره‌مند شد و از این رو، هزاران کیلومتر از خطوط راه‌آهن از بهره‌برداری خارج شد و به همین دلیل، سرمایه‌گذاری خالص در بخش راه‌آهن چندان افزایش نیافت.

در آغاز دوره سرمایه‌گذاری برای راه‌آهن در کشور آمریکا، سرمایه‌گذاری کلان انجام پذیرفت و به تدریج تکمیل گردید. پس از تکمیل شبکه اصلی راه‌آهن، همین شبکه با سرمایه‌گذاری اضافی اندکی، پاسخگوی خدمات و تقاضای اضافی مورد نیاز بعدی شد.

این الگوی سرمایه‌گذاری در کشورهای در حال توسعه نیز مشاهده می‌شود. برای مثال، در آرژانتین و برزیل، برای افزایش ظرفیت راه‌آهن نیاز چندان به سرمایه‌گذاری اضافی نیست و حتی می‌توان گفت که در کشورهای یادشده ظرفیت اضافی نیز وجود دارد؛ اما در مقابل، برای جایگزینی و بهسازی ظرفیت موجود، به سرمایه‌گذاری اضافی کلانی نیاز است.

در مورد جاده سازی نیز همین الگو برقرار است. به این معنی که سرمایه‌گذاری‌های اولیه به منظور ایجاد ظرفیت جدید انجام می‌گیرد، ولی پس از ایجاد شبکه‌های اصلی، کوشش‌ها معطوف به بهبود وضع جاده‌های احداث شده می‌گردد. آسفالت کردن راه شوسه نوعی بهسازی است که در عین حال، موجب افزایش ظرفیت نیز می‌شود. از نظر تأمین وسایل نقلیه نیز، در مراحل اولیه کوشش بر آن است که حداقل ناوگان مورد نیاز فراهم شود و در این دوران از این وسایل نقلیه به مدت طولانی استفاده می‌شود و سرمایه‌گذاری برای جایگزینی وسایل نقلیه، بخش اندکی از کل سرمایه‌گذاری را تشکیل می‌دهد. برای مثال، میانگین عمر استفاده از این وسایل در هندوستان برابر با ۲۰ سال است. دلیل این امر، گرانی قیمت وسیله نقلیه و ارزانی خدمات نگهداری آنهاست. در طول زمان و تغییر نسبی روابط یادشده، وسایل نقلیه در مدت زمان کوتاه‌تری جایگزین می‌گردد و هزینه جایگزینی خودرو، بخش فزاینده‌ای از کل سرمایه‌گذاری حمل و نقل را به خود تخصیص می‌دهد. در کشورهایی که به مرحله توسعه یافتگی زیاده‌تر رسیده‌اند، جایگزینی وسیله نقلیه به دلیل افزایش هزینه نگهداری صورت نمی‌گیرد، بلکه هدف آن است وسیله نقلیه قدیمی و از رده خارج، یا به اصطلاح

اقتصادی «ناباب»، با وسیله نقلیه پیشرفته‌تر امروزی جایگزین و نوسازی شود. در اینجا به ترتیب درباره سه نوع طرح مورد اشاره در آغاز این مبحث، توضیح کوتاهی داده خواهد شد.

### ۸.۱. طرح‌های افزایش ظرفیت

افزایش ترافیک بار و مسافر، موضوع سرمایه‌گذاری جدید برای گسترش ظرفیت تأسیسات و تجهیزات حمل و نقل را مطرح می‌کند. به این منظور باید راه‌های جدید ساخته شود و یا جاده‌های موجود بهسازی گردد؛ اسکله‌های جدید احداث شود؛ هواپیماهای جدید خریداری گردد؛ خطوط راه گسترش یابد و مانند آن. از یکسو، به دلیل نوسان تقاضا، از قبیل نوسان‌های فصلی مربوط به کشاورزی، در بخشی از سال بدون تردید ظرفیت اضافی وجود خواهد داشت و از سوی دیگر، هرگاه تقاضا بیش از میزان پیش‌بینی شده گردد، نمی‌توان ظرفیت موجود حمل و نقل را به فوریت افزایش داد و از این رو، منجر به ایجاد تنگناهای جدی خواهد شد. برای مثال، در سال‌های ۱۳۵۲ و ۱۳۵۳ پس از بالارفتن چشم‌گیر قیمت نفت و افزایش بی‌رویه واردات، مشکلات بسیار عمده در بنادر کشور و نیز حمل بار از بنادر به داخل کشور به وجود آمد و زیان‌های کلان حاصل شد. به طوری که روزانه مبلغ یک میلیون دلار بابت جریمه انتظار کشتی‌ها برای تخلیه بار، خسارت پرداخت شد. به هر روی، برای برآورد میزان اضافه ظرفیت بخردانه و مناسب، باید میان هزینه‌های اضافی ایجاد ظرفیت از یکسو، با هزینه‌های حمل نکردن برخی از بارها و یا حمل آنها با هزینه‌ای گرانتر و ایجاد تنگنا در توسعه کشور از سوی دیگر، موازنه برقرار کرد.

باید اشاره کرد که در بخش حمل و نقل جاده‌ای، به دلیل انعطاف پذیری وسایل حمل و نقل و نیز وجود راه‌های جایگزین و توجه به این واقعیت که جاده‌ها معمولاً کمتر از ظرفیت مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، پیدا کردن ظرفیت اضافی در مسیرها چندان دشوار نخواهد بود؛ هرچند که احتمالاً گاه تراکم ترافیک و هزینه‌های حاصل از آن، پیش خواهد آمد. پیداست که ترافیک و ظرفیت با یکدیگر ارتباط متقابل دارند؛ به این معنی که از یکسو، ترافیک تعیین‌کننده ظرفیت است و از سوی دیگر، ظرفیت و هزینه‌های مرتبط با آن، تعیین‌کننده ترافیک خواهد بود و از این رو، در بررسی‌های مربوط به حمل و نقل باید هر دو مطلب یادشده مورد توجه قرار گیرد.

### ۸.۲. طرح‌های جایگزینی تأسیسات و تجهیزات فرسوده

در این گونه طرح‌ها، مسأله جایگزینی تأسیسات و تجهیزات کهنه و فرسوده با تجهیزات نو، ولی مشابه نوع قدیمی مطرح می‌گردد. برای مثال، روکش جدید آسفالت نمونه‌ای از این گونه

طرح‌هاست. باید توجه داشت که در این گونه طرح‌ها، طراحی اساسی و استاندارد کیفیت، تغییر پیدا نمی‌کند و به حالت نخستین خود باقی می‌ماند. جایگزینی تجهیزات برپایه استهلاک فیزیکی آنها انجام می‌گیرد. زمان مناسب جایگزینی این گونه دارایی‌ها بر مبنای دو عامل زیر تعیین می‌شود.

**یکم -** هزینه‌های سرمایه‌ای تجهیزات جدید پس از کسر ارزش اسقاط تجهیزات فرسوده و نیز در نظر گرفتن هزینه‌های نسبی نگهداری آنها.

**دوم -** نابابی فنی تجهیزات کنونی، به این معنی که به دلیل پیشرفت تکنولوژی، اکنون از تجهیزات کارآمدتری استفاده می‌شود.

### ۸.۳. طرح‌های بهسازی تأسیسات و تجهیزات موجود

این نوع طرح‌های سرمایه‌گذاری به منظور جانشینی تأسیسات و تجهیزاتی که پیش از به سرآمدن عمر فیزیکی‌شان به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی از نظر کارایی فنی ناباب (منسوخ) شده‌اند، به مرحله اجرا در می‌آیند.

صنعت حمل و نقل همچون صنایع دیگر، در معرض پیشرفت‌های تکنولوژی قرار گرفته است و وضعیت رقابت نسبی میان شاخه‌های مختلف حمل (جاده‌ای، ریلی، هوایی، دریایی، خط لوله)، به دلیل این پیشرفت فنی دائمی و تغییر چشم‌گیر ساختار هزینه‌ها و نیز کیفیت ارائه خدمت هر یک از وسایل حمل یادشده، می‌تواند همواره تغییر یابد. از این رو، بسیار دیده شده است که پیش از به سرآمدن عمر فیزیکی تأسیسات زیربنایی و تجهیزات مربوط، این امکانات از نظر تکنولوژیکی ناباب قلمداد شده‌اند و به دلیل سودمند نبودن مالی و اقتصادی، از رده استفاده خارج گردیده‌اند.

عمر اقتصادی تجهیزات به طور کلی کمتر از عمر فیزیکی و فنی آنهاست. می‌توان برپایه ملاحظات مربوط به هزینه‌های نگهداری و هزینه‌های استهلاک و نیز ارزش اسقاط دارایی‌های یادشده، عمر اقتصادی آنها را برآورد و تعیین کرد. به سه شیوه می‌توان با مسأله نابابی فنی رو به رو شد.

**یکم -** ادامه استفاده از تأسیسات و تجهیزات ناباب. در این حالت، استفاده از این نوع دارایی‌ها به معنی تحمل هزینه‌های عملیاتی گران‌تر در مقایسه با گزینه تکنولوژیکی ارزانتر خواهد بود.

**دوم -** جایگزینی بخشی از تأسیسات و تجهیزات ناباب. در برخی موارد، استفاده از این روش هزینه کمتری از رهاکردن کل سیستم مربوط دارد و می‌توان از آن استفاده کرد.

**سوم -** بهسازی کامل تأسیسات و تجهیزات ناباب. در مواردی که صرفه‌جویی حاصل از استفاده از تأسیسات و تجهیزات جدید و امروزی به جانشینی تأسیسات موجود، بیش از هزینه ایجاد تأسیسات یادشده باشد، می‌توان از این روش استفاده کرد.

با توجه به عمر درازمدت طرح‌های حمل و نقل و نیز هزینه‌های مربوط، کیفیت ارائه خدمات و ضرورت جایگزینی تأسیسات و تجهیزات ناباب، گزینه سوم بهترین راه حل محسوب می‌گردد.

#### ۸.۴. تعیین اولویت

پس از مشخص شدن ضرورت اجرای طرح‌های حمل و نقل و از جمله طرح‌های راه‌سازی، باید سودمندی اقتصادی و اولویت آنها نیز بررسی و تعیین شود. مهمترین هدف آن است که تمام طرح‌های عمرانی حمل و نقل از نظر فنی، مالی، اقتصادی و در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی، به طور کامل مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد تا برپایه این مطالعات، منابع محدود مالی و فیزیکی به شیوه‌ای بهینه، میان نیازهای گسترده بخش حمل و نقل و نیز سایر بخش‌های اقتصادی، تخصیص یابد. مطالعات یادشده باید به ترتیبی انجام گیرد که براساس آن معلوم شود:

**یکم -** اجرای طرح در جهت تحقق هدف‌های تعیین شده در برنامه عمرانی پنجساله کشور است.

**دوم -** گزینه‌های متفاوت فنی اجرای طرح، مشخص و بررسی شده است و از میان آنها گزینه‌ای که از نظر اقتصادی کم‌هزینه‌ترین است، برای تحقق فایده حاصل از طرح، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**سوم -** فایده طرح بیش از هزینه آن است.

**چهارم -** توزیع فایده طرح منطبق با هدف‌های آن است.

**پنجم -** وجوه کافی برای ادامه عملیات آن وجود خواهد داشت و طرح پایدار است.

**ششم -** آثار زیست محیطی حاصل از اجرای طرح مورد بررسی و توجه قرار گرفته است.

برای تدوین و تألیف و ارزشیابی طرح‌های عمرانی و از جمله طرح‌های حمل و نقل و راهسازی سه نوع تحلیل انجام می‌گیرد که در زیر به آنها اشاره می‌شود.

#### ۸.۴.۱. تحلیل فنی

در طرح‌های راهسازی، تحلیل فنی نشان خواهد داد چه گزینه‌های فنی برای پاسخگویی به پیش‌بینی ترافیک در سال‌های آینده وجود دارد. این گزینه‌ها شامل نوع جاده، مشخصات جاده،

مسیرهای جاده، شمار تونل‌ها، شمار پل‌ها، مشخصات هندسی، مصالح و نوع طراحی، کنترل ترافیک، ساختن مرحله‌ای راه و فراهم آوردن امکانات برای جاده سازی آتی، و مانند آن می‌گردد. برای انتخاب بهترین طرح‌ها از میان طرح‌های متفاوت، و نیز بهترین گزینه از میان گزینه‌های مختلف یک طرح، و همچنین گزینه‌های فنی داخل یک طرح باید ملاحظات فنی، مالی و اقتصادی هر یک مورد بررسی قرار گیرد. در مرحله تدوین و تألیف طرح راه، بین وجوه فنی و مالی و اقتصادی توالی وجود ندارد و این مطالب همزمان مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. شماری از گزینه‌های راه، تا آخرین مرحله مطالعه و تألیف طرح، دوش به دوش به پیش می‌روند و سرانجام، گزینش از میان آنها برپایه ارزشیابی کلی فنی، مالی، اقتصادی و نیز زیست محیطی هر یک، انجام می‌گیرد.

#### ۲.۴.۸. تحلیل مالی

در تحلیل مالی، تمام هزینه‌ها و نیز درآمد احتمالی حاصل از طرح و گزینه‌های مختلف آن، براساس قیمت‌های بازار، برآورد و محاسبه می‌شود تا به این ترتیب:

- نیاز مالی طرح،
- زمانبندی نیاز مالی،
- شیوه تأمین مالی،
- سودآوری مالی (در مواردی که طرح درآمد دارد).

مشخص شود. برای تعیین سودآوری مالی از ضابطه ارزش خالص کنونی مالی استفاده می‌شود. فارغ از مسأله سودآوری مالی، که تنها در مورد طرح‌های درآمدزا معتبر است، به طور کلی هر طرحی باید از نظر تأمین نیازهای مالی، سالم و پایدار باشد؛ چه در غیر این صورت، طرح ناپایدار خواهد بود و در نتیجه، فایده اقتصادی آن تحقق نخواهد یافت.

#### ۳.۴.۸. تحلیل اقتصادی

در تحلیل اقتصادی، تأثیر طرح بر اقتصاد کشور مورد ملاحظه قرار می‌گیرد و هدف آن است که سودآوری طرح برپایه قیمت‌های اقتصادی (محاسباتی) تعیین گردد. مبنای نهایی سنجش و ارزشیابی و گزینش، به معنی تصمیم‌گیری درباره اجرای طرح، فایده خالص کنونی اقتصادی آن است. گزینه‌های مختلف طرح نیز برپایه معیار یادشده مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. برای انجام این نوع تحلیل، نخست باید فایده و هزینه اقتصادی گزینه‌های طرح، شناسایی، اندازه‌گیری و

ارزش‌گذاری شود و در پی آن، با مقایسه هزینه و فایده اقتصادی، ارزش خالص کنونی آنها محاسبه و تعیین گردد.

با استفاده از ضابطه مورد بحث، افزون بر سنجش و ارزشیابی یک طرح خاص، می‌توان آن را با سایر طرح‌هایی که به همین شیوه ارزشیابی شده‌اند، مقایسه کرد و اولویت آنها را تعیین نمود. گزینه‌های فنی داخل یک طرح برحسب مورد برپایه حداقل ارزش کنونی هزینه مالی و یا ترجیحاً اقتصادی آنها تعیین می‌شود.

#### ۸.۴.۴. استفاده از تحلیل‌های مالی و اقتصادی

به هنگام تدوین و تألیف طرح عمرانی، همواره راه‌حل‌ها و انتخاب‌های مختلف فنی داخل هر گزینه، برپایه ملاحظات مالی و یا ترجیحاً اقتصادی انتخاب می‌شود؛ سپس بعد از تدوین و تألیف گزینه‌های مختلف طرح، کل آنها برپایه ملاحظات مالی و اقتصادی مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند. به سخن دیگر، نخست در مرحله تدوین و تألیف گزینه‌های طرح، گزینه‌های فنی داخل هر یک از آنها برپایه ارزشیابی مالی و یا ترجیحاً اقتصادی بررسی، مطالعه و انتخاب می‌شوند و سپس در مرحله پایانی، گزینه‌های عمده، مورد ارزشیابی مالی و اقتصادی قرار می‌گیرند تا بهترین آنها به عنوان طرح نهایی برگزیده شود. افزون بر آن، همان گونه که در بالا اشاره شد، می‌توان اولویت طرح‌های برگزیده را نیز برپایه قدر مطلق ارزش خالص کنونی اقتصادی آنها معین کرد.

#### ۸.۵. مراحل مطالعه طرح‌های حمل و نقل

برای پیشگیری از اتلاف منابع و بروز خسارت، مطالعه طرح باید به شیوه‌ای منظم و مرحله به مرحله انجام گیرد تا هرگاه در هر یک از مراحل مطالعه، به هر دلیلی ادامه کار به مصلحت تشخیص داده نشود، بتوان با تحمل کمترین هزینه و حداقل خسارت، کار را از همان جا متوقف کرد. از این رو، مطالعات توجیه فنی، مالی، و اقتصادی در چهار مرحله زیر انجام می‌شود:

**یکم -** مطالعه شناسایی طرح،

**دوم -** مطالعه توجیه مقدماتی فنی، مالی و اقتصادی طرح،

**سوم -** مطالعه اختصاصی،

**چهارم -** مطالعه توجیه نهایی فنی، مالی و اقتصادی طرح،

با توجه به چهار مرحله بالا، تعهدات مالی طرح تنها به صورت گام به گام و مرحله‌ای انجام می‌گیرد. به این منظور، تا هنگامی که صحت کار مرحله پیشین تأیید و تصویب نشده است، تعهدی



برای انجام مرحله بعدی صورت نمی‌پذیرد. مهمتر آن که، تا مطالعه توجیه نهایی طرح از نظر فنی و مالی و اقتصادی به تصویب تصمیم‌گیران نرسد، مطالعه طراحی تفصیلی طرح که سهم عمده هزینه‌های پیش از اجرای طرح را در بر دارد، انجام نخواهد شد و دولت نیز زیر بار تعهد مالی اجرای یک طرح مطالعه نشده نخواهد رفت. اکنون، شرح کوتاهی درباره هر یک از مطالعه‌های یادشده در بالا داده خواهد شد.

### ۸.۵.۱. مطالعه شناسایی طرح

هدف از مطالعه شناسایی آن است که امکان سرمایه‌گذاری و یا هسته فکری طرح مشخص شود تا هر گاه این فکر به طور کلی توجیه پذیر به نظر آید، مورد بررسی و مطالعه بیشتر قرار گیرد. این بررسی جنبه تحلیل تفصیلی ندارد و بیشتر مبتنی بر مجموعه‌ای از برآوردهاست و نشان دهنده نمای کلی طرح است.

اطلاعات مورد نیاز برای برآورد ارقام هزینه و یا درآمد احتمالی این نوع مطالعات، از طرح‌های انجام شده پیشین گرفته می‌شود. تهیه و گردآوری اطلاعات در مرحله مطالعه شناسایی طرح مستلزم هزینه عمده‌ای نیست؛ زیرا منظور از این مطالعه، شناسایی رئوس اصلی طرح است. مقصود از انجام این مطالعه آن است که تمایل و توجه تصمیم‌گیران به مسأله جلب شود. هرگاه این مطالعه مورد تأیید آنان قرار گیرد، در زمان خود، این فکر به مطالعه توجیه مقدماتی طرح منجر خواهد شد. معمولاً برنامه‌های دورنگر (چشم‌انداز ۲۰ ساله)، هسته‌های اصلی طرح‌های حمل و نقل و از جمله راهسازی را مشخص می‌سازد.

### ۸.۵.۲. مطالعه توجیه مقدماتی فنی، مالی و اقتصادی

پس از شناسایی رئوس کلی طرح، باید آن را به تفصیل مورد بررسی و مطالعه قرار داد. اما مطالعه توجیه فنی و مالی و اقتصادی به منظور فراهم آوردن پایه تصمیم‌گیری، کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه‌ای است. از این رو، بهتر است پیش از تخصیص هرگونه وجهی از این بابت، طرح مربوط به طور مقدماتی مورد بررسی و ارزشیابی قرار گیرد تا موارد زیر مشخص شود:

**یک -** آیا موضوع طرح از نظر فنی، مالی و اقتصادی آنچنان ارزشمند و سودمند است که با صرف هزینه زیادتر به تفصیل لازم مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

**دو -** مطالب اساسی مربوط به طرح که در توجیه آن نقش مهم و پایه‌ای دارند و باید مورد بررسی‌های ژرف تخصصی قرار گیرند و در گزارش توجیه نهایی طرح آورده شود کدامند؟ (برای نمونه ترافیک، مطالعات و آزمایش‌های ژئوتکنیکی، تونل‌ها، پل‌های بزرگ).

مطالعه مقدماتی را می‌توان در اصل مرحله بینابین مرحله شناسایی و مرحله انجام مطالعه توجیه نهایی طرح تلقی کرد. فرق میان مطالعه مقدماتی با مطالعه نهایی آن است که در مطالعه نهایی، اطلاعات مورد نیاز به طور مفصل و جزئی گردآوری و مسایل فنی نیز به طور کلی طراحی می‌شود و اطلاعات کامل درباره آن ارائه می‌گردد؛ حال آن که در مطالعه مقدماتی، همان گونه که از نامش برمی‌آید تمام اطلاعات ارائه شده جنبه غیرتفصیلی و مقدماتی دارد.

چارچوب عمومی و موضوع‌های مورد بررسی مطالعه مقدماتی، مانند مطالعه نهایی است؛ اما دقت برآوردها و بررسی‌های میدانی آن کمتر می‌باشد. از این مطالعات برای تهیه و تنظیم برنامه‌های عملیاتی میان مدت پنجساله بخش حمل و نقل و از جمله راهسازی استفاده می‌شود.

### ۸.۵.۳. مطالعات اختصاصی

گاه برای انجام مطالعه مقدماتی و یا مطالعه نهایی، به ویژه در مطالعه طرح‌های بزرگ مقیاس، یک یا چند مسأله مربوط به آن به طور جداگانه مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. این مطالعات جنبه تخصصی دارند و به عنوان گزارش پشتیبان مطالعات یادشده تلقی می‌گردند. همان گونه که در بالا اشاره شد، مسائلی که می‌تواند در طرح‌های جاده سازی به طور جداگانه مورد بررسی خاص قرار گیرد به شرح زیر است:

**یک -** مطالعه و بررسی و پیش‌بینی وضع ترافیک،

**دو -** آزمایش‌ها و مطالعات ژئوتکنیکی،

**سه -** مطالعات مربوط به احداث تونل‌ها،

**چهار -** مطالعات مربوط به احداث پل‌های بزرگ و مانند آن.

محتوای مطالعات تخصصی برحسب مورد و با توجه به نوع طرح، متفاوت است. در عین حال، از آنجا که این نوع مطالعات مسایل بسیار مهمی را در بر می‌گیرد، باید نتیجه‌گیری‌های حاصل کاملاً روشن و شفاف باشد و جهت‌گیری‌های بعدی روند تدوین و تألیف طرح را تعیین کند.

در غالب موارد، هنگامی که مطالعات تخصصی پیش از و یا همزمان با مطالعه توجیه نهایی طرح انجام می‌گیرد، محتوای خلاصه شده آن، بخشی از مطالعه اخیر را تشکیل می‌دهد و از این رو، از بار مطالعه نهایی می‌کاهد.

### ۸.۵.۴. مطالعه توجیه نهایی فنی، مالی و اقتصادی

هرگاه نتیجه مطالعات مقدماتی مثبت باشد، می‌توان پا فراتر گذارد و مطالعات توجیه نهایی طرح را آغاز کرد. در این مطالعات، تمام گزینه‌های تحقق هدف‌های طرح از نظر فنی، مالی و اقتصادی مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد و حاصل مطالعات، همراه با اطلاعات مربوط به شیوه‌ای سنجیده و منظم و منطقی ارائه می‌شود.

مطالعه توجیه نهایی، سند نهایی برای تصمیم‌گیری درباره طرح است. از این رو، این مطالعه باید تمام اطلاعات فنی، مالی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را به منظور سنجش کلی آن از دیدگاه‌های یادشده، در بر داشته باشد. مطالعه توجیه نهایی باید چنان کامل باشد که از یکسو، اشکالی از نظر کمبود اطلاعات و یا تحلیل‌های ناکافی بر آن وارد نباشد و از سوی دیگر، نکته‌ای از دید تصمیم‌گیران نیز پنهان نماند.

هدف عمده و اساسی مطالعه توجیه نهایی، گردآوری و ارائه تصویر کامل واقعیت‌های فنی، مالی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مربوط به طرح است. مسأله سنجش کلی و همه جانبه طرح، مطلبی مهم و اساسی است و این امر با اتکا بر مطالعه توجیه نهایی طرح انجام می‌گیرد.

بیان مطلب بالا به آن معنی نیست که سنجش طرح، تنها در مرحله پایانی تدوین و تألیف آن، انجام می‌شود. در حقیقت، در تمام فرایند تدوین طرح، به دلیل مطرح شدن گزینه‌های مختلف درباره اجزای متفاوت طرح، مسأله سنجش و گزینش، امری گریزناپذیر است و از این رو، مؤلفان طرح در زمان تدوین و تألیف آن، همواره با مسأله سنجش و انتخاب رو به رو هستند.

ضابطه و یا معیار اصلی گزینش نهایی طرح عمرانی و از جمله طرح‌های راهسازی، سودآوری اقتصادی آنهاست؛ اما به دلیل آن که تأمین اعتبار و زمانبندی نیاز به اعتبار، برپایه برآورد و تحلیل نیازهای مالی انجام می‌گیرد، و افزون بر آن، چون برآورد و تعیین قیمت‌های اقتصادی برپایه تعدیل قیمت‌های مالی (قیمت‌های واقعی موجود در بازار) صورت می‌پذیرد از این رو، لازم است که تحلیل مالی طرح پیش از تحلیل اقتصادی آن انجام گیرد. برآورد ارقام هزینه و فایده طرح در مطالعه نهایی، بسیار دقیق‌تر از مطالعه‌های مراحل پیشین است.

### ۸.۶. مطالعه طراحی تفصیلی طرح

هرگاه برپایه مطالعه توجیه نهایی، طرح پذیرفته و تصویب شود، پس از آن می‌توان اقدام به مطالعه طراحی تفصیلی کرد. در این مرحله، در قالب طراحی فنی کلی که در مطالعه نهایی طرح مصوب ارائه شده است، مطالعات تفصیلی شامل نقشه‌های اجرایی، ترسیم‌ها، مشخصات دقیق فنی،

زمانبندی مراحل مختلف انجام و پیشرفت کار و مانند آن، صورت می‌پذیرد و در پی آن، طرح مورد نظر با استفاده از این نقشه‌ها و مطالعات به مرحله اجرا در می‌آید.

## ۸.۷. ایجاد هماهنگی

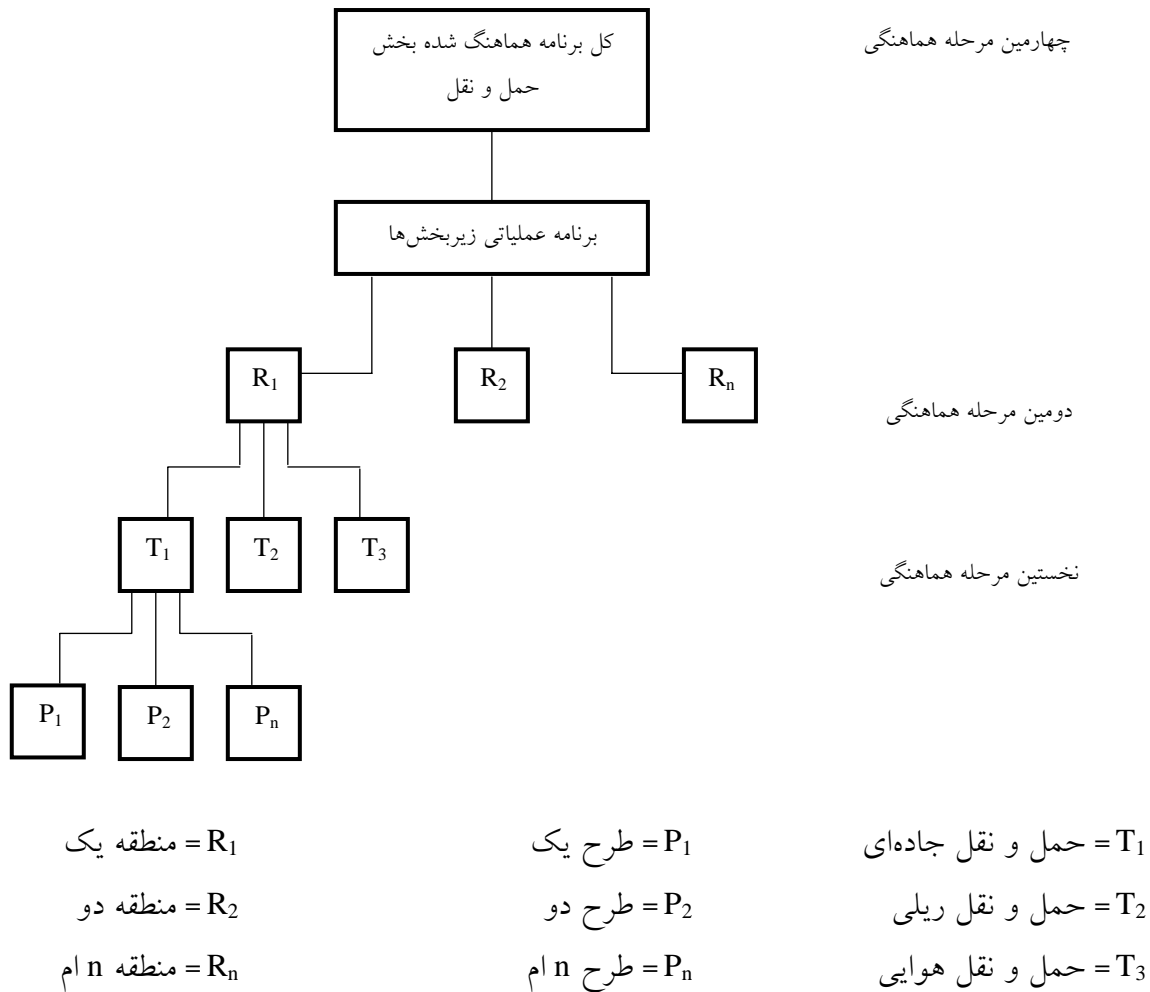
با در دست بودن طرح‌های حمل و نقلی که توجیه مقدماتی فنی، مالی و اقتصادی و زیست محیطی آنها انجام شده و برپایه تحلیل هزینه و فایده، ارزش خالص کنونی اقتصادی، هر یک از آنها معلوم گردیده است، می‌توان با هماهنگ کردن آنها از نظر محتوا، مکان و زمانبندی با یکدیگر و با هدف‌های برنامه پنجساله، برنامه سرمایه‌گذاری عملیاتی بخش و زیربخش‌های حمل و نقل را تهیه و تنظیم کرد. ابزار تدوین این برنامه هماهنگ نیز، تحلیل هزینه و فایده برنامه عملیاتی براساس ارزش خالص کنونی اقتصادی زیربخش‌ها و کل بخش حمل و نقل است.

بخش حمل و نقل از نظر وظیفه و کارکرد، یک شبکه یکپارچه محسوب می‌شود و طرح‌های مربوط به زیربخش‌های آن، حالت تکمیلی و یا رقیب نسبت به هم دارند و از این رو، هماهنگی مورد اشاره نیز باید در داخل هر یک از زیربخش‌ها و افزون بر آن، میان هر یک از زیربخش‌های حمل و نقل با یکدیگر و میان کل بخش حمل و نقل با هدف‌های برنامه عمرانی پنجساله به عمل آید.

پیش از این اشاره شد که معیار گزینش یک طرح حمل و نقل و از جمله طرح راهسازی، آن است که ارزش خالص کنونی اقتصادی آن مثبت باشد، یا به سخن دیگر، فایده اقتصادی طرح بیش از هزینه اقتصادی آن گردد. اعمال این روش و تنظیم برنامه عملیاتی حمل و نقل به آن معنی است که طرح‌های حمل و نقل به شیوه‌ای با یکدیگر هماهنگ گردد و در برنامه گنجانده شود که در مجموع، ارزش خالص کنونی اقتصادی برنامه را بیشینه کند. با در نظر گرفتن محدودیت‌های مالی، این احتمال هست که برای تحقق بیشینه شدن ارزش خالص کنونی اقتصادی برنامه حمل و نقل، به ناچار اولویت برخی از طرح‌ها تغییر یابد و یا برخی از طرح‌ها به کلی به کنار گذارده شود و طرح دیگری که از اولویت پایین‌تری برخوردار بوده است در برنامه عملیاتی منظور گردد. برای روشن شدن چگونگی ایجاد هماهنگی در مراحل مختلف به نمودار شماره ۱.۱ توجه نمایید.

همان گونه که در نمودار ۱.۱ دیده می‌شود، هماهنگی در چهار مرحله یا چهار سطح انجام می‌گیرد. در مرحله نخست، طرح‌های هر یک از زیربخش‌های حمل و نقل از نظر محتوا و زمانبندی با یکدیگر هماهنگ می‌شوند. طرح‌های حمل و نقل جاده‌ای به خوبی نشان دهنده آن است که طرح‌های بخش حمل و نقل در بیشتر اوقات با یکدیگر همبستگی دارند.

نمودار ۱.۱. شیوه هماهنگ کردن کل برنامه حمل و نقل



در مرحله دوم، طرح‌های هماهنگ شده هر یک از زیربخش‌های حمل و نقل، از نظر منطقه‌ای (مکان) با یکدیگر هماهنگ می‌شوند و به اصطلاح، برنامه عملیاتی یکپارچه حمل و نقل منطقه‌ای را به وجود می‌آورند.

در مرحله سوم، به منظور ایجاد هماهنگی میان پی‌آمدهای درونی و بیرونی برنامه‌های یکپارچه حمل و نقل مناطق مختلف، این برنامه‌ها مورد بازبینی قرار می‌گیرند و در صورت لزوم، تعدیل و اصلاح می‌گردند و برپایه مجموعه برنامه حمل و نقل یکپارچه هماهنگ شده مناطق مختلف، برنامه عملیاتی مقدماتی کل بخش حمل و نقل در سطح ملی تدوین و تنظیم می‌شود.

در مرحله چهارم، با عنایت به اطلاعات به دست آمده از فرایند ایجاد هماهنگی و نیز پیش‌بینی‌های فراگیر تقاضا، برنامه عملیاتی مقدماتی حمل و نقل از سوی بالاترین دستگاه هماهنگ کننده، یعنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مورد بررسی و بازنگری قرار می‌گیرد و در صورت ضرورت به منظور افزایش کارایی، تغییر لازم در آن داده می‌شود.

ایجاد هماهنگی مستلزم رفت و آمد اطلاعات از پایین‌ترین مرحله یا سطح، به بالا و از بالاترین مرحله یا سطح تصمیم‌گیری، به پایین است. این رفت و آمد جریان اطلاعات، امکان آن را فراهم می‌آورد که محتوا و زمانبندی طرح‌ها با چارچوب کلی برنامه عملیاتی و نیز هدف‌های برنامه عمرانی پنجساله هماهنگ گردد.

## ۸.۸. نظارت و ارزشیابی

به موجب مواد ۳۴، ۳۵، ۳۶ و ۳۷ قانون برنامه و بودجه کشور مصوب اسفند ماه ۱۳۵۱ و نیز ماده ۱۵۷ قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران مصوب ۱۳۸۳/۰۶/۱۱، برای حصول اطمینان از مطابقت عملیات و نتایج حاصله با هدف و سیاست‌ها و نیز دستورالعمل‌ها و مشخصات و همچنین جدول‌های زمانی پیش‌بینی شده پیشرفت کار طرح‌ها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف است بر اجرای طرح‌ها نظارت کند و به این منظور باید به طور مستمر از طرح‌های عمرانی دستگاه‌های اجرایی بازدید و بازرسی و ارزشیابی نماید و دستگاه‌های اجرایی را مرتباً در جریان نظارت و نتایج حاصل از آن بگذارد. دستگاه‌های اجرایی نیز موظفند بر پیشرفت طرح‌های عمرانی، مراقبت دائم به عمل آورند و منظمأً به ترتیبی که از طرف سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تعیین می‌شود، اطلاعات لازم را به آن سازمان تسلیم نمایند.

افزون بر آن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مکلف است هر شش ماه گزارش پیشرفت عملیات و مشکلات اجرای طرح‌ها و همچنین پیشنهادهای مشخص جهت رفع این مشکلات را به بالاترین مقام اجرایی کشور تسلیم کند و حداکثر تا شش ماه پس از پایان هر دوره برنامه عمرانی نیز، گزارش جامع درباره عملیات انجام شده و کارهای ناتمام در دوره برنامه، حاوی اظهارنظر نسبت به ارزشیابی عملیات و تحقق هدف‌های برنامه، به مجلس تقدیم کند.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و نیز دستگاه اجرایی، با استفاده از گزارش مطالعه توجیه نهایی فنی، مالی و اقتصادی طرح و نیز گزارش مطالعه طراحی تفصیلی فنی و اجرایی طرح به عنوان سندهای مرجع از نظر تعیین هدف، مشخصات فنی، هزینه‌های مربوط، زمانبندی پیشرفت کار و سایر امور مربوط به طرح عمرانی، قادر خواهند بود وظایف و تکالیف قانونی یادشده را به انجام رسانند.

افزون بر آن، به دلیل آن که در هر بخش و از جمله بخش حمل و نقل و زیربخش راهسازی، برنامه عملیاتی برپایه طرح‌هایی تنظیم شده که از نظر محتوا، مکان و زمانبندی با یکدیگر و نیز با برنامه عمرانی پنجساله هماهنگ شده‌اند، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور برپایه بررسی پیشرفت کار طرح‌های منظور شده در برنامه عملیاتی، می‌تواند در کل، پیشرفت و تحقق برنامه عملیاتی حمل و نقل را در قالب برنامه عمرانی پنجساله بررسی و ارزشیابی نماید.

## فصل دوم

# قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی

### مقدمه

در فصل پیش، به تفاوت میان قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی اشاره گردید و بیان شد که سنجش طرح‌های حمل و نقل و از جمله طرح‌های راه‌سازی، با کاربرد روش تحلیل هزینه و فایده و تعیین ارزش خالص کنونی اقتصادی آنها به عنوان معیار گزینش، انجام می‌گیرد. به سخن دیگر، طرح‌های عمرانی را نمی‌توان برپایه معیار تصمیم‌گیری بخش خصوصی، یعنی سودآوری مالی که با کاربرد قیمت‌های مالی و تعیین ارزش خالص کنونی مالی محاسبه می‌شود، مورد سنجش و گزینش قرار داد. یادآوری گردید که میان قیمت‌های مالی و اقتصادی تفاوت وجود دارد و از این رو، نمی‌توان با کاربرد قیمت‌های مالی، ارزش اقتصادی طرح را محاسبه کرد.

در بسیاری از گزارش‌های توجیه طرح‌های عمرانی دیده می‌شود که مهندسان مشاور، از عنوان «توجیه اقتصادی» به اشتباه، برداشت «توجیه مالی» نموده‌اند و کوشش کرده‌اند طرح را بر آن مبنا توجیه نمایند. برای پرهیز از این برداشت اشتباه، در این فصل درباره دلایل و شرایطی که تفاوت میان قیمت مالی و قیمت اقتصادی را فراهم می‌آورد توضیح داده می‌شود.



## ۱. کارآیی اقتصادی

هدف تمام فعالیت‌های اقتصادی آن است که ارزش مصرف جامعه در طول زمان بیشینه (حداکثر) شود. کارآیی اقتصادی امکان نیل به این هدف را فراهم می‌آورد. اقتصاددان‌های نئوکلاسیک معتقدند «ارزش» کالاها و خدمات چه به عنوان اقلام مصرفی و چه به عنوان منابع مورد نیاز برای تولید سایر محصولات، برپایه «میل به پرداخت» اندازه‌گیری و تعیین می‌شود.

در مقوله تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی، همواره تمام توجه معطوف به بهبود وضع کارآیی اقتصادی است. استفاده از قیمت‌های اقتصادی (یا قیمت سایه، قیمت محاسباتی، قیمت اجتماعی) در تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی برای آن است که اقتصاد در مسیری قرار گیرد تا شرایط لازم برای بهبود کارآیی فراهم آید. کارآیی اقتصادی دارای سه وجه ایستا، پویا و توزیع است. در تحلیل اقتصادی طرح‌ها، توجه متمرکز بر کارآیی ایستا و پویای اقتصادی است زیرا به طور کلی مسأله کارآیی توزیع باید از طریق سیاست‌های کلان مالی دولت مورد توجه قرار گیرد.

### ۱.۱. کارآیی ایستا اقتصادی

شرایط رقابت کامل این امکان را فراهم می‌آورد که منابع و محصولات، برپایه کارآیی اقتصادی، به شیوه‌ای بهینه تخصیص یابد. کارآیی اقتصادی دو جنبه به شرح زیر دارد:

**یکم** - منابع باید به صورت بهینه برای تولید محصولات مختلف تخصیص یابد و هر کالایی باید به مقدار «صحیح» تولید شود. این جنبه را «کارآیی تخصیص منابع» می‌خوانند.

**دوم** - هر کالایی باید با کمترین هزینه ممکن تولید گردد. این جنبه را «کارآیی تولید» می‌نامند. اکنون به ترتیب درباره دلایلی که چرا رقابت کامل موجب فراهم آمدن هر دو جنبه کارآیی ایستا اقتصادی خواهد شد توضیح داده می‌شود.

#### ۱.۱.۱. کارآیی تخصیص منابع

هر کالایی به هنگامی به مقدار «صحیح» تولید خواهد شد که هزینه نهایی تولید آن با قیمت کالا یکسان باشد. در اصل، مقدار تولید «صحیح» را ارزش نسبی کالاها و خدمات تعیین می‌کند و میل به پرداخت مصرف کنندگان نشان دهنده ارزش نسبی کالاها و خدمات است. توجیه این قاعده به شرح زیر است.

در ظاهر، چنین به نظر می‌رسد که هزینه تولید کالا فقط یک مبلغ معین پول است. برای مثال کارخانه تولید کفش باید مبلغ معینی بابت نیروی کار، چرم، سایر مواد و ملزومات، و بهره سرمایه

استقراضی بپردازد. اما باید توجه کرد که مبالغ یادشده از اهمیت اقتصادی ژرفتر برخوردارند. به عنوان نمونه، هزینه دستمزد را که مهم‌ترین هزینه کلی در هر اقتصادی است، مورد توجه قرار دهید. فرض کنید کارخانه تولید کفش باید مبلغ ۱۰ سکه برای هر ساعت کار به کارگر اضافی مورد نیاز خود بپردازد. اگر بازار نیروی کار رقابتی باشد، کارخانه تولید کفش باید حداقل معادل مبلغی که به کارگر در سایر فعالیت‌ها پرداخت می‌گردد، دستمزد بپردازد تا بتواند او را به کارخانه جذب نماید. هرگاه کارگر در کارخانه تولید کفش استخدام شود، به آن معنی است که نمی‌تواند در شغل پیشین خود، برای مثال، کارخانه مبل سازی باقی بماند و در نتیجه، مقدار محصولی که می‌توانست در کارخانه مبل سازی تولید کند دیگر عاید اقتصاد کشور نخواهد شد. از این رو، هزینه واقعی این کارگر برای تولید کفش، برابر با ارزش محصول ملی است که این کارگر دیگر تولید نخواهد کرد.

همین استدلال درباره تمام عوامل تولید (منابع) که کارخانه تولید کفش مورد استفاده قرار می‌دهد، صادق است. ماشین‌آلات تولید کفش از فولاد ساخته می‌شود که در غیر این صورت می‌توانست برای تولید یخچال مورد استفاده قرار گیرد. قطعه زمینی که کارخانه تولید کفش در آن جای گرفته است می‌توانست برای سایر امور، مثلاً احداث یک فروشگاه بزرگ، مورد استفاده قرار گیرد. در اقتصادی که با اشتغال کامل رو به روست و تمام منابع آن مورد استفاده قرار گرفته است، هرگاه برای تولید بیشتر کالای «الف»، منابع به سوی این فعالیت سوق داده شود به آن معنی است که از میزان تولید کالای «نون»، «جیم» و «دال» کاسته خواهد شد. این اصل را در اقتصاد «هزینه امکانات از دست رفته» می‌خوانند. با توجه به این تعریف، هزینه نهایی تولید کالای «الف» برابر هزینه کالایی است که می‌شد با استفاده از همان منابع تولید کرد. یعنی در واقع، هزینه امکانات صرفنظر شده است. از سوی دیگر، فایده نهایی حاصل از تولید کالای تولید شده نهایی، برپایه قیمت آن اندازه‌گیری می‌شود. این حقیقت که فردی مایل است قیمت کالایی را بپردازد، به آن معنی است که ارزش یک واحد کالا از نظر شخص خریدار، برابر با میل به پرداخت اوست. از این رو، هرگاه قیمت کالا برابر با هزینه تولید نهایی آن شود، رضایت مصرف‌کنندگان از آخرین واحد کالا، برابر با رضایتی است که با تخصیص همین منابع برای تولید سایر کالاها برای آنان حاصل می‌شد.

هرگاه اصل کلی یادشده در مورد تمام کالاهای موجود در اقتصاد مصداق یابد، در این حالت می‌توان گفت که تخصیص منابع برای تولید این کالاها به شیوه صحیح انجام گرفته است و هرگونه تغییری در تخصیص این منابع برای تولید کالاهای مختلف، رضایت اضافه‌ای عاید مصرف‌کنندگان نخواهد کرد.

در شرایط رقابت کامل، میل به پرداخت مصرف‌کنندگان با قیمت، و با هزینه تولید نهایی برابر است. تولیدکننده در این شرایط از یک بازده متعارف بهره‌مند می‌شود. دلیل این امر آن است که قیمت بالاتر، سود اضافی عاید تولیدکننده می‌کند و از این رو، سایر کسان برای برخورداری از سود وارد این رشته تولید خواهند شد و این کار، منجر به عرضه زیادتر خواهد شد و برپایه آن، قیمت کالا در جهت تعادل رو به کاهش خواهد گذارد.

از سوی دیگر، قیمت کمتر، موجب زیان خواهد شد و در نتیجه آن برخی از ظرفیت‌های تولیدی تعطیل می‌شود و در پی آن، عرضه محصول کمتر خواهد شد و باعث افزایش قیمت در جهت نقطه تعادل می‌گردد. به این ترتیب، قاعده کلی برابری میل به پرداخت با قیمت و نیز با هزینه تولید نهایی، در یک رشته تولیدی تحقق می‌یابد. هرگاه سایر رشته‌های تولیدی نیز در بازار رقابت کامل فعالیت کنند، این اصل درباره تمام آنها صادق خواهد بود و باعث خواهد شد که منابع موجود در جامعه، با کارایی مورد استفاده قرار گیرد و کالاهای مورد نیاز به مقدار «صحیح» تولید و عرضه شود.

### ۲.۱.۱. کارایی تولید

کارایی تولید به آن معنی است که تولید محصول با حداقل هزینه ممکن انجام گیرد. برای دستیابی به کارایی تولید، باید واحدهای تولیدی به صورت کارآمد اداره شود؛ به این معنی که حداکثر محصول از ترکیب یک مجموعه منبع حاصل گردد؛ از کم‌هزینه‌ترین روش تولید استفاده شود؛ واحدهای تولیدی دارای ظرفیت بهینه باشند؛ و از واحدهای تولیدی برپایه ظرفیت اقتصادی بهره‌برداری گردد.

در شرایط رقابت کامل، واحد تولیدی ملاحظات یادشده را مورد توجه و عمل قرار می‌دهد. یکی از ویژگی‌های رقابت کامل آن است که هر یک از تولیدکنندگان می‌توانند برپایه قیمت بازار، هر قدر که مایل باشند محصول تولید کنند و بفروشند و از نظر بازاریابی مسئله‌ای وجود ندارد. در این حالت، هیچ دلیلی ندارد که ظرفیت واحدهای تولیدی کمتر از ظرفیت بهینه انتخاب شود و افزون بر آن، هیچ مانعی برای بهره‌برداری از ظرفیت اقتصادی نیز وجود نخواهد داشت.

در این شرایط، هیچ تولیدکننده‌ای به تنهایی تعیین‌کننده قیمت بازار نیست و قیمت بازار در بلندمدت، هزینه تولید به وسیله تولیدکننده‌ای با کارایی متوسط را جبران می‌کند و هر تولیدکننده‌ای با این مسأله رو به رو است که هزینه تولید خود را برابر و یا کمتر از قیمت بازار کند؛ در غیر این صورت، واحد تولیدی به جای سود با زیان رو به رو خواهد شد و از میدان رقابت حذف می‌گردد. به همین دلیل، مدیریت در شرایط رقابت همیشه با این فشار دست و پنجه نرم می‌کند که کم‌هزینه‌ترین

روش تولید را انتخاب نماید و از ترکیب منابع موجود، بیشترین محصول را به دست آورد. بحث کارآیی ایستا را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد.

در شرایط اشتغال کامل، تمام منابع کشور با «ترکیب صحیح» مورد استفاده قرار می‌گیرد و برپایه آن، محصولات «با ترکیب صحیح» تولید می‌شود و از این رو، کارآیی ایستا اقتصادی حاصل می‌گردد. ارزش نسبی منابع و محصول برپایه «میل به پرداخت» مصرف‌کنندگان بابت واحد نهایی منبع مورد نیاز و یا محصول، تعیین‌کننده «ترکیب صحیح» است. تقاضا برای منبع، مشتق از محصول ساخته شده از آن است. از این رو، قیمت و ترکیب بهینه منابع نیز برپایه میل به پرداخت مصرف‌کنندگان تعیین می‌شود. نظریه پردازان اقتصاد نئوکلاسیک معتقدند که «حاکمیت مصرف‌کننده» نقش کلیدی بر تصمیمات اقتصادی دارد. ارزش مصرف کنونی جامعه هنگامی بیشینه (حداکثر) خواهد شد که سه شرط زیر در ارتباط با کارآیی ایستا اقتصادی تحقق یابد:

**یکم -** از منابع کشور به طور کامل استفاده شود (اشتغال کامل)؛

**دوم -** محصول، با «ترکیب صحیح» عرضه شود؛

**سوم -** برای تولید محصول، از «ترکیب صحیح» منابع استفاده گردد.

## ۲.۱. کارآیی پویای اقتصادی

هرگاه اقتصاد و به ویژه مصرف از نرخ رشد «صحیح» بهره‌مند باشد، می‌گویند که اقتصاد از کارآیی پویا برخوردار است. در این مورد، به جای میل به مصرف، میل جامعه به پس‌انداز و سرمایه‌گذاری تعیین‌کننده نرخ رشد «صحیح» است. اما از آنجا که هدف از پس‌انداز و سرمایه‌گذاری، افزایش مصرف آینده است از این رو، نرخ رشد در حقیقت نشان‌دهنده نرخ ترجیح و انتخاب مصرف آینده از سوی جامعه، در قیاس با مصرف کنونی است. در جامعه‌ای که بازارهای مالی آن برپایه رقابت کامل عمل می‌کند، نرخ ترجیح مصرف آینده در قیاس با مصرف کنونی، با هزینه امکانات از دست رفته سرمایه و نرخ بهره بازار یکسان است.

در نوشته‌های اقتصادی درباره دگرگونی‌هایی (تحریف‌هایی) که الزام استفاده از نرخ بهره‌ای به غیر از نرخ بهره بازار را فراهم می‌آورد بحث‌های فراوان شده است. به هر روی، هنگام تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی، برای مقایسه مصرف آینده با مصرف کنونی، به یک نرخ بهره یا تنزیل نیاز است. دلیل این امر آن است که همیشه باید گزینه «بدون اجرای طرح» با گزینه «با اجرای طرح» مقایسه گردد تا معلوم شود که برپایه میل به پرداخت جامعه بابت مصرف آینده حاصل از هر یک از گزینه‌های یادشده، کدام از کارآیی اقتصادی بیشتر برخوردار است. در ساده‌ترین روش‌های تحلیل

کارآیی اقتصادی، به طور کلی از هزینه امکانات از دست رفته سرمایه به عنوان نرخ تنزیل، برای مقایسه و گزینش از میان گزینه‌های متفاوت، استفاده می‌شود. در عمل، تحلیل کارآیی ایستا و پویای اقتصادی هر دو به طور توأم انجام می‌گیرد. اندکی دقت به دو شرط لازم برای تحقق کارآیی ایستا اقتصادی، دلیل این امر را روشن می‌کند.

نخست آن که، مسئله «ترکیب صحیح محصولات» خود به خود مسأله انتخاب محصولات مصرفی را در مقایسه با محصولات سرمایه‌ای مطرح می‌کند. به منظور انتخاب ترکیب صحیح کالاهای مصرفی و سرمایه‌ای، به ناچار باید ساز و کاری (مکانیسمی) برای ارزش گذاری مصرف آینده (که هدف محصولات سرمایه‌ای است) در مقایسه با مصرف کنونی (که هدف محصولات مصرفی است) فراهم آورد.

دوم آن که، مسأله «ترکیب صحیح» منابع، به فوریت موضوع مقایسه هزینه اقتصادی منابع با دوام از قبیل ماشین‌آلات را با هزینه اقتصادی منابع بی‌دوام از قبیل نیروی کار، مطرح می‌کند. پرداخت یارانه موجب دگرگونی (تحریف) قیمت‌های نسبی منابع مورد نیاز می‌شود و در نتیجه، در عمل از «ترکیب نادرست منابع» استفاده خواهد شد. از سوی دیگر، تنظیم و تثبیت قیمت از سوی دولت، موجب می‌شود که قیمت محصولات دچار دگرگونی گردد و این کار نیز منجر به «ترکیب نادرست محصولات» می‌گردد.

## ۲. کاستی بازار و نقش دولت

بازار آزاد با شرایط ویژه‌ای، به طور خود به خود، امکان کارآیی اقتصادی را فراهم می‌آورد. در عین حال، در بسیاری از موارد شرایط یادشده بر بازار حاکم نیست. مکتب اقتصاد نئوکلاسیک، نبود این شرایط را «کاستی بازار» می‌خواند.

نظریه پردازان نئوکلاسیک معتقدند که در موارد کاستی بازار، برای فراهم آوردن شرایط لازم برای حصول کارآیی اقتصادی، باید «مداخله بهینه» انجام گیرد. در مدل اقتصادی نئوکلاسیک، نقش مداخله‌گر برعهده دولت سپرده شده است. اما تجربه نشان می‌دهد که در شرایط واقعی اقتصادی، در بسیاری از موارد مداخله دولت «نابهینه» است؛ به این معنی که مداخله آن، منجر به اصلاح بهینه کاستی بازار نمی‌شود. افزون بر آن، دولت در غالب موارد دخالت غیرلازم می‌کند، به این معنی که بازار دچار کاستی نیست، اما همین دخالت، آن را با کاستی رو به رو می‌نماید.

در این مبحث، «مداخله نابهینه» و نیز «مداخله غیرلازم» دولت، هر دو با هم زیر عنوان «کاستی‌های دولت» مورد بحث قرار می‌گیرد. هرگاه تمام دخالت‌های دولت لازم و بهینه می‌بود،

قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی هر یک از اقلام طرح، کم و بیش با یکدیگر یکسان می‌شدند. اما واقعیت غیر از این است و به ناچار برای تدوین و ارزشیابی طرح باید از قیمت‌های اقتصادی (که آن را قیمت‌های محاسباتی و یا قیمت‌های سایه نیز خوانده‌اند) استفاده کرد.

## ۲.۱. شرایط رقابت کامل

شرایط ویژه‌ای که بازارها باید از آن برخوردار باشند تا امکان کارآیی اقتصادی را فراهم آورند، کارکرد آزادانه آنها در شرایط رقابت کامل است. برپایه نظریه نئوکلاسیک در این شرایط، کارآیی ایستا و پویا اقتصادی حاصل می‌شود. شرایط رقابت کامل به شرح زیر است:

**یک -** شمار خریداران و فروشندگان کالاهای کم و بیش یکسان، بسیار زیاد است؛

**دو -** حق مالکیت کالا یا خدمت در بازار قابل خرید و فروش است؛

**سه -** تولید و استفاده از کالا، به جز بر خریدار و فروشنده، بر افراد ثالث اثری نمی‌گذارد؛

**چهار -** تمام دادوستدهای بازار بین خریدار و فروشنده به صورت آزادانه انجام می‌گیرد (یعنی بدون اجبار از سوی اشخاص ثالث).

نئوکلاسیک‌ها معتقدند که «کاستی‌های بازار» مانع از آن می‌شود که کارآیی ایستا و پویا اقتصادی تحقق یابد. منظور از کاستی بازار وضعیتی است که بازار کالا یا خدمت از شرایط رقابت کامل برخوردار نیست.

در موارد وجود کاستی بازار، دولت باید به شیوه‌ای در اقتصاد مداخله کند که این کاستی از میان برود و وضعیت منجر به تحقق کارآیی ایستا و پویای اقتصادی شود. به سخن دیگر، نقش دولت در اقتصاد از طریق اجرای طرح‌ها، برنامه‌ها، و سیاست‌ها این است که با مداخله بهینه، کاستی بازار را اصلاح کند. تفاوت میان کاستی دولت و کاستی بازار در مباحث بعدی تشریح خواهد شد.

در بازاری که با کاستی رو به روست، قیمت‌های پرداختی از سوی مصرف‌کنندگان، منجر به تصمیم‌های نادرست درباره مصرف و تولید خواهد شد و در نتیجه، کارآیی اقتصادی در چارچوب ملی، حاصل نخواهد گردید. استفاده از قیمت‌های اقتصادی در تحلیل اقتصادی طرح‌ها، به این منظور است که تخصیص نادرست منابع و محصول، حاصل از قیمت‌های دگرگون شده موجود در بازار، تا حدودی تصحیح گردد.

مداخله دولت هنگامی «بهینه» است که این دخالت منجر به فراهم آمدن شرایطی شود که برپایه آن، کارآیی اقتصادی تحقق پذیر باشد. دخالت‌هایی که موجب اختلال در کارآیی اقتصادی شود، و یا این که امکان فراهم آمدن شرایط کامل تحقق کارآیی اقتصادی را به وجود نیاورد، «مداخله نابهینه»

تلقی می‌گردد. اندوه‌آور این است که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، دخالت دولت نه تنها تحریف حاصل از کاستی بازار را تصحیح نمی‌کند، بلکه افزون بر آن، تحریف را شدت می‌بخشد. در غالب اوقات، دولت‌ها با پیروی از سیاست‌هایی از قبیل تعرفه‌های حمایتی، ممنوعیت واردات، پرداخت یارانه صادراتی، و نیز اقدام در جهت تعیین قیمت در بازارهایی که در غیر این صورت بازار رقابتی می‌بود، خود تحریف‌های تازه‌ای ایجاد می‌کنند. این اقدامات به ویژه شامل ایجاد محدودیت برای مبادله بین‌المللی محصولات می‌شود که قیمت مرزی (جهانی) آنها سازوکار (مکانیسم) بخردانه، ارزان، و مؤثری برای تنظیم فعالیت تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در راستای منافع عمومی است. عواملی که موجبات کاستی بازار را فراهم می‌آورند در گروه کلی زیر قابل طبقه‌بندی است:

**یک - عوامل انحصار** (شامل انحصارهای طبیعی از قبیل آب، فاضلاب، برق، راه)؛

**دو - اثرهای بیرونی** (هزینه و فایده بیرونی)؛

**سه - کالاهای عمومی و شبه عمومی،**

عواملی که موجبات کاستی دولت را فراهم می‌آورند به دو گروه زیر قابل طبقه‌بندی است:

**یک - دخالت‌های دولت** به قصد تصحیح کاستی بازار که در عمل، نامناسب و یا ناکافی و یا زیاده‌تر از حد است.

**دو - دخالت‌های دولت** در موارد غیرلازم که موجب اختلال بازارهایی می‌شود که در صورت دخالت نکردن دولت به طور مؤثر و کارآمد عمل می‌کردند.

دلیل استفاده از قیمت‌های اقتصادی به جای قیمت‌های مالی در تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی، آن است که تا حدودی اختلال حاصل از کاستی‌های بازار و کاستی‌های دولت جبران گردد. به سخن دیگر، استفاده از قیمت‌های اقتصادی این امکان را فراهم می‌آورد تا طرح‌هایی که موجب بهبود کارایی ایستا و پویای اقتصادی می‌شوند، مشخص شود و بر سایر طرح‌ها برتری یابد.

## ۲.۲. نظریه کاستی بازار

در تحلیل اقتصادی طرح، ارزش منابع مورد نیاز و محصولات طرح برپایه میل به پرداخت جامعه تعیین می‌شود. پیش از این گفته شد که پرداخت‌های مالی لزوماً نشان دهنده جریان منابع واقعی نیست. از این رو، در تحلیل اقتصادی طرح یکی از نخستین کارها آن است که حقوق و عوارض گمرکی و سایر مالیات‌ها، از حساب اقلام طرح حذف شود. بر همین قیاس، یارانه‌ها (یارانه

مصرف و یارانه صادرات و مانند آن) نیز نشان دهنده جریان واقعی نیست و از این رو، باید از حساب‌ها حذف شود. این گونه مالیات‌ها و یارانه‌ها «پرداخت‌های انتقالی» خوانده می‌شود.

برای مثال، در طرح‌های راه سازی در گام نخست تحلیل‌های اقتصادی و تعیین هزینه‌های اقتصادی اقلام طرح، باید هزینه حقوق و عوارض گمرکی از هزینه‌های مالی ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز کسر شود. یعنی به فرض اگر قیمت مالی ماشین‌آلات و تجهیزات یک میلیارد ریال برآورد شده باشد که ۲۵۰ میلیون ریال آن مربوط به حقوق و عوارض گمرکی است باید هزینه حقوق و عوارض گمرکی را که یک هزینه انتقالی است از مبلغ یک میلیارد ریال کسر کرد. به این ترتیب، قیمت اقتصادی ماشین‌آلات برابر با ۷۵۰ میلیون ریال خواهد بود.

به عنوان مثال دوم، هرگاه قیمت حقیقی بنزین فرضاً هر لیتر ۲۵۰۰ ریال باشد، اما بنزین در بازار لیتری ۸۰۰ ریال فروخته شود، در تحلیل اقتصادی طرح به جای کاربرد قیمت مالی لیتری ۸۰۰ ریال، باید از قیمت اقتصادی ۲۵۰۰ ریال استفاده کرد.

البته شیوه محاسبه و تعیین قیمت اقتصادی قدری پیچیده‌تر است که در جای خود در فصول بعدی این راهنما، به تفصیل درباره چگونگی برآورد آنها توضیح داده خواهد شد.

حال، جدا از مسأله پرداخت‌های انتقالی، این پرسش مطرح است که درباره سایر جریان‌های پولی (پرداخت‌هایی که بابت اقلام طرح انجام می‌گیرد) چه باید کرد؟ آیا این جریان‌ها نمایانگر جریان منابع واقعی است؟ به هر روی، این جریان‌ها (برعکس مالیات و یارانه) پرداخت‌هایی است که برپایه قیمت و محصولات واقعی انجام می‌گیرد. پرسش بعدی این است که آیا پرداخت‌هایی که بابت کالاها و خدمات واقعی از سوی جامعه انجام می‌پذیرد نشان دهنده میزان میل به پرداخت است؟

پاسخ آن است که پرداخت‌های مالی بدون در نظر گرفتن مالیات‌ها و یارانه‌ها، بسته به مورد گاه نشان دهنده میل به پرداخت جامعه برای منابع مورد نیاز و محصولات طرح است و گاه نیست. شاید بهتر باشد که پرسش یادشده به این صورت عنوان شود که آیا پرداخت‌هایی که در عمل انجام می‌گیرد می‌تواند میزان میل به پرداخت جامعه را به درستی نشان دهد؟ برای پاسخ به این پرسش نخست باید موارد نظری شکافته شود و سپس مسائل خاص مورد بحث قرار گیرد.

ارزش اقتصادی کالا یا خدمت، برپایه میل به پرداخت جامعه تعیین می‌شود. ارزش‌های مالی کالا یا خدمت برعکس، برپایه قیمت‌هایی که افراد جامعه «در واقع پرداخت می‌کنند» مشخص می‌گردد. البته، در مقوله تحلیل اقتصادی طرح‌ها، تکلیف آن است که ارزش‌های مالی به ارزش‌های اقتصادی تبدیل شود؛ و یا به سخن دیگر، قیمت‌های مالی به ترتیبی «تعدیل» گردد تا این قیمت‌ها ارزش‌های اقتصادی را بهتر نشان دهد. از این رو، آگاهی از تفاوت میان آنچه که در واقع برای یک



کالا یا خدمت پرداخت می‌شود با آنچه که میل به پرداخت برای آن کالا یا خدمت خوانده می‌شود، دارای اهمیت بسیار است.

عوامل زیر باعث ایجاد تفاوت میان قیمت مالی و قیمت اقتصادی می‌شود:

#### **یکم - کاستی بازار؛**

#### **دوم - کاستی دولت.**

عوامل یادشده موجب می‌شود که میان میل به پرداخت خریداران کالاها و خدمات، با قیمتی که در واقع برای آن خدمات و کالاها می‌پردازند، تفاوت به وجود آید. برای مثال، هرگاه به مصرف‌کنندگانی یارانه تعلق گیرد، در واقع مصرف‌کنندگان کالا، کمتر از میل به پرداخت خود بابت آن کالا پرداخت خواهند کرد. در این حالت، قیمت مالی کالا نشان‌دهنده ارزش اقتصادی آن کالا نیست؛ زیرا ارزش اقتصادی آن را کمتر از واقع نشان می‌دهد.

کاستی بازار به طور کلی حاصل ویژگی‌های خاص برخی کالاها و خدمات و یا نوع تولید این کالاها و خدمات است. تسهیلات مورد نیاز عموم از قبیل جاده، آب، برق و مخابرات که جنبه «انحصار طبیعی» دارند موجبات کاستی بازار را فراهم می‌آورند. برخی صنایع و خدمات موجب آلودگی محیط زیست می‌شوند و از این رو، هزینه‌هایی به افراد ثالث تحمیل می‌نمایند که آن را جبران نمی‌کنند و این امر نیز موجب کاستی بازار می‌شود.

به طور اصولی، همه بر این اصل اتفاق نظر دارند که در موارد ضروری، دولت برای حصول اطمینان از دستیابی به وضعیت بهینه اجتماعی در امور تولید، مصرف، و قیمت‌گذاری باید در فعالیت‌های اقتصادی دخالت کند. برای نمونه، به طور معمول انحصارهای طبیعی (عرضه راه، آب، برق، مخابرات، فاضلاب) یا برپایه مقررات دولت اداره می‌شود و یا این که دولت خود مالکیت و اداره آن را برعهده می‌گیرد. هدف از این کار، حصول اطمینان از اداره و بهره‌برداری از امور یادشده برپایه حفظ منافع جامعه است. کاستی دولت از «مداخله نابهینه» آن در امور اقتصادی حاصل می‌شود. این گونه مداخله شامل اقدام‌های ناموفقی است که برای تصحیح کاستی بازار انجام می‌گیرد و یا مداخله‌هایی است که وضع جامعه را بدتر از قبل می‌کند.

اکنون به ترتیب درباره عواملی که موجبات کاستی بازار را فراهم می‌آورند توضیح داده

می‌شود.

## ۱.۲.۲. انحصارهای طبیعی

صرفه‌جویی چشم‌گیر ناشی از تولید یک کالا یا خدمت غیرمبادلاتی (خدمت یا کالایی که مورد مبادله بین‌المللی قرار نمی‌گیرد) با مقیاس وسیع، موضوع انحصارهای طبیعی را مطرح می‌کند. صرفه‌جویی حاصل از مقیاس به این معنی است که به موازات افزایش میزان تولید، هزینه میانگین تولید محصول کاهش می‌پذیرد. برای تولید و عرضه خدماتی که استفاده از آنها مستلزم ایجاد شبکه انتقال و توزیع گسترده و پرهزینه‌ای است، از قبیل خطوط انتقال نیرو، انتقال گاز طبیعی، شبکه توزیع آب و فعالیت مشابه آنها، اصل صرفه‌جویی حاصل از مقیاس، نقش بسیار مهمی دارد. از آنجا که دوباره کاری این گونه هزینه‌ها توسط چند مؤسسه برای فراهم آوردن امکان رقابت، جز اتلاف منابع محدود ثمری ندارد، «طبیعی» است که عرضه این گونه خدمات به صورت انحصاری انجام پذیرد.

بخش بسیار چشم‌گیری از هزینه‌های مربوط به خدماتی که جنبه انحصار طبیعی دارند شامل هزینه‌های ثابت از قبیل هزینه‌های خطوط انتقال و توزیع (آب کشاورزی، آب نوشیدنی، برق، گاز) است و از این رو، مسأله هزینه ثابت، یک ملاحظه اساسی است. بسیاری از خدمات مورد نیاز همگان به خاطر هزینه انتقال و توزیع، دارای هزینه‌های ثابت بسیار بالایی است. به دلیل وجود هزینه‌های ثابت سنگین، به موازات افزایش تولید، میانگین هزینه تولید رو به کاهش می‌گذارد. در واقع، اصطلاح «صرفه‌جویی حاصل از مقیاس» نشان دهنده این مطلب است. از آنجا که به موازات افزایش مقیاس تولید، میانگین هزینه تولید کاهش می‌یابد. از این رو بهتر است به جای چند مؤسسه، تنها یک مؤسسه در بخش مربوط فعالیت کند و در نتیجه، فعالیت تولیدی در این بخش برحسب طبیعت آن، به صورت «انحصاری» خواهد بود.

در شرایط انحصار طبیعی، بازار آزاد به دلیل نبود رقابت ملی یا بین‌المللی، نمی‌تواند رفتار مؤسسه انحصاری را به طور خود به خود، به نفع جامعه تنظیم کند. برای آن که بازار بتواند وضع عرضه و تقاضا را برپایه منافع جامعه تنظیم کند، باید شرایط معینی تحقق یابد. یکی از شرایط آن است که شمار خریداران و فروشندگان بسیار زیاد باشد تا رقابت میان آنها، مانع رفتار چپاولگرانه افراد بداندیش گردد.

در اقتصاد نئوکلاسیک، کنش متقابل میان «نیروهای برانگیزنده» و «نیروهای تنظیم کننده» نشان دهنده فعالیت اقتصادی است. به باور نئوکلاسیک‌ها، میل و اشتیاق هر فرد برای بهبود وضع رفاهی خود و خانواده‌اش، مهمترین نیروی برانگیزنده در هر نظام اقتصادی است و در اصل، سائقه ذاتی کسب نفع شخصی، نیروی برانگیزاننده را فراهم می‌آورد. از آنجا که سائقه «طبیعی» بهبود وضع

شخصی می‌تواند افراد را به سویی هدایت کند که به زیان دیگران عمل نمایند، جامعه نیاز به یک نیروی تنظیم کننده دارد تا مانع سوءاستفاده افراد از دیگران شود.

برپایه نظریه اقتصاد نئوکلاسیک، رقابت (در موارد ممکن) تنظیم کننده بسیار مؤثر و ارزانی است و در زمانی که در هر دو سوی عرضه و تقاضای یک کالای خصوصی رقابت وجود دارد (یعنی رقابت کامل)، کنش متقابل بین نیروی برانگیزنده یعنی سائقه نفع شخصی و نیروی تنظیم کننده یعنی رقابت، امکان بیشینه کردن رفاه جامعه را فراهم می‌آورد.

البته این کنش متقابل طبیعی بین نیروی برانگیزنده و نیروی تنظیم کننده فقط در شرایط رقابت کامل روی می‌دهد. در مواردی که شرایط رقابت کامل وجود ندارد، به نیروی تنظیم کننده دیگری نیاز است. برای مثال، در مورد انحصارهای طبیعی، نیروی تنظیم کننده یعنی رقابت در بازار وجود ندارد. در این گونه موارد به طور معمول، دولت برای ایفای نقش تنظیم کننده، در امور بازار کالا یا خدمت مداخله می‌کند. پیداست در این شرایط، مقرراتی که از سوی دولت تنظیم می‌گردد باید همان نقشی را ایفا کند که رقابت واقعی برای هدایت فعالیت‌های اقتصادی برعهده دارد.

مقرراتی که از سوی دولت برای تنظیم امور تولید کالا یا خدمت انحصاری تدوین می‌شود باید تولیدکننده را به سوی هدف‌های زیر هدایت کند:

**یکم -** کارآمدترین مقیاس تولید را برای واحد تولیدی انتخاب نماید؛

**دوم -** محصول را برپایه حداقل هزینه تولید کند؛

**سوم -** محصول را به ترتیبی قیمت‌گذاری کند که به هدف‌های زیر نایل آید؛

- کارایی اقتصادی؛

- تجهیز منابع مالی؛

- عدالت اجتماعی؛

- پاسخ به نیاز مشتریان.

مداخله دولت برای تنظیم امور انحصارهای طبیعی باید با در نظر گرفتن تأمین حداکثر منافع جامعه باشد و به صورت بهینه انجام پذیرد. هرگاه مقررات تنظیم کننده فعالیت‌های تولیدی انحصارهای طبیعی به شیوه‌ای مطلوب تدوین شود، قیمت مالی خدمت انحصاری، به عنوان مثال نیروی برق، با ارزش اقتصادی آن برابر خواهد شد و مداخله دولت، کاستی بازار را تصحیح می‌کند و مؤسسه‌ای که دارای قدرت انحصاری است به همان شیوه‌ای عمل می‌کند که در شرایط رقابت کامل عمل می‌کرد.

### ۲.۲.۲. هزینه و فایده بیرونی

عامل دیگری که موجب کاستی بازار می‌شود «هزینه و فایده بیرونی» (که آن را هزینه و فایده خارجی، یا جانبی، یا فرعی، یا سرریز نیز خوانده‌اند) است. در مواردی که فعالیت اقتصادی افزون بر تولیدکننده و مصرف‌کننده کالا یا خدمت، بر «اشخاص ثالث» نیز تأثیر می‌گذارد، می‌گویند که فعالیت یادشده دارای هزینه و یا فایده بیرونی است؛ زیرا برخی پی‌آمدهای تولید یا مصرف، در قیمت مالی کالا یا خدمت «درونی» نشده است. منظور از «درونی نشده» آن است که برخی هزینه‌ها و یا فایده‌ها در صورت‌های مالی تولیدکننده و یا مصرف‌کننده بازتاب ندارد و به جای آن، در بیرون این صورت‌ها و بر اشخاص ثالث تأثیر می‌گذارد.

هزینه و فایده بیرونی در تصمیم‌های مالی بخش خصوصی مورد توجه قرار نمی‌گیرد. از این رو، در مواردی که بازده مالی طرح تأمین‌کننده یکی از نیازهای اساسی جامعه، کمتر از حد انتظار بخش خصوصی باشد و یا این که درآمد آن ناچیز و یا گاه برابر با صفر باشد، و یا این که فایده خالص طرح در بیرون از حیطه آن تحقق یابد، کسی آن را به مرحله اجرا در نمی‌آورد و دولت به ناچار باید خود انجام آن را عهده‌دار شود. برعکس، در مواردی که طرح در بیرون از حیطه خود، هزینه اقتصادی قابل توجهی را ایجاد می‌کند ولی دارای سود مالی رضایت‌بخشی است، افراد بدون توجه به این اثر بیرونی زیان بخش، برای مثال آلودگی آب رودخانه، اقدام به تولید بیش از اندازه می‌نمایند.

### ۲.۲.۳. کالاهای عمومی و شبه عمومی

سومین عامل پیدایش کاستی در بازار، موضوع «کالای عمومی» است. کالای عمومی دو تفاوت مهم با کالای غیرعمومی (خصوصی) دارد.

**یکم** - نمی‌توان مانع مصرف کالا یا خدمت عمومی توسط کسانی شد که بهای آن را پرداخت نکرده‌اند. به عنوان مثال، با فراهم شدن محیط زیست پاک و نیالوده، یا امنیت ملی، یا جاده، یا روشنایی معابر، تمام افراد جامعه به طور یکسان و بدون پرداخت پول از ثمرات آن بهره‌مند می‌شوند. این تفاوت را «اصل منع ناپذیری» کالا یا خدمت عمومی می‌نامند.

**دوم** - استفاده یک فرد از کالای عمومی، باعث کاهش استفاده فرد دیگری از آن کالا نخواهد شد. برای مثال، برخورداری یک فرد از امنیت ملی، موجب کاهش برخورداری افراد دیگر از امنیت ملی نمی‌شود. این ویژگی را «اصل کاهش ناپذیری» و یا «اصل نبود رقابت در مصرف» می‌خوانند. البته مسأله کاهش ناپذیری جنبه نسبی دارد و در عمل هرگاه کالا یا خدمت

عمومی در حد اشباع مورد استفاده قرار گیرد، موجبات افزایش هزینه نهایی عرضه را فراهم خواهد آورد.

با توجه به دو ویژگی یادشده، می‌توان کالاهای را به چهار گروه زیر تفکیک کرد:

**یکم -** کالاهای عمومی: از قبیل خیابان، جاده، تصفیه فاضلاب، آب غیر لوله‌کشی. این نوع کالاهای و خدمات از کاهش پذیری و منع پذیری اندکی برخوردارند.

**دوم -** کالاهای خصوصی: از قبیل راه‌آهن، حمل و نقل شهری و جاده‌ای. این نوع کالاهای با منع‌پذیری و کاهش‌پذیری قابل توجه رو به روست.

**سوم -** کالاهایی که بابت آن تعرفه و یا قیمت تعیین می‌شود: از قبیل آزادراه‌ها، مخابرات، آب لوله‌کشی، انتقال و توزیع برق. این نوع کالاهای از کاهش‌پذیری اندک و منع‌پذیری بالا برخوردارند.

**چهارم -** کالاهایی که جنبه مالکیت مشترک دارند: از قبیل شبکه‌های آبیاری کشاورزی. این نوع کالاهای با کاهش‌پذیری زیاد و منع‌پذیری اندک رو به روست.

کالاهای عمومی باید توسط بخش دولتی، و کالاهای غیرعمومی باید توسط بخش خصوصی تولید و عرضه شود. با پیشرفت تکنولوژی و گسترش نهادهای لازم، احتمالاً به تدریج آن دسته از کالاهایی که بابت آن تعرفه یا قیمت تعیین می‌شود، و همچنین آن گروه از کالاهایی که جنبه مالکیت مشترک دارند، می‌تواند به حالت کالاهای غیرعمومی درآیند و توسط بخش خصوصی تولید و اداره گردد.

عمومی بودن کالا یا خدمت، برحسب سیاست دولت، می‌تواند متفاوت باشد. در یک محیط اقتصادی که قیمت‌ها دچار دگرگونی (تحریف) نیست، باید طرح‌های تولیدکننده کالاها و خدماتی که بابت آن تعرفه یا قیمت دریافت می‌شود، با در نظر گرفتن امکان تولید آن توسط بخش خصوصی، مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد و هرگاه نرخ بازده اقتصادی و نرخ بازده مالی آنها کم و بیش یکسان باشد، اجرا و تولید آن به بخش خصوصی واگذار گردد. قابل قبول بودن نرخ بازده اقتصادی و غیرقابل قبول بودن نرخ بازده مالی به آن معنی است که شرایط برای تصدی بخش خصوصی آماده نیست و از این رو، سیاست‌های اقتصادی دولت باید مورد بازبینی و تجدیدنظر قرار گیرد. در عین حال، تغییر سیاست‌ها و تأثیر آن بر تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، مستلزم گذشت زمان طولانی است از این رو، به دلیل بزرگ مقیاس بودن این گونه طرح‌ها از قبیل احداث آزادراه، و نیاز به یک دوره طولانی برای رسیدن به سودآوری مطلوب، در مرحله نخست باید این طرح‌ها توسط

دولت اجرا شود و به موازات آن، با اتخاذ تدبیرهای لازم از قبیل اعطای اعتبار ارزان قیمت و بلندمدت و نیز بخشودگی مالیاتی و مانند آن، امکان مشارکت بخش خصوصی را فراهم آورد.

### ۳. کاستی دولت و نیاز به قیمت‌های اقتصادی

دخالت‌های ناموجه، غیرلازم، نامناسب، و یا غیربهبین دولت در امور اقتصادی، مسأله کاستی دولت را پیش می‌آورد. کاستی دولت باعث دگرگونی (تحریف) قیمت‌های مالی می‌شود و از این رو، تصمیم‌های مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان برپایه قیمت‌های دگرگون شده، با کارایی اقتصادی توأم نخواهد بود. این دگرگونی‌ها را می‌توان به دو گروه خیلی کلی «تحریف‌های مرزی» و «تحریف‌های داخلی» تقسیم کرد. تفکیک این دو تحریف برای محاسبه قیمت‌های اقتصادی سودمند واقع خواهد شد و در فصل مربوط درباره آن توضیح داده خواهد شد.

افزون بر دو مسأله یادشده، عرضه «کالاها و خدمات بایسته» و نیز ملاحظات سیاسی، منجر به مداخله گسترده دولت در امور اقتصادی می‌شود و در نتیجه، اقتصاد کشور به طور کامل تحریف می‌گردد و از این رو، برنامه‌ریزی منطقی و تحلیل اقتصادی طرح‌ها به طور فزاینده‌ای دشوار می‌شود. برای مداخله بهینه باید علاوه بر اجرای طرح‌های عمرانی، سیاست‌های اقتصادی نیز مورد بررسی و در صورت لزوم تجدیدنظر قرار گیرد و در مجموع، برنامه‌ریزی توسعه اقتصادی کشور با رویکرد پیشگفته انجام پذیرد. در مواقعی که کاستی دولت موجب تحریف کامل اقتصادی می‌شود، به طور اصولی، تجدیدنظر در سیاست‌های اقتصادی از اجرای طرح‌های عمرانی کارآمدتر است. حال به ترتیب درباره تحریف‌های مرزی، تحریف‌های داخلی، و کالاها و خدمات بایسته توضیح داده می‌شود.

#### ۳.۱. تحریف‌های مرزی

گاه دولت برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی و یا کسب درآمد، بر واردات، حقوق و عوارض گمرکی وضع می‌نماید و یا این که برای تشویق صادرات، به کالاهای صادراتی یارانه می‌پردازد. این اقدام موجبات تحریف مرزی را فراهم می‌آورد؛ زیرا این امر باعث می‌شود که نرخ ارز کمتر از واقع تعیین گردد (یعنی نرخ رسمی تبدیل ارز، ارزش پول داخلی را بیش از واقع نشان می‌دهد). تحریف مرزی بر ارتباط بین «قیمت‌های مرزی» و «قیمت‌های داخلی» تأثیر می‌گذارد. منظور از قیمت مرزی، قیمت سیف (قیمت خرید کالا به علاوه هزینه بیمه و هزینه حمل) و قیمت فوب (هزینه تحویل کالا بر روی عرشه) است. به طور کلی در کشورهای در حال توسعه، تحریف

قیمت‌های مرزی باعث می‌شود که قیمت‌های داخلی نسبت به قیمت‌های مرزی افزایش یابد. در ضمن، دولت از طریق این افزایش قیمت‌های داخلی در عمل می‌تواند نرخ پایین تبدیل ارز را حفظ کند.

با توجه به آن که تحریف مرزی بر ارزش نسبی کالاهای مبادلاتی، در مقایسه با کالاهای غیرمبادلاتی تأثیر می‌گذارد، در تحلیل اقتصادی باید تحریف میان قیمت کالاهای مبادلاتی و قیمت کالاهای غیرمبادلاتی تصحیح شود. (منظور از کالای مبادلاتی، کالایی است که مورد مبادله بین‌المللی قرار می‌گیرد و منظور از کالای غیرمبادلاتی، کالایی است که مورد مبادله بین‌المللی قرار نمی‌گیرد). یک راه تصحیح تحریف یادشده آن است که به جای «نرخ رسمی تبدیل ارز» از «نرخ اقتصادی (محاسباتی) تبدیل ارز» استفاده شود. در کشورهای در حال توسعه، کاربرد نرخ اقتصادی تبدیل ارز به این معنی است که برای ارز خارجی، ارزشی بیش از نرخ رسمی تبدیل ارز تعیین گردد و از این رو، در عمل برای کالاهای مبادلاتی نسبت به کالاهای غیرمبادلاتی، ارزش زیادتری در نظر گرفته شود. برپایه نرخ رسمی تبدیل ارز، ارزش ارز کمتر از واقع تعیین می‌گردد و از این رو، ارزش کالاهای مبادلاتی در مقایسه با کالاهای غیرمبادلاتی، کمتر از واقع تعیین می‌گردد. برای تحلیل اقتصادی طرح، باید تحریف موجود در نرخ رسمی تبدیل ارز تصحیح شود.

### ۲.۳. تحریف‌های داخلی

برخی سیاست‌ها و مقررات دولت موجبات تحریف قیمت‌ها را در داخل کشور فراهم می‌آورد و این تحریف، بر ارتباط میان قیمت‌های داخلی تأثیر می‌گذارد. برای مثال، قوانین و مقررات مربوط به تعیین حداقل دستمزد، موجب می‌شود قیمت (دستمزد) نیروی کار مشمول قانون، نسبت به قیمت نیروی کار غیرمشمول قانون، و نیز نسبت به هزینه ماشین‌آلات و یا هزینه سایر منابع مورد نیاز، افزایش یابد. معمولاً قوانین حداقل دستمزد، شامل نیروی کار کشاورزی نمی‌گردد و از این رو، این امر به نوبه خود، منجر به کاهش دستمزد در بخش کشاورزی خواهد شد. بر همین مقیاس، پرداخت یارانه از سوی دولت بابت نرخ بهره وام‌های خرید ماشین‌آلات، یا به سخن دیگر اعطای نرخ بهره یارانه‌ای، موجب می‌شود که هزینه ماشین‌آلات در مقایسه با هزینه نیروی کار کاهش یابد و از این رو، استفاده از ماشین‌آلات به جای نیروی کار سودمندتر به نظر آید و این در حالی است که نیروی آماده به کار در کشور نیاز به اشتغال دارند.

### ۳.۳. کالاهای بایسته و نابایسته

آن گروه از کالاها و خدماتی که از نظر دولت به نیابت جامعه، برای یک زندگی حداقل و آبرومند مورد نیاز است «کالاها و خدمات بایسته» خوانده می‌شود. کالاهایی که مصرف آن از نظر جامعه منفی و نامطلوب است از قبیل سیگار، «کالاها و خدمات نابایسته» نامیده می‌شود.

پیداست که اصل «میل به پرداخت» در مورد این گونه کالاها نمی‌تواند مورد عمل قرار گیرد. به طور کلی، میزان میل به پرداخت مصرف‌کنندگان، با جمع تقاضاهای انفرادی هر یک از آنها محاسبه و تعیین می‌شود. مفهوم کالاهای بایسته و یا نابایسته مبتنی بر این نظر است که برخی ارزش‌ها به طور جمعی از سوی جامعه تعیین می‌گردد و این ارزش‌ها با آنچه که از طریق تقاضای تک تک اعضای جامعه منعکس می‌شود، تفاوت دارد. عرضه بسیاری از کالاهای بایسته را می‌توان به ناخشنودی از وضع توزیع درآمد و یا مصرف در جامعه، ارتباط داد. وجود این ارتباط نشانه آن است که دولت تلاش می‌کند از طریق عرضه کالاهای بایسته، تا حدودی مشکل یادشده را جبران نماید.

مطرح شدن موضوع کالاهای بایسته از سوی دولت را می‌توان نوعی کاستی «ارادی» دولت تلقی کرد؛ زیرا در مورد این گونه کالاها، دولت آگاهانه کارکرد بازار را مردود می‌شمارد و عرضه این کالاها را خود برعهده می‌گیرد. مفهوم این کار آن است که با وجود نبود هیچ گونه نشانه‌ای از کاستی بازار، به تصور دولت بازار این گونه کالاها با کاستی رو به روست. می‌توان گفت در مبحث کالاهای بایسته، برخی کالاهایی که ویژگی کالاهای خصوصی را دارند، به عنوان کالای عمومی تعریف و تلقی می‌شوند. عرضه غلات خوراکی، روغن، پنیر و شیر از سوی دولت، مثال‌هایی در این مورد است. دولت با تلقی کالا یا خدمتی به عنوان «کالا یا خدمت بایسته»، تعریف کاستی بازار را به دلخواه مورد بازنویسی قرار می‌دهد.

یکی از مشکلات عمده مبحث کالاهای بایسته این است که قواعد مشخصی برای تعریف کالاهای بایسته و این که چه کالاها و خدماتی نباید در این زمره بیاید، وجود ندارد. در این مورد، برعکس مبحث کاستی بازار که در طول زمان رهنمودهایی برای تعیین شرایط ناکارایی بازار ارائه شده است، هیچ رهنمودی وجود ندارد. در مبحث کالاهای بایسته، دو مشکل به شرح زیر وجود دارد:

**یکم -** مفهوم کالای بایسته، اصل میل به پرداخت افراد را، به عنوان مبنای تعیین ارزش کالای خریداری شده، مردود می‌شمارد. از سوی دیگر، هیچ مرجعی برای تعیین میل به پرداخت جامعه بابت این نوع کالاها وجود ندارد و از این رو، نمی‌توان ارزش کالاهای بایسته را در تحلیل اقتصادی تعیین کرد؛ مگر آن که از اصل میل به پرداخت که از سوی دولت مردود شناخته شده است، استفاده شود.



**دوم -** معیاری برای مشخص کردن کالاهای بایسته و نیز مقایسه فایده حاصل از این نوع کالاها با هزینه‌های آن، در دست نیست. از این رو، با پذیرفتن اصل فکر کالاهای بایسته، در عمل فرصتی برای دولتمردان فراهم می‌آید تا خواست‌های خود را به نام خواست جامعه قلمداد کنند. به این ترتیب، برخی با استفاده از منابع جامعه، حق اضافه‌ای برای خود به عنوان افراد برگزیده ایجاد می‌کنند.

به طور معمول، در بخش کشاورزی با استفاده از مبحث کالاهای بایسته، سیاست‌هایی توجیه می‌گردد که به جای عرضه بهینه محصولات کشاورزی، کاستی دولت را به وجود می‌آورد. برای مثال، برخی از سیاست‌های قیمت‌گذاری محصولات کشاورزی به ظاهر با هدف تأمین غذای ارزان قیمت برای جامعه، اتخاذ می‌شود. اما این سیاست‌ها در عمل، منتج به تولید مواد غذایی کمتر می‌گردد؛ و یا این که در مقایسه با گزینه تولید مواد غذایی با استفاده از منابع و یا فن‌آوری دیگر، گران‌تر تمام می‌شود.

#### **۴. شرایط تطابق قیمت مالی با قیمت اقتصادی**

در قسمت‌های پیشین اشاره شد که کاستی بازار باعث ایجاد تفاوت بین قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی است. می‌توان این پرسش را مطرح کرد که آیا مواردی وجود دارد که بازار با کاستی رو به رو نباشد؟ به سخن دیگر، آیا مواردی وجود دارد که قیمت مالی و قیمت اقتصادی هر دو یکسان باشند (یعنی ارزش مالی کالا نشان دهنده ارزش اقتصادی آن نیز باشد)؟

می‌توان این پرسش را به شیوه دیگری نیز مطرح کرد. در چه مواردی پرداخت مصرف‌کنندگان بابت کالا، به طور دقیق برابر با میل به پرداخت آنان است؟ و در چه زمانی این قیمت با قیمت اقتصادی آن کالا یکسان است؟ پاسخ این است که در شرایط رقابت کامل و نبود هیچ یک از عوامل کاستی بازار، میل به پرداخت مصرف‌کنندگان نشان دهنده ارزش مالی و نیز ارزش اقتصادی کالا است. شرایط رقابت کامل که قبلاً به آن اشاره شد، به صورت تفصیلی به شرح زیر است:

**یکم -** شمار خریداران و فروشندگان باید بسیار زیاد باشد تا آنها نتوانند برای سوءاستفاده از دیگران با یکدیگر تبانی کنند؛ یعنی هیچ عامل انحصار وجود نداشته باشد.

**دوم -** کالا یا خدمت باید قابل تملک و انتقال باشد تا بتوان آنها را برای فروش به بازار عرضه کرد؛ یعنی اصل منع پذیری درباره آنها صادق باشد.

**سوم -** کسانی که بهای کالا را می‌پردازند باید بتوانند مانع بهره‌مندی کسانی که بهای آن را نپرداخته‌اند، بشوند؛ یعنی مسأله «مفت سواری» در ارتباط با اصل منع ناپذیری وجود نداشته باشد.

**چهارم -** استفاده یک فرد از کالا، باید مانع استفاده فرد دیگری از همان کالا شود؛ یعنی اصل کاهش پذیری یا رقابت در مصرف در مورد کالا صادق باشد.

**پنجم -** تولید و مصرف کالا یا خدمت، نباید فایده یا هزینه‌ای برای افراد ثالث که دخالتی در امر تولید یا مصرف ندارند، ایجاد کند؛ یعنی اثرهای بیرونی وجود نداشته باشد.

**ششم -** دخالت دولت نباید از نظر اقتصادی نابهینه باشد و موجب ایجاد تفاوت میان قیمت مالی و قیمت اقتصادی گردد؛ یعنی کاستی دولت وجود نداشته باشد.

**هفتم -** کالا نباید از زمره کالاهای مهم بایسته و نابایسته باشد.

در هیچ یک از کشورهای پیشرفته و یا در حال توسعه، نمی‌توان بازاری با این شرایط یافت. عوامل کاستی بازار بسیار گسترده است. در تمام کشورها و به ویژه کشورهای در حال توسعه که در آنها بازار بسیاری از کالاها خیلی محدود است و از این رو، قابلیت انحصار آنها زیاد است، عوامل انحصار به طور چشم‌گیری وجود دارد. پیداست، در این شرایط دولت برای تصحیح کاستی‌های بازار، باید از طریق اجرای طرح، و برنامه‌ریزی، و اتخاذ سیاست‌های مطلوب در امور اقتصادی دخالت کند؛ اما این مداخله باید به شیوه‌ای سنجیده و برنامه‌ریزی شده و با تحلیل دقیق انجام گیرد.

در این کشورها، به طور معمول مداخله دولت به صورت سنجیده و برنامه‌ریزی شده و دقیق صورت نمی‌پذیرد. در بیشتر موارد، دخالت دولت بدون در نظر گرفتن فایده گسترده اقتصادی و اجتماعی، و تنها برای تحقق منافع بسیار محدود، انجام می‌گیرد. کاستی‌های حاصل از مداخله دولت، می‌تواند تحریف‌هایی به مراتب جدی‌تر از تحریف‌های حاصل از کاستی بازار، در اقتصاد کشور ایجاد کند. در اقتصادی که با این گونه تحریف‌های جدی رو به روست، طراحی و اجرای طرح عمرانی بسیار دشوار خواهد بود. درباره اقتصادهایی که به دلیل دخالت‌های دولت با تحریف جدی قیمت‌ها رو به روستند، می‌توان سه نتیجه‌گیری کلی به شرح زیر کرد:

**یکم -** در این محیط اقتصادی، طراحی و اجرای طرح‌های سودمند و موجه و کارآمد، دشوار است.

**دوم -** در این محیط اقتصادی، برآورد و تعیین قیمت اقتصادی اقلام طرح به منظور تحلیل اقتصادی آن، مشکل است.

**سوم -** در بسیاری از موارد، تغییر سیاست‌هایی که موجبات تحریف قیمت‌ها را فراهم آورده است کارآمدتر و مؤثرتر از اجرای طرح در محیطی است که به شدت دچار تحریف قیمت‌هاست.

طراحی و اجرای طرح عمرانی، تنها یک بخش از برنامه‌ریزی اقتصادی و اجتماعی را تشکیل می‌دهد. مسأله مهم‌تر از آن، تعیین سیاست‌های اقتصادی دولت است. در تحلیل اقتصادی طرح، گستردگی دامنه استفاده از قیمت‌های اقتصادی به جای قیمت‌های مالی، بازتابی از درستی و یا نادرستی سیاست‌های اقتصادی‌ای است که از سوی دولت پیش گرفته شده است.

در شرایط زیر، تحلیل مالی طرح به تنهایی کافی است و نیازی به تحلیل اقتصادی نخواهد بود (یعنی قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی یکسان خواهد بود).

**یکم -** مداخله بهینه اقتصادی دولت، کاستی‌های بازار را تصحیح کرده است.

**دوم -** به دلیل دخالت نکردن دولت در بازارهایی که با هیچ عامل کاستی رو به رو نبوده‌اند، کاستی دولت به وجود نیامده است.

**سوم -** دولت می‌تواند درآمد مورد نیاز برای مداخله بهینه خود در امور اقتصادی را از طریق اخذ مالیات، به ترتیبی فراهم آورد که این مالیات خود موجب تحریف (عمده) نشود.

البته بسیار دور از انتظار است که قیمت مالی تمام اقلام طرح، نشان دهنده قیمت واقعی اقتصادی آنها نیز باشد. از این رو، برای تحلیل اقتصادی طرح، به ناچار باید قیمت اقتصادی شماری از اقلام طرح، برآورد و تعیین شود.

چگونگی برآورد و تعیین قیمت اقتصادی اقلام طرح برپایه قیمت مالی آنها، در فصل ششم، به تفصیل شرح داده خواهد شد.

## پیش‌بینی ترافیک (بررسی نیاز)

### مقدمه

ترافیک تعیین کننده نیاز به راه و مسیر، نوع، ظرفیت و سایر مشخصات آن است. از این رو، برای ساخت راه تازه و یا نوسازی و افزایش ظرفیت راه موجود، نخست باید آمار و اطلاعات و داده‌های ترافیک گذشته و کنونی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد و سپس برپایه آن و سایر ملاحظات، ترافیک دوره عمر طرح را که به طور معمول ۲۰ سال در نظر گرفته می‌شود، به تفکیک هر سال برآورد و پیش‌بینی کرد.

در این فصل به ترتیب درباره ویژگی‌های اقتصادی بخش حمل و نقل، بررسی وضع و تقاضای کنونی حمل و نقل، برقراری روابط کمی میان حمل و نقل و کاربری زمین و فعالیت‌های اقتصادی، تخصیص ترافیک به شیوه‌های متفاوت حمل و نقل، تغییرهای زمانی جریان ترافیک، عوامل مؤثر بر سرعت خودرو در جاده، بررسی سرعت و مدت سفر و فوت وقت (تأخیر)، بررسی تراکم، سرعت عملیاتی آزاد، ترافیک ناگسیخته (بدون وقفه)، تحلیل ظرفیت و ترافیک، نسبت حجم یا نرخ جریان ترافیک به ظرفیت و کاربرد آن و سرانجام، چکیده چگونگی پیش‌بینی ترافیک سخن گفته خواهد شد.

### ۱. ویژگی‌های اقتصادی بخش حمل و نقل

بخش حمل و نقل و از جمله حمل و نقل جاده‌ای، یک صنعت محسوب می‌گردد. این صنعت نیازمند تجهیزات سرمایه‌ای، مواد و نیروی کار است. تفاوت صنعت حمل و نقل جاده‌ای با سایر

صنایع در این است که در صنایع دیگر، تجهیزات سرمایه‌ای را به درستی تأسیسات یا کارخانه ثابت می‌خوانند؛ اما در صنعت حمل و نقل جاده‌ای، بخشی از تأسیسات سرمایه‌ای یعنی جاده، ثابت و بخش دیگری از تجهیزات سرمایه‌ای آن، یعنی خودروها، غیرثابت و یا به سخن دیگر متحرک است. تفکیک تأسیسات و تجهیزات سرمایه‌ای به ثابت و متحرک، ویژگی منحصر به فرد بخش حمل و نقل است و از این رو، اثرهای خاصی نیز بر آن مترتب است. ساختار اقتصادی هر صنعت، یعنی شمار و مقیاس مؤسسه‌ها، درجه رقابت، شیوه قیمت‌گذاری و سودآوری، زیر تأثیر شیوه یا روش تولید است. برای آگاهی از مسائل حمل و نقل جاده‌ای، باید نخست پی‌آمدهای اقتصادی حاصل از ویژگی منحصر به فرد آن، یعنی تفکیک «کارخانه» آن به دو بخش ثابت و متحرک، مورد ملاحظه قرار گیرد. این پی‌آمدها به شرح زیرند:

#### **یکم -** تأسیسات ثابت یا زیربنا:

- بسیار پرهزینه است.
- از عمر طولانی برخوردار است.
- قابل جا به جایی از یک مکان به مکان دیگر نیست؛ یعنی گزینه استفاده از آنها در مکان دیگری وجود ندارد.
- تأسیسات زیربنایی به دلیل برخورداری از ویژگی انحصار طبیعی و نیز اقتصاد مقیاس (صرفه‌جویی حاصل از ظرفیت)، و نیاز به سرمایه‌گذاری کلان، جنبه کالای عمومی دارد.

#### **دوم -** تجهیزات متحرک یا خودروها:

- به دلیل هزینه نسبی ارزان تأمین خودروها، این گونه وسایل به فراوانی در اختیار افراد خصوصی، شرکت‌ها و مؤسسه‌های گوناگون قرار دارد.
- عمر وسایل نقلیه بسیار کمتر از عمر تأسیسات زیربنایی است.
- از خودروها می‌توان در مکان‌های متفاوت و موارد مختلف استفاده کرد؛ یعنی گزینه‌های استفاده از آنها در مکان‌های دیگر وجود دارد.
- در مورد وسایل حمل و نقل زمینی یعنی سواری، اتوبوس و کامیون، اقتصاد ظرفیت و یا به سخن دیگر، صرفه‌جویی حاصل از ظرفیت بسیار محدود است.
- با توجه به مطالب بالا، دیده می‌شود که ویژگی‌های تجهیزات متحرک یعنی خودروها، معکوس ویژگی‌های تأسیسات ثابت یعنی جاده است. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که:

**یک -** عرضه تأسیسات زیربنایی جنبه انحصاری دارد و به طور معمول برعهده دولت‌هاست.

**دو -** عرضه خدمات بخش حمل و نقل جاده‌ای دارای حالت رقابتی است و به طور معمول برعهده بخش خصوصی است.

**سه -** به دلیل دراز بودن عمر تأسیسات زیربنایی، به طور معمول عمر آنها از نظر نابایی فنی، زودتر از عمر فیزیکی آنها به سر می‌آید.

افزون بر نکات یادشده، احداث جاده و بهره‌برداری از آنها دارای هزینه و فایده بیرونی قابل ملاحظه‌ای است؛ زیرا این صنعت برعکس سایر صنایع، در یک چارچوب محصور نیست و از مناطق و محل‌های مختلفی گذر می‌کند و به همراه خود آلودگی هوا، صوتی، چشم‌اندازی و نیز امکان بروز خطر به وجود می‌آورد.

با عنایت به توضیحات یادشده، معلوم می‌شود که مسائل ویژه مربوط به تدوین و تألیف و بررسی و ارزشیابی طرح‌های راهسازی ناشی از آن است که از یکسو، این زیربنایها از سوی دولت احداث می‌گردد و از سوی دیگر، توسط شمار فراوانی از افراد و مؤسسه‌های خصوصی و عمومی به منظورهای اقتصادی و اداری، تفریحی، سیاسی، نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو، برای تحلیل هزینه و فایده اقتصادی طرح‌های راهسازی باید هزینه‌های احداث و نگهداری راه که از سوی دولت انجام می‌گیرد و نیز هزینه‌های عملیاتی بهره‌برداری از راه که از سوی کاربران جاده تحمل می‌شود، برآورد و تعیین گردد.

ظرفیت راه، یعنی آنچه که هزینه سرمایه‌گذاری را مشخص می‌کند، به همراه حجم و نوع ترافیک، یعنی آنچه که هزینه عملیاتی و فایده طرح را تعیین می‌نماید، دو عاملی است که نقش بسیار مهمی در تحلیل سودآوری اقتصادی طرح دارند. همان‌گونه که پیش از این در فصل یکم اشاره شد، فعالیت حمل و نقل، مشتق از تقاضای سایر بخش‌هاست و از این رو، باید از شرایط و روند تحول اقتصاد کشور آگاه بود. برنامه عمرانی پنجساله، و برنامه عملیاتی بخش حمل و نقل، و نیز برنامه‌های عمران منطقه‌ای در این باره یاری شایانی می‌رسانند. پیداست در صورت نبود این گونه اطلاعات، باید آن را از سایر منابع به دست آورد تا برپایه آن بتوان درباره ارتباط میان طرح راهسازی و سایر فعالیت‌های بخش حمل و نقل و نیز سیاست‌ها و استراتژی توسعه اقتصادی، و همچنین امکانات و محدودیت‌های اقتصادی، بررسی و تحلیل کرد.

به طور کلی، طرح راهسازی برای رفع مشکل یا مسأله‌ای مطرح می‌گردد. از این رو، نمی‌توان گفت که هدف از اجرای طرح، «احداث یک جاده بین دو شهر است»، بلکه مثلاً باید گفت: «هدف آن است که امکان تولید و بازاریابی محصولات خاصی فراهم آید.» یا این که «هدف آن است که خدمات حمل و نقل مورد نیاز فلان فعالیت‌های اقتصادی یا اجتماعی فراهم شود.» پس از تعریف هدف،

می‌توان راه‌حل‌ها و یا به اصطلاح «گزینه‌های متفاوت» نیل به هدف و گزینش بهترین آنها را با عنایت به شرایط موجود، مورد بررسی قرار داد. تقاضا و عرضه خدمات حمل و نقل و از جمله حمل و نقل زمینی، ارتباط بسیار نزدیکی با ملاحظات اقتصاد کلان دارد. این ملاحظات به شرح زیر است:

**یکم -** نبود حمل و نقل کافی و مناسب موجب فراهم شدن تنگنا در رشد اقتصادی کشور است. از سوی دیگر، نرخ رشد تقاضای حمل و نقل تابعی از نرخ رشد، و تغییرهای ترکیب تولید ناخالص ملی است.

**دوم -** تغییرهای برنامه‌ریزی شده در ساختار اقتصادی کشور، از قبیل تأکید بر رشد صنعتی به منظور افزایش صادرات، و یا تغییر توزیع جغرافیایی تولید در برنامه‌های عمرانی، اثرهای مهمی بر ارزشیابی و گزینش طرح‌های راهسازی دارد.

**سوم -** نبود اعتبارات کافی، تأثیر مهمی بر سرمایه‌گذاری در بخش حمل و نقل می‌گذارد.

**چهارم -** سیاست‌های پولی، قیمت‌گذاری، تعیین حداقل دستمزد و سایر دخالت‌های دولت در امور اقتصادی، اثرهای قابل توجهی بر هزینه‌های مالی و نیز توجیه اقتصادی طرح‌های راهسازی می‌گذارد.

**پنجم -** بود یا نبود ذخیره ارزی کافی و نیز واقع بینانه بودن یا نبودن نرخ تبدیل ارز بر هزینه‌های عملیاتی خودروها و سایر اقلام مورد نیاز حمل و نقل تأثیر می‌گذارد.

**ششم -** سیاست دولت درباره جبران هزینه‌های خدمات حمل و نقل از سوی استفاده‌کنندگان، وصولی‌های دریافتی از خودروهای استفاده‌کننده از جاده را مشخص می‌کند. دریافت عوارض راه، مالیات بر سوخت خودرو و دریافت عوارض بابت شماره‌گذاری خودرو از زمره این دریافت‌هاست که به نوبه خود، بر گزینش نوع وسیله حمل از سوی کاربران حمل و نقل اثر می‌گذارد.

تحلیل طرح راهسازی از دیدگاه نیاز یا تقاضا، همواره در چارچوب عوامل مؤثر اقتصاد کلان و نیز ارتباط طرح با برنامه عمرانی پنج‌ساله و برنامه عملیاتی حمل و نقل، و نیز پی‌آمد آن بر منطقه اجرای طرح انجام می‌گیرد.

برای بررسی وضع تقاضا یا نیاز به طرح راهسازی دو مرحله زیر طی می‌شود:

**یک -** تحلیل و بررسی وضع و تقاضای کنونی حمل و نقل و ارتباط میان تقاضای حمل و نقل و شرایط اقتصادی و اجتماعی ناظر بر آن.

**دو -** برآورد پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل آتی بر مبنای آمار و اطلاعات گردآوری شده و روابط تعیین‌گردیده میان عوامل مؤثر.

## ۲. بررسی وضع و تقاضای کنونی حمل و نقل

تدوین و تألیف و ارزشیابی طرح راهسازی مستلزم گردآوری و بررسی و تحلیل مقدار قابل توجهی آمار و اطلاعات پایه‌ای است. این اطلاعات شامل ویژگی‌های الگوی سفر بار و مسافر، وضعیت جمعیت، کاربری زمین، و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی منطقه مورد نظر در حال حاضر است. پیداست نیاز به آمار و اطلاعات پایه‌ای برحسب مورد و بنا به نوع طرح راهسازی، متفاوت خواهد بود؛ اما اصول حاکم بر گردآوری آنها یکسان است. از این رو، در بندهای آتی به ترتیب درباره مسائل مطروحه توضیح داده خواهد شد.

### ۲.۱. تعیین هدف و مقصود طرح راهسازی

برای تألیف طرح راهسازی، نخست باید هدف از اجرای آن مشخص گردد. با مشخص شدن هدف، می‌توان گزینه‌های مختلف برای تحقق آن را مطرح و بررسی کرد.

### ۲.۲. تعیین محدوده جغرافیایی مطالعه

برای پیش‌بینی تقاضا یا نیاز آتی به امکانات حمل و نقل، نخست باید اطلاعات لازم درباره توزیع مکانی یا جغرافیایی فعالیت‌های اقتصادی گردآوری شود. به این منظور نخست باید وضعیت اقتصادی کنونی و وضع اقتصادی آتی منطقه با توجه به اثرهای اجرای طرح راهسازی بر آن، مورد تحلیل قرار گیرد.

در مطالعات مربوط به برآورد تقاضای سفر افراد، معمولاً از بررسی‌های کاربری زمین استفاده می‌شود. در این نوع بررسی، کوشش بر آن است که چگونگی توزیع مکانی یا جغرافیایی مردم و فعالیت‌های آنان، پیش‌بینی و مشخص شود. بررسی‌های یادشده مبتنی بر این فرض انجام می‌گیرد که میان الگوهای کاربری زمین و نیاز یا تقاضای خدمات حمل و نقل، ارتباط تجربی پایداری وجود دارد. در مطالعات مربوط به حمل و نقل درون شهری تأکید بر آن است که محل سکونت و محل کار مردم و ارتباط این دو با تقاضای حمل و نقل تعیین شود. حال آن که در مطالعات مربوط به سفرهای برون شهری، توجه و تأکید بیشتر بر آن است که وضع ارتباط مردم با یکدیگر مشخص گردد. برای مثال، به طور معمول ارتباط متقابل مردم، دولت و شهرهای تفریحی با شهرهای صنعتی یا مراکز تجاری، با ارتباطی که مراکز تجاری با یکدیگر یا با شهرهای صنعتی دارند، فرق دارد.

در مطالعات مربوط به برآورد تقاضای حمل بار نیز از پیش‌بینی چگونگی توزیع فعالیت‌های اقتصادی در آینده، استفاده می‌شود. این بررسی را گاه «مطالعه اقتصادی پایه» می‌خوانند. نقش این



مطالعات در برآورد میزان تقاضای حمل بار در آینده، درست همان نقشی است که مطالعات کاربری زمین در پیش‌بینی تقاضای سفر درون شهری یا بیرون شهری مردم دارد. هر دو این مطالعات، پایه پیش‌بینی نیازهای آتی حمل و نقل حوزه‌های خاص جغرافیایی را فراهم می‌آورد.

به طور معمول، در مطالعه اقتصادی پایه، اطلاعات ضروری درباره منابع طبیعی موجود، شمار جمعیت و نیروی کار، وضع صنایع و کشاورزی حوزه اجرای طرح، گردآوری و تحلیل می‌گردد. در برخی موارد، افزون بر اطلاعات یادشده، ساختار اجتماعی و نگرش و انگیزه‌های مردم نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در این گونه مطالعات کوشش بر آن است فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و معدنی استفاده‌کننده از خدمات حمل و نقل، شناسایی شود و مکان‌های استقرار کنونی و استقرار احتمالی آتی آنها تعیین گردد. در مطالعه اقتصادی پایه، افزون بر مطالب یادشده، ملاحظات مربوط به توسعه منطقه ای از قبیل ترکیب تولیدات منطقه، ورود یا خروج سرمایه، وضع مهاجرت نیروی کار و مانند آن نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

برای حصول اطمینان از این که اطلاعات و آمار مربوط به الگوی سفر، کاربری زمین و فعالیت‌های اقتصادی به شیوه‌ای سنجیده و با هزینه منطقی گردآوری خواهد شد، باید محدوده جغرافیایی موضوع مورد مطالعه مشخص و تعیین شود. به این منظور، محدوده جغرافیایی مطالعه با یک خط فرضی که آن را «مرز محدوده مطالعه» می‌خوانند، تعیین می‌گردد. افزون بر آن، برای گروه بندی مبدأ و مقصد جا به جایی‌ها، مناطق درون و برون مرز مطالعه نیز به حوزه‌هایی که آن را «حوزه‌های ترافیکی» می‌نامند تفکیک می‌شود.

حوزه‌های خارج از محدوده مطالعه را «حوزه‌های ترافیکی بیرونی» و یا به شیوه ساده‌تر «حوزه‌های بیرونی» و حوزه‌های داخل محدوده را «حوزه‌های ترافیکی درونی» یا «حوزه‌های درونی» می‌خوانند.

حوزه‌های ترافیکی بیرونی در عمل، تمام کشور را در بر می‌گیرد و از آنجا که به موازات افزایش فاصله سایر مناطق از حوزه اصلی مطالعه اثر عوامل مولد ترافیک کاهش می‌پذیرد از این رو، به تناسب دوری حوزه بیرونی از حوزه درونی، به گسترش سطح حوزه‌های بیرونی افزوده می‌شود. برای تعیین مرز حوزه‌های بیرونی نیز باید مراکز جمعیت، شبکه‌های ارتباطی و عوارض طبیعی زمین مورد توجه قرار گیرد؛ ولی اصل مهم برای تعیین حوزه‌های بیرونی این است که مراکز جمعیتی و اقتصادی مهم و نزدیک به حوزه اصلی که می‌تواند موجبات تولید جریان ترافیک قابل توجه به سوی حوزه درونی را فراهم آورد، باید جداگانه به عنوان یک حوزه مرزبندی شود.

اطلاعات درباره وضعیت کنونی کاربری زمین، جمعیت و شرایط اقتصادی هر یک از حوزه‌های ترافیکی که در درون مرز محدوده مطالعه قرار گرفته است، شامل: شمار جمعیت، شمار شاغلین، شمار واحدهای مسکونی، شمار وسایل نقلیه، میانگین درآمد خانوار، تولیدات صنعتی و کشاورزی، مساحت زمین‌های تخصیص یافته به فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، بازرگانی و خدماتی باید گردآوری شود. در مورد حمل و نقل بار، هدف آن است که مقدار حمل بار به کارخانه یا محل تولید و مانند آن در منطقه و نیز میزان حمل محصول نهایی یا کالای واسطه از محل کارخانه، مزرعه و محل دیگر تولیدات به بازارهای مربوط در شرایط کنونی برآورد و تعیین شود.

اطلاعات درباره الگوی جا به جایی بار و مسافر در جاده بیرون شهری، از طریق مصاحبه با رانندگان وسایل نقلیه مربوط، در کنار جاده واقع در خط مرزی محدوده مطالعه، گردآوری می‌گردد. در این مصاحبه‌ها، اطلاعات ضروری درباره مبدأ، مقصد، نوع وسیله نقلیه (سواری، باری سبک و سنگین و اتوبوس)، نوع بار، درصد اشغال خودروهای مسافری، درصد خودروهای سنگین و مانند آن گردآوری و فراهم می‌آید.

### ۳. برقراری روابط کمی میان حمل و نقل و کاربری زمین و فعالیت‌های اقتصادی

با در دست داشتن اطلاعات ضروری که در بندهای پیشین به آنها اشاره شده، می‌توان چگونگی مبدأ و مقصد سفر، تولید سفر، توزیع سفر، و تخصیص ترافیک را معلوم کرد و برپایه آنها و سایر داده‌ها، ترافیک آتی را پیش‌بینی و تعیین کرد. در این بخش به ترتیب درباره آنها توضیح داده خواهد شد.

#### ۳.۱. مبدأ و مقصد سفر

در مطالعه و تدوین و تألیف طرح راهسازی، آگاهی از مبدأ، یعنی حوزه‌ای که سفر آن آغاز می‌شود و مقصد، یعنی حوزه‌ای که سفر در آن پایان می‌گیرد، ضروری است. در مطالعه طرح راهسازی، افزون بر میزان سفرها، باید آنها را برحسب حوزه مبدأ و مقصد سفر نیز گروه‌بندی کرد. بررسی‌های مبدأ و مقصد، اطلاعات مربوط به کاربری زمین در دو حوزه مبدأ و مقصد، مشخصات خانواده‌های سفرکننده، زمان سفر، مقصود از سفر و نوع وسیله حمل را نیز در بر می‌گیرد. موارد استفاده از اطلاعات و بررسی‌های مربوط به مبدأ و مقصد به شرح زیر است:

**یک -** برآورد ترافیک گذری از یک شهر، تا برپایه آن درباره احداث یک کنار گذر تصمیم‌گیری شود.

**دو -** مدلسازی تولید و توزیع سفر.

**سه -** بررسی و تصمیم‌گیری درباره کفایت شبکه راه زمینی کنونی و برنامه‌ریزی برای احداث راه جدید.

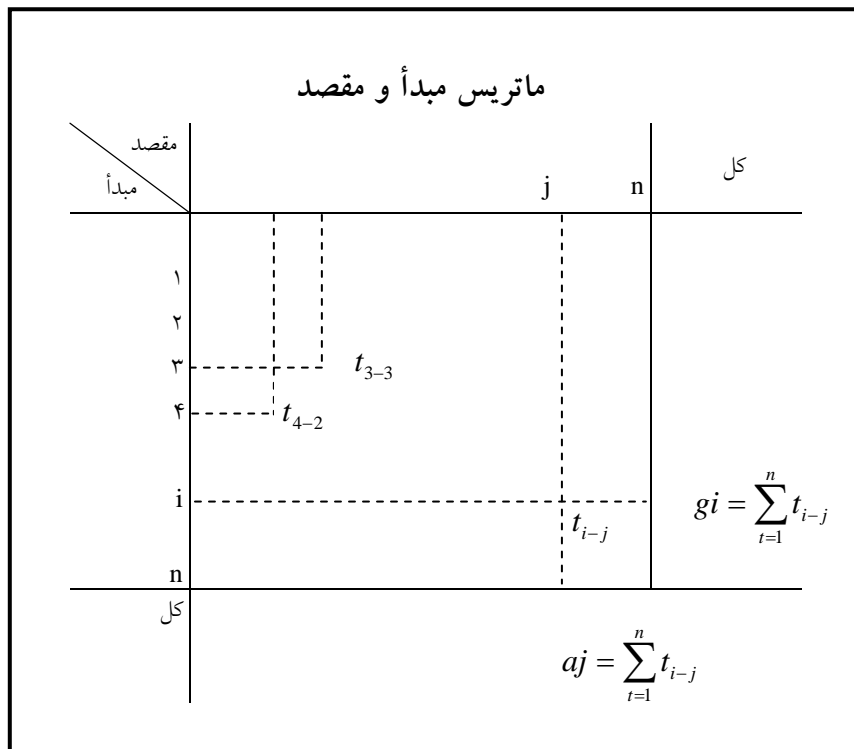
### ۲.۳. تولید سفر

با استفاده از فنون آماری و ریاضی می‌توان میان کاربری زمین و داده‌های مربوط به حمل و نقل، رابطه کمی برقرار کرد. برای مثال، با استفاده از روش تحلیل رگرسیون چند متغیره خطی و اطلاعات آماری مربوط به یک حوزه ترافیک از قبیل: شمار کل جمعیت، تراکم جمعیت، درآمد سرانه و مانند آن، می‌توان با استفاده از فنون یاد شده، شمار سفرهایی که معطوف به آن حوزه است برآورد کرد؛ اما این بار شمار ترافیک حوزه با عواملی از قبیل: شمار امکانات شغلی، میزان تولید صنعتی، میزان تولید کشاورزی، حجم عمده فروشی و حجم خرده فروشی ارتباط داده می‌شود. در متون مربوط به مهندسی حمل و نقل و ترافیک، ایجاد رابطه گفته شده را «تولید سفر» نام نهاده‌اند.

هدف مبحث تولید سفر آن است که دلایل تولید سفر مشخص گردد و بر مبنای رابطه میان سفرهای انجام پذیرفته با کاربری زمین و ویژگی‌های خانوار و مختصات اقتصادی منطقه، الگوی سفر به دست آید. در بررسی و پیش‌بینی وضعیت تولید سفر، مسأله «سمت سفر» مورد نظر نیست و تأکید بر آن است که نیاز به سفر حوزه‌های جغرافیایی خاص برآورد و تعیین شود. در واقع، در مبحث تولید سفر، تصویری از مبدأ و مقصد سفرها در اختیار قرار می‌گیرد ولی درباره «جریان ترافیک» یا به سخن دیگر «تبادل ترافیک» میان حوزه‌های مختلف، بحث نمی‌شود.

### ۳.۳. توزیع سفر

پس از برآورد و تعیین سفرهایی که از یک حوزه آغاز و یا به همان حوزه ختم می‌شود، باید «جهت» یا «سمت» سفرها مشخص شود. به سخن دیگر، شمار سفرهایی که در حوزه مورد مطالعه تولید می‌گردد باید به حوزه‌های مختلفی که مقصد آنهاست تخصیص داده شود. برای مثال، هرگاه  $g_j$  نشان دهنده شمار سفرهایی باشد که از حوزه  $i$  آغاز شده و مقصد آن حوزه  $j$  است و یا به سخن دیگر جذب حوزه  $j$  شده است و  $a_j$  نشان دهنده شمار سفرهایی باشند که از حوزه‌های متفاوت جذب حوزه  $j$  شده است، در این صورت در مرحله محاسبه توزیع سفر و یا به اصطلاح رایج در ایالات متحده آمریکا «نقل و انتقال میان حوزه‌ها»، شمار سفرهایی که از حوزه  $i$  آغاز شده و در حوزه  $j$  پایان یافته، یعنی  $t_{i-j}$ ، برآورد و مشخص می‌گردد.



توزیع سفرها میان حوزه‌های ترافیکی را با توجه به ماتریس بالا بهتر می‌تون درک کرد. محور افقی ماتریس، نشان دهنده حوزه‌های جذب ترافیک (مقصد) ۱ و ۲ و ۳ و ... j ... n، و محور عمودی ماتریس، نشانده مبدأ ترافیک ۱ و ۲ و ۳ و ... j ... n می‌باشد. نقطه تلاقی محورهایی که از حوزه‌های مقصد و مبدأ بر یکدیگر عمود می‌شوند، برای مثال نقطه  $t_{i-j}$ ، نشان دهنده سفرهایی است که از حوزه  $i$  آغاز شده و در حوزه  $j$  پایان می‌گیرد. جمع کل هر یک از ردیف‌ها، به فرض ردیف  $i$ ، نشان دهنده شمار سفرهایی است که از حوزه  $i$  آغاز شده است و به سایر مقصدها عازم شده است  $(g_i)$ . بر همین روال، جمع کل هر یک از ستون‌ها، به فرض ستون  $j$ ، نشان دهنده شمار سفرهایی است که از حوزه‌های دیگر آغاز شده و در حوزه  $j$  پایان یافته است  $(a_j)$ .

توزیع سفر را می‌توان به دو شیوه محاسبه کرد:

**یک -** روش‌های مبتنی بر عامل رشد. در این روش، فرض بر آن است که می‌توان با اعمال ضریب رشد در الگوی سفرهای کنونی، وضعیت توزیع سفر در سال‌های مورد نظر آتی را برآورد و تعیین کرد. در سال‌های پیشین از این روش استفاده می‌شد؛ اما اکنون تنها در مطالعه طرح‌های کوچک راهسازی از این روش استفاده می‌شود.

**دو -** روش‌های ترکیبی. روش‌های اخیر مبتنی بر دو ملاحظه زیر به وجود آمده است:

- پیش از پیش‌بینی الگوی سفر آتی، باید دلایل ایجاد سفر را شناخت.

- برای درک بهتر رابطه علت و معلولی الگوی سفر، باید آن را از منظر قوانین فیزیکی خاص، مورد بررسی قرار داد.

مدل گرانشی (جاذبه) که با استفاده از مفهوم قانون جاذبه نیوتون تنظیم شده است رایج‌ترین روش ترکیبی است. در این روش، فرض بر آن است که جاذبه نسبی میان حوزه‌ها از یکسو و دوری مکانی میان حوزه‌ها از سوی دیگر، اساس نقل و انتقال بین حوزه‌ها را تشکیل می‌دهد. دوری مکانی را می‌توان برحسب مسافت میان حوزه‌ها و یا عوامل تابع مسافت از قبیل: زمان و یا هزینه سفر بین حوزه‌ها تعیین کرد.

در واقع، عامل دوری مکانی با عنایت به توانایی، اشتیاق، یا ضرورت سفر از نظر فرد، موجبات تعدیل جاذبه حوزه مقصد از دیدگاه او را فراهم می‌آورد. از این رو، می‌توان گفت توزیع سفر بین حوزه‌ها نسبت مستقیم با جاذبه نسبی میان حوزه‌ها؛ و نسبت معکوس با دوری حوزه‌ها (برحسب مسافت یا عوامل تابع مسافت از قبیل زمان و هزینه) از یکدیگر دارد.

#### ۴. تخصیص ترافیک

مرحله مشخص کردن تبادل سفرها برحسب شبکه‌های مختلف تشکیل دهنده نظام حمل و نقل را تخصیص ترافیک می‌نامند. در این مرحله، نخست مسیر سفرها تعیین می‌گردد و در پی آن جریان‌های ترافیک میان حوزه‌ها، به مسیرهای خاصی تخصیص می‌یابد. تخصیص ترافیک در موارد زیر کاربرد دارد:

- یک** - تعیین کاستی‌های نظام حمل و نقل کنونی از طریق تخصیص سفرهای آتی به این نظام.
  - دو** - ارزشیابی پی‌آمدهای بهبود و گسترش محدود نظام حمل و نقل موجود از طریق تخصیص سفرهای پیش‌بینی شده آتی به نظام حمل و نقل بهبود یافته.
  - سه** - تعیین اولویت ساخت و مرمت اساسی راه‌ها از طریق تخصیص سفرهای پیش‌بینی شده سال‌های آتی به نظام حمل و نقل پیش‌بینی شده برای همان سال‌ها.
  - چهار** - آزمون گزینه‌های حمل و نقل پیشنهادی برپایه روش‌های سنجیده و منظم و قابل تکرار.
  - پنج** - تعیین حجم ترافیک ساعت طرح راهسازی، یعنی ساعتی از سالی که راه برای تأمین نیازهای حجم ترافیک آن طراحی می‌شود (معمولاً ۲۰ سال پس از ساخت).
- در واقع فرایند تخصیص ترافیک، برای ارزشیابی نظام حمل و نقل پیشنهادی و نیز برای طراحی مهندسی راه، مورد نیاز است.

تمام روش‌های تخصیص ترافیک مبتنی بر گزینش مسیر است. گزینش مسیر نیز برپایه شماری معیار از قبیل: مدت سفر، طول مسیر، هزینه، راحتی و ایمنی سفر انجام می‌گیرد. در غالب موارد، مدت سفر به عنوان تنها ضابطه تخصیص ترافیک در نظر گرفته می‌شود؛ زیرا در بیشتر مطالعات، طول مسیر و هزینه، تابعی از طول زمان تلقی می‌گردد. روش‌های تخصیص ترافیک به شرح زیر است.

#### **یکم - روش تخصیص همه یا هیچ**

این روش بسیار ساده است و بر این پایه قرار گرفته که ترافیک به طور معمول مسیری را انتخاب می‌کند که کمترین حالت بازدارندگی سفر را داراست. عواملی از قبیل: مدت سفر، مسافت سفر، هزینه سفر، و یا ترکیبی از این عوامل، معیارهای تعیین شدت بازدارندگی سفر است. از این رو، ترافیک به مسیری که در تحلیل نه‌ای کمترین هزینه (یا مدت یا مسافت) را دارد، تخصیص می‌یابد.

#### **دوم - روش تخصیص مسیره‌های چندگانه**

شاید تمام کاربران نتوانند کوتاه‌ترین مسیر را تشخیص دهند و برگزینند. گاه شاید تمام کاربران جاده، معیارهای یکسانی برای گزینش کوتاه‌ترین مسیر را نداشته باشند. در روش تخصیص مسیره‌های چندگانه، کاستی‌های یادشده مورد توجه قرار می‌گیرد؛ به این معنی که جریان ترافیک برپایه چند مسیر به حوزه‌های ترافیکی تخصیص می‌یابد. مبنای تخصیص کل جریان ترافیک به هر یک از مسیره‌ها، تابعی از نسبت آن مسیر به کوتاه‌ترین مسیر موجود است.

#### **سوم - روش تخصیص برپایه محدودیت ظرفیت**

در این روش، فرض بر آن است که عامل بازدارندگی سفر، به نسبت ظرفیت عملی راه مربوط و حجم ترافیکی که به آن تخصیص یافته، افزایش می‌یابد. در این روش، کوشش بر آن است که کاستی روش تخصیص همه یا هیچ، از نقطه نظر منظور نکردن مسأله ظرفیت مسیر ارتباطی، جبران شود.

#### **چهارم - روش تخصیص منحنی‌های ترافیک تغییر مسیر داده**

این روش نسبت به سایر روش‌ها کاربرد بیشتری دارد. منحنی‌های ترافیک تغییر مسیر داده، برپایه ملاحظات تجربی تغییر مسیر ترافیک از سایر مسیره‌ها به جاده‌های تازه ساخته شده، ترسیم می‌شود. برای ترسیم این منحنی‌ها از اطلاعات گردآوری شده مربوط به سال‌های پیش استفاده می‌گردد. برای ترسیم منحنی می‌توان از متغیرهای متفاوتی به شرح زیر استفاده کرد:

#### **یک - مدت صرفه‌جویی شده.**

**دو -** مسافت صرفه‌جویی شده.

**سه -** نسبت مدت سفر (نسبت مدت سفر در وضع جدید به مدت سفر در وضع پیشین).

**چهار -** نسبت مسافت سفر نسبت مسافت سفر در وضع جدید به مسافت سفر در وضع پیشین).

**پنج -** مدت و مسافت سفر صرفه‌جویی شده.

**شش -** نسبت هزینه سفر.

**هفت -** نسبت مسافت و سرعت.

## ۵. تغییرهای زمانی جریان ترافیک

یکی از اساسی‌ترین شیوه‌های اندازه‌گیری ترافیک بر روی شبکه راه آن است که حجم ترافیک استفاده‌کننده از راه در یک فاصله زمانی خاص تعیین گردد. در مبحث طرح‌های راهسازی، اصطلاح «حجم ترافیک» و اصطلاح «جریان ترافیک» معنی یکسانی را می‌رسانند.

بنا به تعریف، شمار وسایل نقلیه‌ای که از مکان خاصی در جاده و یا از خط عبور مشخصی، طی یک دوره زمانی معینی عبور می‌کنند، حجم ترافیک یا جریان ترافیک خوانده می‌شود. واحد حجم به طور معمول «وسیله نقلیه» است؛ اما در غالب موارد برحسب «شمار وسیله نقلیه در زمان» از آن نام می‌برند.

در مبحث برنامه‌ریزی و تدوین و تألیف و ارزشیابی طرح‌های راهسازی، واحد زمان مشترک «روز» به معنی ۲۴ ساعت است. پیش‌بینی حجم ترافیک آتی برپایه میزان اندازه‌گیری شده حجم ترافیک روزانه کنونی انجام می‌گیرد. انواع حجم ترافیک روزانه مورد استفاده در مطالعه ارزشیابی اقتصادی طرح به شرح زیر است:

**یکم -** حجم ترافیک متوسط روزانه یکسال (AADT)

در این محاسبه، میانگین حجم ترافیک در یک مکان در طول ۳۶۵ روز و یا به سخن دیگر، حاصل تقسیم کل ترافیک عبوری از یک مکان معین در جاده در یکسال، بر ۳۶۵ روز را حجم ترافیک متوسط روزانه یکسال می‌خوانند.

**دوم -** حجم ترافیک متوسط روز کاری یکسال (AAWT)

منظور از روز کاری، پنج روز هفته به استثنای پنجشنبه و جمعه است و از این رو، در این محاسبه، کل ترافیک عبوری از یک مکان معین در جاده در روزهای کاری طی سال بر عدد ۲۶۰ تقسیم می‌شود. در مواردی که میزان ترافیک در روزهای تعطیل سبک است، با استفاده

از این روش اثر تعدیلی ترافیک سبک روزهای تعطیل بر ترافیک سنگین روزهای کاری، پیشگیری می‌شود.

#### سوم - حجم ترافیک متوسط روزانه (ADT)

متوسط یادشده، برپایه ترافیک روزانه در یک مکان خاص از راه، در یک دوره زمانی کمتر از یکسال، محاسبه می‌شود. محاسبه حجم ترافیک متوسط روزانه یکسال، بر مبنای یک دوره یکساله انجام می‌گیرد؛ حال آن که حجم ترافیک متوسط روزانه، می‌تواند برپایه یک دوره زمانی ۶ ماه، یا یک فصل، یا یک ماه، یا یک هفته و حتی دو روز نیز انجام گیرد.

#### چهارم - حجم ترافیک متوسط روز کاری (AWT)

متوسط یادشده، برپایه ترافیک روزانه در روزهای کاری و در یک مکان خاص از راه و در یک دوره زمانی کمتر از یکسال، برای مثال یک ماه، یا یک فصل انجام می‌گیرد. واحد محاسبه حجم ترافیک همان گونه که در بالا اشاره شد «وسیله نقلیه در روز» است. به طور معمول، در محاسبات مربوط به حجم ترافیک روزانه، ترافیک را برحسب جهت آن و یا خط عبور تفکیک نمی‌کنند و رقم حجم ترافیک، فارغ از جهت ترافیک و یا خط عبور، نشان دهنده کل حجم ترافیک در راه مورد نظر است که در یک مکان خاص از آن، محاسبه و تعیین می‌گردد. هرگاه وسایل نقلیه متفاوت از قبیل: سواری، اتوبوس، کامیون سبک، و کامیون سنگین ترکیب ترافیک را تشکیل دهد، روش معمول برای همگن کردن محاسبات آن است که جریان ترافیک برپایه تبدیل انواع وسایل نقلیه به خودرو سواری و یا به سخن دیگر، استفاده از «واحد سواری معادل» انجام گیرد. در این حالت، جریان ترافیک برحسب «واحد سواری معادل در ساعت» یا «واحد سواری معادل در روز» مشخص می‌شود.

آگاهی از حجم وسایل نقلیه‌ای که از شبکه راه استفاده می‌کنند برای ارزیابی کارایی کنونی شبکه راه و کیفیت کلی خدمت ارائه شده به کاربران جاده، بسیار مهم و یاری بخش است. با آگاه بودن از ویژگی‌های جریان ترافیک در بخش معینی از راه، به آسانی می‌توان فهمید که آیا ترافیک در این قسمت از راه، بیشتر یا کمتر از ظرفیت راه جا به جا می‌شود یا نه. هرگاه ترافیک سنگین باشد راه با تراکم و در نتیجه با کاهش سرعت سفر رو به رو خواهد بود. کاهش سرعت سفر، به دلیل از دست رفتن زمان سرنشینان خودرو، و نیز افزایش هزینه عملیاتی وسایل نقلیه، موجبات زیان اقتصادی جامعه را فراهم می‌آورد. افزون بر آن، تراکم ترافیک، منجر به وقوع حوادث رانندگی می‌شود. از این رو، آگاهی از وضع جریان یا حجم ترافیک، شاخص ارزشمندی برای تصمیم‌گیری درباره اجرای طرح‌های بهسازی و توسعه راه‌هاست. اطلاعات درباره ترافیک، امکان طراحی بهسازی شبکه راه‌ها



برپایه اولویت نسبی آنها و نیز تخصیص بهینه منابع محدود به این امر را میسر می‌کند. افزون بر آن، اطلاعات مربوط به جریان یا حجم ترافیک، بنیاد معقولی برای تعیین عرض روسازی راه، شانه‌های آن و نیز پل‌ها را فراهم می‌آورد.

هرگاه اطلاعات مربوط به جریان ترافیک سال‌های پیشین در اختیار باشد، برپایه آن می‌توان نرخ افزایش حجم ترافیک در سال‌های قبل را تعیین کرد و با طرح افکنی روند گذشته رشد حجم ترافیک به آینده، نرخ رشد ترافیک آتی را بر مبنای قابل قبولی مشخص کرد.

با در دست داشتن میانگین جریان سالانه ترافیک و طول جاده، به سادگی می‌توان میزان سفر را برحسب وسیله نقلیه - کیلومتر در سال محاسبه کرد. از این اطلاعات برای مطالعات مربوط به نرخ حوادث رانندگی استفاده می‌شود. برای طراحی سازه‌های راه، باید اطلاعات لازم درباره شمار وسیله نقلیه تجاری که از راه استفاده می‌کنند در دست باشد. یادآور می‌شود که تحلیل دقیق طراحی سازه‌ها مستلزم در دست داشتن اطلاعات مربوط به طیف بار محوری و دفعات عبور آنهاست؛ اما به هر روی، آگاه بودن از شمار وسایل نقلیه استفاده کننده از راه نیز راهنمای خوبی برای طراحی روسازی آن است. نگهداری از راه که گاه تجدید روکش آسفالت بخشی از آن محسوب می‌شود، برپایه میزان ترافیک استفاده کننده از آن برنامه‌ریزی می‌شود.

مقررات راهنمایی و کنترل ترافیک و نیز طراحی علائم رانندگی و تقاطع راه، برپایه اطلاعات دقیق درباره جریان ترافیک انجام می‌گیرد. ارزشیابی کارایی و سودآوری مالی طرح در مواردی که اعتبار ساخت آن از محل دریافت عوارض تأمین می‌شود و نیز ارزشیابی سودآوری اقتصادی طرح راهسازی در همه موارد برپایه برآورد ترافیک آینده راه مورد نظر صورت می‌پذیرد.

ترافیک استفاده کننده از جاده شامل وسایل نقلیه گوناگون می‌گردد. هر یک از انواع این وسایل نقلیه نقش خاص خود را بر کارکرد جاده دارد. از این رو، شمارش ساده وسایل نقلیه و بدون تفکیک کردن آنها به انواع وسایل نقلیه متفاوت، چندان مفید واقع نمی‌شود. روش مرسوم آن است که شمارش خودروها برحسب نوع آنها انجام گیرد.

هدف نهایی سفر، حمل افراد و کالاست. شمار مسافران، نقش مهمی در برنامه‌ریزی حمل و نقل دارد. برای گردآوری شمار کسانی که با وسیله نقلیه سفر می‌کنند باید از میانگین اشغال وسایل نقلیه باخبر بود. برای فراهم آوردن این اطلاعات، باید در زمان شمارش وسایل نقلیه، تعداد سرنشینان آنها نیز برحسب نوع وسیله نقلیه (سواری، مینی‌بوس، اتوبوس) یادداشت گردد و برپایه اطلاعات به دست آمده، میانگین اشغال هر نوع وسیله نقلیه محاسبه شود. از اطلاعات مربوط به میانگین اشغال وسایل نقلیه مسافری، در موارد مختلف استفاده می‌گردد. از جمله، می‌توان به هنگام تحلیل اقتصادی

طرح راهسازی، میزان زیان حاصل از فوت وقت مسافران را برحسب پول برآورد کرد. به سخن دیگر، با پیش‌بینی شمار وسایل نقلیه مسافری عبوری و در دست داشتن میانگین اشغال هر یک از انواع آن، شمار کل مسافران قابل برآورد است و با این اطلاعات می‌توان فوت وقت را برحسب نفر - ساعت محاسبه کرد و برپایه آن، ارزش پولی از دست دادن وقت مسافران را برآورد نمود.

در مرحله مطالعه و تدوین و ارزشیابی طرح راهسازی، با استفاده از برآورد «ترافیک متوسط روزانه یکسال» می‌توان هزینه و فایده طرح را برآورد و محاسبه کرد؛ البته این امر مشروط بر آن است که در تمام طول سال، شرایط جریان آزاد ترافیک، یعنی ترافیک بدون مانع وجود داشته باشد؛ زیرا تنها در این شرایط هزینه سفر هر یک از انواع وسایل نقلیه، در طی سال ثابت باقی خواهد ماند. اما هرگاه در طی سال و در ایام مختلف، جریان ترافیک با تغییر رو به رو گردد، احتمال آن وجود دارد در شرایط اوج جریان ترافیک، تراکم شدید به وجود آید و در نتیجه آن، مدت سفر افزایش یابد و به دنبال آن میانگین هزینه انواع وسایل نقلیه نیز بالاتر رود.

برای آگاهی از این وضع، باید تغییر جریان ترافیک برحسب ساعت، روز و فصل نیز مورد بررسی قرار گیرد. الگوی تغییر ساعتی جریان ترافیک بنا به ماهیت سفر و جاده‌های مختلف، می‌تواند با یکدیگر فرق داشته باشد. برای مثال، در جاده‌هایی که سفر هر روزه به محل کارخانه‌ها انجام می‌گیرد، به طور معمول اوج جریان ترافیک در آغاز و پایان ساعت‌های کار کارخانه‌ها پدیدار می‌شود. از این رو، در راه موجود باید شمارش پیوسته ترافیک انجام گیرد تا الگوی ساعتی جریان ترافیک در روزهای هفته و نیز روزهای تعطیل برحسب نوع وسایل نقلیه مشخص گردد. دلیل تفکیک نوع وسایل نقلیه آن است که تغییرهای ساعتی جریان ترافیک وسایل نقلیه مسافری و وسایل نقلیه باری با یکدیگر فرق دارند. این اطلاعات برای مشخص کردن ارتباط میان جریان اوج ترافیک با ظرفیت راه مورد نیاز است. تغییرهای ساعتی جریان ترافیک مربوط به طرح‌های راهسازی جدید را می‌توان برپایه مطالعه و بررسی راه‌های مشابه موجود، برآورد و تعیین کرد.

پیش از این اشاره شد که جریان ترافیک دو روز تعطیل آخر هفته بر حجم ترافیک متوسط در هفته تأثیر می‌گذارد. به طور معمول، جریان و ترکیب ترافیک در طول روزهای کاری هفته کم و بیش ثابت است؛ اما در دو روز تعطیل آخر هفته، به شمار وسایل نقلیه شخصی افزوده می‌شود و شمار وسایل نقلیه تجاری کاهش می‌یابد. این پدیده به ویژه در راه‌هایی که منتهی به مراکز تفریحی یا زیارتی می‌گردد صادق است. افزون بر نکته یادشده، در دو روز تعطیل آخر هفته، تغییرهای ساعتی جریان ترافیک نیز متفاوت است و از این رو، در این گونه موارد باید بررسی‌های لازم درباره تغییر حجم ترافیک انجام گیرد.

فصول مختلف سال نیز به دلیل ملاحظات مربوط به فعالیت‌های کشاورزی، آب و هوا، استفاده از تعطیلات و مانند آن، منجر به تغییر جریان‌های ترافیک می‌گردد. تعطیلات طولانی و برنامه‌ریزی‌های سفر به طور کلی، اوج ترافیک‌های تفریحی را فراهم می‌آورد. در راه‌هایی که محصولات کشاورزی نقل و انتقال می‌یابد، الگوی تولید کشاورزی، موجب تغییر فصلی جریان ترافیک می‌گردد. در مطالعه و تحلیل اقتصادی طرح‌های راهسازی، باید مسأله تغییرات فصلی ترافیک مورد توجه قرار گیرد. افزون بر آن، هرگاه در طی فصول مختلف، تغییر عمده ساعتی و یا روزانه جریان ترافیک پیش‌بینی می‌شود، باید آنها را نیز بررسی نمود.

نتایج بررسی و تحلیل یک راه خاص زمانی سودمند و نتیجه بخش است که بتوان برپایه آن بافت نما (هیستوگرام) جریان ترافیک ساعتی سال را ترسیم کرد. در این بافت نما (هیستوگرام)، حجم ترافیک برحسب کل وسایل نقلیه و نیز برحسب وسایل نقلیه معادل سواری آورده می‌شود تا ترکیب ترافیک نیز مورد توجه قرار گیرد. با استفاده از این بافت نماها می‌توان هر یک از سطوح حجم ترافیک را با ظرفیت راه مقایسه کرد و روابط حاصل از این مقایسه را برای برآورد هزینه‌های کاربران جاده به کاربرد که در فصول آینده به آن اشاره خواهد شد.

## ۶. عوامل مؤثر بر سرعت خودرو در جاده

عوامل بسیاری بر سرعت خودرو در یک بخش از راه و نیز میانگین کلی سرعت خودرو در یک سفر تأثیر می‌گذارد. این عوامل را می‌توان به چهار گروه: ۱- راننده، ۲- خودرو، ۳- راه و ۴- محیط، تفکیک کرد. حال به ترتیب درباره هر یک توضیح داده می‌شود.

### ۶.۱. ارتباط سرعت و راننده

مهار سرعت خودرو در جاده به دست راننده است. یادآور می‌شود که به طور معمول، در قطعه‌ای از راه و در یک ساعت معین، خودروها با سرعت‌های مختلف رانده می‌شوند. به طور کلی، رانندگان در یک سفر، همواره با سرعت مشخصی رانندگی نمی‌کنند و یا در تمام دفعات رانندگی، از سرعت معینی استفاده نمی‌نمایند. ویژگی‌های متفاوت زیر، بر گزینش سرعت رانندگی از سوی راننده تأثیر می‌گذارد.

یک - سن،

دو - اطمینان،

سه - مهارت رانندگی،

**چهار** - نگرش ذهنی،

**پنج** - شرایط بدنی،

**شش** - مسافت سفر،

**هفت** - آشنایی با منطقه،

**هشت** - اطلاع از مسیر مورد نظر،

**نه** - مقصود از سفر،

**ده** - زمان در اختیار برای سفر.

ویژگی‌های یک تا پنج تا حدودی با یکدیگر ارتباط متقابل دارند. در بسیاری از اوقات، سن و نگرش ذهنی و شرایط بدنی راننده، شاخص مهارت و اطمینان اوست. به طور کلی، رانندگان سالخورده آهسته‌تر از رانندگان جوان می‌رانند. نگرش ذهنی راننده از دو نظر، یکی نگرش عمومی او به موضوع رانندگی، حداکثر سرعت مجاز، رانندگی سایر رانندگان و درجه خودخواهی او، و دیگری نگرش لحظه‌ای او در رانندگی، بر گزینش سرعت رانندگی تأثیر می‌گذارد راننده می‌تواند در شتاب باشد یا نباشد، احساس سرخوشی و یا این که احساس افسردگی کند، پیش‌بینی یک رویداد شیرین نماید و یا این که به سوی محلی براند که چندان برایش دلچسب نیست. به هر روی، آگاهانه و یا ناآگاهانه، نگرش ذهنی فرد بر سرعت رانندگی او تأثیر می‌گذارد.

رانندگان ماهر و مطمئن، از رانندگان غیرماهر و نامطمئن سریعتر رانندگی می‌کنند هرچند، گاه در جاده‌ها رانندگان ناشی نیز به چشم می‌خورند که با اطمینان رانندگی می‌کنند. برخی رانندگان مایلند که تمام خودروهای دیگر را پشت سر بگذارند و برخی نیز علاقه دارند که در جاده‌های چندخطه، همواره خط عوض کنند. آشنایی با شبکه راه‌ها و مسیر خاص مورد نظر به راننده امکان آن را می‌دهد از کسانی که با راه و مسیر آشنا نیستند، سریعتر رانندگی کند.

## ۶.۲. ارتباط سرعت با وضع خودرو

عوامل زیر بر سرعت خودرو، اعم از سواری یا باری، تأثیر می‌گذارد:

**یک** - نسبت وزن ناخالص خودرو در جاده، بر نیروی خودرو برحسب اسب بخار،

**دو** - وضعیت مکانیکی خودرو،

**سه** - سن خودرو به عنوان شاخص طراحی و کاربرد آن،

**چهار** - عوامل آیرودینامیک طراحی خودرو.

نقش خودرو در حالت سرعت آزاد، بیش از زمانی است که به دلیل حجم ترافیک و یا محدودیت ناشی از مقررات ترافیک و رانندگی، باید با سرعت کمتری راند. حداکثر سرعت خودرو تابع طراحی آیرودینامیک، وزن ناخالص آن در جاده، و قدرت موتور آن برحسب اسب بخار است. خودروهای سنگین از قبیل کامیون و تریلی در جاده‌های مسطح با سرعتی معادل ۱۰۰ تا ۱۲۰ کیلومتر حرکت می‌کنند، حال آن که خودروهای سبک از قبیل سواری می‌توانند با سرعتی برابر با ۱۶۰ تا ۲۰۰ کیلومتر حرکت نمایند. مقاومت هوا، که اندازه آن برابر با مجذور سرعت خودرو است، در سرعت‌های بالا نقش مهمی در مهار سرعت خودرو دارد. افزون بر آن، مقاومت درونی موتور و زنجیره انتقال قدرت، عامل مؤثر دیگری برای محدودیت سرعت خودرو است.

صرفنظر از حداکثر سرعت ممکن، نسبت وزن به قدرت موتور نیز بر امکان شتاب بخشیدن به سرعت خودرو تأثیر می‌گذارد. از این رو، در جاده و به هنگام نیاز به شتاب بخشیدن به سرعت، خودروهایی که نسبت وزن به قدرت موتور آنها کمتر است، با سرعت زیادتری از خودروهایی شتاب می‌گیرند که نسبت وزن به قدرت موتورشان زیادتر است.

به طور کلی، رانندگان مایلند که با آسودگی و راحتی رانندگی نمایند و به این جهت، کوشش دارند با سرعتی رانندگی کنند که از نظر جسمی و ذهنی برایشان رضایت بخش باشد. به احتمال زیاد، رانندگی با خودروهایی که دارای لرزش زیاد است و کمک فنرهای نامطلوب دارد و با سروصدای زیاد همراه است، با سرعتی کمتر از خودرویی خواهد بود که با نرمی و آسودگی رانده می‌شود. شرایط مکانیکی خودرو، که در بیشتر موارد به طور مستقیم با عمر خودرو ارتباط دارد، عاملی برای محدودیت سرعت و شتاب بخشیدن و یا کاستن از شتاب خودرو است. از آنجا که رانندگان به طور معمول به وضع خودروهای قدیمی و یا خودروهایی که از نظر مکانیکی (موتور، ترمز و مانند آن) معیوب است خوشبین نیستند از این رو، خودروهای یادشده را در مقایسه با خودروهای نو و سالم، با احتیاط زیادتر و آهسته‌تر می‌رانند.

### ۳.۶. ارتباط سرعت با شرایط جاده

از چهار عامل یادشده در بند ۳.۱، شاید عامل طراحی راه بیش از سایر عوامل بر سرعت ترافیک تأثیر دارد. اهمیت طراحی راه از آن جهت است که مهندس مسؤول طراحی، نقش مهمی داراست و طراحی او بر هزینه ساخت راه و نیز هزینه استفاده کنندگان از راه تأثیر به سزایی دارد. مهمترین عوامل طراحی مؤثر بر سرعت خودرو در جاده به شرح زیر است:

**یک - کنترل دسترسی،**

- دو - عرض هندسی راه،
- سه - شیب‌های راه،
- چهار - روشنایی راه،
- پنج - خم‌ها و پیچ‌های راه،
- شش - ترتیب خط‌های عبوری و جهت ترافیک،
- هفت - سقف سرعت مجاز،
- هشت - سطح جاده،
- نه - اشیاء کنار جاده،
- ده - زیبایی منظره‌ها در ارتباط با طراحی جاده،
- یازده - فاصله دید،
- دوازده - نشانه‌گذاری‌ها،
- سیزده - کنترل‌های ترافیک،
- چهارده - تغییر شمار خط عبور،
- پانزده - تغییر در پیچ و خم‌ها،
- شانزده - تغییر در کیفیت روسازی جاده،
- هفده - تغییر در عرض شانه جاده،
- هیجده - تغییر در حرکت ترافیک.

خم‌ها یا پیچ‌های راه به دلیل تأثیر بر قدرت مورد نیاز خودرو برای عبور از آن، بر سرعت خودرو تأثیر می‌گذارد. در سربالایی‌ها، وسایل نقلیه سنگین به دلیل نیاز به قدرت بیشتر موتور، از سرعت بالایی برخوردار نخواهند بود. در سرازیری‌ها، ملاحظات ایمنی از دیدگاه فاصله‌ایست و فاصله دید در پیچ‌ها، بر سرعت ترافیک تأثیر می‌گذارد.

در پیچ‌ها، شعاع پیچ و بر بلندی، بر سرعت خودرو مؤثر واقع می‌شود؛ زیرا رانندگی ایمن و سواری راحت در پیچ‌ها مستلزم آن است که از سرعت خودرو کاسته شود تا نیروی گریز از مرکز، از چارچوب ایمن و راحت فراتر نرود.

پیچ و خم جاده همراه با مسأله فاصله دید، تأثیر زیادی بر سرعت ترافیک می‌گذارد. هرگاه فاصله دید قابل قبولی موجود نباشد، عبور وسایل نقلیه سنگین در سربالایی و یا سرازیری، حتی اگر سایر خودروها مانع سبقت نباشند، موجبات محدودیت سرعت ترافیک را فراهم می‌آورد؛ زیرا

رانندگی صحیح این الزام را پیش می‌آورد که قبل از سبقت گرفتن، دید روشنی از جاده پیش رو وجود داشته باشد تا در صورت لزوم با انتخاب یک رفتار درست رانندگی، از بروز تصادف پیش‌گیری شود.

سطح جاده از دیدگاه ملاحظات مربوط به راحتی (ناهمواری، سروصدا، گردوغبار، موج‌دار بودن) و نیز ملاحظات مربوط به ایمنی (ضریب اصطکاک و یکنواختی وضعیت) و همچنین از نظر شیب عرضی، بر سرعت رانندگی تأثیر می‌گذارد.

عرض خط عبور، عرض شانه، بود و یا نبود جدول، شمار خط عبور، عرض میانه و سایر مختصات عرضی جاده، بر سرعت ترافیک اثر دارند. در واقع، این اثرها به دلیل ملاحظات ایمنی و آسودگی روانی، بروز می‌کند. راه‌های یک طرفه مانع تأثیرگذاری ترافیک مقابل بر سرعت ترافیک خواهد شد. پیش‌بینی کنترل دسترسی، به دلیل پیش‌گیری از حرکت‌های گردش و رو به رو شدن وسایل نقلیه، موجبات افزایش سرعت ترافیک را فراهم می‌آورد.

رانندگان معمولاً نسبت به اشیاء در کنار جاده و سازه‌های جاده حالت احتیاط‌آمیز دارند. جدول‌ها، دهانه‌های آبروهای تخلیه آب، دیوارهای هدایت آب‌گذر، دیوارهای حایل، تیرهای اصلی و خرپاهای پل، پایه‌ها، انواع دیرک‌ها، درختان و جوی‌های نزدیک روکش جاده موجب می‌شوند که رانندگان از سرعت خود نسبت به زمانی که این اشیاء در کنار جاده وجود ندارد، بکاهند. روشنایی جاده این امکان را فراهم می‌آورد که راننده از اطراف خود و به ویژه از کنار جاده دید بهتری بیابد. جاده‌هایی که به ترتیبی طراحی می‌شوند تا منظری از ساختمان‌ها، چشم‌اندازهای استثنایی، قله‌های کوه، و سایر ملاحظات هنری و زیبایی شناختی در تیررس دیدگان قرار گیرد، موجب آهسته‌تر شدن سرعت ترافیک نسبت به سایر مسیرها خواهد شد.

تابلوهای کنترل ترافیک و نشانه‌های اطلاعاتی نیز بر سرعت ترافیک اثر می‌گذارند. نشانه‌های با ابعاد کوچک و با نوشته‌های ناخوانا، و یا نشانه‌هایی که در جای نامناسب قرار گرفته، موجب کاهش سرعت ترافیک می‌شود؛ زیرا رانندگان برای خواندن آنها از سرعت خود می‌کاهند. وسایل کنترل ترافیک، از جمله نشانه‌های حداکثر سرعت مجاز، بر سرعت و تغییرهای سرعت ترافیک تأثیر چشم‌گیری دارند.

طراحی مهندسی راه، از دامنه گسترده‌ای برای تأثیرگذاری بر افزایش یا کاهش سرعت عمومی خودروها برخوردار است. تغییر عرض خط عبور، عرض شانه راه، شمار خط عبور، کیفیت روسازی جاده نمونه‌هایی از این امکانات است.

## ۶.۴. ارتباط سرعت با محیط ناظر بر ترافیک

سرعت رانندگی در جاده از محیط اطراف و ناظر بر جاده تأثیر برمی‌دارد. عوامل محیطی عبارت است از:

**یک** - کنش‌های مانوری ترافیک،

**دو** - تراکم ترافیک،

**سه** - ترکیب ترافیک برحسب نوع خودرو،

**چهار** - سرعت ترافیک،

**پنج** - زاویه تابش آفتاب،

**شش** - ساعت روز،

**هفت** - چشم‌انداز اطراف جاده،

**هشت** - شرایط آب و هوا (دید، وزش باد، بارندگی).

هر راننده‌ای تحت تأثیر محیط اطراف است. محیط اطراف راننده دنیای کوچکی است که ایمنی و یا نایمنی آن برحسب مورد، بستگی به دقت رانندگی افراد در این محیط دارد. طراحی هندسی راه و نیز ترافیک جاده که راننده بخشی از آن است، عوامل محدودکننده سرعت رانندگی است. هنگامی که خودرو بخشی از جریان ترافیک باشد، راننده خودرو تا حدودی تابع جریان عمومی ترافیک خواهد شد و هرچه جریان ترافیک سنگین‌تر باشد، تبعیت راننده از جریان ترافیک بیشتر می‌شود. همین پدیده در واقع، اصل بسیار مهم ارتباط سرعت خودرو با حجم یا جریان ترافیک را مطرح می‌کند.

حرکات رانندگی در جاده از قبیل تغییر خط عبور، کناره کشیدن به سوی شانه جاده، ادغام شدن در ترافیک، سرعت گرفتن و نیز کاستن از سرعت یک خودرو، به طور معمول بر سرعت بسیاری از خودروهای دیگر تأثیر می‌گذارد. راه به طور کلی، با در نظر گرفتن ملاحظات سرعت و تغییر سرعت، طراحی می‌شود؛ اما حجم و تراکم ترافیک و نیز عوامل محیطی ناظر بر آن، نقش مهمی بر تعیین سرعت و شمار و دامنه تغییرهای سرعت دارد.

عامل آب و هوا، یعنی باران، برف، باد و زاویه تابش آفتاب به دلیل تأثیر آنها بر فاصله دید و قابلیت دید و ایمنی، بر سرعت رانندگی تأثیر می‌گذارند. حتی باران ملایم نیز موجب کندتر شدن ترافیک، یا تغییر مسیر از سوی رانندگان، یا انصراف از برخی سفرها و یا انجام سفرهای برنامه‌ریزی نشده می‌گردد. جریان باد در پشت خودرو موجب سرعت ترافیک و باد مخالف موجب آهسته‌تر شدن سرعت ترافیک می‌شود. جریان باد از دو نظر، یکی فشار باد و دیگری از نظر ایجاد گردوغبار و



پرتاب اشیاء سبک در مسیر دید راننده، بر سرعت ترافیک تأثیر می‌گذارد. توجه رانندگان و سرنشینان خودرو، به طور معمول به آنچه که در جاده و کنار آن دیده می‌شود جلب می‌گردد. ساختمان‌ها، مردم، حیوانات، کارهای هنری، طبیعت زیبا و یا نازیبا موجبات تغییر سرعت رانندگی را فراهم می‌آورند.

## ۷. بررسی سرعت، مدت سفر و فوت وقت (تأخیر)

وضع جریان ترافیک را می‌توان برپایه سه شاخص مهم: (۱) حجم، (۲) سرعت، (۳) تراکم توضیح داد. در بخش ۵ به تفصیل درباره حجم ترافیک توضیح داده شد. در این بخش، موضوع سرعت، مدت سفر و تراکم مورد بحث قرار می‌گیرد.

سرعت، یکی از مهمترین ویژگی‌های جریان ترافیک است و اندازه‌گیری آن در راه ارتباطی موجود و نیز طراحی راه جدید، از نیازهای اساسی است. بنا به تعریف، نرخ حرکت ترافیک یا بخشی از ترافیک برحسب کیلومتر - ساعت، سرعت ترافیک یا خودرو خوانده می‌شود. سرعت در واقع با مدتی که یک وسیله نقلیه مسافت معینی را طی می‌کند، نسبت معکوس دارد. یعنی:

$$S = \frac{d}{t} \quad (\text{فرمول ۳. ۱})$$

$S$  = سرعت (متر در ثانیه یا کیلومتر در ساعت)

$d$  = مسافت طی شده (متر یا کیلومتر)

$t$  = مدت طی مسافت (ثانیه یا ساعت)

در جریان ترافیک، هر وسیله نقلیه‌ای با سرعت متفاوتی از وسیله نقلیه دیگر حرکت می‌کند. از این رو، در جریان ترافیک فقط یک سرعت مشخص وجود ندارد، بلکه سرعت‌های متفاوت وسایل نقلیه گوناگون در آن جاری است. می‌توان با محاسبه میانگین‌های سرعت وسایل نقلیه موجود در جریان ترافیک که در زیر به آنها اشاره خواهد شد، از این میانگین‌ها به عنوان شاخص یا ویژگی جریان ترافیک استفاده نمود.

## ۱.۷ میانگین سرعت زمانی و میانگین سرعت مکانی

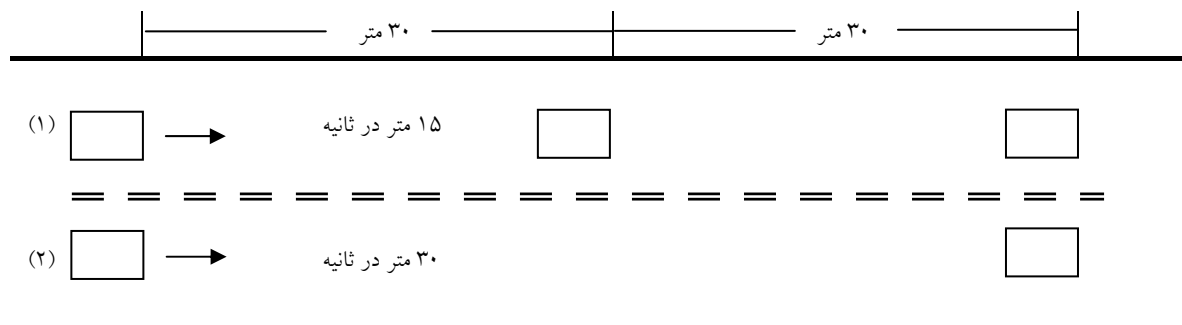
میانگین سرعت را با دو شیوه مختلف می‌توان محاسبه کرد که نشان دهنده دو ارزش فیزیکی متفاوت است.

**یک - میانگین سرعت زمانی.** میانگین سرعت تمام وسایل نقلیه‌ای که از یک نقطه خاص راه، در یک دوره زمانی مشخص عبور می‌کنند، میانگین سرعت زمانی خوانده می‌شود.

**دو - میانگین سرعت مکانی.** میانگین سرعت تمام وسایل نقلیه‌ای که بخش معینی از راه را در یک دوره زمانی مشخص اشغال می‌کنند، میانگین سرعت مکانی می‌خوانند.

در واقع، میانگین سرعت زمانی، نشان دهنده سرعت در یک نقطه معین است؛ در حالی که سرعت مکانی نشان دهنده سرعت وسیله نقلیه در طول راه است. در شکل ۳.۱، اهمیت دو میانگین یادشده به نمایش درآمده است. در خط عبور (۱)، وسایل نقلیه به فاصله ۳۰ متر از یکدیگر قرار گرفته‌اند و با سرعتی معادل ۱۵ متر در ثانیه (۵۴ کیلومتر در ساعت) در این خط عبور، هر یک از وسایل نقلیه هر ۳۰/۱۵ یا ۲ ثانیه از نقاط ثابت راه عبور می‌کنند.

شکل ۳.۱. مقایسه میانگین سرعت زمانی و میانگین سرعت مکانی



در خط عبور (۲)، هر یک از وسایل نقلیه با سرعتی معادل ۳۰ متر در ثانیه (۱۰۸ کیلومتر در ساعت) در سفرند و در فاصله ۶۰ متری از یکدیگر قرار گرفته‌اند. از این رو، وسایل نقلیه موجود در این خط عبور نیز هر ۶۰/۳۰ یا ۲ ثانیه، از نقاط ثابت خط یادشده می‌گذرند.

به این ترتیب ناظری که در هر یک از نقاط این بخش راه مستقر باشد ملاحظه خواهد کرد شمار وسایل نقلیه‌ای که از طریق خط عبور (۱) و خط عبور (۲) از آن نقطه گذر می‌کنند یکسان است و حجم یا گنجایش هر دو خط عبور با هم برابر است. از این رو، به هنگام محاسبه میانگین سرعت زمانی این وسایل نقلیه، شمار وسایل نقلیه‌ای که با سرعت ۱۵ متر در ثانیه سفر می‌کنند، با شمار وسایل نقلیه‌ای که با سرعت ۳۰ متر در ثانیه از آن نقطه عبور می‌کند با هم برابر خواهد بود. با توجه به توضیح یادشده، میانگین سرعت زمانی وسایل نقلیه‌ای که از یک نقطه گذر می‌کنند به شرح زیر خواهد بود:

$$\text{متر در ثانیه } ۲۲/۵ = (۱۵+۳۰) \div ۲ = \text{میانگین سرعت زمانی}$$

برای محاسبه میانگین سرعت مکانی، باید مسافت مشخصی از راه مورد توجه قرار گیرد. با

توجه به بخش راه مشخص شده در شکل یک، ملاحظه می‌شود که در این بخش (یعنی بخش ۳۰

متر)، وسایل نقلیه موجود در خط عبور (۱) دو برابر خط عبور (۲) است. با توجه به یکنواختی کامل جریان ترافیک نشان داده شده در شکل ۳.۱، رابطه یادشده در تمام دوره‌های زمانی صادق است. از این رو، در محاسبه میانگین سرعت مکانی - یعنی میانگین سرعت وسایل نقلیه‌ای که یک بخش راه را اشغال کرده‌اند - شمار وسایل نقلیه‌ای که با سرعت ۱۵ متر در ثانیه سفر می‌کنند دو برابر وسایل نقلیه‌ای در نظر گرفته می‌شود که با سرعت ۳۰ متر در ثانیه حرکت می‌نمایند و در نتیجه، خواهیم داشت:

$$\text{متر در ثانیه } 20 = [2(15) + 30] \div 3 = \text{میانگین سرعت مکانی}$$

وسایل نقلیه‌ای که با سرعت کمتر حرکت می‌کنند، به مدت بیشتری مکان مورد مطالعه را اشغال می‌نمایند، از این رو در محاسبه میانگین سرعت مکانی، وزن زیادتری پیدا می‌کنند. در مثال یادشده، زمان عبور وسایل نقلیه‌ای که از خط عبور (۱) گذر می‌کنند دو برابر زمان عبور وسایل نقلیه‌ای است که از خط عبور (۲) می‌گذرند.

با کاربرد سلسله آمار و اطلاعاتی که درباره زمان سفر از یک مسافت معین گردآوری شده می‌توان میانگین سرعت زمانی و میانگین سرعت مکانی را با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه کرد:

$$\text{میانگین سرعت زمانی} = \frac{\sum \frac{d}{t_i}}{n} \quad (\text{فرمول ۲.۳})$$

$$\text{میانگین سرعت مکانی} = \frac{d}{\frac{\sum t_i}{n}} = \frac{nd}{\sum t_i} \quad (\text{فرمول ۳.۳})$$

$d$  = مسافت طی شده (متر یا کیلومتر).

$n$  = شمار مدت‌های سفر ملاحظه شده.

$t_i$  = مدت سفر وسیله نقلیه  $i$ ام.

از نظر ریاضی میانگین سرعت مکانی، یک میانگین همساز است. حال آن که میانگین سرعت زمانی در واقع متوسط سرعت مجموع وسایل نقلیه ملاحظه شده است. برای محاسبه میانگین سرعت مکانی، مسافت طی شده بر متوسط مدت سفر مجموع وسایل نقلیه ملاحظه شده تقسیم می‌گردد. برای به دست آوردن میانگین سرعت زمانی، نخست سرعت هر یک از وسایل نقلیه، با تقسیم مسافت طی شده بر مدت طی آن، محاسبه می‌شود و سپس میانگین این سرعت‌های به دست آمده محاسبه می‌گردد. در جدول شماره ۳.۱، چگونگی این محاسبات نشان داده شده است.

جدول شماره ۳.۱ محاسبه میانگین سرعت زمانی و میانگین سرعت مکانی

۲/۳	۳	۲	۱
سرعت (متر در ثانیه)	مدت سفر (به ثانیه)	مسافت (به متر)	خودرو
$۱۰۰۰:۵۴=۱۸/۵۲$	۵۴	۱۰۰۰	۱
$۱۰۰۰:۶۰=۱۶/۶۷$	۶۰	۱۰۰۰	۲
$۱۰۰۰:۶۶=۱۵/۱۵$	۶۶	۱۰۰۰	۳
$۱۰۰۰:۵۷=۱۷/۵۴$	۵۷	۱۰۰۰	۴
$۱۰۰۰:۶۰=۱۶/۶۷$	۶۰	۱۰۰۰	۵
$۱۰۰۰:۶۰=۱۶/۶۷$	۶۰	۱۰۰۰	۶
۱۰۱/۲۲	۳۵۷	۶۰۰۰	جمع
$۱۰۱/۲۲ : ۶ = ۱۶/۸۷$	$۳۵۷ : ۶ = ۵۹/۵$	میانگین	
میانگین سرعت زمانی = $۱۶/۸۷$ متر در ثانیه			
میانگین سرعت مکانی = $۳۵۷ : ۶۰۰۰ = ۵۹/۵$ یا $۱۰۰۰ : ۵۹/۵ = ۱۶/۸۱$ متر در ثانیه			

## ۲.۷. میانگین سرعت سفر و میانگین سرعت رانندگی

میانگین سرعت سفر و میانگین سرعت رانندگی در حقیقت دو نوع مختلف از میانگین سرعت مکانی محسوب می‌گردد. برای محاسبه هر دو میانگین سرعت یادشده، طول مسافت طی شده بر مدت سفر تقسیم می‌شود. تفاوت میان این دو ناشی از چگونگی محاسبه «مدت سفر» است. منظور از «مدت سفر»، کل زمانی است که برای گذر از بخش معینی از راه طول می‌کشد و مدت توقف در مسیر نیز به حساب مدت سفر گرفته می‌شود. منظور از «سرعت رانندگی» مدت زمانی است که وسیله نقلیه در حرکت (یعنی بدون احتساب توقف در مسیر) از بخش معینی از راه گذر می‌کند. تفاوت این دو محاسبه، یعنی سرعت سفر و سرعت رانندگی، حاصل از مدت زمان توقف وسیله نقلیه در مسیر است. سرعت رانندگی به شرح زیر محاسبه می‌شود:

(مدت فوت وقت - مدت سفر) / طول مسیر = مدت حرکت / طول مسیر = سرعت رانندگی

سرعت سفر و یا سرعت کلی سفر، در واقع سرعت مؤثر یک خودرو بین دو نقطه است و برای محاسبه آن، طول مسافت بین دو نقطه بر کل زمانی که خودرو آن را طی کرده است (با احتساب مدت فوت وقت در طی راه) تقسیم می‌شود. یعنی:

کل مدت سفر (شامل فوت وقت)/طول مسیر = سرعت سفر  
هرگاه توقف و فوت وقت (تاخیر) در مسیر وجود نداشته باشد، سرعت رانندگی و سرعت سفر یکسان خواهد بود.

میانگین مدت سفر، بر مبنای میانگین مدت سفر وسایل نقلیه و میانگین سرعت رانندگی، بر پایه میانگین سرعت رانندگان وسایل نقلیه در دوره مورد بررسی، محاسبه می‌شود.

### ۳.۷. سرعت عملیاتی و سرعت‌های صدک

برای نشان دادن ویژگی جریان ترافیک به طور معمول از میانگین‌های سرعت استفاده می‌شود، اما گاه از سایر شاخص‌ها از قبیل «سرعت عملیاتی» و «سرعت‌های صدک» نیز استفاده می‌گردد. منظور از «سرعت عملیاتی» حداکثر سرعت ایمنی است که بدون تجاوز از سرعت طراحی شده راه مربوط، می‌توان وسایل نقلیه را در جریان ترافیک راند. اندازه‌گیری عملی سرعت عملیاتی دشوار است؛ زیرا برای تعیین آن باید یک وسیله نقلیه آزمایشی و در چارچوب تعریف پیش‌گفته، در جریان ترافیک رانده شود. موضوع «حداکثر سرعت ایمن» بستگی به داوری ذهنی افراد دارد و از این رو، رانندگان وسایل نقلیه آزمایشی دارای رفتار یکسان رانندگی نخواهند بود.

گاه برای توضیح وضع ترافیک، از «سرعت‌های صدک» استفاده می‌شود. برای مثال می‌گویند «هشتاد و پنجمین صدک سرعت» برابر با ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است و منظور آن است که ۸۵ درصد وسایل نقلیه موجود در جریان ترافیک با سرعتی حداکثر برابر ۱۰۰ کیلومتر در ساعت و یا کمتر از آن، رانندگی می‌کنند. «هشتاد و پنجمین صدک سرعت» به عنوان حداکثر سرعت ایمن جریان ترافیک شناخته می‌شود و «پانزدهمین صدک سرعت» به عنوان حداقل سرعت پذیرفتنی جریان ترافیک در نظر گرفته می‌شود و این مفهوم را می‌رساند که ۱۵ درصد وسایل نقلیه موجود در جریان ترافیک با آن سرعت، برای مثال با سرعت ۴۵ کیلومتر در ساعت، رانندگی می‌کنند.

### ۴.۷. روش‌های اندازه‌گیری سرعت مکانی

روش‌های اندازه‌گیری سرعت مکانی را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

- یک** - روش‌های اندازه‌گیری زمان بر پایه طی یک مسافت معین توسط خود خودرو.
- دو** - سرعت سنجی به وسیله رادار که به طور خودکار سرعت در لحظه را ثبت می‌کند.
- سه** - روش عکسبرداری.

روش‌های بند یک یادشده خود به دو بخش قابل تفکیک است:

الف - روش‌هایی که مدت برپایه طی یک مسافت طولانی توسط خودرو، تعیین می‌شود.

ب - روش‌هایی که مدت برپایه طی یک مسافت کوتاه توسط خودرو، مشخص می‌گردد.

در روش مسافت طولانی، برای تعیین سرعت از شیوه‌های زیر استفاده می‌شود:

- تعیین مدت به طور مستقیم.

- استفاده از تصویرنما (انوسکوپ).

- استفاده از سرعت سنج‌ها.

در روش مسافت کوتاه نیز برای تعیین مدت طی مسافت، از سرعت سنج استفاده می‌گردد. در تمام روش‌های یادشده، برای گزینش «محل بررسی» یا «ایستگاه بررسی»، باید ملاحظات زیر مورد توجه قرار گیرد.

**یک -** انتخاب محل، بستگی به هدف مطالعه مورد نظر دارد. برای مثال، هرگاه بخواهیم از اطلاعات به دست آمده برای تحلیل الگوی تصادف استفاده کنیم، بررسی باید در مکان‌های حادثه خیز انجام گیرد.

**دو -** محل گردآوری اطلاعات باید به ترتیبی انتخاب شود که حضور افراد و تجهیزات مربوط، کمترین اثر را بر سرعت خودروهای عبوری داشته باشد. به این منظور، گروه بررسی و تجهیزات باید تا حد مقدور از نظرها دور بماند.

**سه -** به طور کلی، نقاط بررسی باید در بخش‌های مستقیم، مسطح و باز جاده تعیین گردد تا به این ترتیب اثرهای ویژگی‌های هندسی راه، تحولات کنار جاده و تقاطع‌ها، تأثیر چندانی بر بررسی‌های در دست انجام نگذارد.

## ۵.۷. موارد کاربرد مطالعه سرعت، مدت سفر و فوت وقت (تأخیر)

موارد استفاده از مطالعه سرعت، مدت سفر و فوت وقت به شرح زیر است:

**یکم -** برای طراحی هندسی راه، به برآورد واقع بینانه‌ای درباره سرعت سفر و سرعت رانندگی خودروها نیاز است. برپایه بررسی‌هایی که درباره سرعت انجام می‌گیرد، می‌توان سرعت طراحی راه را انتخاب نمود و با توجه به آن، سایر عوامل هندسی طراحی راه از قبیل: قوس‌های افقی، قوس‌های عمودی، فاصله‌های دید، شیب‌های طولی، شیب‌های عرضی و بر بلندی را تعیین کرد.

**دوم -** برای تدوین مقررات رانندگی و کنترل عملیات ترافیک، دانستن سرعت کافی، ضروری است. برپایه این آگاهی می‌توان حدود سرعت ایمن و نیز حداکثر مجاز سرعت را در قطعات

مختلف راه تعیین کرد. مکان نصب و ابعاد تابلوهای علائم رانندگی، وابسته به میزان سرعت است.

**سوم -** برای تحلیل دلایل حوادث رانندگی و شناسایی ارتباط میان سرعت و بروز حوادث، به آگاهی از سرعت مکانی نیاز است.

**چهارم -** با در دست داشتن سرعت مکانی، می‌توان وضع جاده بهسازی شده را با حالت موجود آن مقایسه کرد و تحلیل معنی‌داری درباره اثرهای بهسازی وضع جاده به عمل آورد.

**پنجم -** اطلاع صحیح درباره سرعت، برای تعیین و تحلیل مسأله تراکم در جاده‌ها و ارتباط ظرفیت با سرعت، ضروری و سودمند است.

**ششم -** هزینه سفر خودرو، به طور مستقیم با میزان سرعت سفر بستگی دارد. برای بررسی و تحلیل اقتصادی طرح‌های راهسازی، مسأله سفر و فوت وقت، دارای نقش بسیار مهمی است.

## ۸. تراکم

پس از نرخ حجم ترافیک و سرعت، سومین شاخص تعیین کننده وضع جریان ترافیک، «تراکم» است. بنا به تعریف، شمار خودروهایی که طول معینی از راه یا خط عبور را اشغال می‌کند، تراکم خوانده می‌شود. به طور معمول تراکم برحسب «شمار خودرو در کیلومتر» یا برحسب «شمار خودرو در کیلومتر و در یک خط عبور» تعیین می‌گردد.

اندازه‌گیری تراکم ترافیک دشوار است؛ زیرا انجام این کار مستلزم اشراف بر جریان ترافیک از نقطه‌ای مرتفع است. به هر روی، می‌توان با توجه به ارتباط بین سه شاخص سرعت، نرخ حجم ترافیک و تراکم، میزان تراکم را به شرح زیر حساب کرد:

$$F = S \times D \quad (\text{فرمول ۳.۴})$$

$$D = \frac{F}{S} \quad (\text{فرمول ۳.۵})$$

$F$  = نرخ حجم ترافیک (وسیله نقلیه در ساعت)

$S$  = میانگین سرعت مکانی (کیلومتر در ساعت)

$D$  = تراکم (وسیله نقلیه در کیلومتر)

برای مثال، هرگاه نرخ حجم ترافیک برابر با ۱۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و میانگین سرعت

مکانی برابر با ۶۰ کیلومتر در ساعت باشد، تراکم به شرح زیر خواهد بود:

$$D = 1200 \div 60 = 20 \quad \text{وسیله نقلیه در کیلومتر}$$

شاید بتوان گفت که از میان سه شاخص مهم تعیین کننده جریان ترافیک، نقش تراکم بیش از دو شاخص دیگر باشد؛ زیرا این عامل به طور مستقیم با تقاضا یا نیاز احداث راه در ارتباط است. به طور معمول، مهندسان، تقاضا را برپایه نرخ حجم ترافیک اندازه‌گیری می‌کنند، اما باید توجه داشت که تقاضا یا نیاز برای احداث راه و یا افزایش ظرفیت و امکانات راه‌های موجود، حاصل از فعالیت‌های اقتصادی و نوع کاربری زمین و در نتیجه، تولید سفر زیادتر و افزایش وسایل نقلیه برای پاسخگویی به آنهاست. سفرهای تولید شده، تراکم ترافیک را فراهم می‌آورد و این تراکم به نوبه خود، نرخ حجم ترافیک و سرعت را به وجود می‌آورد. افزون بر آن، تراکم در واقع مقیاس بسیار مهم کیفیت جریان ترافیک است؛ زیرا تراکم نشان دهنده نزدیکی وسایل نقلیه به یکدیگر است و این عامل بر آزادی مانورهای رانندگی و آرامش روانی رانندگان تأثیر می‌گذارد.

## ۹. سرعت عملیاتی آزاد

منظور از سرعت آزاد وسیله نقلیه، سرعت عملیاتی خودرو در راهی با ترافیک سبک است. تحلیل ترافیک در مطالعه توجیه طرح راهسازی در بیشتر موارد بر مبنای فرض یادشده انجام می‌گیرد. در شرایط ترافیک سبک، تغییر سرعت وسایل نقلیه فقط تابع وضعیت هندسی راه و به ویژه عرض راه، پیچ، شیب، و فاصله‌های دید است.

برای تعیین سرعت آزاد در راه موجود، شیوه قابل اعتماد آن است که سرعت وسایل نقلیه در جاده موجود اندازه‌گیری شود؛ زیرا به این ترتیب می‌توان از رفتار رانندگان و وضعیت راه نیز آگاه شد. به این منظور اقدام‌های زیر انجام می‌گیرد:

**یک -** میانگین سرعت وسایل نقلیه در آن بخش از راه که قصد بهسازی آن وجود دارد، به تفکیک نوع وسیله نقلیه، بررسی و تعیین می‌شود.

**دو -** سرعت یکنواخت وسایل نقلیه برحسب نوع وسیله نقلیه، در هر قطعه (یعنی هر پیچ، هر بخش مسطح، هر شیب و غیره) باید تعیین گردد تا برپایه آن بتوان هزینه عملیاتی انواع وسایل نقلیه را در کل بخش مورد بهسازی، به دست آورد.

در مورد راه‌های جدید، سرعت‌های مورد بحث برپایه طراحی هندسی راه و استانداردهای تعیین شده برای شرایط مختلف، به طور نظری معین می‌شود. به طور معمول در تعیین استاندارد سرعت، ملاحظات مربوط به رفتار رانندگان و شرایط فیزیکی راه مورد توجه قرار می‌گیرد. استاندارد سرعت نشان دهنده میانگین سرعت آزاد وسایل نقلیه (به تفکیک نوع وسیله نقلیه) در بخش مسطح، پیچ، شیب، عرض خط عبور، نوع روسازی و چگونگی فاصله دید است.



در ایران، آیین‌نامه طرح هندسی راه که در سال ۱۳۷۵ از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور منتشر شده است، انتخاب و گروه‌بندی و معیارهای سرعت را بازگو کرده است و استفاده از آن در مطالعه توجیه طرح راهسازی ضروری و الزامی است. اما هرگاه در مواردی مطالعات مربوط به سرعت استاندارد برحسب نوع راه‌ها و ویژگی‌های آنها موجود نباشد، می‌توان از مطالعات سایر کشورها استفاده کرد. برای نمونه، از مطالعات انجام شده در ایالات متحده و با تبدیل واحد «میل» به «کیلومتر»، چند مثال درج می‌شود. در جدول ۲.۳، میانگین سرعت آزاد دو نوع وسیله نقلیه در راه دوخطه بر حسب نوع راه، نشان داده شده است.

جدول شماره ۲.۳. میانگین سرعت آزاد در راه با دو خط عبور

سرعت در انواع مختلف راه (کیلومتر در ساعت)			نوع وسیله نقلیه
خاکی	شنی	آسفالت	
۵۳	۶۱	۷۶	سواری
۴۸	۵۵	۶۹	کامیون

سرعت وسایل نقلیه در پیچ‌های راه آسفالت با فرض دید نامحدود، در جدول شماره ۳.۳ ارائه شده است. برای آشنایی بیشتر با تأثیر فاصله دید بر سرعت رانندگی، در جدول شماره ۴.۳، سرعت رانندگی در پیچ و خم‌های جاده آسفالت، برپایه فاصله‌های دید محدود آورده شده است. شیب‌های عادی، تأثیر عملی چندانی بر سرعت آزاد وسایل نقلیه سواری ندارد، اما برحسب درجه شیب و طول آن، تأثیر قابل توجهی بر سرعت کامیون‌ها می‌گذارد. در عمل، سرعت کامیون‌ها در شیب‌ها، نسبت به سرعت ورود آنها به شیب، کاهش می‌یابد و از این رو، برای برآورد مدت سفر و هزینه‌های عملیاتی وسیله نقلیه، از میانگین سرعت استفاده می‌شود. در جدول شماره ۵.۳، میانگین سرعت کامیون‌ها در کل طول سربالایی، برحسب طول و درجه شیب‌های متفاوت، در یک جاده بادوخط عبور در کشور آمریکا نشان داده شده است.

یادآور می‌شود که مباحث این بخش تنها شامل سرعت آزاد عملیاتی و با فرض نبود تراکم، می‌شود. پیداست در صورت تحقق نیافتن این پیش فرض، نمی‌توان از سرعت‌های یادشده در تدوین و تألیف طرح‌های راهسازی استفاده کرد. هرگاه حجم ترافیک آنچنان افزایش یابد که موجب تراکم فشرده گردد، سرعت‌های ارائه شده در جدول‌ها، کاهش خواهد یافت و در پی آن هزینه عملیاتی

وسایل نقلیه و نیز هزینه زمانی انجام سفر، افزایش می‌یابد. تأثیر افزایش حجم ترافیک بر سرعت وسایل نقلیه، در بخش بعدی مورد بحث قرار می‌گیرد.

جدول شماره ۳.۳. سرعت وسایل نقلیه سواری در پیچ‌ها (قوس‌های افقی)

میانگین واقعی سرعت (کیلومتر - ساعت)	سرعت طرح (کیلومتر - ساعت)	شعاع (به متر)	درجه قوس
۹۵	۱۴۸	۸۷۳	۲
۸۷	۱۱۳	۴۳۶	۴
۷۹	۹۵	۲۹۱	۶
۷۲	۸۴	۲۱۸	۸
۶۸	۷۴	۱۷۵	۱۰
۶۰	۶۳	۱۲۵	۱۴
۵۲	۵۳	۸۷	۲۰
۳۹	۴۰	۵۸	۳۰
۳۲	۳۷	۵۰	۳۵

جدول شماره ۴.۳. سرعت وسایل نقلیه سواری با دید محدود در پیچ‌ها (قوس‌های افقی) و

خم‌ها (قوس‌های عمودی)

میانگین سرعت برحسب کیلومتر در ساعت		حداقل فاصله دید (به متر)
خم‌ها	پیچ‌ها	
۶۸	۴۸	۶۱
۷۲	۶۰	۹۱
۷۴	۶۶	۱۲۲
۷۴	۶۹	۱۵۲

جدول شماره ۵.۳. میانگین سرعت کامیون‌ها در شیب‌های راه‌های دوخطه

میانگین سرعت در کل طول شیب (کیلومتر در ساعت)					طول شیب (به کیلومتر)
شیب مثبت (سربالایی) (درصد)					
۷	۶	۵	۴	۳	
۵۳	۵۵	۵۸	۶۰	۶۱	۰/۱۶
۳۵	۴۳	۴۸	۵۲	۵۶	۰/۳۲
۲۳	۲۹	۳۷	۴۵	۵۲	۰/۴۸
۱۹	۲۴	۲۹	۳۹	۴۵	۰/۶۴
۱۶	۲۱	۲۴	۳۱	۴۰	۰/۹۶
۱۴	۱۹	۲۱	۲۶	۳۴	۱/۶
۱۳	۱۸	۱۹	۲۲	۲۹	۳/۲
۱۳	۱۶	۱۹	۲۱	۲۷	۸

### ۱۰. ویژگی‌های جریان ترافیک ناگسیخته (بدون وقفه)

بنا به تعریف، در جریان ترافیک ناگسیخته هیچ گونه عامل بیرونی موجب گسیختگی (وقفه) جریان ترافیک را فراهم نمی‌آورد. به طور معمول در آزادراه‌ها و بزرگراه‌های با دسترسی اندک که هیچ تقاطع یا علائم ایست و مانند آن وجود ندارد، جریان ترافیک به صورت ناگسیخته است؛ زیرا هیچ عامل بیرونی موجب گسیختگی جریان ترافیک را فراهم نمی‌آورد. در جریان ترافیک ناگسیخته، کنش خودروها در ارتباط با یکدیگر و نیز در ارتباط با ویژگی هندسی و محیط عمومی ناظر بر راه، جریان ترافیک موجود را شکل می‌دهد. در این گونه راه‌ها، ویژگی‌های کاربری زمین و نیز توزیع فعالیت‌های اقتصادی، تنها عامل‌های مؤثر در پیدایش جریان ترافیک است. در این راه‌ها، بروز تراکم بیش از اندازه و راه‌بندان، بنا به علل بیرونی نیست، بلکه کنش‌های متقابل وسایل نقلیه در جریان ترافیک، موجبات پیدایش آن را فراهم می‌آورد. از این رو، حتی هنگامی که وسیله نقلیه در آزادراه با راه‌بندان رو به روست، راه مورد بحث از زمره راه‌های با جریان ترافیک ناگسیخته (بدون وقفه) طبقه‌بندی می‌شود.

در فرمول ۴.۳  $(F = S \times D)$ ، رابطه میان سه شاخص اصلی در یک جریان ترافیک ناگسیخته بیان شده است؛ به این معنی که حاصلضرب سرعت در تراکم، نشان دهنده جریان یا حجم ترافیک

است. این رابطه در مورد تمام جریان‌های ترافیک پایدار، صادق است. در عین حال، ترکیب‌های مختلف این شاخص‌ها، روابط اضافه دیگری نیز به وجود می‌آورد.

در شکل ۳.۲، نمای کلی این روابط نشان داده شده است. روابط یادشده نه تنها در جریان ناگسیخته (بدون وقفه) معتبر است بلکه در جریان گسیخته (باوقفه)، یعنی جریانی که بنا به دلایل عوامل بیرونی از قبیل تقاطع و چراغ قرمز گسیخته می‌شود نیز اعتبار دارد. البته در مورد جریان گسیخته، این روابط در حد فاصل بین دو نقطه ثابت ایجاد گسیختگی، برای مثال در حد فاصل دو تقاطع با چراغ قرمز، معتبر است. واسنجی دقیق این روابط مبتنی بر شرایط موجود ناظر بر جریان ترافیک است. این شرایط از مکانی به مکان دیگر و حتی در زمان‌های متفاوت در یک مکان ثابت نیز با یکدیگر فرق دارد.

با توجه به شکل ۳.۲ ملاحظه می‌گردد که در دو نقطه جریان ترافیک برابر صفر می‌شود. یکی در هنگامی است که هیچ وسیله نقلیه‌ای در راه وجود ندارد و تراکم برابر صفر است و از هیچ نقطه‌ای وسیله نقلیه گذر نمی‌کند. در این شرایط، سرعت از لحاظ نظری «سرعت جریان آزاد» خوانده می‌شود و تقریباً بالاترین سرعت ایمنی است که یک وسیله نقلیه می‌تواند در این بخش راه دارا باشد. جریان برابر با صفر در حالت دیگری نیز پیش می‌آید و آن هنگامی است که تراکم آن چنان فشرده و زیاد است که تمام وسایل نقلیه متوقف می‌شوند و نمی‌توان هیچ وسیله نقلیه‌ای را در حالت حرکت و گذر از راه مشاهده کرد. این تراکم را «تراکم راه‌بندان» می‌خوانند.

اوج منحنی حاصل از سرعت و جریان ترافیک از یکسو، و اوج منحنی حاصل از تراکم و جریان ترافیک از سوی دیگر، هر دو نشان دهنده بالاترین نرخ ممکن ترافیک، و یا به سخن دیگر «ظرفیت راه» است. سرعت و تراکمی که ظرفیت را مشخص می‌کنند به ترتیب «سرعت بحرانی» و «تراکم بحرانی» خوانده می‌شوند.

اوج منحنی حاصل از سرعت و جریان ترافیک و نیز اوج منحنی حاصل از تراکم و جریان ترافیک، به طور نسبی در وضعیت ناپایدار قرار دارند. به موازات نزدیک شدن به ظرفیت راه، شمار فاصله‌های قابل استفاده در جریان ترافیک کمتر و کمتر می‌شود. در نقطه پرشدن ظرفیت، هیچ فاصله‌ای میان وسایل نقلیه وجود نخواهد داشت و هرگونه اختلال و پریشان رفتاری در جریان ترافیک، بازتاب زنجیره‌ای به وجود می‌آورد و نمی‌توان آن را به طور مؤثر کاهش داد و یا از بین برد. در این نقطه، «جریان ترافیک اضطراری» یا به اصطلاح دیگر «جریان ترافیک ناپایدار» وجود دارد. بخش‌های خط‌چین منحنی‌های ارائه شده در شکل ۳.۲، یعنی آن ناحیه‌ای که تراکم موجود از تراکم بحرانی تجاوز می‌کند و سرعت موجود از سرعت بحرانی کمتر است، نشان دهنده شرایط جریان اضطراری است.

یادآور می‌شود که نرخ جریان ترافیک کمتر از ظرفیت، همواره در دو حالت متفاوت زیر ملاحظه خواهد شد:

**یک -** سرعت زیاد و تراکم کم.

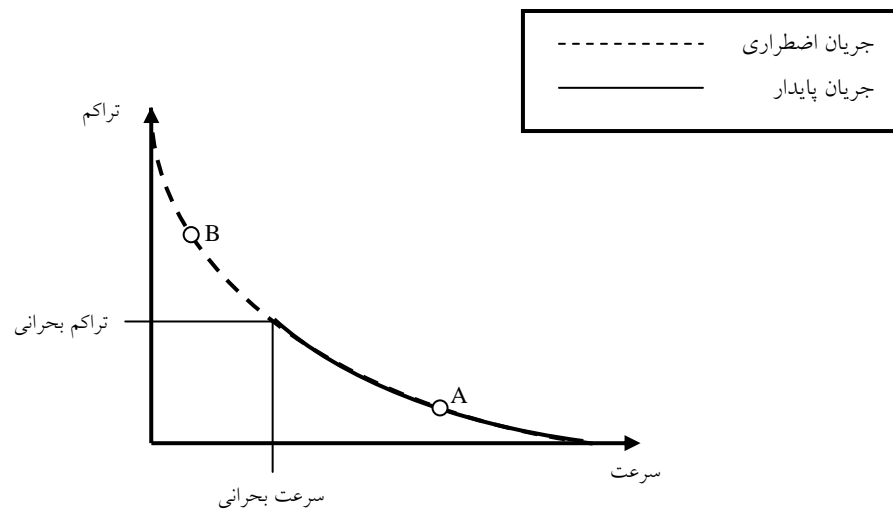
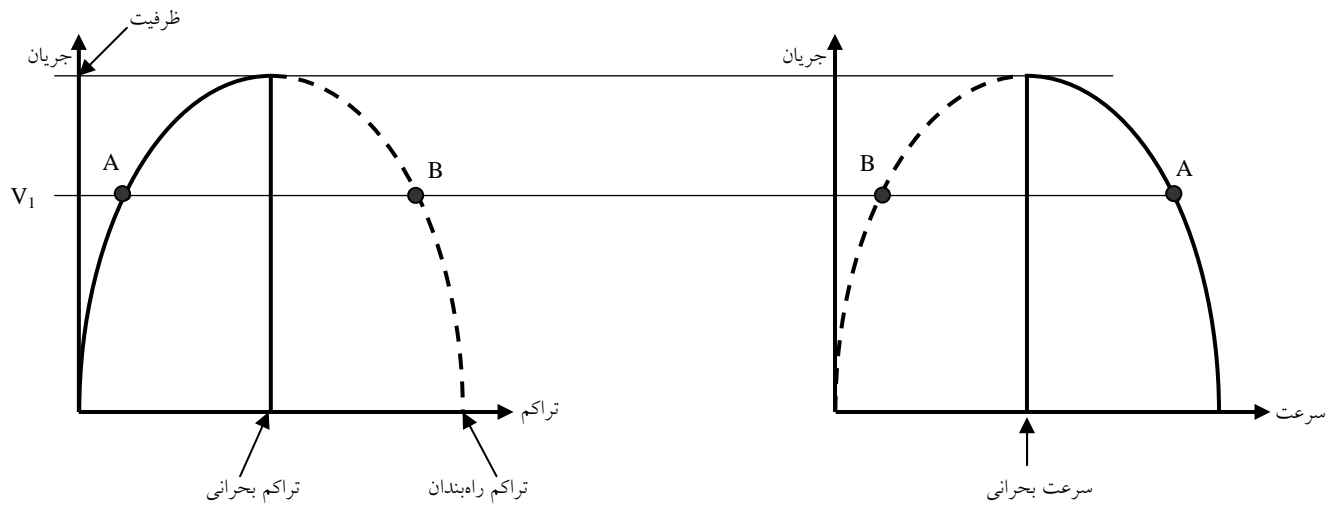
**دو -** سرعت کم و تراکم زیاد.

در شکل ۳.۲، این دو نقطه با حروف A و B نشان داده شده است. پیداست که نقطه A دارای شرایط مطلوبتر عملیاتی است؛ زیرا نقطه B در منطقه جریان ترافیک ناپایدار یا اضطراری قرار گرفته است. این واقعیت که یک جریان ترافیک معین، در دو وضعیت کاملاً متفاوت عملیاتی بروز می‌کند دارای اهمیت بسیار می‌باشد و نشان دهنده آن است که چرا حجم ترافیک یا نرخ جریان ترافیک نمی‌تواند به عنوان معیار تشریح کیفیت عملیاتی جریان ترافیک مورد استفاده قرار گیرد. از این رو، بیان میزان ترافیک، نمی‌تواند به تنهایی نشان دهنده وضعیت جریان ترافیک باشد؛ زیرا این وضع می‌تواند حاصل شرایط کاملاً متفاوتی باشد. از سوی دیگر، سرعت و تراکم، معیارهای خوبی برای تعیین چگونگی کیفیت عملیات است؛ زیرا هر یک از این دو به تنهایی وضعیت ترافیک را مشخص می‌کند. افزون بر آن، هر دو شاخص یادشده به طور مستقیم مورد علاقه و توجه راننده وسیله نقلیه است، حال آن که حجم یا جریان ترافیک شیوه اندازه‌گیری‌ای است که در یک نقطه از راه انجام می‌گیرد و به طور مستقیم با راننده ارتباط ندارد و مورد علاقه و توجه مستقیم او نیست.

## ۱۱. تحلیل ظرفیت و ترافیک

برای تحلیل ترافیک، درک روشن از قابلیت راه برای حمل ترافیک مورد نظر، یک پیش‌نیاز ضروری است. با آگاهی از این مطلب، توأم با اندازه‌گیری تقاضای کنونی و پیش‌بینی تقاضای آتی ترافیک، می‌توان راه را به شیوه‌ای طراحی نمود که پاسخگوی نیاز جامعه باشد.

تحلیل ظرفیت در واقع بررسی و مطالعه انواع مختلف راه و توانایی آنها برای حمل ترافیک مورد نظر است. افزون بر آن، در این تحلیل، ویژگی‌های عملیاتی منتج از پاسخگویی انواع راه به سطوح مختلف تقاضا نیز مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد. بررسی اخیر، اهمیت بسیار دارد؛ به این معنی که در تحلیل ظرفیت، هدف تنها آن نیست که حداکثر میزان ترافیک یک راه مشخص گردد، بلکه علاوه بر آن باید میزان ترافیک برحسب انواع سطوح تعریف شده کیفیت عملیاتی نیز تعیین شود. از این رو، تحلیل ظرفیت، همواره بخشی از هر نوع تحلیل ترافیک و از جمله: تحلیل برنامه‌ریزی و طراحی، بررسی و تحلیل هزینه‌های عملیاتی، و بررسی و تحلیل گزینه‌های مختلف راه را تشکیل می‌دهد.



شکل شماره ۳.۲. ارتباط میان جریان، سرعت و تراکم ترافیک

### ۱.۱۱. تعریف ظرفیت

در «دستورالعمل ظرفیت راه، گزارش ویژه شماره ۲۰۹» که در سال ۲۰۰۰ ویرایش چهارم آن از سوی شورای پژوهش حمل و نقل ایالات متحده امریکا که یکی از معتبرترین مراجع در زمینه ظرفیت راه محسوب می‌شود منتشر شد، ظرفیت راه به شرح زیر تعریف شده است:

«بالاترین نرخ در ساعت که به طور منطقی انتظار می‌رود وسایل نقلیه از یک نقطه و یا قطعه یکنواخت راه یا خط عبور، طی دوره زمانی مشخص و با توجه به شرایط موجود ترافیک و راه و کنترل، بگذرند.»

با عنایت به تعریف پیش گفته، باید چند نکته کلیدی آن به شرح زیر مورد توجه قرار گیرد:

**یکم -** ظرفیت راه بستگی به شرایط موجود حاکم بر آن، یعنی شرایط ترافیک، شرایط راه، شرایط کنترل‌ها دارد. توضیح درباره شرایط یادشده از این قرار است:

**الف -** شرایط ترافیک. شرایط ترافیک بیشتر مربوط به ترکیب وسایل نقلیه استفاده کننده از راه است و به طور معمول به شکل درصد وسیله نقلیه سواری، کامیون، و اتوبوس موجود در ترافیک بیان می‌شود.

**ب -** شرایط راه. شرایط راه به ویژگی‌های هندسی راه از قبیل: سرعت طرح، مسیرهای افقی و عمودی، شمار و عرض خط‌های عبور، حریم ایمنی راه و پیکربندی خط عبور مربوط می‌شود.

**ج -** شرایط کنترل. شرایط کنترل به وجود کنترل‌هایی که بر کاربرد راه تأثیر می‌گذارد از قبیل: علائم رانندگی کاستن از سرعت، ممنوعیت سبقت و مانند آن ارتباط دارد.

**دوم -** در تعریف ظرفیت به «یک نقطه یا قطعه یکنواخت» از راه اشاره شد. به طور کلی، تحلیل ظرفیت برای قطعه‌ها یا بخش‌هایی از راه انجام می‌گیرد که دارای شرایط ترافیک، سواری رو، و کنترل یکسانی است. از آنجا که ظرفیت به عوامل یادشده بستگی دارد از این رو، قطعه‌هایی از راه که دارای شرایط دیگری است، از ظرفیت متفاوتی بهره‌مند خواهند بود.

**سوم -** ظرفیت در واقع بالاترین نرخ جریان ترافیکی است که راه مورد نظر می‌تواند در خود جای دهد. در بیشتر موارد، دوره زمانی تحلیل‌های ظرفیت، محدود به یک زمان اوج ۱۵ دقیقه‌ای در ساعت مورد نظر است. ظرفیت، معطوف به بالاترین نرخ جریان ترافیکی است که راه مورد نظر در یک دوره ۱۵ دقیقه‌ای می‌تواند در خود جای دهد و از این رو، ظرفیت راه، حداکثر وسایل نقلیه‌ای که در یک ساعت در راه جای می‌گیرد نخواهد بود.

**چهارم -** ظرفیت برپایه «انتظار منطقی» تعریف می‌شود. این سخن به آن معنی است که ظرفیت گزارش شده یک راه، آن چنان نرخ جریانی است که در هر دوره اوج، در صورت وجود

تقاضا، دوباره قابل تکرار است و یا این که در هر راهی در کشور که دارای همان ویژگی‌ها باشد قابل تحقق خواهد بود. از این رو، این ظرفیت با قدر مطلق بالاترین نرخ که یک بار در راه مورد نظر به چشم خورده است یکسان نخواهد بود. ویژگی رانندگان در هر مکانی با مکان دیگر تفاوت دارد و در واقع قدر مطلق بالاترین نرخ جریان ترافیک در هر روز با روز دیگر و در هر مکان با مکان دیگر متفاوت خواهد بود.

ظرفیت تعریف شده، آن چنان ظرفیتی است که می‌توان با اطمینان منطقی گفت در هر روزی امکان نیل به آن وجود دارد. معنی سخنان یادشده این است که اندازه‌گیری تصادفی جریان ترافیک در مکان‌های «بحرانی»، میزان ترافیک را احتمالاً بیش از میزان «ظرفیت» تعریف شده راه نشان خواهد داد؛ اما این نرخ در غالب موارد پایدار نیست و یا این که در مکان مشابهی در کشور قابل تکرار نمی‌باشد.

**پنجم -** ظرفیت راه برحسب «وسیله نقلیه در ساعت» با عنایت به ترکیب ترافیک، بیان می‌شود. به این منظور، نرخ جریان زمان اوج ۱۵ دقیقه ضرب در ۴ می‌گردد.

به طور کلی، ظرفیت راه یکی از ویژگی‌های مهم آن است. به هر روی، به طور معمول وضعیت عملیاتی وسایل نقلیه در شرایط ظرفیت حداکثر راه، چندان مطلوب نیست. می‌توان گفت، کمتر راهی وجود دارد که برپایه بهره‌برداری در حد ظرفیت حداکثر طراحی شده باشد؛ زیرا در این حالت ویژگی‌های عملیاتی وضع مطلوبی نخواهد داشت و حفظ وضع عملیات در حد ظرفیت، با کاستی و مشکل رو به رو خواهد شد. از این رو، توانایی تحلیل قابلیت راه برای جا به جایی ترافیک در شرایط عملیاتی بهتر، یکی از وجوه بسیار مهم تحلیل ظرفیت راه است.

## ۲.۱۱. مفهوم سطح خدمت

دستورالعمل ظرفیت راه (ویرایش سال ۲۰۰۰)، سطح خدمت را به شرح زیر تعریف کرده

است:

«یک مقیاس کیفی که نشان دهنده شرایط عملیات در جریان ترافیک و ادراک آن از سوی

رانندگان و یا مسافران است.»

با توجه به تعریف یادشده، نکته مهم در واقع ضرورت تعیین کیفیت خدمت با توجه به چگونگی ادراک آن از سوی رانندگان و مسافران است. در دستورالعمل ظرفیت راه (۲۰۰۰) چند مقیاس کلیدی برای تشریح کیفیت خدمت برپایه ادراک رانندگان و مسافران به شرح زیر ارائه شده است.



**یکم -** سرعت و مدت سفر. یکی از مقیاس‌های کیفیت خدمت که بسیار آسان قابل درک می‌باشد، موضوع سرعت و یا معکوس آن، مدت سفر است. رانندگان و مسافران نسبت به مدت جا به جایی از یک مکان به مکان دیگر بسیار حساس و آگاهند. در آزادراه‌ها، سرعت به روشنی نشان دهنده اندازه کیفیت خدمت است.

**دوم -** تراکم. تراکم یکی از مقیاس‌هایی است که در تحلیل ترافیک کمتر به کار برده می‌شود؛ اما این مقیاس در بسیاری از موارد، کیفیت خدمت را به شیوه‌ای بسیار خوب نشان می‌دهد. تراکم، توضیح دهنده نزدیکی وسایل نقلیه به یکدیگر در جریان ترافیک و نشان دهنده آسانی مانور وسیله نقلیه در جریان ترافیکی و نیز آرامش روانی و آسودگی رانندگان است.

**سوم -** فوت وقت (تأخیر). فوت وقت را می‌توان به شیوه‌های مختلف تشریح کرد. در تحلیل ظرفیت راه، موضوع فوت وقت به چند شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تقاطع‌ها، فوت وقت برحسب میانگین مدت توقف هر یک از وسایل نقلیه در تقاطع، تعیین می‌شود. در راه‌های دوخطه بیرون شهری، درصد مدت فوت وقت برحسب درصد مدتی که تمام رانندگان پشت وسیله نقلیه سنگین به دلیل عدم امکان سبقت به صورت خط زنجیر و با آهستگی رانندگی می‌کنند، تعیین می‌گردد. به هر حال در تمام موارد، فوت وقت (تأخیر) نشان دهنده مدت اضافی سفر است که به دلیل شرایط ترافیک و یا کنترل‌ها، به رانندگان و مسافران تحمیل می‌شود. وقت فوت شده، بخشی از مدت سفر است و گاه آزاردهنده و درمانده کننده می‌باشد و رانندگان و مسافران نسبت به آن آگاهی و حساسیت کامل دارند.

**چهارم -** سایر مقیاس‌ها. مقیاس‌های گوناگون دیگری نیز برای توصیف کیفیت خدمت مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاه، مقیاس‌های مورد استفاده ارتباط مستقیمی با رانندگان و مسافران ندارد. این مقیاس‌ها به طور کلی، مبتنی بر نرخ جریان ترافیک است.

برای تحلیل ظرفیت شش سطح خدمت تعریف شده و با حروف (A) تا (F) نشان داده شده است. سطح خدمت (A) نمایانگر بهترین طیف شرایط عملیاتی، و سطح خدمت (F) نمایانگر بدترین طیف شرایط عملیاتی است. مشخصاتی که برپایه آن هر یک از سطوح خدمت تعیین می‌شود برحسب نوع راه متفاوت است. به طور کلی، سطح خدمت (A) نشان دهنده وضعیت جریان آزاد است که در آن، هیچ یک از وسایل نقلیه تحت تأثیر حضور سایر وسایل نقلیه قرار نمی‌گیرد. سطح خدمت (F) به طور کلی نشان دهنده توقف عملیات است و این وضع هنگامی روی می‌دهد که میزان ورودی جریان ترافیک به یک نقطه از راه، بیش از ظرفیت راه برای تخلیه آن است. در این نقاط، وسایل نقلیه تشکیل صف می‌دهند و از هر نقطه این صف تا نقطه توقف، سطح خدمت (F) حاکم است. سطوح خدمت

(B)، (C)، (D) و (E) به ترتیب از سطح خدمت پیشین خود کمتر هستند. به طور معمول، سطح خدمت (E) که کمتر از سطوح خدمت پیشین است، با ظرفیت راه تطبیق دارد. تعریف هر یک از سطوح خدمت به شرح زیر است:

سطح خدمت (A) - در این سطح خدمت، جریان آزاد عملیاتی وجود دارد و تراکم کمتر از ۷ وسیله نقلیه سواری در یک کیلومتر و در یک خط عبور است. سرعت عملیاتی از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت به بالاست. راحتی و آسانی مانور در جریان ترافیک وجود دارد. میانگین فاصله بین وسایل نقلیه برابر با ۱۶۱ متر است. نرخ جریان یا حجم خدمت برابر با ۷۰۰ وسیله نقلیه سواری در یک ساعت و در یک خط عبور و در یک جهت است.

سطح خدمت (B) - در این سطح خدمت، جریان آزاد عملیاتی، منطقی است. دامنه تراکم بین ۸ تا ۱۱ وسیله نقلیه سواری در یک کیلومتر و در یک خط عبور است. سرعت عملیاتی ۹۵ کیلومتر در ساعت به بالاست. قابلیت مانور در جریان ترافیک با محدودیت بسیار کمی رو به روست. میانگین فاصله بین وسایل نقلیه برابر با ۱۰۰ متر است. نرخ جریان یا حجم خدمت برابر با ۱۱۰۰ وسیله نقلیه سواری در یک ساعت و در یک خط عبور و در یک جهت است.

سطح خدمت (C) - در این سطح خدمت، سرعت جریان ترافیک کم و بیش نزدیک به سرعت عملیاتی آزاد است. سرعت عملیاتی ۹۰ کیلومتر در ساعت به بالاست. قابلیت مانور درون جریان ترافیک به صورت قابل توجهی محدود می‌شود و تغییر خط عبور باید با دقت و احتیاط زیادتری از سوی راننده انجام گیرد. دامنه تراکم بین ۱۲ تا ۱۶ وسیله نقلیه سواری در یک کیلومتر و در یک خط عبور است. میانگین فاصله بین وسایل نقلیه برابر با ۶۷ متر می‌باشد. نرخ جریان یا حجم خدمت در یک جهت از حدود ۷۵ درصد ظرفیت راه تجاوز نمی‌کند؛ یعنی ۱۵۵۰ وسیله نقلیه سواری در یک ساعت و در یک خط عبور و در یک جهت است.

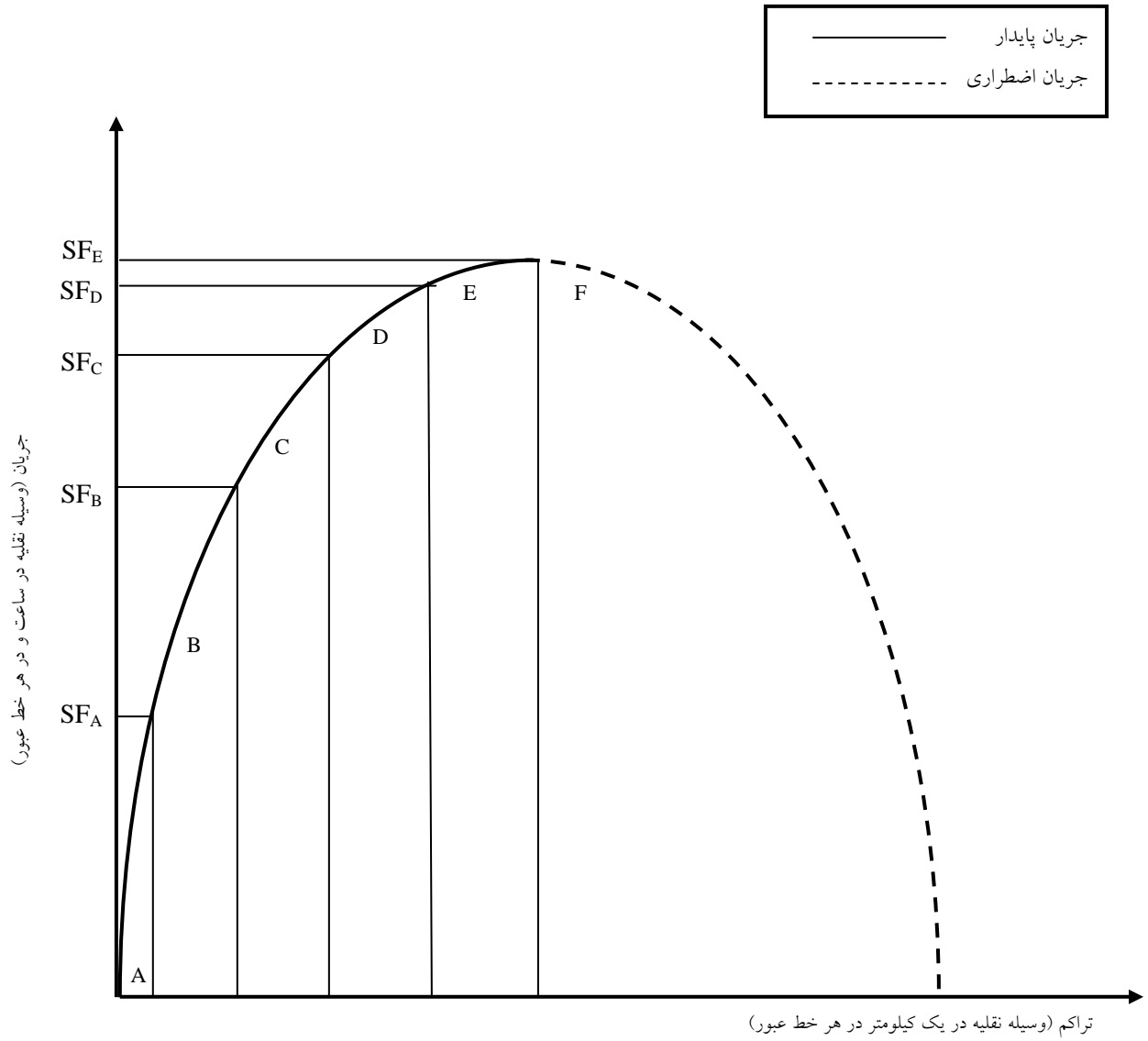
سطح خدمت (D) - در این سطح خدمت، سرعت جریان ترافیک به موازات افزایش میزان جریان ترافیک، کاهش می‌پذیرد. تراکم تا حدودی با شتاب زیادتری افزایش می‌یابد. آزادی مانور رانندگان به طور چشم‌گیری محدودتر می‌شود. سرعت عملیاتی ۷۵ کیلومتر در ساعت است. دامنه تراکم بین ۱۷ تا ۲۲ وسیله نقلیه سواری در یک

کیلومتر و یک خط عبور است. میانگین فاصله بین وسایل نقلیه برابر با ۵۰ متر می‌باشد. نرخ جریان یا حجم خدمت در یک جهت حدود ۹۰ درصد ظرفیت راه است و به سخن دیگر برابر با ۱۸۵۰ وسیله نقلیه سواری در یک ساعت و در یک خط عبور و در یک جهت است.

سطح خدمت (E) - در این سطح خدمت، جریان عملیات ناپایدار می‌باشد و نشان دهنده سرعت عملیاتی ظرفیت راه در بالاترین میزان تراکم است. عملیات بی‌ثبات است و در عمل، در جریان ترافیک هیچ فاصله قابل استفاده‌ای بین وسایل نقلیه وجود ندارد. سرعت عملیاتی در کل بین ۵۰ تا ۶۰ کیلومتر در ساعت است. مانور در درون جریان ترافیک بسیار محدود است. دامنه تراکم بین ۲۳ تا ۲۸ وسیله نقلیه سواری در یک کیلومتر و در یک خط عبور است. میانگین فاصله بین وسایل نقلیه برابر با ۳۴ متر است. میزان آسایش جسمانی و روانی رانندگان در این سطح خدمت نامطلوب است. نرخ جریان یا حجم خدمت برابر با ۲۰۰۰ وسیله نقلیه سواری در یک ساعت و در یک خط عبور و در یک جهت می‌باشد که برابر با ظرفیت راه است. در بسیاری از آزادراه‌ها، می‌توان این سطح خدمت را در دوره اوج ترافیک مشاهده کرد؛ اما هرگز نباید طراحی هندسی راه برمبنای این سطح خدمت انجام پذیرد.

سطح خدمت (F) - در این سطح خدمت، جریان ترافیک به حالت اضطراری در می‌آید و عملیات به صورت ایست - حرکت صورت می‌گیرد و در واقع سرعت و جریان ترافیک برابر با صفر می‌شود.

در ایالات متحده آمریکا آزادراه‌های بیرون شهری برپایه سطح خدمت (B) و برمبنای نرخ جریان خدمت ۱۱۰۰ وسیله نقلیه سواری در ساعت و در یک خط عبور و در یک جهت طراحی می‌گردد. در شکل ۳.۳، سطوح خدمت یک بخش ناگسیخته (بدون وقفه) راه نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود، هر یک از سطوح خدمت نمایانگر طیفی از شرایط عملیاتی است و گاه نیز دو نقطه‌ای که در داخل یک طیف سطح خدمت قرار دارند می‌تواند بیش از دو نقطه‌ای که در اطراف مرز دو طیف سطح خدمت قرار گرفته‌اند از هم دور باشند. در جریان ناگسیخته، سطوح خدمت (A) تا (E)، در بخش پایدار منحنی حاصل از جریان و تراکم، و سطح خدمت (F) در کل بخش اضطراری (ناپایدار) منحنی یادشده تعیین و تعریف شده است. ظرفیت راه، یعنی نقطه اوج منحنی حاصل از جریان و تراکم، بالاترین نقطه مرزی سطح خدمت (E) است.



شکل شماره ۳.۳. نمایش سطوح خدمت راه‌های ناگسیخته چند خطه

سطوح خدمت بخش‌های اصلی آزادراه برحسب تراکم توصیف و تعریف می‌شود. از سه شاخص عملیاتی، یعنی میانگین سرعت مکانی، تراکم، و جریان ترافیک، تنها سرعت و تراکم بیان‌کننده چگونگی کیفیت عملیات است. رانندگان، جریان ترافیک را درک یا «لمس» نمی‌کنند؛ زیرا در نقطه‌ای از راه اندازه‌گیری می‌شود و ارتباط مستقیمی با آنان ندارد. سرعت نیز به هر حال، در طیف‌های مختلف جریان ترافیک، تفاوت چندانی پیدا نمی‌کند و از این رو، نمی‌تواند کیفیت عملیاتی را به خوبی توصیف کند. برای مثال، هرگاه جریان ترافیک از صفر به ۱۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در خط عبور، افزایش یابد، میانگین سرعت از ۹۵ کیلومتر در ساعت به ۹۰ کیلومتر در ساعت، یعنی تنها ۵ کیلومتر در ساعت، کاهش می‌یابد. به دلایل یادشده، سطوح خدمت جریان ناگسیخته ترافیک در راه چند خطه، برپایه تراکم تعریف می‌گردد.

همان‌گونه که در شکل شماره ۳.۳ ملاحظه می‌شود، برای هر یک از سطوح خدمت، یک نرخ جریان خدمت (SF) تعیین شده است. بالاترین نرخ جریانی که بدون تجاوز از حدود عملیاتی تعیین شده یک سطح خدمت، بتواند پایدار بماند، نرخ جریان خدمت آن سطح خوانده می‌شود. در مورد جریان ناگسیخته یک راه چند خطه که در شکل شماره سه ارائه شده است، حدود عملیاتی برحسب تراکم تعریف شده است و برپایه منحنی واسنجیده جریان - تراکم برای شرایط آرمانی، نرخ جریان خدمت هر یک از سطوح به دست آمده است.

بنا به تعریف، مقیاس کارآمدی شاخصی است که کارآمدی یا کیفیت خدمت ارائه شده به راننده یا مسافر را نشان می‌دهد. در جدول شماره ۳.۶ مقیاس کارآمدی، برای توصیف سطوح خدمت در انواع مختلف راه که امکان کاربرد فنون تحلیل ظرفیت برای آنها فراهم می‌باشد، ارائه شده است.

## ۱۲. نسبت حجم یا نرخ جریان ترافیک به ظرفیت و کاربرد آن

در مبحث پیشین ملاحظه شد که سطوح خدمت باید برحسب شاخص‌هایی تعریف و تعیین شود که برای راننده قابل درک یا لمس باشد. سرعت، مدت سفر، تراکم، و فوت وقت و سایر مقیاس‌ها با شاخص یادشده تطابق دارند؛ اما حجم یا نرخ جریان ترافیک با شاخص مورد نظر همخوانی ندارد. همان‌گونه که پیش از این گفته شد، جریان ترافیک به دلیل آن که اندازه‌گیری آن در یک نقطه راه و برپایه شمارش وسایل نقلیه عبوری انجام می‌گیرد، از سوی راننده‌ای که در جریان ترافیک قرار گرفته است قابل لمس نیست. هر نرخ جریان ترافیک (به استثنای نرخ نقطه اوج - تعیین‌کننده ظرفیت -)، می‌تواند در دو حالت زیر پدیدار شود:

**یک** - تراکم زیاد و سرعت کم.

**دو** - تراکم کم و سرعت زیاد.

جدول شماره ۳.۶. مقیاس‌های مورد استفاده برای توصیف سطوح مختلف

مقیاس کارآمدی	نوع راه	نوع جریان ترافیک
تراکم (سواری معادل در کیلومتر) سرعت (کیلومتر در ساعت) نرخ جریان (سواری معادل در ساعت) تراکم (سواری معادل در کیلومتر) درصد مدت فوت وقت (تأخیر) میانگین سرعت سفر (کیلومتر در ساعت)	آزادراه‌ها: بخش‌های اصلی بخش با ترافیک به هم بافته تقاطع رابط راه‌های چند خطه راه‌های دوخطه	ناگسیخته
میانگین فوت وقت زمان توقف (ثانیه وسیله نقلیه) ظرفیت ذخیره (سواری معادل در ساعت) میانگین مدت سفر (کیلومتر در ساعت) ضریب بار (شمار مسافرها به صندلی)	تقاطع‌های با چراغ تقاطع بدون چراغ راه‌های شریانی حمل و نقل عمومی (ترانزیت)	گسیخته

یگانه دلیل اختلاف این دو با یکدیگر، تفاوت چشم‌گیر سطوح خدمت آنان است. به هر روی، مهندسان ترافیک در بیشتر موارد برای تشریح تقاضا از شاخص حجم یا نرخ جریان ترافیک استفاده می‌کنند و از این رو، تمام روش‌های طراحی و تحلیل در نهایت امر، به جریان ترافیک به عنوان شاخص اساسی معطوف می‌گردد. در تحلیل ظرفیت، شاخص زیر از اهمیت بسیار برخوردار است:

$$\text{ظرفیت/نرخ جریان ترافیک} = \frac{V}{C} \quad (\text{فرمول ۳.۶})$$

در بسیاری از گزارش‌های توجیه طرح‌های راه‌سازی، نرخ جریان ترافیک برپایه اندازه‌گیری تقاضای کنونی و یا برآورد و پیش‌بینی تقاضای سال‌های آتی ترافیک، صورت می‌پذیرد و ظرفیت راه نیز به صورت محاسبه و برپایه شرایط موجود ناظر بر ترافیک، راه، و کنترل‌ها تعیین می‌گردد.

نسبت جریان ترافیک به ظرفیت  $(\frac{V}{C})$ ، مقیاسی برای تعیین کفایت ظرفیت است. هرگاه پیش‌بینی جریان ترافیک زیادتر از ظرفیت محاسبه شده برای یک قطعه از راه باشد، نسبت یادشده بیش از عدد یک خواهد بود. این نسبت به روشنی نشان می‌دهد که ظرفیت محاسبه شده ناکافی است

و باید افزایش یابد. هرگاه نسبت جریان ترافیک به ظرفیت ( $\frac{V}{C}$ ) برابر با  $0/9$  باشد این معنی را می‌رساند که راه مورد نظر تا پیش از افزایش ظرفیت، فقط می‌تواند  $10$  درصد تقاضای اضافی ترافیک را پاسخگو باشد. از این رو، نسبت جریان ترافیک به ظرفیت ( $\frac{V}{C}$ )، در تحلیل ظرفیت شاخص مهمی محسوب می‌گردد.

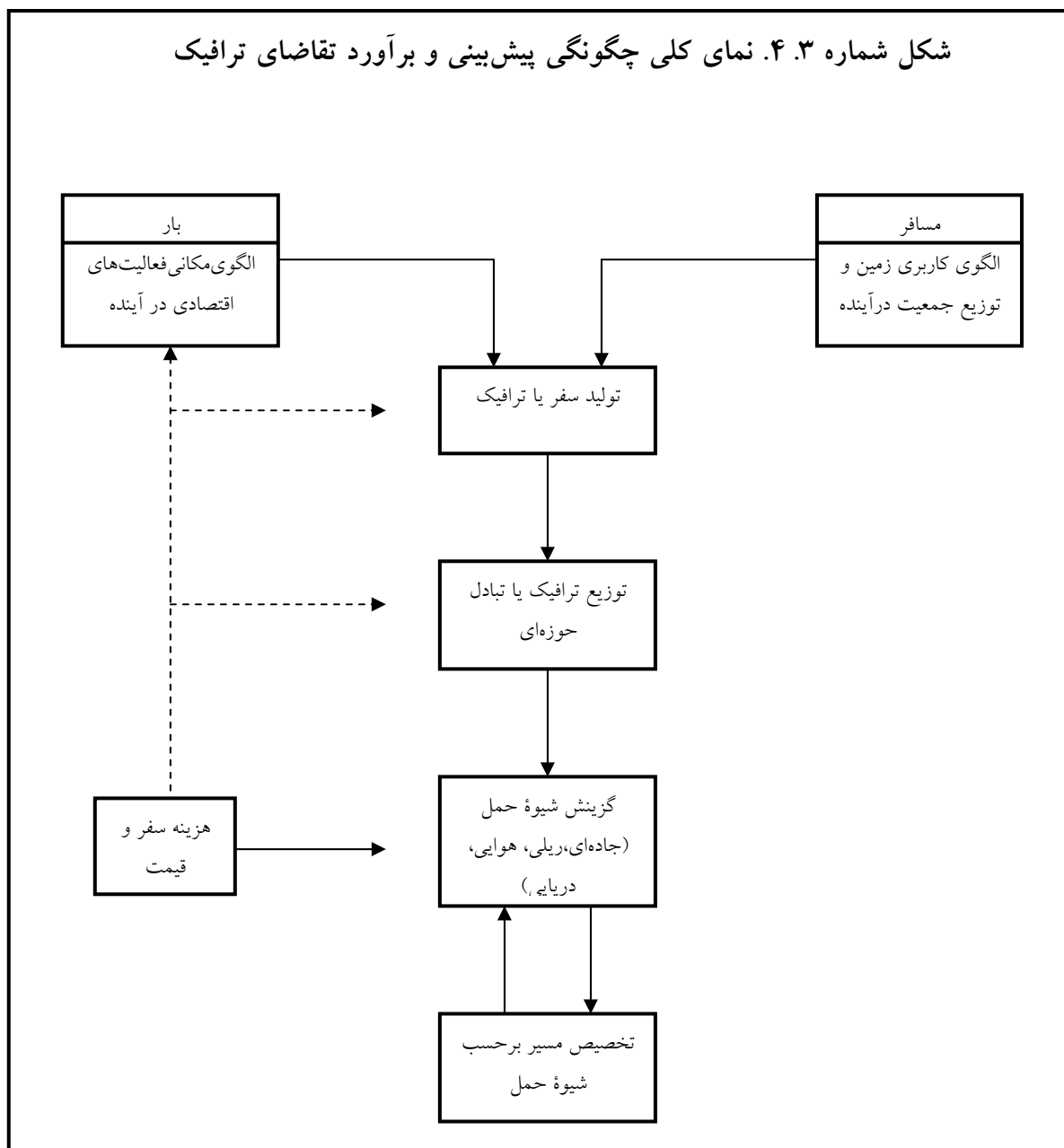
سطوح خدمت برحسب شاخص‌های عملکرد تعریف و تعیین می‌شود ولی برای مرتبط کردن سطوح خدمت با نرخ‌های جریان ترافیک، و یا با نسبت جریان ترافیک به ظرفیت ( $\frac{V}{C}$ )، از روابط واسنجیده استفاده می‌شود. به هر روی، استفاده از نسبت ( $\frac{V}{C}$ ) برای تعیین سطح خدمت در تحلیل ظرفیت، تغییری در مفهوم یا سرشت سطوحی که برحسب شاخص‌های عملکردی تعریف و تعیین شده است نمی‌دهد.

### ۱۳. چکیده چگونگی پیش‌بینی ترافیک

تا اوایل دهه شصت قرن بیستم، برای تعیین تقاضای حمل و نقل (ترافیک)، از نظریه آلفرد مارشال اقتصاددان انگلیسی استفاده می‌شد. به این معنی که کوشش می‌کردند تنها با استفاده از یک فرمول و نشان دادن روابط محصول (در این مورد ترافیک) با قیمت و درآمد و سایر متغیرها، تقاضای حمل و نقل را تعیین نمایند. این رویکرد، در عمل بسیاری از عوامل ساختاری چگونگی تولید سفر را از نظر پنهان می‌کرد. برای رفع این کاستی، به مرور به جای استفاده از یک معادله، از عوامل مؤثر دیگر نیز برای نشان دادن ابعاد صحیح ساختار تقاضای حمل و نقل استفاده شد. در این روش، نخست موضوع کاربری زمین یا به اصطلاح ویژگی‌های مکانی - جغرافیایی، مورد توجه قرار می‌گیرد و برپایه آن تقاضای سفر و مقصد سفر برآورد و تعیین می‌گردد و در پی آن تقاضای سفر برآورده شده، به یک شیوه حمل معین (جاده‌ای، ریلی، هوایی و غیره) تخصیص می‌یابد. این روش در شکل شماره ۴.۳ به نمایش درآمده است. این شیوه چندوجهی به خوبی می‌تواند نقش مکان جغرافیایی و عوامل اقتصاد کلان را در ایجاد سفر نشان دهد.

با توجه به ترتیب مطالب مورد بحث در این فصل و نیز شکل شماره ۴.۳، دیده می‌شود که برآورد و پیش‌بینی ترافیک حالت توالی دارد. به این معنی که نخست تولید سفر یا ترافیک مشخص می‌گردد و در پی آن توزیع ترافیک یا تبادل حوزه‌ای، معین می‌شود و پس از آن شیوه حمل (جاده‌ای، ریلی و غیره) تعیین می‌گردد و بعد از آن، ترافیک برحسب شیوه حمل به شبکه مربوط تخصیص می‌یابد. در تمام مراحل نیز موضوع هزینه حمل و قیمت تعرفه و کرایه، مورد توجه قرار می‌گیرد.

شکل شماره ۴.۳. نمای کلی چگونگی پیش‌بینی و برآورد تقاضای ترافیک



روش پیش‌بینی یادشده برپایه ملاحظات و مشاهدات تجربی و بازتاب اثرات متقابل نظام حمل و نقل بر مسأله گزینش مکان فعالیت اقتصادی و الگوی کاربری زمین و توزیع جمعیت، اتخاذ شده است. برای مثال، باید گفت که عملکرد نظام حمل و نقل بر گزینش شیوه حمل و تعیین مسیر و نیز شمار سفرها و مقصد آنها تأثیر می‌گذارد. در نهایت امر، خانوارها و سازمان‌های تولیدی تحت تأثیر نظام حمل و نقل، محل سکونت و مکان فعالیت‌های خود را برمی‌گزینند و متقابلاً، نظام حمل و نقل نیز برپایه توزیع مکانی جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی جامعه، طراحی می‌شود.



همان گونه که در این فصل دیده شد، منطق و روش‌های پیش‌بینی سفر افراد و بار بیرون شهری به طور چشم‌گیری با روش‌های مورد استفاده در برآورد سفرهای درون شهری مطابقت یافته است. تنها تفاوت میان این دو، آن است که برای برآورد و پیش‌بینی سفر افراد از اطلاعات مربوط به کاربری زمین و چگونگی توزیع جمعیت استفاده می‌شود، حال آن که برای پیش‌بینی حمل بار بیرون شهری از مطالعه اقتصادی پایه بهره می‌جویند. تفاوت یادشده بازتاب این واقعیت است که نظام حمل بار و نظام حمل مسافر معطوف به پاسخگویی به دو نیاز متفاوت است.

به طور کلی، برآورد ترافیک در سه مرحله انجام می‌شود. در مرحله نخست باید حجم، محل تولید و مصرف محصولات کشاورزی، صنعتی، و معدنی در آینده (شامل واردات و صادرات) و نیز شمار جمعیت و محل سکونت آنها برآورد و پیش‌بینی شود. منظور از آینده، طول دوره بررسی است که در مورد راه‌ها به طور معمول برابر با ۲۰ سال می‌باشد.

در مرحله دوم، باید آمار و اطلاعات مربوط به جمعیت و تولید، به ترافیک حاصل از آن به تفکیک حجم کالاهای عمومی از قبیل: کالاهای معدنی، کشاورزی، صنعتی، شیمیایی و نیز کالاهای فله مانند: غلات، سنگ معدن، فلزات و همچنین به تفکیک مبدأ و مقصد تبدیل شود.

در مرحله سوم، باید ترافیک پیش‌بینی شده برپایه کارایی اقتصادی به شیوه‌های حمل تخصیص یابد.

از آنجا که تولیدات منطقه‌ای و جریان ترافیک تا اندازه‌ای به هزینه‌های حمل بستگی دارد از این رو، سه مرحله یادشده با یکدیگر ارتباط دارند. با توجه به همبستگی ترافیک آتی به تحولات جمعیتی، صنعتی، کشاورزی، معدنی و سایر بخش‌های اقتصاد، به ناچار نخست باید تحولات امور یادشده برآورد و پیش‌بینی شود. با در نظر گرفتن این واقعیت که سرمایه‌گذاری در طرح‌های جاده سازی به صورت ثابت و در مکان‌های معینی انجام می‌شود و نمی‌توان آنها را جا به جا کرد و به سایر نواحی انتقال داد، برآورد و پیش‌بینی مسایل مورد اشاره در بالا، به صورت کلی و در مقیاس ملی کفایت نمی‌کند و افزون بر آن، باید تحولات جمعیتی، تولید و مصرف در منطقه اجرای طرح برآورد و پیش‌بینی شود.

پس از برآورد تولید و مصرف آینده، باید این برآوردها برحسب ترافیک بیان شود. این عمل از نظر اصولی برپایه روابط گذشته میان تولید و مصرف با نیازهای ترافیک، و انجام تعدیل‌هایی برای در نظر گرفتن تغییرات قابل پیش‌بینی در آینده، مانند کاهش احتمالی سهم راه‌آهن از سفرها و هزینه‌های نسبی حمل و نقل و غیره، صورت می‌گیرد.

رابطه میان تولید و مصرف با ترافیک، به نرخ‌ها و کرایه‌های حمل بستگی دارد. به هر روی، درباره کشش تقاضا در قبال نرخ حمل، اطلاعات چندانی در دست نیست. به طور کلی، تغییر نرخ حمل بر کالاهای پرارزش در مقایسه با کالاهای کم ارزش، اثر کمتری دارد؛ زیرا در این موارد هزینه حمل بخش اندکی از هزینه نهایی تحویل کالا را تشکیل می‌دهد. افزون بر آن، کشش قیمت حمل در بلندمدت متفاوت خواهد بود؛ زیرا تغییر نرخ حمل در درازمدت می‌تواند در تعیین مکان استقرار صنایع جدید تأثیر گذارد. به هر حال، پس از برآورد کل حجم ترافیک، باید آن را به شیوه‌های مختلف حمل تخصیص داد. اصل بر آن است که ترافیک به شیوه حملی تخصیص یابد که کمترین هزینه را در بردارد.

برای سنجش فایده طرح راهسازی از دیدگاه اقتصادی باید در مرحله بررسی نیاز، اطلاعات لازم درباره ترافیک برپایه تفکیک آن به سه گروه: ترافیک معمولی، ترافیک تغییر مسیر یافته، و ترافیک جدید گردآوری و پیش‌بینی شود. تعریف سه نوع ترافیک یادشده به شرح زیر است:

**یکم -** ترافیک معمولی. ترافیک کنونی در راه موجود و رشد آن را که حتی بدون انجام سرمایه‌گذاری جدید وجود خواهد داشت، ترافیک معمولی می‌خوانند. این نوع ترافیک، از کاهش هزینه عملیاتی حاصل از فراهم شدن راه جدید بهره‌مند خواهد شد؛ زیرا بنا به تعریف، حتی اگر راه جدید نیز ساخته نشود، این نوع ترافیک با هزینه‌های گراف و شاید هم روزافزون، به ناچار به استفاده از راه کنونی ادامه خواهد داد.

**دوم -** ترافیک تغییر مسیر یافته. این ترافیک از سایر راه‌ها و سایر وسایل حمل جذب راه تازه می‌گردد. تغییر مسیر ترافیک از راه‌آهن و یا سایر راه‌های کنونی به راه تازه ساخته شده، به دلیل هزینه کمتر و یا کم خطرتر بودن و مانند آن، مثال‌هایی در این مورد است. البته باید توجه داشت که عامل تعیین کننده تغییر مسیر و یا به سخن دیگر، جذب ترافیک از سایر مسیرها به راه مورد مطالعه، هزینه‌های مالی است و هزینه‌های اقتصادی در این زمینه نقشی ندارد. در واقع از آنجا که تصمیم‌گیری بسیاری از مردم در مورد استفاده از وسیله نقلیه شخصی براساس هزینه‌های مالی است و از این رو، تفاوت هزینه استفاده از وسیله شخصی و یا اتوبوس با نرخ بلیط راه‌آهن، تعیین کننده شمار مسافرانی است که به جای راه‌آهن از جاده استفاده می‌کنند. اما باید افزود که در مورد کالا یا محموله، کل هزینه‌های توزیع در میزان تغییر مسیر ترافیک تأثیر می‌گذارد و تفاوت هزینه حمل به تنهایی نقش تعیین کننده ندارد و از این رو، در مورد کالا باید عواملی چون صرفه‌جویی در وقت، کاهش خسارت، هزینه چند بار تخلیه و بارگیری، کاهش حق بیمه و مانند آن نیز مورد توجه قرار گیرد.

**سوم -** ترافیک ایجاد شده. نوع سوم ترافیک آن است که به تازگی و به دلیل کاهش هزینه حمل ایجاد می‌شود و پیش از آن وجود نداشته است. از جمله، این نوع ترافیک می‌تواند ناشی از افزایش تولید صنعتی یا کشاورزی (که احتمالاً آن نیز معلول حمل ارزان‌تر است) و همچنین کالاهایی باشد که پیش از ساختن راه تازه، در محل فروخته می‌شده است اما اکنون به بازارهایی حمل می‌شود که قیمت بهتری بابت آن می‌پردازند.

## فصل چهارم

# بررسی فنی و تعیین گزینه‌های طرح

### مقدمه

پس از بررسی و تعیین ترافیک سال‌های آتی و لزوم پاسخگویی به آن، باید چگونگی فراهم آوردن این امکان از نظر فنی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. با مشخص شدن نیاز، مهندسان و کارشناسان فن باید با گردآوری آمار و اطلاعات و داده‌ها و آگاهی از شرایط ناظر بر برنامه‌ریزی و تدوین طرح، راه‌حل‌های مختلف و یا به سخن دیگر، گزینه‌های متفاوت چگونگی رفع نیاز را ارائه دهند. طبیعی است که هیچ کارشناس و مهندسی نمی‌تواند در نخستین برخورد با مسأله، بهترین راه‌حل آن را تشخیص و ارائه دهد. از این رو، گزینه‌های مختلفی مطرح خواهد شد که برای انتخاب بهترین آنها باید ملاحظات فنی، مالی، اقتصادی و نیز زیست محیطی هر یک از گزینه‌ها مورد بررسی و سنجش قرار گیرد. در مرحله مطالعه و تألیف طرح راهسازی، بین وجوه فنی و مالی و اقتصادی و زیست محیطی، توالی وجود ندارد و این مطالب باید همزمان مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. به این منظور، همکاری کارشناسان فنی، مالی، اقتصادی، زیست محیطی و حتی حقوقی ضروری است تا اطمینان حاصل شود که مسائل فنی طرح راهسازی با رعایت ملاحظات یادشده مورد بررسی قرار گرفته است.

به طور معمول، در جریان مطالعه و تألیف طرح راهسازی شماری از گزینه‌ها، دوش به دوش تا آخرین مرحله مطالعه پیش خواهند رفت. هدف مطالعه فنی به طور دقیق آن است که تمام گزینه‌های مختلف طرح با عنایت به اوضاع و احوال موجود و پیش‌بینی وضع آینده مورد بررسی قرار

گیرد و از میان آنها، مطلوبترین گزینه انتخاب شود. هرگونه مطالعه و گزارش توجیه راهسازی که در آن گزینه‌های مختلف مورد بررسی و مطالعه و سنجش قرار نگرفته باشد به طور قطع ناکافی و ناقص است و نمی‌توان برپایه آن در مورد پذیرش و یا نپذیرفتن طرح تصمیم‌گیری کرد. در این فصل به مطالب کلی مطروحه در مطالعه فنی و گزینه‌های فنی ساخت راه اشاره خواهد شد.

## ۱. مفهوم گزینه‌های مختلف

همان‌گونه که در فصل سوم بیان شد، پس از بررسی و پیش‌بینی ترافیک برای دوره ۲۰ سال آینده و مقایسه این پیش‌بینی با امکانات موجود، کمبودها و کاستی‌ها و نیازها مشخص خواهد شد. مهندسان مشاور و کارشناسان مربوط با انجام مطالعه و کاوش و بررسی، گزینه‌های گوناگون برای جبران کاستی‌ها و پاسخگویی به نیازها را ارائه می‌دهند. طراحی کلی راه، مبنای تشریح گزینه‌ها با زبان فنی و مهندسی است و برپایه آن، ویژگی‌های فیزیکی، سازه‌ای، ایمنی، و عملیاتی هر گزینه تشریح و ارائه می‌شود.

در طراحی تفصیلی و اجرایی راه - در چارچوب طراحی کلی - باید تمام عوامل طراحی راه تعیین و مشخص گردد؛ اما در طراحی کلی که در گزارش توجیه نهایی طرح راهسازی آورده می‌شود، درجه‌بندی راه و نیم‌رخ عرضی آن، طول تقریبی مسیر، عرض حریم راه، سرعت طرح، وضعیت کلی توپوگرافی در طول مسیر، شهرها و مراکز جمعیتی، صنعتی، کشاورزی واقع در حوزه نفوذ راه، خط محوری و تراز مقدماتی به عنوان عوامل اصلی تعیین و مقایسه گزینه‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرد و افزون بر عوامل یادشده، مشخصات روسازی، طول تقریبی تونل‌ها، تعداد و دهانه تقریبی پل‌ها، تقاطع‌های اصلی، نیز باید مشخص گردد.

به سخن دیگر، تفاوت میان طراحی کلی با طراحی تفصیلی و اجرایی راه آن است که در طراحی کلی، مشخصات فنی راه با تفصیل کمتر و تا میزانی ارائه می‌گردد که برپایه آن بتوان گزینه‌های راه را مورد سنجش و گزینش قرار داد اما نمی‌توان با استفاده از آن، راه را به مرحله اجرا درآورد و به این منظور باید پس از انتخاب گزینه بهینه طرح، آن را مورد مطالعه طراحی تفصیلی و اجرایی قرار داد.

گزینه‌های مختلف فنی به طور کلی، راه‌حل‌های گوناگون موجود برای پاسخگویی به یک نیاز به ترتیبی است که با گزینش یکی از آنها، کاربرد سایر گزینه‌ها منتفی می‌شود. بنا به تعریف، گزینه‌های یادشده با یکدیگر ناسازگارند؛ زیرا از نظر فنی با گزینش یکی از آنها، دیگر نمی‌توان سایر گزینه‌ها را مورد استفاده قرار داد. برای مثال با استفاده از یک مسیر معین برای پیوند دو شهر، به

فوریت انتخاب سایر مسیرهای محتمل متفی خواهد شد و یا هرگاه طراحی هندسی خاصی برای راه انتخاب شود، سایر طراحی‌های هندسی به کنار گذارده می‌شود؛ و یا اگر از روسازی انعطاف پذیر که خود شامل انواع روسازی‌های آسفالتی و شنی است برای ساخت راه استفاده گردد، دیگر نمی‌توان از روسازی‌های سخت که شامل روسازی‌های بتنی است استفاده نمود. در طرح‌های جدید راهسازی و بهسازی راه، گزینه‌های متفاوتی پیش‌روی قرار می‌گیرد که در زیر به شماری از انواع آنها اشاره می‌شود:

### یک - مسیریابی

الف - موقعیت و فاصله‌بندی شبکه راه‌های شریانی و آزادراهی.

ب - ساخت پل یا انتخاب مسیر طولانی‌تر بدون ساخت پل.

ج - تونل در مقابل مسیر طولانی‌تر.

د - موقعیت مسیر خارج شهری.

هـ - شرایط خاص از قبیل بازسازی بخش عمده راه موجود در حریم مسیر کنونی؛ استفاده نکردن از

مسیر موجود به عنوان یک راه عمومی و یا ادامه استفاده از راه موجود به عنوان یک راه عمومی

ولی انتقال آن به سیستم دیگری از شبکه راه.

و - مسیرهای ویژه برای عبور ترافیک خاص از قبیل تخصیص یک راه برای عبور وسایل نقلیه

سنگین و یا تخصیص راه به عبور انحصاری وسایل نقلیه سواری.

ز - تعیین محل کنارگذرهای شهری.

**دو - طراحی هندسی و سایر جزئیات طراحی.**

الف - حذف تقاطع‌های هم سطح.

ب - آزادراه‌های همتراز یا فراتراز یا فروتراز.

ج - قوس‌های افقی.

د - طول و محل راه‌های کناری (جانبی).

هـ - پهنای میانه و شانه راه.

و - شمار خط‌های عبور.

ز - برش باز یا ساخت تونل.

ح - اندازه و فاصله‌بندی آبروها و پل‌ها.

ت - اندازه و فاصله‌بندی ورودی‌های تخلیه آب.

ی - فاصله‌بندی تقاطع‌های غیرهمسطح و مبدل‌ها.

ک - مسافت سفر.

ع - خط عبور کندرو در سربالایی‌ها.

ل - شیب قائم.

**سه** - مصالح و نوع طراحی

الف - مصالح روسازی.

ب - نوع سازه پل.

ج - چوب، فولاد، بتن، آلومینیوم.

**چهار** - کنترل ترافیک

الف - چراغ‌های راهنمای رایانه‌ای.

ب - تعیین حداکثر سرعت مجاز.

ج - ترافیک یک طرفه.

د - حفاظت ترافیک عبوری از خط آهن.

ه - نوع کنترل تقاطع‌ها.

**پنج** - بهبود راه‌ها و کاستن از فشار ترافیک

الف - افزایش خط‌های حرکتی یا ایجاد راه جدید.

ب - تغییر و بهبود نوع رویه راه.

ج - نصب مانع میانی راه.

د - افزایش طول و شعاع قوس‌های افقی.

ه - زیادتر کردن فاصله دید.

و - ایجاد مسیر کمکی موازی برای کاستن از تراکم ترافیک راه هم جهت آن.

ز - بهسازی بخش‌های خاص راه برای کاستن از شمار تصادف‌ها.

ح - پهن کردن راه و اجرای روکش.

**شش** - ساخت مرحله‌ای راه و تدارک برای وضعیت آتی

الف - خرید حریم راه در زمان کنونی و تدارک برای وضعیت آتی.

ب - ساخت راه با چهار خط عبور و یا ساخت راه با دو خط عبور در زمان کنونی و افزودن دو خط

عبور به آن در آینده.

ج - تسطیح و زهکشی زمین در زمان کنونی برای استفاده از آن در آینده.

د - فراهم آوردن امکان در حال حاضر برای دو عرشه کردن پل در آینده.

**هفت - سیاست‌های مدیریتی**

الف - تعیین ابعاد و وزن بیشینه مجاز وسایل نقلیه.

ب - استفاده از مسیر انحرافی و یا گذر دادن ترافیک از راه در جریان تعمیر و ساخت.

ج - تعیین طول مسافت حمل از کارگاه مرکزی به محل کار.

د - تعیین مکان و اندازه کارگاه‌های نگهداری و تعمیر راه و مراکز خدمات.

**هشت - تجهیزات عملیات ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از راه.**

الف - روش‌ها و فرایندهای نگهداری راه.

ب - جایگزین کردن ماشین‌آلات اتوماتیک و سایر تجهیزات.

ج - جایگزین کردن نیروی کار با ابزار و وسایل الکتریکی و مکانیکی.

با توجه به توضیحات یادشده ملاحظه می‌شود که مهندسان مشاور و مؤلفان طرح همواره با گزینه‌های گوناگونی رو به رو هستند که باید با کاربرد معیارهای مشخص شده در این راهنما مورد سنجش قرار گیرند و برپایه آن، گزینه بهینه انتخاب شود.

**۲. مسؤولیت مهندسان مشاور یا مؤلفان طرح**

همان گونه که اشاره شد، مهندسان مشاور و مؤلفان طرح‌های راهسازی باید درباره ظرفیت، فرایندها، حجم و شکل، کار ویژه‌ها (فونکسیون‌ها)، محل و مهمتر از همه سودمندی اجرای یک طرح و یا ناسودمندی اجرای آن برپایه گزینه‌های پیش رو، بررسی و با کاربرد معیارهایی اظهارنظر نمایند. هرگاه کارفرما و صاحب کار بخش خصوصی باشد، بدون تردید مهندسان مشاور و مؤلفان طرح می‌توانند با استفاده از معیار سودآوری مالی، گزینه‌ای را که بیشترین سود مالی یا کمترین هزینه مالی را در بردارد، انتخاب نمایند. درباره طرح‌های بخش عمومی و به ویژه طرح‌های راهسازی با توجه به توضیحاتی که در فصل دوم بیان شد، نمی‌توان از قیمت‌های مالی و سودآوری مالی برای سنجش و گزینش طرح‌ها استفاده نمود و همان گونه که توضیح داده شده است، معیار سنجش و گزینش طرح‌های راهسازی، ارزش خالص کنونی اقتصادی و یا برحسب مورد، حداقل هزینه اقتصادی و نیز ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی است. چگونگی برآورد و تعیین قیمت‌های اقتصادی که برپایه آن ارزش خالص کنونی اقتصادی و یا حداقل هزینه اقتصادی محاسبه می‌شود در فصل ششم، مورد بحث قرار خواهد گرفت.

تحلیل اقتصادی برپایه مسائل عینی انجام می‌گیرد. در این نوع تحلیل، از داوری‌های حرفه‌ای نیز استفاده می‌شود؛ اما نمی‌توان و نباید به بهانه آن، نظرهای جانبدارانه و یا سوگرایانه را وارد تحلیل



کرد. داورهای حرفه‌ای معطوف به شناسایی گزینه‌ها و عواملی است که باید مورد ملاحظه قرار گیرد تا در پی آن، کمیت، هزینه و فایده و پی‌آمدهای بعدی آنها تعیین شود. درستکاری حرفه‌ای و جهت‌گیری اخلاقی مؤلفان طرح، تضمین‌کننده رعایت اصل عینیت در تدوین و تألیف طرح است. به طور کلی، مطالعه توجیه اقتصادی طرح به آن منظور است که پرتو روشنی بر هزینه‌ها و فایده‌های حاصل از اجرای طرح افکنده شود تا مسئولان تصمیم‌گیری کنند که:

- آیا باید طرح راه به مرحله اجرا درآید؟

- گزینه بهینه کدام است؟

- زمان مناسب اجرای طرح چه موقعی خواهد بود؟

مسئولان تنها در زمانی می‌توانند از مطالعه توجیه اقتصادی طرح به خوبی و به شیوه‌ای سودمند برای تصمیم‌گیری بهره‌برداری نمایند که از یکسو، مطالعه یادشده بی‌طرفانه و بی‌غرضانه انجام گیرد و از سوی دیگر، معیار مورد تأیید آنان برای سنجش گزینه‌های طرح و نیز انتخاب‌های درون هر گزینه مورد استفاده قرار گرفته باشد. یادآور می‌شود که مهندسان مشاور و یا مؤلفان طرح، نباید به جای کارفرما تصمیم بگیرند، بلکه وظیفه آنان ارائه گزینه‌های متفاوت و مشخص کردن بهترین گزینه‌ها برپایه معیارهای تعیین شده از سوی مسئولان بخش عمومی است تا آنان با در دست داشتن این اطلاعات و تحلیل‌های انجام شده، تصمیم نهایی را اخذ کنند. معیار مورد نظر مسئولان بخش عمومی و چارچوب مطالعه توجیه طرح‌های راهسازی، در این راهنما مشخص شده است. از سوی دیگر، در طراحی طرح‌های راهسازی همواره در درون هر یک از گزینه‌ها نیز انتخاب‌هایی وجود دارد که در این موارد تصمیم‌گیری درباره آنها را نمی‌توان معطل و موکول به نظر مسئولان بخش عمومی کرد و از این رو، مهندسان مشاور و یا طراحان و مؤلفان، باید خود با کاربرد معیار مورد نظر مسئولان بخش عمومی درباره آنها تصمیم‌گیری کنند.

با توجه به مطالب یادشده و برای حصول اطمینان مسئولان از این که برای تحقق حمل و نقل سریع، ایمن و با فایده خالص اقتصادی پیشینه، بهترین راه‌حل‌ها مشخص گردیده است، باید تمام گزینه‌های ممکن ساخت راه مورد نظر، بررسی و مطالعه شود.

استفاده از عبارت «تمام گزینه‌های ممکن» به این معنی نیست که تمام گزینه‌ها به تفصیل مورد بررسی قرار گیرد. برخی از گزینه‌ها را می‌توان برپایه داور سنجیده مهندسان کارآزموده برای مثال، به دلیل نامطلوبی فیزیکی مسیر یا دشواری‌های ساخت راه، یا خدمات مورد نیاز وسایل نقلیه و دلایل موجه دیگر، به کنار نهاد. پاره‌ای از گزینه‌ها به دلیل آن که با آیین‌نامه‌ها و مقررات وزارت راه و ترابری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و یا سازمان حفاظت محیط زیست مطابقت نخواهد داشت

قابل حذف خواهد بود. به هر روی، در موارد اشاره شده نیز باید مطالعات مقدماتی انجام شود تا به نتیجه پیش‌گفته دست یافت. گزینه‌های باقیمانده باید با تفصیل زیادتر مورد بررسی قرار گیرد؛ اما در این مورد نیز هرگاه در طول مطالعه و به استناد آمار و اطلاعات و داده‌ها و تحلیل‌ها، معلوم شود شماری از آنها به دلایل فنی و یا ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی و گاه نیز بنا به ملاحظات سیاسی یا نظامی سودمند نخواهد بود، به کنار گذارده خواهد شد و سرانجام سه یا چهار گزینه باقیمانده، برای گزینش نهایی یا تفصیل بیشتر به طور جامع مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اکنون، با مشخص شدن مفهوم گزینه‌ها و الزام به تعیین آنها، به ترتیب درباره نکاتی که باید در بررسی و مطالعه فنی مورد توجه قرار گیرد سخن گفته خواهد شد.

### ۳. مشخص کردن نوع طرح

پس از گردآوری و تحلیل کمی و کیفی اطلاعات مربوط به عوامل مؤثر بر نیاز یا تقاضای ترافیک و نیز پیش‌بینی روند آینده آن در دوره مورد نظر که به طور معمول ۲۰ سال است، باید با عنایت به شرایط حاکم بر وضع تقاضا و همچنین با توجه به تخصیص ترافیک سال‌های آتی به شیوه‌های مختلف حمل، تقاضای تخصیص یافته به راه‌ها با امکانات این راه‌ها تطبیق داده شود. حاصل این تطبیق می‌تواند یکی از وجوه زیر را مطرح نماید:

**یک -** راه موجود در مدت ۲۰ سال آینده پاسخگوی تقاضای مربوط خواهد بود و به جز اقدام‌های مربوط به تعمیرهای جزئی و نگهداری راه نیازی به ساختن راه جدید یا اقدام دیگری نخواهد بود.

**دو -** برای پاسخگویی به نیاز ۲۰ سال آینده، باید راه موجود مورد تعمیر اساسی قرار گیرد.

**سه -** برای پاسخگویی به نیاز ۲۰ سال آینده، باید راه موجود بهسازی شود.

**چهار -** برای پاسخگویی به نیاز ۲۰ سال آینده، باید راه تازه‌ای ساخته شود.

اکنون به ترتیب در مورد چهار بند بالا توضیح کوتاهی داده می‌شود.

### ۳.۱. تکافوی راه کنونی

در این حالت به جز مسأله تعمیرهای جزئی و نگهداری سالانه که در حیطه وظایف مستمر و جاری وزارت راه و ترابری قرار می‌گیرد، به اقدام دیگری نیاز نخواهد بود. تعمیر راه تابع شرایط آب و هوا و افزون بر آن، میزان و ترکیب ترافیکی است که از راه عبور می‌نماید.

### ۲.۳. تعمیر اساسی راه

هرگاه تعمیرهای مستمر و جاری نتواند استاندارد کیفی قابل قبول راه را در حد طراحی اولیه فراهم آورد، ناگزیر نیاز به تعمیر اساسی راه خواهد بود. بنا به تعریف، در طرح‌های تعمیر اساسی راه، طراحی هندسی و استاندارد کیفی راه در حد طراحی اولیه باقی خواهد ماند و از آن فراتر نخواهد رفت. باید توجه داشت که تعمیر اساسی راه بستگی کامل به چگونگی نگهداری و تعمیرهای جزئی مستمر راه دارد؛ به سخن دیگر، چگونگی نگهداری راه بر شمار تعمیر اساسی راه طی عمر آن تأثیر می‌گذارد. تجدید آسفالت رویه راه، مثالی در مورد این گونه راه‌هاست.

### ۳.۳. بهسازی راه

طرح بهسازی راه می‌تواند شامل تغییر عرض سواره‌رو و شانه‌ها، پیچ و خم‌ها، مقاومت بستر روسازی و نوع روسازی شود. اما بنا به تعریف، هرگاه تغییر مسیر عمده و قابل توجهی مورد نظر باشد، دیگر در محدوده طرح‌های بهسازی قابل طبقه‌بندی نیست و باید آن را در گروه طرح‌های ساخت راه تازه گنجانند.

بهسازی راه می‌تواند به یک یا چند دلیل زیر مورد نظر قرار گیرد:

- یک** - ترافیک آنچنان سنگین است که سفر میان دو نقطه راه در مدت زمان نامتعارفی انجام می‌گیرد.
- دو** - هزینه عملیاتی وسایل نقلیه بر روی راه مورد نظر بیش از حد معمول است.
- سه** - به دلیل وجود بخش‌های خطرناک در راه، نرخ تصادف بالاست.
- چهار** - هزینه نگهداری راه غیرقابل قبول است.
- پنج** - حوادث طبیعی از قبیل سیل، ریزش کوه به طور مکرر موجب بسته شدن راه را فراهم می‌آورد.

### ۴.۳. ساخت راه جدید

ساخت راه جدید شامل سه گروه طرح می‌شود:

- یک** - طرح‌هایی که برای کوتاه کردن مسیر سفر ساخته می‌شود.
  - دو** - طرح‌های مربوط به راه‌های دسترسی.
  - سه** - طرح‌های مربوط به راه‌هایی که بخشی از طرح‌های بزرگتر صنعتی یا معدنی یا کشاورزی و مانند آن را تشکیل می‌دهد.
- اکنون به ترتیب توضیح کوتاهی درباره هر یک از راه‌های یادشده داده می‌شود.

### ۳.۴.۱. ساخت راه جدید برای کوتاه کردن مسیر

هدف عمده ساخت راه جدید آن است که از طریق جذب بخشی از ترافیک راه‌های موجود، امکان کاهش هزینه کاربران را در راه‌های یادشده فراهم آورد. البته از ساخت راه جدید فایده‌های دیگری نیز حاصل می‌شود که اهمیت آنها در درجه دوم قرار می‌گیرد. فایده حاصل از ساخت راه‌های جدید شامل موارد زیر است:

**یک -** کاهش هزینه عملیاتی ترافیک جذب شده به راه جدید.

**دو -** کاهش هزینه نگهداری راه‌های موجود به دلیل کاهش ترافیکی که جذب راه جدید شده است.

**سه -** افزایش فایده در مناطقی که راه جدید از آنها عبور می‌کند (برای مثال افزایش تولید کشاورزی).

### ۳.۴.۲. ساخت راه دسترسی

هدف از ساخت راه دسترسی، توسعه عمرانی مناطق جداافتاده‌ای است که راه ارتباطی قابل قبولی، با سایر نقاط ندارند و در مقایسه با سایر مناطق کشور از عمران و پیشرفت پذیرفتنی بهره‌مند نشده‌اند. انگیزه اساسی تصمیم‌گیری درباره ساخت راه دسترسی در نظر گرفتن ملاحظات عدالت اجتماعی است.

### ۳.۴.۳. ساخت راه‌هایی که بخشی از طرح‌های بزرگتر است

در برخی طرح‌های بزرگ بخش عمومی از قبیل طرح‌های صنعتی، معدنی، کشاورزی، جنگلداری و مانند آن، راه‌های تازه‌ای برای ارتباط کارخانه، معدن، مزرعه و جنگل با راه‌های موجود منطقه و یا احتمالاً ارتباط میان واحدهای داخلی طرح مورد نظر، ساخته می‌شود. این گونه طرح‌ها در قالب طرح اصلی مورد نظر و به عنوان جزئی از هزینه‌های سرمایه‌گذاری آن بررسی می‌شود و مانند سایر طرح‌های راهسازی به طور مستقل و جداگانه مورد بررسی و تحلیل هزینه و فایده قرار نمی‌گیرند و به طور کلی این گونه طرح‌ها در قلمرو مسئولیت وزارت راه و ترابری قرار ندارد.

### ۴. طبقه‌بندی و درجه‌بندی راه و ظرفیت آنها

پس از مشخص شدن درجه راه (مثلاً راه اصلی)، تعیین مسیر و مشخصات هندسی به وسیله مهندسان طراح ممکن می‌شود. طراحی شبکه راه‌ها براساس نوع استفاده از راه انجام می‌گیرد. راه‌ها از نظر نوع و موقعیت در شبکه، به درجه‌های مختلف تقسیم شده‌اند. راه‌های محلی و روستایی که ارتباط مناطق روستایی را با راه‌های فرعی یا اصلی تأمین می‌کند. راه فرعی، ترافیک اندک محلی و

روستایی را جمع و برای ارتباط با مناطق عمده فعالیت مانند شهرها، به راه اصلی پیوند می‌دهد. دسترسی به راه‌های فرعی و اصلی، و در موردهای محدود بزرگراه‌ها، از حاشیه راه آزاد است. در شرایط خاص، می‌توان در مورد راه‌های اصلی نیز محدودیت‌هایی به کار برد که ارتباط به راه اصلی، همچون بزرگراه، تنها از محل‌های ویژه‌ای امکان پذیر باشد. راه اصلی در گذشته نقش ستون فقرات شبکه راه‌های کشور را داشته است که با ساخت و بهره‌برداری از آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها این وظایف در حال انتقال به این راه‌های جدید است. پیش‌بینی ترافیک برای ۲۰ سال آینده که در مرحله بررسی نیاز یا تقاضا انجام گرفته است، پایه بررسی فنی درباره تعیین نوع راه و مسیر آن را از میان گزینه‌های مختلف به دست می‌دهد. در اینجا نخست طبقه‌بندی راه‌ها، سپس درجه‌بندی آنها، آنگاه خودروی مبنای طراحی مهندسی، در پی آن سرعت مبنای طراحی هندسی و سرانجام ظرفیت انواع راه‌ها تشریح خواهد شد.

#### ۱.۴. طبقه‌بندی راه‌ها

راه‌های کشور از نظر موقعیت توپوگرافی در «آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها» که از سوی وزارت راه و ترابری و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در سال ۱۳۷۵ با شماره نشریه ۱۶۱ انتشار یافته است به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

##### یکم - راه هموار دشتی

زمین محدوده راه، هموار (دشت) است. شیب عمومی خط بزرگترین شیب محدوده و شیب طولی راه حداکثر به ۳ درصد می‌رسد. راه دارای خاکریزهایی به بلندی تا ۲/۵ متر و گاهی برش‌های کم عمق می‌باشد.

##### دوم - راه تپه ماهوری

زمین محدوده عبور، پستی و بلندی ملایمی دارد. خط بزرگترین شیب عموماً دارای ۳ تا ۷ درصد است. بلندی خاکریزها گاهی از ۲/۵ متر نیز تجاوز می‌کند و عمق برش‌ها معمولاً کمتر از ۹ متر است. شیب طولی راه عموماً از حداکثر مجاز کمتر است.

##### سوم - راه کوهستانی

راه از دامنه کوه، تپه‌های بلند و دره‌های گود می‌گذرد و گاهی دارای برش‌های عمیق و پل‌های بزرگ یا خاکریزهای بلند است. میزان سربالایی یا سرازیری خط بزرگترین شیب زمین بیش از ۷ درصد است. شیب طولی راه، در موردهای متعدد و در طول‌های قابل ملاحظه، به حداکثر مجاز می‌رسد.

#### **چهارم - راه هموار، تپه ماهوری یا کوهستانی با مانع**

اگر در محدوده عبور راه، موانعی از قبیل مرداب، شالیزار و جنگل وجود داشته باشد، بسته به مورد، راه از طبقه «هموار با مانع» یا «تپه ماهوری با مانع» و یا «کوهستانی با مانع» خواهد بود.

#### **۲.۴. درجه‌بندی راه‌ها**

در نشریه شماره ۱۶۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، راه‌ها بسته به اهمیت مورد نظر آنها در شبکه راه‌ها، به شرح زیر درجه‌بندی شده است.

##### **یکم - آزادراه**

راهی با روسازی آسفالتی یا بتنی برای عبور سریع وسایل موتوری، با حداقل چهار خط عبور که مسیرهای رفت و برگشت آن از هم جدا شده و بدون تقاطع همسطح، و بدون دسترسی از حاشیه، و ممنوعیت عبور پیاده، دوچرخه و سایر وسایل غیرموتوری، و با ورود و خروج با زاویه کم و گاه ممنوعیت تمام یا بخشی از وسایل نقلیه تجاری، آزادراه خوانده می‌شود. دسترسی به آزادراه از حاشیه راه میسر نیست و به این ترتیب ارتباط سریع بین دو نقطه بدون ایجاد مزاحمت از حاشیه مسیر، ایجاد می‌شود. آزادراه می‌تواند ۲، ۴، و یا ۸ خطه باشد.

##### **دوم - بزرگراه**

مانند آزادراه است، اما در موارد محدود، دسترسی به آن از محل‌های خاص امکان پذیر است.

##### **سوم - راه اصلی**

راهی است با روسازی آسفالتی یا بتنی، که برای وسایل نقلیه موتوری و به ندرت وسایل نقلیه غیرموتوری و پیاده در نظر گرفته می‌شود و بخشی از شبکه سراسری و ملی راه است. راه اصلی در بسیاری از حالت‌ها به صورت دوخطه دوطرفه عمل می‌کند؛ اما در موردهایی می‌تواند به چهارخطه و یا شش خطه پیوسته یا ناپیوسته، توسعه یابد. تقاطع‌ها معمولاً همسطح است. دسترسی به راه‌های اصلی از حاشیه راه بدون مانع است؛ اما در شرایط خاص می‌توان محدودیت‌هایی اعمال کرد که ارتباط با راه اصلی مانند بزرگراه‌ها، تنها از محل‌های ویژه‌ای امکان پذیر باشد.

**چهارم - راه فرعی**

راه فرعی ارتباط مراکز جمعیت و تولید داخلی یک منطقه را برقرار می‌کند و بخشی از شبکه داخلی منطقه محسوب می‌شود. راه فرعی عموماً به صورت دوخطه دوطرفه عمل می‌کند. راه‌های فرعی به دو گروه زیر تقسیم می‌شود:

- راه فرعی درجه یک، با حداقل دو خط عبور، با سواره‌روی روسازی شده به پهنای ۳/۲۵ متر برای هر خط عبور، به اضافه شانه‌های دو طرف.

- راه فرعی درجه دو، با دو خط عبور و سواره‌روی شنی به پهنای ۵/۵ متر، به اضافه شانه‌های دو طرف.

**پنجم - راه روستایی**

نقش این راه، تأمین ارتباط کاملاً محلی و محدود بین روستاها، یا اتصال روستاها به راه‌های فرعی و گاه اصلی است.

**۳.۴. خودروی مبنای طراحی هندسی راه**

تعیین اجزای هندسی راه، مانند حداقل عرض، ارتفاع آزاد، شعاع گردش و فاصله دید، براساس مختصات وسایل نقلیه‌ای انجام می‌گیرد که از راه استفاده می‌کنند. از آنجا که تفاوت بین ابعاد و وسایل نقلیه زیاد است، معمولاً چند وسیله نماینده که ابعاد آنها نشان دهنده خطرترین گروه استفاده کننده از راه در هر مورد است، انتخاب می‌شود. این وسایل را، خودروی مبنای طراحی می‌نامند. علت استفاده از چند خودروی مبنای طراحی آن است که در برخی موردها، از قبیل فاصله دید، خودروهای کوچکتر و در موردهای دیگر مانند شعاع پیچ، خودروهای بزرگتر، خطرترین وسیله محسوب می‌شوند.

برای تعیین برخی از اجزای هندسی راه، لازم است مشخصات فیزیکی وسایل نقلیه به طور دقیق‌تری مورد توجه قرار گیرد. برای طراحی هندسی راه، از چهار نوع خودروی مبنای طرح یعنی: سواری، اتوبوس، تریلی بزرگ و تریلی با یدک استفاده می‌شود. ابعاد اصلی که در طراحی مهندسی تأثیر می‌گذارد، عبارت است از:

- فاصله محور جلو و عقب.

- فاصله بیرونی چرخ‌های یک محور و حداقل شعاع گردش (مسیر داخلی و خارجی چرخ‌ها)

کامیون و اتوبوس، نسبت به سواری، عرض بیشتری دارد و فاصله محور جلو و عقب و همچنین حداقل شعاع گردش آنها نیز بیشتر است. اتوبوس‌ها در مقایسه با اکثر تریلی‌ها، دارای حداقل

شعاع گردش داخلی بزرگتر و شعاع خارجی کوچکتری است؛ از این رو، تریلی‌های بزرگ در موقع گردش، به خط عبور پهن‌تری نیاز دارند. در بیشتر راه‌هایی که محل عبور کامیون و تریلی است، به ویژه در محل‌هایی که گردش‌ها با جدول و جزیره جریانبندی شده انجام می‌گیرد، باید کامیون با یدک، مبنای طراحی قرار داده شود. حتی در معابری که تریلی به ندرت از آنها عبور می‌کند، عرض روسازی باید به اندازه کافی در نظر گرفته شود تا خودروی یادشده از آن عبور کند. اگرچه طراحی راه برپایه وسیله نقلیه‌ای انجام می‌گیرد که استفاده کننده اصلی راه است، اما همیشه باید اطمینان حاصل شود بزرگترین خودرویی که ممکن است از آن عبور کند، هرچند با تجاوز به خطوط عبور دیگر، ولی با ایمنی و بدون خطر قادر به عبور از آن خواهد بود.

#### ۴.۴. سرعت مبنای طراحی هندسی راه

سرعت مبنای طراحی، سرعتی است که برای تعیین حداقل مشخصات مربوط به طراحی هندسی (پیچ‌ها، خم‌ها، و فاصله‌های دید) قطعه مورد نظر راه انتخاب می‌شود. سرعت مبنای طراحی، فاصله دید را تعیین می‌کند و از سوی دیگر، فاصله دید باید همراه با پستی و بلندی محل مورد توجه قرار گیرد؛ زیرا اغلب فاصله دید، شعاع بزرگتری را نسبت به سرعت طرح طلب می‌کند. از این رو، همه عامل‌های اصلی یادشده مورد توجه قرار می‌گیرند تا از میان گزینه‌های مختلف، آن گزینه‌ای انتخاب شود که از نظر مشخصات هندسی پلان و نیمرخ طولی و عرضی راه، ایمن و هماهنگ با طبیعت منطقه و ظرفیت راه، و متناسب با درجه‌بندی راه باشد. عوامل مؤثر در انتخاب سرعت مبنای طراحی هندسی راه، به شرح زیر است:

- نوع و حجم ترافیک.
- طبقه‌بندی مسیر (هموار دشتی یا تپه ماهوری و غیره).
- درجه‌بندی مسیر (آزادراه، بزرگراه و غیره).
- عوامل محیطی.
- منظرآرایی.

با در نظر گرفتن عوامل بالا، بیشترین سرعت ممکن، به عنوان سرعت مبنای طراحی انتخاب می‌شود؛ مگر آن که موقعیت خاص راه، مقادیر کمتری را ایجاب کند. گزینه‌های مختلف سرعت مبنای طرح در جدول ۴.۱ و گزینه‌های مختلف سرعت مبنای طراحی برپایه درجه‌بندی و نیز پستی و بلندی منطقه در جدول ۴.۲ آورده شده است.



#### جدول ۴.۱. گروه‌بندی سرعت مبنای طراحی

سرعت (کیلومتر در ساعت)			گروه
بیشترین	میانگین	کمترین	
۵۰	۴۰	۳۰	V <sub>1</sub>
۸۰	۷۰	۶۰	V <sub>2</sub>
۱۰۰	۹۰	۸۰	V <sub>3</sub>
۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	V <sub>4</sub>
۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	V <sub>5</sub>

#### جدول ۴.۲. گروه‌بندی سرعت مبنای طراحی بر پایه درجه پستی و بلندی (کیلومتر در ساعت)

هموار	تپه ماهوری	کوهستانی	طبقه‌بندی راه
			درجه‌بندی راه
۱۳۰	۱۱۰	۸۰ تا ۱۰۰	آزادراه‌ها
۱۱۰	۱۱۰	۸۰ تا ۱۰۰	بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی جداشده
۱۱۰	۸۰ تا ۱۰۰	۶۰ تا ۸۰	راه‌های اصلی
۸۰ تا ۱۰۰	۶۰ تا ۸۰	۳۰ تا ۵۰	راه‌های فرعی

#### ۴.۵. ظرفیت انواع راه‌ها

همان گونه که در فصل سوم به تفصیل بیان شد، برای تعیین ظرفیت راه، افزون بر کمیت ترافیک پیش‌بینی شده، باید کیفیت ترافیک نیز مورد توجه قرار گیرد. نشریه ۱۶۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور برای سنجش کیفیت ترافیکی در ایران، شش وضعیت زیر را در نظر گرفته است:

کیفیت الف - کیفیت عالی (با تراکم کمتر از ۹ وسیله نقلیه سواری معادل در هر کیلومتر).

کیفیت ب - کیفیت بسیار خوب (با تراکم ۹ تا ۱۳ وسیله نقلیه سواری معادل در هر کیلومتر).

کیفیت پ - کیفیت خوب (با تراکم ۱۴ تا ۱۹ وسیله نقلیه سواری معادل در هر کیلومتر).

کیفیت ت - کیفیت قابل قبول (با تراکم ۲۰ تا ۲۶ وسیله نقلیه سواری معادل در هر کیلومتر).

کیفیت ث - کیفیت متراکم (در وضعیت استفاده از ظرفیت مطلق و با تراکم ۲۷ تا ۴۰ وسیله نقلیه سواری معادل در هر کیلومتر).

کیفیت ج - کیفیت بد (حالت ناپایدار و راه‌بندان با تراکم بیش از ۴۰ وسیله نقلیه سواری معادل در هر کیلومتر).

سواری معادل وسایل نقلیه سنگین برای قطعه‌ای یکنواخت از آزادراه در جدول ۴.۳، و سواری معادل برای قطعه‌ای از راه دوخطه در جدول ۴.۴، آمده است. ظرفیت مبنای طراحی، به ظرفیتی گفته می‌شود که براساس کیفیت مورد نظر، برای مسیر انتخاب می‌شود.

جدول ۴.۳. سواری معادل وسایل نقلیه سنگین برای قطعه‌ای یکنواخت از آزادراه

نوع منطقه			شرح
کوهستانی	تپه ماهوری	هموار	
۸	۴	۱/۷	سواری معادل کامیون‌ها و تریلی‌ها
۵	۳	۱/۵	سواری معادل اتوبوس‌ها

جدول ۴.۴. سواری معادل کامیون و اتوبوس برای قطعه راه دوخطه

نوع منطقه			کیفیت ترافیک	نوع وسیله نقلیه
کوهستانی	تپه ماهوری	هموار		
۷	۴	۲	الف	کامیون و تریلی (E <sub>t</sub> )
۱۰	۵	۲/۲	ب و پ	
۱۲	۵	۲	ت و ث	
۵/۷	۳	۱/۸	الف	اتوبوس (E <sub>b</sub> )
۶	۳/۴	۲	ب و پ	
۶/۵	۲/۹	۱/۶	ت و ث	

#### ۴.۵.۱. ظرفیت آزادراه

شرایط یا وضعیت آرمانی در نشریه شماره ۱۶۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به شرح زیر

تعریف شده است:

- تمام وسایل نقلیه، اتومبیل سواری باشد.

- شیب طولی کمتر از ۲ درصد باشد.

- عرض هر خط عبور ۳/۶۵ متر باشد.
  - تا فاصله ۱/۸۵ متری لبه سواره‌رو، جسم مانعی وجود نداشته باشد.
- هرگاه شرایط راه و ترافیک با شرایط آرمانی یادشده تفاوت داشته باشد، ارقام اعلام شده در نشریه شماره ۱۶۱ با استفاده از فرمول زیر تعدیل می‌شود:

$$SF = MSF \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \quad (\text{فرمول ۴.۱})$$

$$= SF$$

$MSF$  = ظرفیت مبنای طراحی برای کیفیت معین ترافیک (سواری معادل در ساعت).

$$= f_1$$

$$= f_2$$

$$f_3 = \text{ضریب تعدیل برای آشنایی با راه.}$$

ضریب‌های تعدیل یادشده، هر سه در نشریه شماره ۱۶۱ مشخص شده است. با توجه به توضیحات بالا، ظرفیت مبنای طراحی هر خط عبور آزادراه‌ها، برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح، در جدول شماره ۴.۵ نشان داده شده است.

#### ۴.۵.۲. ظرفیت راه‌های اصلی چندخطه

راه اصلی چندخطه به دلیل نبود کنترل کامل دسترسی به آن از حاشیه راه، از آزادراه و بزرگراه متمایز می‌شود. ظرفیت مبنای طراحی هر خط عبور از راه اصلی چندخطه برای وضعیت آرمانی راه و برحسب سواری معادل، در نشریه شماره ۱۶۱ پیش‌گفته به شرح زیر تعیین شده است:

- راه در دشت واقع است.
- عرض هر خط عبور ۳/۶۵ متر است.
- تا فاصله ۱/۸۵ متری لبه سواره‌رو و یا در میانه راه، مانعی وجود ندارد.
- تمام وسایل نقلیه سواری است.
- راه جدا شده است.

جدول ۵.۴. ظرفیت هر خط عبور آزادراه‌ها برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح

سرعت طرح ۱۰۰ Km/h			سرعت طرح $\geq 110$ Km/h			حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	کیفیت ترافیک
ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h	ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h		
-	-	-	۷۰۰	۰/۳۵	$\geq 95$	۸	الف
۱۰۰۰	۰/۵	$\geq 80$	۱۱۰۰	۰/۵۷	$\geq 90$	۱۳	ب
۱۴۰۰	۰/۷	$\geq 75$	۱۵۰۰	۰/۷۵	$\geq 80$	۱۹	پ
۱۸۰۰	۰/۹	$\geq 70$	۱۸۵۰	۰/۹۲	$\geq 70$	۲۶	ت
۲۰۰۰	۱	$\geq 50$	۲۰۰۰	۱	$\geq 50$	۴۰	ث
*	*	$< 50$	*	*	$< 50$	بیش از ۴۰	ج

دنباله جدول ۵.۴. ظرفیت هر خط عبور آزادراه‌ها برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح

سرعت طرح ۶۰ Km/h			سرعت طرح ۸۰ Km/h			حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	کیفیت ترافیک
ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h	ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h		
-	-	-	-	-	-	۸	الف
-	-	-	-	-	-	۱۳	ب
-	-	-	۱۳۰۰	۰/۶۸	$\geq 70$	۱۹	پ
۱۳۰۰	۰/۶۸	$\geq 50$	۱۶۵۰	۰/۸۷	$\geq 65$	۲۶	ت
۱۹۰۰	۱	$\geq 45$	۱۹۰۰	۱	$\geq 45$	۴۰	ث
*	*	*	*	*	$< 45$	بیش از ۴۰	ج

- منظور از میانگین سرعت حرکت، میانگین سرعت وسایل نقلیه در یک خط عبور از قطعه مورد نظر یک راه است.

-  $\frac{V}{C}$  عبارت است از حجم ترافیک نسبت به ظرفیت راه با کیفیت ت (فصل سوم ملاحظه شود).  
\* ترافیک در این کیفیت بسیار متغیر و ناپایدار است.

هرگاه شرایط راه و ترافیک با شرایط آرمانی یادشده تفاوت داشته باشد، اعداد مربوط به ظرفیت مبنای طراحی هر خط عبور، با استفاده از فرمول زیر تعدیل می‌شود:

$$SF = MSF \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \quad (\text{فرمول ۲.۴})$$

$SF$  = ظرفیت در شرایط واقعی راه و ترافیک و کیفیت معین ترافیک، برحسب وسیله نقلیه در ساعت.

$MSF$  = ظرفیت مبنای طراحی برای کیفیت معین ترافیک (سواری معادل در ساعت).

$$= f_1$$

$$= f_2$$

$f_3$  = ضریب تعدیل برای آشنایی با راه.

$f_4$  = ضریب تعدیل برای آبادی‌های اطراف راه چند خطه.

با توجه به توضیحات بالا، ظرفیت مبنای طراحی هر خط عبور راه‌های اصلی چندخطه در جدول شماره ۴.۶ نشان داده شده است.

### ۴.۵.۳. ظرفیت راه‌های دوخطه

راه دوخطه راهی است که در هر جهت دارای یک خط عبور برای ترافیک است. برای سبقت گرفتن باید به ناچار در محل‌هایی که مسافت دید کافی است و فاصله بین وسایل نقلیه جلو و همچنین فاصله خودروی جهت مقابل اجازه دهد، از خط عبور مقابل استفاده کرد.

سه عامل زیر، برای تعیین کیفیت ترافیکی جاده‌های دوخطه به کار می‌رود:

**یک -** درصد فوت وقت (تأخیر): درصد فوت وقت نشان دهنده تأخیر در جابه‌جایی برای رسیدن به مقصد مورد نظر است و برابر با میانگین درصد زمان‌هایی است که کل وسایل نقلیه، به دلیل حرکت به صورت قطار و امکان پذیر نبودن گرفتن سبقت از دست می‌دهند.

**دو -** میانگین سرعت حرکت: میانگین سرعت حرکت نشان دهنده جابه‌جایی در جاده‌های دوخطه می‌باشد و برابر است با طول بخش تحت مطالعه، تقسیم بر میانگین زمان حرکت کل وسایل نقلیه‌ای که در دو جهت، آن بخش جاده را پیموده‌اند.

**سه -** ضریب امکان استفاده از راه برای دسترسی به مقصد: این ضریب نشان دهنده آن است که راه مورد نظر تا چه میزانی امکان دسترسی به مقصد را فراهم می‌آورد. نسبت حجم ترافیک به ظرفیت راه دوخطه در شرایط آرمانی، که در جدول شماره ۴.۷ آمده است، حدود فراهم بودن امکان دسترسی را نشان می‌دهد. ضریب کمتر از عدد یک نشان دهنده آن است که راه هنوز ظرفیت پذیرش ترافیک زیادتری را دارد؛ ضریب برابر یک به آن معنی است که ظرفیت کامل راه مورد استفاده ترافیک موجود قرار گرفته است؛ ضریب بیش از یک که معمولاً حاصل

تقسیم پیش‌بینی‌های ترافیک سال‌های آتی بر ظرفیت راه است، نشان دهنده آن است که ظرفیت راه پاسخگوی تقاضای ترافیک آتی نیست.

جدول ۴.۶. ظرفیت هر خط عبور راه‌های اصلی چندخطه برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح

سرعت طرح ۱۰۰ Km/h			سرعت طرح $\geq 110$ Km/h			حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	کیفیت ترافیک
ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h	ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h		
۶۵۰	۰/۳۳	$\geq 80$	۷۰۰	۰/۳۵	$\geq 90$	۸	الف
۱۰۰۰	۰/۵۰	$\geq 75$	۱۱۰۰	۰/۵۵	$\geq 85$	۱۳	ب
۱۳۰۰	۰/۶۵	$\geq 70$	۱۴۰۰	۰/۷۰	$\geq 75$	۱۹	پ
۱۷۰۰	۰/۸۵	$\geq 65$	۱۷۰۰	۰/۸۵	$\geq 65$	۲۶	ت
۲۰۰۰	۱	$\geq 50$	۲۰۰۰	۱	$\geq 50$	۴۰	ث
*	*	$< 50$	*	*	$< 50$	بیش از ۴۰	ج

دنباله جدول ۴.۶. ظرفیت هر خط عبور راه‌های اصلی چندخطه برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح

سرعت طرح ۶۰ Km/h			سرعت طرح ۸۰ Km/h			حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	کیفیت ترافیک
ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h	ظرفیت مبنای طراحی	$\frac{V}{C}$	میانگین سرعت حرکت Km/h		
-	-	-	-	-	-	۸	الف
-	-	-	۹۰۰	۰/۴۷	$\geq 70$	۱۳	ب
-	-	-	۱۱۵۰	۰/۶۰	$\geq 60$	۱۹	پ
۱۳۰۰	۰/۶۸	$\geq 50$	۱۴۵۰	۰/۷۶	$\geq 55$	۲۶	ت
۱۹۰۰	۱	$\geq 45$	۱۹۰۰	۱	$\geq 45$	۴۰	ث
*	*	$< 45$	*	*	$< 45$	بیش از ۴۰	ج

- منظور از میانگین سرعت حرکت، میانگین سرعت وسایل نقلیه در یک خط عبور از قطعه مورد نظر یک راه است.

-  $\frac{V}{C}$  عبارت است از حجم ترافیک نسبت به ظرفیت راه با کیفیت ث (فصل سوم ملاحظه شود).

\* ترافیک در این کیفیت بسیار متغیر و ناپایدار است.

شرایط آرمانی در راه‌های دوخطه به شرح زیر است:

- سرعت طرح برابر یا بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است.

- عرض هر خط عبور برابر یا بیشتر از ۳/۶۵ متر است.

- شانه‌های راه بدون مانع و عرض آنها برابر با ۱/۸۵ متر یا بیشتر است.

- سبقت در طول جاده امکان پذیر است.

- وسایل نقلیه از نوع سواری است.

- توزیع ترافیک در دو جهت به صورت ۵۰/۵۰ است.

- هیچگونه عامل بازدارنده مانند وسایل کنترل ترافیک یا دور زدن وسایل نقلیه وجود ندارد.

- منطقه عبور، دشت است.

در شرایط آرمانی، ظرفیت راه دوخطه برابر ۲۸۰۰ سواری در ساعت برای هر دو جهت است.

برای سنجش کیفیت ترافیک قطعه‌ای یکنواخت از راه موجود، برحسب منطقه و نسبت حجم ترافیک

(V) به ظرفیت (C) از جدول شماره ۴.۸ و در مورد سربالایی‌ها برحسب میانگین سرعت از جدول

۴.۷، استفاده می‌شود.

جدول ۴.۷. معیار سنجش کیفیت ترافیک در راه‌های دوخطه در سربالایی‌ها

کیفیت ترافیک	میانگین سرعت در سربالایی (کیلومتر در ساعت)
الف	$\geq 90$
ب	$\geq 80$
پ	$\geq 70$
ت	$\geq 65$
ث	$\geq 60$
ج	$< 60$

محاسبه ظرفیت راه‌های دوخطه برای دو حالت زیر در نظر گرفته می‌شود:

**یک** - قطعه‌ای از راه به عنوان نمونه‌ای از مسیر.

**دو** - شیب مشخص.

در حالت یک، برای هر قطعه از راه، شرایط متوسط توپوگرافی منطقه، شرایط مهندسی و ترکیب ترافیکی در نظر گرفته می‌شود و در نتیجه مقدار متوسطی به عنوان ظرفیت یک قطعه راه محاسبه می‌شود. این روش برای قطعات راهی به طول حداقل ۳/۵ کیلومتر به کار می‌رود. در این حالت، طول شیب‌های مساوی یا بزرگتر از ۳ درصد، باید کمتر از یک کیلومتر باشد. هرگاه شرایط یادشده وجود نداشته باشد، هر بخش راه با استفاده از یک شیب مشخص به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

### یکم - محاسبه ظرفیت قطعه‌ای از راه دوخطه

برای محاسبه ظرفیت از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$SF = 2800 \left( \frac{V}{C} \right) f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \quad (\text{فرمول ۳.۴})$$

$SF$  = ظرفیت راه برای دو جهت در شرایط واقعی راه و ترافیک و برای کیفیت ترافیک مورد نظر، برحسب وسیله نقلیه در ساعت.

$V/C$  = نسبت حجم ترافیک برای کیفیت مورد نظر به ظرفیت در شرایط آرمانی که از جدول ۸.۴، به دست می‌آید.

$f_1$  = ضریب تعدیل برای توزیع ترافیک در دو جهت در یک قطعه راه که به شرح زیر است:

۱۰۰/۰	۹۰/۱۰	۸۰/۲۰	۷۰/۳۰	۶۰/۴۰	۵۰/۵۰	توزیع ترافیک دو جهت
۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۴	۱	ضریب تعدیل

$f_2$  = ضریب تعدیل برای عرض خط عبور و عرض مفید شانه.

$f_3$  = ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین در ترافیک که با فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$f_3 = \frac{1}{1 + T(E_t - 1) + B(E_b - 1)} \quad (\text{فرمول ۴.۴})$$

$T$  = نسبت تعداد کامیون‌ها و تریلی‌ها به کل ترافیک.

$B$  = نسبت تعداد اتوبوس‌ها به کل ترافیک.

$E_t$  = سواری معادل کامیون‌ها و تریلی‌ها از جدول ۴.۴.

$E_b$  = سواری معادل اتوبوس از جدول ۴.۴.

دوم - محاسبه ظرفیت جاده‌های دوخطه - شیب مشخص

در این حالت، تحلیل برپایه شیب سربالایی که از یک مسیر هموار (افقی) شروع شده است

انجام می‌گیرد. در صورتی که شیب‌های متعددی موجود باشد، می‌توان یک شیب متوسط را

با تقسیم کل اختلاف ارتفاع به طول، محاسبه کرد. فرمول تعیین ظرفیت برای یک شیب

متوسط سربالایی، به صورت زیر است:



$$SF = 2800 \left( \frac{V}{C} \right) f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \quad (\text{فرمول ۵.۴})$$

تعریف  $SF$  و  $V/C$  پیش از این بیان شد. تنها یادآور می‌شود که در این مورد برای تعیین نسبت یادشده، باید به نشریه شماره ۱۶۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مراجعه کرد.

$$= f_1$$

$$= f_2$$

$f_3$  = ضریب تعدیل برای اثر شیب روی خودروهای سواری که به روش زیر تعیین می‌شود:

$$f_3 = \frac{1}{1 + PI_p} \quad (\text{فرمول ۶.۴})$$

$$= P$$

$I_p$  = ضریب بازدارندگی برای خودروی سواری که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$I_p = 0.02(E - E_o) \quad (\text{فرمول ۷.۴})$$

$E$  = معادل خودروی سواری برای شیب، سرعت و طول شیب مشخص.

$E_o$  = معادل خودروی سواری برای شیب صفر درصد و سرعت مشخص.

$f_4$  = ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین در سربالایی که به روش زیر تعیین می‌شود:

$$f_4 = \frac{1}{1 + P_{hv}(E_{hv} - 1)} \quad (\text{فرمول ۸.۴})$$

$P_{hv}$  = درصد کل وسایل نقلیه سنگین در سربالایی.

$E_{hv}$  = سواری معادل برای کل وسایل نقلیه سنگین موجود در سربالایی که از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$E_{hv} = 1 + (0.25 + P_t)(E - 1) \quad (\text{فرمول ۹.۴})$$

$P_t$  = نسبت کامیون‌ها در کل وسایل نقلیه سنگین که از تقسیم درصد کامیون‌های موجود به کل

درصد وسایل نقلیه سنگین در ترافیک به دست می‌آید و فرمول آن به شرح زیر است.

$$P_t = \frac{T}{T + B} \quad (\text{فرمول ۱۰.۴})$$

$T$  = نسبت تعداد کامیون‌ها و تریلی‌ها به کل ترافیک در سربالایی.

$B$  = نسبت تعداد

جدول ۴.۸. نسبت حجم ترافیک به ظرفیت در شرایط آرمانی راه، برحسب طبقه‌بندی و کیفیت ترافیک

نسبت $V/C$																		درصد فوت وقت (تأخیر)	کیفیت ترافیک			
منطقه کوهستانی						میانگین سرعت حرکت km/h	منطقه تپه ماهوری						میانگین سرعت حرکت km/h	منطقه هموار						میانگین سرعت حرکت km/h		
درصد مناطق سبقت ممنوع							درصد مناطق سبقت ممنوع							درصد مناطق سبقت ممنوع								
۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۰		۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰	۲۰	۰		۱۰۰	۸۰	۶۰	۴۰				۲۰	۰
۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۴	≥ ۹۰	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۵	≥ ۹۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۱۵	≥ ۹۳	≤ ۳۰	الف
۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۵	≥ ۸۶	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۶	≥ ۸۶	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۷	≥ ۸۸	≤ ۴۵	ب
۰/۱۶	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۳۹	≥ ۷۸	۰/۲۸	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۲	≥ ۸۲	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۴۳	≥ ۸۳	≤ ۶۰	پ
۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۵۸	≥ ۷۲	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۶۲	≥ ۷۸	۰/۵۷	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۴	≥ ۸۰	≤ ۷۵	ت
۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۹۱	≥ ۵۶	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۷	≥ ۶۴	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	≥ ۷۲	> ۷۵	ث
-	-	-	-	-	-	< ۵۶	-	-	-	-	-	-	< ۶۴	-	-	-	-	-	-	< ۷۲	۱۰۰	ج

\* میانگین سرعت حرکت تمام وسایل نقلیه، برای راه‌هایی با سرعت طرح بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت است. هرگاه سرعت طرح راه، کمتر از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت باشد، باید به ازای هر ۱۰ کیلومتر در ساعت کاهش در سرعت طرح، میانگین سرعت حرکت، ۴ ساعت کاهش یابد.

## ۵. مسیریابی

در پی مشخص شدن نیاز و نوع طرح، باید نخست مسیر راه طرح‌های راهسازی جدید و در موارد ضروری طرح‌های بهسازی راه موجود، تعیین شود و پس از آن، طراحی اصلی و کلی هندسی راه، روسازی راه و نوع تکنولوژی مورد استفاده برای ساخت آن مشخص گردد. هر یک از عوامل یادشده دارای گزینه‌های متفاوت است و ترکیب‌های مختلف این گزینه‌ها با یکدیگر نیز در مجموع مؤلفان و مهندسان طراح را با گزینه‌های بسیاری رو به رو می‌کنند و از این رو، نخست باید این گزینه‌ها شناسایی و بررسی گردد تا آن گاه از میان آنها گزینه بهینه انتخاب شود. در این بند، به کوتاهی درباره مسیریابی و در بندهای دیگر، درباره سایر عوامل مورد اشاره به کوتاهی سخن گفته خواهد شد.

به طور معمول توپوگرافی مسیر عبور راه و ملاحظات اقتصادی و اجتماعی و زیست محیطی، تعیین کننده مسیر راه است. عوامل یادشده در حقیقت متغیرهای بیرونی تعیین کننده شمار مسیرهای بالقوه راه است. از سوی دیگر، در چارچوب متغیرهای پیش‌گفته، مشخصات هندسی راه و نوع تکنولوژی مورد استفاده در ساخت راه، بر تعیین و انتخاب مسیر راه تأثیر می‌گذارد. یادآور می‌شود که مسیرهای مختلف می‌توانند فایده‌های متفاوتی ایجاد کنند؛ زیرا قلمرو تأثیرگذاری طرح از نظر فایده، تابع مسیر آن است. افزون بر آن، مسیرهای مختلف، موجب تفاوت طول راه و هزینه‌های ساخت، هزینه‌های نگهداری، هزینه‌های عملیاتی (کاربران) خواهد شد.

گاه در طرح‌های بهسازی راه‌های موجود باید مسیر جدید خارج از دالان (کریدور) راه موجود و در دالان دیگری تعیین شود. درباره راه‌های جدید نیز به خودی خود، انتخاب بهترین دالان عبور راه مطرح است. منظور از دالان (کریدور)، باریکه‌ای از زمین است که دو نقطه مبدأ و مقصد راه را به هم پیوند می‌دهد. این دالان باید به ترتیبی انتخاب شود که بتوان راه مورد نظر را برپایه استانداردهای اصلی و کلی تعیین شده طراحی هندسی در داخل آن ساخت. به طور معمول دالان‌های راه با در نظر گرفتن سه هدف کلی زیر تعیین می‌شود.

**یک -** دالان‌های انتخابی باید دارای عرض کافی باشند تا بتوان برپایه استانداردهای طراحی هندسی راه، خط محوری راه را تعیین و یا جا به جا کرد.

**دو -** ویژگی‌های جغرافیایی و زمین فیزیکی (ژئوفیزیکی) مسیر دالان باید استوار و پایدار و سازگار و منطبق با مقتضیات ساخت، نگهداری، و عملیاتی (کاربری) راه مورد نظر باشد.

**سه -** اثرهای زیان‌آور زیست محیطی آن کمینه (حداقل)، و جنبه منظرآرایی آن بیشینه باشد.

برای تعیین دالان سودمند و پذیرفتنی، باید از دانش مهندسان باتجربه و ورزیده در زمینه‌های ترافیک، نقشه‌برداری، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، سازه، و طراحی هندسی راه استفاده کرد. هرگاه در مراحل نخست مطالعه راه، بهترین دالان از میان گزینه‌های مختلف آن تعیین نگردد، در مرحله‌های بعدی، هیچ ابتکار و کوشش مهندسی قادر به جبران و از بین بردن کاستی‌های احتمالی آن نخواهد بود. تمام گزینه‌های مختلف دالان (کریدور) راه باید برپایه روش‌ها، داده‌ها، و مبدأ و مقصد یکسان مورد بررسی قرار گیرد. برای مطالعه دالان‌ها به اطلاعات زیر نیاز است.

- کاربری زمین، میزان و تراکم جمعیت.
- چینه‌بندی زمین‌شناسی و زمین‌فیزیکی (ژئوفیزیکی).
- امکانات بالقوه منطقه مسیر راه برای توسعه و تحولات صنعتی، سکونت، زراعتی، تفریحی (تغییرهای کاربری زمین).
- شمار و شرایط و نوع راه‌های موجود در منطقه.
- تسهیلات و خدمات عمومی برنامه‌ریزی شده و بالقوه اموری همچون حمل و نقل (برای موارد غیر از راه)، سدسازی، خطوط برق، گاز، آب و نواحی تفریحی.
- تصویر عوامل محدود (کنترل) کننده همچون راه‌آهن، پل‌ها و سایر سازه‌ها، خطوط برق فشار قوی، مسائل مربوط به نوع زمین و دسترسی.
- برای انتخاب دالان باید عوامل زیر مورد توجه قرار گیرد:
- محدودیت حاصل از استانداردهای تعیین شده طراحی هندسی راه از قبیل بیشینه (حداکثر) میزان شیب و کمینه (حداقل) قوس قابل قبول.
- کنترل‌های زمین‌فیزیکی (ژئوفیزیکی) همچون شکل طبیعی زمین و شیب آبگذرها، خطوط ساحلی، مرزهای املاک، ممنوعیت استفاده از زمین برای موارد دیگر و پرهیز از زمین‌های فرسایشی نامناسب.
- گذر از نقاطی که دسترسی به آنها به عنوان تکلیف معین شده است.
- کنترل‌های زیست‌محیطی که از سوی سازمان حفاظت محیط زیست تعیین شده است.
- در نظر گرفتن صرفه‌جویی و پرهیز از گزینه‌هایی که هزینه بسیار بالایی دارند.

## ۵.۱. توجه به منظر آرای

همواره به هنگام انتخاب گزینه‌های دالان راه، باید ملاحظات منظر آرای نیز مورد توجه قرار گیرد. در مواردی که امتیاز گزینه‌های مختلف دالان‌ها یکسان است، کیفیت چشم‌انداز مسیر می‌تواند

عامل تعیین کننده باشد. برای طراحی مسیر، بهتر است که راه و مسیر قائم و افقی آن با محیط اطراف هماهنگ شود و به این منظور بهتر است که:

- استقرار مسیر به گونه‌ای باشد که احداث راه جدید، در صورت امکان، محیط طبیعی اطراف را حفظ کند و امکان دیدن چشم‌اندازهای پیرامون را فراهم آورد.
- برای سازگاری نیمرخ طولی و مسیر کلی راه با طبیعت پیرامون، خاکریزها و خاکبرداری‌های نازیبیا و ناهماهنگ با محیط اطراف در حد مقدور کاهش یابد.
- در مناطق زیبای طبیعی، در صورت امکان، در نظر گرفتن میانه‌های عریض و مسیرهای مستقل از هم، می‌تواند از یکنواختی مسیر بکاهد و چشم‌اندازهای بهتری فراهم آورد.
- پل‌ها، تونل‌ها و دیوارهای حایل، در مقایسه با خاکبرداری‌ها و خاکریزهای پرحجم، از دیدگاه زیبایی و جلوه مسیر، گزینه‌های مناسب‌تری خواهد بود.

## ۵.۲. در نظر گرفتن ساخت مرحله‌ای راه

در طراحی هندسی راه‌ها، امکان اتصال قطعه‌ای از مسیر مورد طراحی به شبکه راه‌های موجود کشور، و نیز امکان توسعه احتمالی راه به خط‌های عبور بیشتر، باید مورد توجه قرار گیرد. از این رو طراحی مسیر هندسی راه، با توجه به شبکه موجود کشور و موقعیت مسیر مورد مطالعه و ملاحظات مربوط به محدودیت منابع مالی دولت، باید با توجه به مطالب دو بند زیر انجام گیرد.

### ۵.۲.۱. مطالعه مسیر با بررسی امکان اتصال آن به راه‌های موجود

راه معمولاً در آغاز و پایان خود به شبکه راه‌های کشور متصل می‌شود. نوع تقاطع، در محل اتصال به شبکه و بسته به شرایط محل و حجم ترافیک، متفاوت است. مسیرهای مورد نظر، با توجه به محدودیت‌های منابع مالی دولت و شرایط محلی راه، در چند قطعه طراحی و اجرا می‌شود. در بسیاری از موردها، امکان ساخت کامل تمام مسیر در یک مقطع زمانی معین فراهم نیست و از این رو، اجرای قطعات دیگر راه ممکن است در فاصله‌های زمانی متفاوت انجام پذیرد. با توجه به نکته مورد اشاره، مرحله‌بندی اجرا برای استفاده از قطعه‌های ساخته شده مسیر در فواصل زمانی بین مراحل مختلف، منطقی و الزامی است.

طراحان مسیر راه باید با در نظر گرفتن تمام شرایط پیش‌گفته، امکان استفاده کوتاه مدت یا میان مدت از قطعه‌های ساخته شده و سرانجام، امکان بهسازی و اتصال قطعه‌ها به شبکه موجود کشور در درازمدت را در مطالعات خود مد نظر قرار دهند.

در اتصال کوتاه مدت، از راه موجود به صورت راه انحرافی استفاده می‌شود. در اتصال میان مدت نیز بهتر است امکان بهسازی اساسی و تغییر و تبدیل تدریجی راه موجود، به منظور پیوند قطعه ساخته شده به شبکه، در نظر گرفته شود.

### ۵.۲.۲. مطالعه مسیر با امکان توسعه خط‌های عبور

پیش‌بینی حجم ترافیک راه‌ها معمولاً برای یک دوره ۲۰ ساله بعد انجام می‌پذیرد. با توجه به مطالعات مربوط به حجم ترافیک مسیر، هرگاه برآورد شود که پس از زمان پیش‌بینی شده، حجم ترافیک از ظرفیت شمار خط‌های عبور در نظر گرفته شده بیشتر خواهد شد، باید در طراحی اولیه، امکان توسعه نهایی راه به خط‌های عبور بیشتر را در نظر گرفت و تدبیرهای مناسب را برای این مشکل اندیشید. در پیش‌بینی امکان توسعه راه‌هایی که در آینده دارای حداقل چهار خط عبور خواهد بود، بهتر است توسعه آتی شمار خط‌های عبوری اضافی، با استفاده از میانه عریض انجام پذیرد. این روش طرح و توسعه راه، نسبت به روش‌های دیگر، که مسیر اولیه در وسط حریم راه قرار گرفته و توسعه از دو طرف صورت می‌گیرد، دارای مزیت است. در این حالت، سرمایه‌گذاری اولیه برای اجرای روسازی، اجرای روگذرهای راه و تأمین سیستم‌های تخلیه آب‌های سطحی از میان نمی‌رود و با افزایش شمار خط‌های عبور، کارایی خود را حفظ می‌کند و اختلال کمتری در ترافیک مسیر ایجاد خواهد کرد.

### ۶. طراحی هندسی راه

طراحی و تعیین مشخصات ارکان ظاهری راه از قبیل: مسیر، عرض خط عبور، عرض شانه، عرض پل، پیچ‌ها (قوس‌های افقی)، خم‌ها (قوس‌های عمودی)، شیب‌های طولی، شیب‌های عرضی، بر بلندی، عرض آزاد، ارتفاع آزاد را طرح هندسی راه می‌خوانند. برای طراحی هندسی راه، به طور معمول از بررسی‌ها، اطلاعات و داده‌های زیر استفاده می‌شود.

**یک -** مطالعات مربوط به مسیریابی و بررسی‌ها و نقشه‌برداری‌های انجام شده که در بند ۵ درباره این توضیح داده شد.

**دو -** مطالعات ژئوتکنیکی. این مطالعات، اطلاعات مربوط به جنس خاک‌های موجود در مسیر راه و یا در مجاورت آن؛ محل و جنس مصالح مناسب برای به کار بردن در خاکریزها؛ محل و جنس مصالح مناسب برای به کار بردن در لایه‌های روسازی کار؛ نوع مواد تثبیت کننده مناسب برای خاک‌های سست؛ محل و ژرفای آب‌های زیرزمینی موجود در مسیر راه و سایر مناطق مجاور

آن را در اختیار می‌گذارد. با استفاده از این اطلاعات و اطلاعات مربوط به آب‌های سطحی و رانش زمین، سازه‌های مربوط به روسازی راه، پی پل‌ها، و دیوارهای حایل و مانند آن طراحی می‌شود.

**سه** مطالعات هیدرولوژی و هیدرولیک. با استفاده از این مطالعات سیستم تخلیه آب‌های سطحی و ابنیه فنی و تسهیلات مربوط طراحی می‌شود. ابنیه فنی و تسهیلات متداول برای تخلیه یا عبور آب‌های سطحی عبارت است از: پل‌ها، آبروها، کانال‌ها، نهرهای کنار راه، قنوه‌های حاشیه و میانه راه، جدول‌ها، آماس‌ها (جدول‌های آسفالتی) و ناودانی‌ها. مطالعات یادشده داده‌های ضروری برای طراحی سازه‌های بزرگ و طراحی‌های مربوط به سازه‌های هیدرولیکی را در اختیار می‌گذارد.

**چهار** معیارهای طراحی. معیارها، استانداردهای کمیته‌ای (حداقلی) است که از سوی وزارت راه و ترابری و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تعیین شده و رعایت آن الزامی است. در آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها (نشریه ۱۶۱)، معیارهای کمیته (حداقل) طراحی هندسی راه تعیین شده است و در همان آیین‌نامه گفته شده در موردی که تحلیل فایده و هزینه، حجم ترافیک، و شرایط ایمنی راه اجازه دهد، می‌توان گام را فراتر گذاشت و مقادیر بالاتر از کمیته تعیین شده در آیین‌نامه را، در طراحی به کار برد. هرگاه در موردی کنار گذاردن معیارهای اجباری بنا به دلایل مستند و پذیرفتنی ضرورت یابد، موردهای یادشده باید به تصویب کمیته‌ای که از سوی وزارت راه و ترابری تعیین می‌شود، برسد. از موردهای مصوب نمی‌توان به طور عام استفاده کرد. با توجه به گستره مطالب و داده‌های مورد نیاز برای طراحی هندسی راه، همواره گزینه‌های متفاوتی پیش روی طراحان قرار می‌گیرد که باید برحسب مورد با محاسبه فایده خالص اقتصادی و یا کمترین هزینه اقتصادی و ملاحظات زیست محیطی آنها، گزینه بهینه انتخاب شود.

## ۷. روسازی راه

در «آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران - نشریه شماره ۲۳۴» که به وسیله وزارت راه و ترابری و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در سال ۱۳۸۱ منتشر شده و قسمت عمده مطالب این بند از آن نقل شده است، معیارهای اجباری که برای تأمین هدف‌های اصلی طراحی از اولویت خاص برخوردارند و نباید از آنها عدول کرد، تعیین شده است. افزون بر آن، معیارهایی که جنبه توصیه دارند نیز مشخص شده است. در مطالعه طرح‌های راهسازی، در نظر گرفتن معیارهای یادشده الزامی است.

هدف از روسازی راه، فراهم آوردن یک سطح صاف و هموار و در عین حال با ایمنی کافی برای استفاده کنندگان از راه است. زمین طبیعی، بستر خاکریزهای آماده شده راه، و کف برش‌های خاکی و یا سنگی، حتی در شرایط کاملاً متراکم و خوب دانه‌بندی شده، مقاومت کافی برای تحمل بارهای وارده از چرخ خودرو را در شرایط متغیر جوی ندارد. بارگذاری این گونه خاک‌ها موجب شکست برشی و ایجاد تغییر شکل‌های دائم و بیش از اندازه آنها می‌شود. برای پیش‌گیری از شکست برش خاک و تغییر شکل‌های دائم، باید از شدت تنش‌های فشاری قائم بر روی خاک کاسته شود. به این منظور، لایه‌هایی از مصالح خوب و با مقاومت زیاد بر روی خاک قرار می‌گیرد که آن را سازه روسازی خاک می‌خوانند. جنس و ضخامت این لایه‌ها باید طوری باشد که در عین کاهش دادن شدت تنش‌های فشاری قائم به میزان قابل تحمل خاک بستر روسازی، خود نیز توانایی تحمل بارهای وارد بر آن را دارا باشد.

به طور معمول، بار وسیله نقلیه از طریق چرخ آن، در سطح تماس کمانی شکل، به سطح روسازی منتقل می‌شود. شدت تنش وارده در زیر نقاط واقع در سطح زیر بار، حداکثر است و با افزایش فاصله از این سطح، کاهش می‌پذیرد. با توجه به این اصل، لایه‌هایی بر روی بستر روسازی به اجرا در می‌آید. ضخامت و کیفیت مصالح روسازی، به نوع و درجه‌بندی راه، مقاومت خاک بستر، میزان و ترکیب ترافیک، شرایط جوی منطقه، نوع مصالح قابل دسترسی و هزینه آنها بستگی دارد. از این رو، طراحی سازه روسازی برپایه بررسی ژئوتکنیکی خاک بستر روسازی، منابع مصالح، شرایط اقلیمی و جوی منطقه عبور راه، و میزان ترافیک و ترکیب آن انجام می‌گیرد و گزینه‌های مختلف مشخص می‌گردد تا در نهایت، گزینه بهینه تعیین و انتخاب شود.

## ۱.۷. بستر روسازی راه

بستر روسازی راه، سطح لایه متراکم شده خاکریزها، برش‌ها و یا زمین طبیعی موجود و یا زمین اصلاح شده است. کیفیت خاک بستر، میزان تحمل بارگذاری، حساسیت و آسیب‌پذیری آن در برابر عوامل جوی، در انتخاب لایه‌های روسازی نقش تعیین کننده دارد. نخستین لایه روسازی راه، روی بستر روسازی قرار می‌گیرد. بستر روسازی که در نهایت، پی روسازی راه محسوب می‌شود، همه بارهای وارده ناشی از حجم روسازی و وسایل نقلیه روی آن را، تحمل می‌کند. بستر روسازی راه، برحسب مسیر راه، به صورت خاکریزی یا خاکبرداری، یا برش سنگی و یا زمین طبیعی آماده می‌گردد.



یکی از مهمترین عواملی که در طراحی روسازی، به ویژه روسازی‌های انعطاف پذیر یا آسفالتی، تأثیر می‌گذارد و باید مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار گیرد، خصوصیات و مشخصات خاک بستر روسازی است؛ زیرا در حقیقت این خاک بستر روسازی است که در نهایت باید تحمل همه بارهای وارد بر روسازی را بنماید. خاک بستر روسازی باید از نظر مقاومت و قابلیت تراکم مورد بررسی قرار گیرد تا رفتار و کارکرد روسازی در کوتاه مدت و درازمدت مشخص شود.

مقاومت و قابلیت تراکم خاک، خود بستگی به سایر مشخصات اصلی خاک از قبیل: جنس، میزان رطوبت، دانه‌بندی، خاصیت خمیری، وزن مخصوص و غیره دارد که این مشخصات باید نخست مورد مطالعه قرار گیرد تا تأثیر آنها بر روی مشخصات خاک تعیین شود. به این منظور، باید از بررسی‌های ژئوتکنیکی که در بند ۶ به آن اشاره شد، استفاده گردد. انجام نگرفتن این بررسی‌ها به شیوه‌ای اصولی و صحیح، منجر به طراحی دست بالا و یا دست پایین روسازی خواهد شد. چگونگی آماده سازی بستر روسازی راه، تراکم بستر روسازی راه، مقاومت خاک بستر روسازی راه، و کنترل سطح بستر روسازی راه در «نشریه شماره ۲۳۴» تعیین شده است.

## ۲.۷. زیراساس

زیراساس، به طور معمول نخستین لایه‌ای است که روی بستر آماده شده روسازی راه قرار می‌گیرد. مصالح زیراساس از بستر رودخانه‌ها، مخروط افکنه‌ها و یا معادن کوهی (سنگ شکسته) تهیه می‌شود و در موردهایی که ضرورت فنی و ملاحظات مربوط به هزینه ایجاب نماید از تثبیت خاک با قیر، سیمان، آهک و یا افزودنی‌های شیمیایی استفاده می‌شود.

نقش زیراساس در روسازی راه آن است که فشارهای وارده از لایه‌های بالای روسازی به وسیله آن تعدیل و به بستر راه منتقل گردد، به طوری که تنش‌های ایجاد شده سبب نشست و یا تغییر شکل غیرمجاز بستر راه نشود. با تغییر ضخامت زیراساس می‌توان فشار وارده بر سطح بستر روسازی راه را تنظیم کرد.

دانه‌بندی زیراساس باید طوری باشد که از نفوذ مواد ریزدانه خاک بستر روسازی به لایه اساس جلوگیری کند و از این رو، باید دانه‌بندی پیوسته‌ای داشته باشد. در مناطقی که عمق نفوذ یخبندان به زیراساس می‌رسد، باید مصالح زیراساس طوری انتخاب شود که در برابر یخبندان حساسیت نداشته باشد و از جمع شدن آب زیاد ناشی از نفوذ آب‌های سطحی و یا تراوشی در لایه روسازی جلوگیری کند و از این رو، باید خاصیت زهکشی مطلوب برای تخلیه سریع آب را داشته باشد. انواع متداول زیراساس به شرح زیر است:

**یکم -** زیراساس با شن و ماسه رودخانه‌ای. زیراساس به طور معمول، از شن و ماسه بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای و یا واریزه‌ها و سایر معادن به دست می‌آید. هرگاه این مصالح دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات داشته باشد، باید آنها را به وسیله سرندهای مکانیکی سرند نمود و دانه‌بندی مناسب برای کاربرد در لایه زیراساس را تأمین کرد.

**دوم -** زیراساس از سنگ شکسته کوهی یا قلوه سنگ شکسته. سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ‌های درشت طبیعی می‌تواند در سنگ شکن، شکسته و سپس سرند گردد و پس از اختلاط با سایر مصالح، در لایه زیراساس به کار رود. به طور معمول، مصالح شکسته شده دارای مقاومت و بارپذیری بیشتری نسبت به مصالح شکسته نشده است. مصالحی که برای ساخت لایه زیراساس (و نیز اساس و رویه شنی)، به کار می‌رود باید دارای مشخصات ویژه‌ای باشد. این مشخصات عبارت است از: دانه‌بندی، سختی، دوام، خواص خمیری، شکل دانه‌ها، و نفوذپذیری که در «نشریه شماره ۲۳۴» تعیین شده است.

**سوم -** زیراساس تثبیت شده. در محل‌هایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، می‌توان با اضافه کردن مواد تثبیت کننده مانند سیمان و آهک و یا قیر، آن را پایدار کرد. در زمین‌هایی که آلوده به مواد مضر هستند که روی سیمان اثر مخرب می‌گذارند و در جاهایی که احتمال رشد و رویدن گیاهان وجود دارد، می‌توان از زیراساس آهکی استفاده کرد.

### ۳.۷. اساس

لایه اساس، دومین لایه روسازی راه است که با مشخصات و ضخامت‌های معین در زیر لایه آسفالت و روی لایه زیراساس قرار می‌گیرد. مصالح این لایه می‌تواند متشکل از سنگ کوهی شکسته، شن و ماسه رودخانه‌ای شکسته، سرباره کوره‌های ذوب آهن و یا ماکادام باشد. در شرایطی که ضرورت‌های فنی و کاهش هزینه‌ها ایجاب نماید، مصالح اساس را می‌توان از تثبیت مصالح طبیعی و یا شکسته با قیر، یا سیمان و یا آهک، زیر عنوان «اساس قیری» و «اساس سیمانی» و یا «اساس آهکی» فراهم آورد.

نقش لایه اساس آن است که بارهای وارده از لایه‌های بالاتر روسازی را تعدیل نماید و به لایه زیراساس منتقل کند تا تنش وارده بر زیراساس سبب شکست و یا تغییر شکل غیرمجاز آن نشود. لایه اساس که با مشخصات فنی معین تهیه و پخش شود دارای خاصیت نفوذپذیری بیشتری نسبت به لایه زیراساس خواهد بود. انواع اساس در روسازی راه به شرح زیر است:

**یک -** اساس شن و ماسه‌ای شکسته. در این نوع اساس، شن و ماسه حاصل از رودخانه‌ها را مشروط بر آن که دارای مشخصات فنی لازم باشد، می‌توان از سنگ شکن عبور داد و با دانه‌بندی لازم در لایه اساس به کار برد.

**دو -** اساس سنگ کوهی شکسته و یا قلوه سنگ شکسته. در این نوع اساس، سنگ‌های استخراج شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ‌های درشت رودخانه‌ای در سنگ شکن‌ها، شکسته و سپس سرند می‌شود و برپایه مشخصات تعیین شده در لایه اساس به کار می‌رود.

**سه -** اساس ماکادامی. در این نوع اساس، از سنگ کوهی و یا سنگ‌های رودخانه‌ای استفاده می‌شود. مصالح دانه درشت برپایه مشخصات پخش می‌گردد و سپس مصالح ریزدانه بر روی آن پخش می‌گردد و به روش خشک یا مرطوب کوبیده می‌شود.

**چهار -** اساس قیری. در این نوع اساس، لایه آسفالت گرم به طور مستقیم به روی لایه زیراساس قرار می‌گیرد. اساس قیری دارای دانه‌بندی درشت‌تر و مقدار قیر آن کمتر از آسفالت آستر و رویه است. بیشینه (حداکثر) قطر سنگدانه‌های آن تا ۵۰ میلیمتر و در مواردی نیز تا ۷۵ میلیمتر می‌رسد. در «آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران - نشریه شماره ۲۳۴»، استفاده از اساس قیری جز برای شرایط خاص مانند مناطق در معرض یخبندان و بارندگی زیاد، توصیه نشده است.

## ۰۴.۷. رویه راه

لایه رویه، به طور معمول از جنسی خیلی مرغوب و با مقاومت زیاد است. لایه رویه، بالاترین لایه روسازی است و به طور مستقیم در تماس با چرخ‌های وسایل نقلیه قرار دارد. لایه رویه در راه‌های با ترافیک زیاد، از مصالح خیلی خوب نظیر بتن آسفالتی و یا بتن سیمانی ساخته می‌شود. در راه‌های با ترافیک متوسط، گاه از رویه‌های مخلوط در محل و یا رویه‌های آسفالت سطحی استفاده می‌شود. در راه‌های با ترافیک کم، مانند راه‌های فرعی درجه دو و راه‌های روستایی، از رویه‌های شنی استفاده می‌شود.

رویه‌های آسفالتی با ضخامت زیاد، به طور معمول در دو لایه ساخته می‌شود. لایه زیرین که به لایه آستر موسوم است، درصد قیر کمتری از لایه رویی که لایه رویه (توپکا) نامیده می‌شود، دارد. بین لایه‌های آستر (بیندر) و رویه بتن آسفالتی، از یک لایه اندود قیری که اندود سطحی نامیده می‌شود، استفاده می‌کنند. هدف از به کار بردن اندود سطحی ایجاد چسبندگی و پیوستگی بین دو لایه آسفالتی است. بین لایه رویه آسفالتی و اساس غیرآسفالتی (شن و ماسه‌ای و یا سنگ شکسته)، از یک لایه

اندود قیری استفاده می‌شود که آن را اندود نفوذی می‌خوانند. هدف از به کار بردن اندود نفوذی، ایجاد چسبندگی و پیوستگی بین یک لایه آسفالتی با یک لایه غیرآسفالتی است. امتیاز دیگر استفاده از اندود نفوذی، غیرقابل نفوذ کردن اساس غیرآسفالتی در برابر آب است.

کاربرد آسفالت برای اجرای رویه راه به سه حالت آسفالت حفاظتی، آسفالت سرد، و آسفالت گرم است که در زیر توضیح کوتاهی درباره آنها داده می‌شود.

#### ۱.۴.۷ آسفالت حفاظتی

پخش قیر در راه‌های خاکی، شنی، آسفالتی و بتنی، و بلافاصله پخش سنگدانه بر روی آن، و یا قیرپاشی بدون سنگدانه و با استفاده از مخلوط‌های آسفالتی پیش ساخته از نوع دوغاب قیری (اسلاری سیل) و یا آسفالت متخلخل، آسفالت حفاظتی خوانده می‌شود. ضخامت این نوع رویه سازی حداکثر ۲۵ میلیمتر است که بخشی از سازه بارپذیری راه محسوب نمی‌شود و کارکرد سازه‌ای ندارد.

آسفالت‌های حفاظتی برای غیرقابل نفوذ کردن بستر راه، افزایش تاب سایشی و لغزشی آن و نیز بهسازی موقت رویه‌های موجود آسفالتی و بتنی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع رویه سازی، به دلیل سرعت و آسانی اجرا و نیاز محدود به ماشین‌آلات و تجهیزات آسفالتی در مقایسه با آسفالت گرم، هزینه بسیار کمتری دارد. کاربرد انواع آسفالت‌های حفاظتی در صورت استفاده از قیرهای معمولی و بدون مواد افزودنی، محدود به موارد ترافیک سبک و متوسط می‌گردد و در هر یک نیز به منظور خاصی، به شرح زیر اجرا می‌شود:

**یکم -** رویه آسفالتی سطحی. در راه‌هایی که احداث رویه‌های بتنی یا بتن آسفالتی، با توجه به ترافیک موجود و آینده، از نظر هزینه اقتصادی آن قابل توجیه نیست، بعد از اجرای لایه‌های زیراساس و اساس شنی، به روی آن یک یا دو لایه آسفالت سطحی می‌کنند.

**دوم -** افزایش تاب سایشی. اجرای آسفالت حفاظتی، تاب سایشی راه‌های شنی را افزایش می‌دهد و از کاهش رویه شنی و جدا شدن سنگدانه‌های ریز و درشت آن از بستر راه جلوگیری می‌کند و از این رو، دوام و تاب‌آوری آن را بهبود می‌بخشد.

**سوم -** افزایش تاب لغزشی. سطوح قیرزده و لغزنده، به علت نداشتن تاب لغزشی، به ویژه پس از بارندگی و هنگام خیس بودن سطح راه و یا جمع شدن آب حاصل از نزولات جوی، برای استفاده کنندگان از راه، حوادث زیان باری ایجاد می‌کند. اجرای آسفالت سطحی در این راه‌ها موجب افزایش مقاومت لغزشی و از این رو، افزایش ایمنی ترافیک می‌شود.

**چهارم -** آب‌بندی رویه راه. ورود و نفوذ هوا و آب از طریق فضای خالی در رویه‌های آسفالتی، حتی برای راه‌های تازه ساخته شده، از عوامل اصلی آسیب دیدگی محسوب می‌شود. اجرای آسفالت حفاظتی روی این سطوح، فضای خالی و حفره‌های موجود سطحی را مسدود می‌کند و از نفوذ آب و هوا به لایه‌های آسفالتی و غیرآسفالتی لایه‌های روسازی و زیرسازی جلوگیری می‌کند.

**پنجم -** روسازی مرحله‌ای. در راه‌هایی که تکمیل ضخامت روسازی در چند مرحله انجام می‌شود، می‌توان در نخستین مرحله اجرای طرح، از آسفالت سطحی استفاده کرد و در مراحل بعدی، آن را با لایه‌های آسفالتی روکش و تقویت کرد. امتیاز استفاده از این روش آن است که پیش از اجرای لایه‌های بتن آسفالتی، هرگونه نقص غیرقابل پیش‌بینی مشخص می‌شود و پس از اصلاح آن، می‌توان نسبت به اجرای بتن آسفالتی اقدام کرد.

**ششم -** بهسازی راه. رویه‌های آسفالتی را که به مرور زمان اکسیده و فرسوده شده است، ولی نواقص اساسی و سازه‌ای ندارد، می‌توان با آسفالت حفاظتی و هزینه کمتری بهسازی کرد. انجام آسفالت حفاظتی در این موردها و پس از عملیات اصلاحی و ترمیمی از قبیل: لکه‌گیری، درزگیری ترک‌ها، تسطیح فراز و نشیب‌ها، و سایر تعمیرهای سطحی، قابلیت خدمت‌دهی را افزایش می‌دهد و افزون بر آن، سطح یکنواختی را برای رویه راه تأمین می‌کند.

**هفتم -** افزایش خاصیت بازتابندگی رویه راه. سطوح تیره رنگ رویه‌های سیاه آسفالتی، به دلیل محدود کردن گستره دید رانندگان وسایل نقلیه در شب، خطراتی ایجاد می‌کند. این نقص عمده را می‌توان با اجرای یک لایه آسفالت سطحی با مصالح شفاف و روشن که درست طراحی و اجرا شده باشد، مرتفع کرد.

#### ۲.۴.۷. آسفالت سرد

آسفالت سرد از اختلاط سنگدانه‌ها با قیرهای محلول، یا قیرابه‌ها در دمای محیط تهیه می‌شود و در همین دما، پخش و متراکم می‌گردد. آسفالت سرد را می‌توان در مسافت‌های زیاد حمل و سپس پخش کرد؛ و یا آن را در کارگاه انبار و در زمانی دیگر، مورد استفاده قرار داد.

آسفالت سرد در تمام لایه‌های روسازی کاربرد دارد؛ مشروط بر آن که تمام ضوابط و معیارهای طراحی و محدودیت‌های ناشی از ترافیک مسیر، رعایت شود. این نوع آسفالت در لایه‌های رویه، آستر، و اساس قیری برای ترافیک سبک و متوسط، و در لایه اساس آسفالتی، برای ترافیک سنگین و خیلی سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

ضرایب هم ارزی آسفالت سرد نسبت به آسفالت گرم، برحسب این که آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل و با دانه‌بندی درشت و یا ماسه‌ای باشد، متفاوت است و بین ۱/۳ تا ۲ تغییر می‌کند. آسفالت سرد را می‌توان برای ترافیک سبک و یا متوسط طراحی کرد و هرگاه در آینده، ترافیک راه سنگین شد آن را با آسفالت گرم روکش کرد تا موجب تقویت راه شود. آسفالت سرد را برحسب روش تهیه و طراحی می‌توان به دو دسته زیر تقسیم کرد:

**یکم -** آسفالت سرد کارخانه‌ای. این نوع آسفالت در کارخانه‌های ثابت و مرکزی تولید می‌شود و سپس برای پخش به محل اجرای روسازی حمل می‌گردد. در تمام مراحل ساخت آن، از فراگرد تنظیم دانه‌بندی، توزین سنگدانه‌ها و اختلاط با قیر، کنترل‌های لازم همان گونه که در تولید آسفالت گرم صورت می‌پذیرد، باید رعایت شود. یادآور می‌شود که در موارد استفاده از قیرابه، مراحل حرارت دادن و یا خشک کردن سنگدانه‌ها دیگر انجام نمی‌شود.

**دوم -** آسفالت سرد مخلوط در محل. آسفالت سرد مخلوط در محل با دو روش زیر تهیه می‌شود:

- نوع مخلوط در محل که سنگدانه‌ها در کنار و امتداد راه ریسه می‌شود و روی آن قیر می‌پاشند و سپس عمل اختلاط و پخش با گریدر یا وسایل نظیر آن انجام می‌گیرد.
- نوع مخلوط در کارگاه که عمل اختلاط قیر و سنگدانه‌ها در کارگاه‌های ثابت یا موقت انجام می‌گیرد و مخلوط تهیه می‌گردد و سپس برای پخش به محل اجرا حمل می‌شود.

سنگدانه‌ها در آسفالت سرد، اعم از کارخانه‌ای یا مخلوط در محل را می‌توان از اختلاط مصالح درشت دانه حاصل از شکستن سنگ کوهی، شن رودخانه‌ای، سرباره کوره آهن گدازی، یا ماسه شکسته، ماسه شسته، و یا مخلوط این دو و در صورت نیاز فیلر، تهیه کرد.

### ۳.۴.۷. آسفالت گرم

بتن آسفالتی گرم مخلوطی است از سنگدانه‌های شکسته و دانه‌بندی شده و فیلر که در کارخانه آسفالت حرارت داده می‌شود و با قیر گرم در درجه حرارت‌های معین مخلوط و به همان صورت گرم برای مصرف در راه، حمل و پخش و کوبیده می‌گردد.

دوام زیاد، تولید یکنواخت، کنترل درجه حرارت و رطوبت مصالح، و آماده شدن سریع برای عبور ترافیک از مزایای بتن آسفالتی گرم است که بدون هیچگونه محدودیتی در راه‌ها مورد مصرف قرار می‌گیرد. انواع بتن آسفالتی گرم مصرفی در لایه‌های روسازی راه به شرح زیر است:

- آسفالت رویه (توپکا). آسفالت رویه آخرین لایه آسفالتی است که در تماس مستقیم با بارهای وارده از ترافیک و عوامل جوی محیط قرار می‌گیرد. آسفالت رویه، به گونه‌ای طراحی و اجرا

می‌گردد که تحمل بارهای وارده را داشته باشد و در مقابل اثرهای سوء آب، یخبندان و تغییرات درجه حرارت مقاومت کند و دوام آورد. لایه رویه به طور معمول، نسبت به لایه آستر و اساس قیری دارای دانه‌بندی ریزتر و فضای خالی سنگدانه‌ها زیادتر و از این رو، دارای قیر بیشتری است. برای افزایش مقاومت در مقابل لغزندگی و هدایت آب‌های سطحی به منظور جلوگیری از ایستابی، می‌توان از یک لایه آسفالت رویه متخلخل با دانه‌بندی باز استفاده کرد. ضخامت این لایه حداقل دو سانتیمتر است که جزء سیستم روسازی منظور نمی‌شود و نمی‌توان از آن به عنوان لایه جایگزین رویه اصلی استفاده کرد.

**دوم - آسفالت آستر.** این لایه به طور معمول، بین لایه رویه و لایه اساس قیری و در صورت نبود لایه اساس قیری، بین لایه رویه و لایه اساس سنگ شکسته قرار می‌گیرد. دانه‌بندی آن درشت‌تر از آسفالت رویه و مقدار قیر آن کمتر است.

**سوم - اساس قیری.** این لایه به عنوان نخستین لایه روسازی آسفالتی، می‌تواند به طور مستقیم روی لایه زیراساس و یا اساس قرار گیرد. اساس قیری دارای دانه‌بندی درشت‌تر و مقدار قیر آن کمتر از آسفالت آستر و رویه است. استفاده از اساس قیری تنها برای شرایط خاص آب و هوایی، نظیر مناطق سردسیر و در معرض یخبندان و بارندگی زیاد توصیه شده است و استفاده از آن در موارد دیگر توصیه نشده است.

**چهارم - ماسه آسفالت.** این نوع آسفالت از اختلاط ماسه شکسته و یا ماسه طبیعی شسته و یا مخلوطی از این دو با قیر، تهیه می‌گردد. از ماسه آسفالت به عنوان لایه تسطیح آسفالت‌های قدیمی (قبل از روکش) نیز استفاده می‌شود. از آنجا که مقاومت مارشال ماسه آسفالت در مقایسه با مقاومت سایر مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی که دانه‌بندی درشت‌تر از ماسه دارند کمتر است از این رو، موارد مصرف آن باید به تناسب مقاومت مارشال آن و رابطه این مقاومت با انواع ترافیک سبک، متوسط، و سنگین انتخاب شود.

## ۵.۷. انواع روسازی

با توجه به توضیحات بندهای ۱.۷ تا ۴.۷، به کوتاهی می‌توان گفت که گزینه‌های مختلف روسازی‌ها از نظر نوع مصالح مصرفی در لایه رویه، شامل بتن، آسفالت و یا مختلط (بتن و آسفالت) است. انواع روسازی‌ها به سه گروه تقسیم می‌شود.

### ۱.۵.۷. روسازی سخت

در این نوع روسازی، رویه راه با بتن ساخته می‌شود. لایه بتنی، در شرایطی که خاک بستر روسازی از کیفیت مقاومتی مطلوبی برخوردار باشد و ترافیک، سنگین و یا خیلی سنگین نباشد، می‌تواند روی لایه زیراساس، و در غیر این صورت بر روی لایه‌های زیراساس و اساس قرار داده شود.

روسازی بتنی تاب فشاری و کششی زیاد دارد و بار ترافیک را، بدون تغییر شکل زیاد صفحه بتنی، در سطح گسترده‌تری به خاک بستر منتقل می‌سازد. در روسازی‌های سخت، مقاومت و کیفیت لایه بتنی، عامل تعیین کننده توان بارپذیری رویه است و تغییرات مقاومتی خاک بستر، نقش کمتری دارد.

### ۲.۵.۷. روسازی انعطاف پذیر

روسازی آسفالتی، تاب برشی مناسبی دارد ولی تاب کششی آن بسیار کم است. بارهای وارده بر روسازی آسفالتی در سطح نسبتاً کوچکتر و با گستردگی کمتری نسبت به روسازی بتنی، به خاک بستر منتقل می‌شود. در روسازی آسفالتی، معمولاً از سه نوع مصالح متمایز زیراساس، اساس، و آسفالت استفاده می‌شود. مقاومت و کیفیت خاک بستر، در پایداری روسازی آسفالتی، نقش تعیین کننده دارد.

روسازی تمام آسفالت نیز یکی از انواع روسازی‌های انعطاف پذیر است که در آن فقط از لایه‌های آسفالتی که مستقیماً روی بستر روسازی و یا بستر تقویت شده قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. در این نوع روسازی، مصالح زیراساس و یا اساس، کاربردی ندارد. همان گونه که پیش از این اشاره شد، روسازی‌های تمام آسفالت، تنها برای مناطق مرطوب و با یخبندان زیاد توصیه شده است.

### ۳.۵.۷. روسازی مختلط

روسازی مختلط، ترکیبی از دو نوع روسازی سخت و روسازی قابل انعطاف است. در واقع، در روسازی‌های مختلط و یا ترکیبی، اجزای روسازی از: لایه‌های مختلف غیرآسفالتی، آسفالتی و بتنی تشکیل می‌شود. در جدول زیر نمونه‌هایی از عوامل تشکیل دهنده انواع مختلف روسازی‌ها آورده شده است.



جدول ۴. ۹. نمونه‌هایی از عوامل تشکیل دهنده انواع مختلف روسازی‌ها

روسازی مختلط		روسازی انعطاف پذیر		روسازی سخت
رویه آسفالتی	رویه بتنی	رویه آسفالتی (تمام آسفالتی)	رویه آسفالتی (معمولی)	رویه بتنی
آسفالت	بتن	آسفالت	آسفالت	بتن
بتن	آسفالت	اساس قیری	اساس	اساس
زیراساس	اساس	بستر روسازی	زیراساس	زیراساس
بستر روسازی	زیراساس		بستر روسازی	بستر روسازی
	بستر روسازی			

### ۸. تعیین گزینه وضعیت پایه

از دیدگاه نظری، هر گزینه‌ای باید با گزینه «هیچ کاری انجام ندادن» و یا به سخن دیگر ادامه وضع موجود که آن را «گزینه وضعیت پایه» می‌خوانند، مقایسه شود. در مورد طرح‌های راهسازی، به ویژه در مورد طرح‌های تعمیر اساسی و یا بهسازی راه، فرض هیچ کاری انجام ندادن درباره راه موجود، فرض غیرواقعی است؛ زیرا به هر روی در طی دوره طرح مورد بررسی که معمولاً ۲۰ سال است، برای بهره‌مندی از کم‌ترین سطح خدمت حاصل از راه موجود باید هزینه‌های کمینه‌ای در مورد آن انجام پذیرد. از این رو، در گزارش توجیه طرح راهسازی همواره باید «گزینه وضعیت پایه» براساس بررسی و اتخاذ مفروضات درباره اقدام‌هایی که برای ادامه وضع موجود باید در طول دوره بررسی (به طور معمول ۲۰ سال) صورت پذیرد، مشخص و معین شود. تحلیل هزینه و فایده طرح، معطوف به مقایسه گزینه‌های پیشنهادی با گزینه وضعیت پایه است.

منظور از اصطلاح «گزینه وضعیت پایه» در واقع حالتی است که بدون انجام سرمایه‌گذاری عمده، بتوان از امکانات وضع موجود راه استفاده کرد؛ یعنی وضعیتی که هرگاه گزینه پیشنهادی به اجرا در نیاید و یا به سخن دیگر، سرمایه‌گذاری عمده جدیدی انجام نپذیرد، وجود خواهد داشت. با این توضیح، منظور از گزینه هیچ کاری انجام ندادن این است که در این گزینه، هیچ پیشنهادی مطرح نمی‌شود که ویژگی‌های فنی اصلی راه از قبیل: ظرفیت، مسیر، تحکیم روسازی و مانند آن تغییر یابد؛ اما از سوی دیگر، عملیات نگهداری جاری و روکش دوباره راه، حتی با توجه به افزایش هزینه‌های سالانه حاصل از اضافه شدن ترافیک، می‌تواند به عنوان کم‌ترین هزینه ضروری، برای تعیین گزینه وضعیت پایه مورد توجه قرار گیرد.

یادآور می‌شود که «هزینه کمینه»، تنها شامل کارهایی می‌شود که برای نگهداری راه برای ارائه کم‌ترین خدمت ضروری است. هرگاه این هزینه در مقایسه با هزینه‌های گزینه‌های جدید، درصد بالایی را نشان دهد، باید محاسبات و چگونگی تعیین گزینه وضعیت موجود مورد بازبینی و بررسی دوباره قرار گیرد.

در مورد راه‌هایی که با ترافیک اندک رو به رو هستند، بهتر است که هزینه‌های نگهداری راه موجود به عنوان کم‌ترین هزینه نگهداری، در نظر گرفته نشود. در این موارد، به ویژه هرگاه هزینه نگهداری کنونی راه به طور نسبی بالا باشد، باید این وضعیت خود به عنوان یک گزینه، به موازات سایر گزینه‌های جدید، منظور شده و به جای آن، کم‌ترین هزینه‌ای که تنها برای باز نگهداشتن راه مورد نیاز است، به عنوان گزینه وضعیت پایه، انتخاب شود.

بر همین روال، به عنوان مثال، هرگاه جایگزینی پلی با ترافیک اندک، مستلزم انجام هزینه کلانی باشد؛ به ویژه در مواردی که مسیرهای دیگری برای استفاده ترافیک کنونی پل در دسترس باشد، نباید ساخت پل دیگری با کم‌ترین هزینه را به عنوان گزینه کم‌ترین هزینه، در نظر گرفت. به طور معمول، در این موارد ساختن پل تازه به جایگزینی پل موجود نمی‌تواند به عنوان مسأله مورد نظر مطرح شود، بلکه استفاده نکردن از پل موجود، گزینه وضعیت پایه خواهد بود. هرگاه نداشتن پل، پذیرفتنی نباشد، گزینه با کم‌ترین هزینه، می‌تواند تعمیر پل موجود باشد.

همان گونه که پیش از این گفته شد، تعمیر اساسی و تغییر ویژگی‌های هندسی راه و ارتقا سطح استاندارد آن، نباید به عنوان کم‌ترین هزینه در نظر گرفته شود؛ مگر آن که ارزش کنونی هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه نگهداری گزینه مورد نظر، کمتر از ارزش کنونی نگهداری راه موجود باشد. (دوباره چگونگی محاسبه ارزش کنونی در فصول آینده توضیح داده خواهد شد). برای مثال، گاه هزینه‌های پی در پی برای از بین بردن موج‌ها و ناهمواری‌های راه روکش نشده با شیب تند، بیش از هزینه روکش کردن آن می‌گردد. از این رو، هرگاه روکش کردن راه کم‌ترین هزینه موجود باشد؛ یا به سخن دیگر، هرگاه گزینه ارزانتر دیگری همچون تغییر احتمالی مسیر در اختیار نباشد، می‌توان روکش کردن راه را به عنوان گزینه‌ای با کم‌ترین هزینه در نظر گرفت.

## ۹. تعیین دوره بررسی

برای تحلیل اقتصادی طرح‌های راهسازی و تعیین فایده خالص حاصل از راه باید یک دوره بررسی انتخاب شود. یکی از ملاحظات اساسی برای گزینش دوره بررسی، امکان پیش‌بینی هزینه و فایده طرح برای این دوره است. هرچه دوره انتخاب شده طولانی‌تر باشد، به همان نسبت برآورد

ترافیک و هزینه و فایده مربوط به طرح مشکل‌تر و غیرقابل اتکا خواهد شد. ترافیک یک پدیده پویاست؛ هزینه‌های عملیاتی (بهره‌برداری از خودروها) و سرعت سفر تابع تغییرهای الگوی ترافیک روزانه، ترکیب و سرعت آن است.

به طور کلی، با گذشت سال‌ها، به حجم ترافیک افزوده می‌شود؛ تا آنجا که روزی به نقطه اشباع می‌رسد. به موازات افزایش حجم ترافیک، از سرعت ترافیک کاسته می‌شود و به شمار تغییر سرعت وسایل نقلیه در هر کیلومتر، افزوده می‌گردد. در این حالت، هزینه عملیاتی وسایل نقلیه به دلیل پایین آمدن سرعت آنها نسبت به سرعت پیش‌بینی شده طرح، رو به افزایش می‌گذارد. در این روند نزولی سرعت ترافیک، زمانی فرا خواهد رسید که فایده پیش‌بینی شده طرح را، افزایش هزینه‌های ترافیک از میان خواهد برد. این الگوی هزینه وسایل نقلیه، پیش‌بینی‌های بسیار بلندمدت فایده کاربران راه را نامطمئن می‌نماید و از این رو، دوره کوتاه‌تر، منطقی‌تر و مطمئن‌تر خواهد بود. به سخن دیگر، هر چند عمر فیزیکی برخی از اجزای راه بسیار طولانی است، اما ملاحظات عملی و نیز اقتصادی، انتخاب دوره کوتاه‌تری را ایجاب می‌کند.

راه برای استفاده وسایل نقلیه ساخته می‌شود. آگاهی انسان از وسایل نقلیه و چگونگی بهره‌برداری از آنها، در حد خودروهای کنونی و پیش‌بینی تحول و تغییر آنها برای ۱۵ تا ۲۰ سال آینده است. از این رو، نمی‌توان درباره وسایل نقلیه ۳۰، ۳۵، ۴۰ و یا ۵۰ سال آینده و ویژگی‌های راه‌های مورد نیاز و هزینه‌های عملیاتی و فایده کاربران در زمان‌های یادشده، پیش‌بینی منطقی و قابل قبولی انجام داد.

افزون بر آن، باید توجه داشت که بررسی‌های اقتصادی و مالی طرح‌های راهسازی مانند سایر طرح‌های عمرانی برپایه محاسبات تنزیلی انجام می‌پذیرد. از این رو، برای مثال ارزش کنونی یک میلیون دلار فایده‌ای که ۲۰ سال دیگر عاید شود با نرخ تنزیل ۱۰ درصد برابر با ۹۲۳۰۰ دلار؛ ارزش کنونی یک میلیون دلار فایده‌ای که ۳۰ سال دیگر حاصل گردد برابر با ۵۷۳۰۰ دلار؛ و ارزش کنونی یک میلیون دلار فایده‌ای که ۴۰ سال دیگر به دست آید برابر با ۲۲۱۰۰ دلار است. همان گونه که دیده می‌شود، هرچه مدت دوره درازتر می‌گردد، از قدر مطلق ارقام به شیوه چشم‌گیری کاسته می‌شود و تأثیر آنها بر تصمیم‌گیری کاهش می‌یابد. با توجه به توضیحات یادشده، گزینش یک دوره ۲۰ ساله برای بررسی هزینه و فایده طرح‌ها کفایت می‌نماید. آغاز این دوره ۲۰ ساله، نخستین سال بهره‌برداری از طرح است.

برای تحلیل و مقایسه اجزای درون طرح از قبیل: رویه راه، علائم رانندگی، تجهیزات ایمنی و مانند آن، دوره بررسی بنا به موضوع، سرشت، ویژگی‌های فیزیکی، موارد مصرف، و چگونگی

خدمت مفید دارایی مربوط، برحسب مورد زمان کوتاه‌تری انتخاب می‌شود. برای مثال، برای روکش راه دوره‌های ۷ تا ۱۰ سال، برای جانپناه (نرده ایمنی) دوره‌های ۴ تا ۷ سال، منطقی و پذیرفتنی است. هدف از تحلیل اقتصادی طرح، فراهم آوردن برآوردهای منطقی از هزینه و فایده گزینه‌های طرح برای دوره‌ای است که بتوان برای آن دوره در مورد عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری، پیش‌بینی و برآوردهای قابل اتکا به دست آورد. به سخن دیگر، هدف آن است که برپایه این تحلیل‌های متکی بر پیش‌بینی‌ها و برآوردهای واقع‌بینانه، تصمیم‌گیران بتوانند درباره طرح تصمیم‌گیری نمایند. از این رو، تعیین دوره‌های کوتاه مدت‌تر که امکان برآوردهای سنجیده و متکی بر واقعیت، بیشتر فراهم است بر دوره‌های بلندمدت که برآوردها و پیش‌بینی‌ها براساس خیالپردازی و حدس و گمان انجام می‌پذیرد، برتری دارد.

## ۱۰. محدوده طرح

هرگاه طرح از عوامل جداگانه و ناپیوسته‌ای تشکیل شده باشد، هر یک از عوامل یادشده نیز باید به صورت جداگانه مورد ارزشیابی قرار گیرد. در مواردی که پی‌آمدهای یک سلسله طرح‌های متفاوت، با یکدیگر ارتباط بسیار نزدیک دارند باید آنها را در مجموع و به صورت یک طرح کلی بزرگتر مورد ارزشیابی قرار داد.

تعیین محدوده طرح یکی از نخستین گام‌های مهم در فرایند ارزشیابی و تدوین طرح است. گاه دیده می‌شود که توصیه و فشار در جهت گسترده‌تر کردن محدوده طرح راهسازی اعمال می‌گردد؛ اما باید یادآور شد که در بیشتر موارد، گستردگی غیرضروری دامنه طرح منجر به پیچیدگی آن می‌شود و از این رو، احتمال آن وجود دارد که گزینه‌های طرح، به دلیل شمار بسیار زیاد آنها، به کنار گذارده شود. تنها در مواردی باید مجموعه‌ای از طرح‌ها را به صورت یک طرح بزرگتر تلقی کرد که ارزش خالص کنونی آنها در مجموع، به صورت چشم‌گیری از مجموع ارزش خالص کنونی تک تک آنها زیادتر باشد.

تحلیل هزینه و فایده گزینه‌های مختلف یک طرح و انتخاب بهترین گزینه، تنها در زمانی مطرح است که گزینه‌های مطروحه با یکدیگر قابل مقایسه باشند. برای حصول اطمینان از قابلیت مقایسه گزینه‌ها با یکدیگر باید به سه پرسش زیر پاسخ داد.

**یک -** آیا گزینه مورد نظر «خودکفا» است؟ منظور از واژه خودکفا این است که آیا در این گزینه تمام عوامل و فعالیت‌های ضروری برای کارکرد گزینه در نظر گرفته شده است؟

برای حصول اطمینان از این امر، افزون بر توجه به عوامل و فعالیت‌های ضروری، باید قابلیت تحقق آن نیز وجود داشته باشد؛ یا به سخن دیگر، پیش فرض‌های اساسی برای تحقق فایده حاصل از آن نیز باید مشخص گردد. گاه برای بررسی قابلیت تحقق یک گزینه، به داده‌ها، اطلاعات و داوری در مورد مسائل فنی، رفتاری و نیز زیست محیطی نیاز است. بی‌توجهی به حصول اطمینان از اصل «خودکفایی» گزینه‌های مختلف، منجر به برآورد نادرست هزینه و فایده گزینه‌های مطروحه خواهد شد.

**دو -** آیا گزینه مورد نظر «مستقل» است؟ یعنی آیا هزینه و فایده کمتر یا زیادتر تنها مرتبط به این گزینه است؟

**سه -** میزان کار و کوشش مورد نیاز چیست؟ در هر بررسی و تحلیل اقتصادی، مسأله زمان و میزان کار و کوشش مورد نیاز، یکی از ملاحظات اساسی است. به طور معمول، میزان کار و کوشش بستگی به اهمیت مسأله و فایده حاصل از آن دارد. مسائل کلیدی برای تعیین میزان کار و کوشش مورد نیاز به شرح زیر است:

- حدودی بی‌اطمینانی نسبت به انتخاب گزینه بهینه تا چه اندازه است؟
- تا چه میزان می‌توان زیان حاصل از یک تصمیم‌گیری اشتباه را با اطلاعات بهتر و تحلیل گسترده‌تر، کاهش داد؟
- تعیین میزان کار و کوشش بستگی به داوری ذهنی افراد دارد و نمی‌توان قواعد استوار و بدون تغییری را ارائه کرد. به طور کلی، میزان کار مورد نیاز برای تحلیل اقتصادی، تابع عوامل زیر است:

- \* ماهیت طرح. گزینه‌های مطروحه در برخی از طرح‌ها، اندک و انگشت‌شمار است.
- \* ابعاد طرح. هرچه ابعاد طرح گسترده‌تر باشد، به همان میزان استفاده از منابع مختلف و نیز گزینه‌های مطروحه، افزایش می‌یابد.
- \* متغیرهای مؤثر بر هزینه و فایده طرح. مسائل مادی در این مقوله نقش مهمی دارد. برای مثال، صرف وقت زیاد و حصول دقت بسیار در مورد برآورد اقلامی از هزینه و فایده که تفاوت آنها در گزینه‌های متفاوت بسیار ناچیز است و یا سهم اندکی در کل هزینه و فایده طرح دارد، کار بیهوده و ناموجهی است.
- \* نبود داده‌ها درباره فن‌آوری و تأثیر آن بر تعیین و تحلیل هزینه‌ها و فایده‌های طرح. هرچه استفاده از فن‌آوری تازه شناخته شده و طراحی‌های جدید بیشتر باشد، به دلیل خطر بیشتر آن نسبت به طراحی‌های جاافتاده، نیاز به کار و کوشش زیادتری خواهد بود.

\* شناخته شدن نسبی گزینه بهینه در طول بررسی و تحلیل اقتصادی. هرگاه در طول بررسی، اندک اندک مشخص شود که گزینه‌ای نسبت به سایر گزینه‌ها برتری قابل توجهی دارد، از شدت کار و کوشش برای تعیین ریزه‌کاری‌های سایر گزینه‌ها کاسته خواهد شد. افزون بر مطالب بالا، با الگ کردن دقیق گزینه‌های طرح، اطمینان حاصل خواهد شد که میزان کار و کوشش برای بررسی دقیق گزینه‌ها، حالت منطقی و پذیرفتنی خواهد یافت. همان گونه که در جای دیگر اشاره شده است، بررسی و تحلیل دقیق تمام گزینه‌ها نه عملی و نه ضروری است. فرایند الگ کردن گزینه‌ها، این امکان را فراهم می‌آورد که نویدبخش‌ترین گزینه‌ها برای بررسی کاملتر بعدی انتخاب شود. با استفاده از این شیوه می‌توان طیف گسترده‌ای از گزینه‌های اولیه را با کار و کوشش منطقی مورد ملاحظه قرار داد.

با استفاده از این روش، به مجردی که معلوم شود گزینه‌هایی نسبت به سایر گزینه‌ها از نظر هزینه و فایده و ارزش کنونی در شرایط پایین‌تری قرار دارند، به کنار گذارده می‌شوند. در چارچوب یک تحلیل نسبی هزینه و فایده، ویژگی‌های کلیدی که موجبات تفاوت میان گزینه‌های مختلف را فراهم می‌آورد، به فوریت شناخته خواهد شد. با گروه‌بندی گزینه‌هایی که از دیدگاه ویژگی‌های کلیدی مشابه یکدیگرند، می‌توان تفاوت‌هایی را که باعث هزینه بیشتر و یا فایده زیاده‌تر می‌گردد و هرگاه نیز مورد بررسی و تحلیل دقیق‌تر قرار گیرند، همچنان ادامه خواهند یافت، مورد شناسایی قرار داد.

در برخی موارد، یکی از عناصر گزینش به هنگام تصمیم‌گیری بر دیگر عناصر، «فائق» است (یعنی گزینه‌هایی که فاقد آن عنصر هستند به وضوح از جذابیت کمتری برخوردارند). در این حالت، به فوریت می‌توان سایر گزینه‌هایی را که از آن عنصر بهره‌مند نیستند، به کنار نهاد. امکان استفاده از فن‌آوری شناخته شده و مطمئن به جای استفاده از فن‌آوری ناشناخته و نامطمئن مثالی در این مورد است.

باید همواره دقت لازم به عمل آید که بین «گزینه غیرقابل اجرا»، با گزینه‌ای که مطلوبیت کمتری دارد، قائل به تفکیک شد. گزینه‌های با مطلوبیت کمتر، در مرحله تحلیل هزینه و فایده مورد شناسایی قرار می‌گیرند.

هدف از توضیح‌های پیش گفته آن است که شمار گزینه‌های مورد انتخاب برای تحلیل و بررسی دقیق نهایی اندک اندک کاهش یابد؛ اما هرگاه نسبت به امتیازهای اقتصادی گزینه‌ای تردید وجود دارد، باید آن را در مراحل بعدی مورد تحلیل هزینه و فایده دقیق‌تر قرار داد.

## ۱۱. زمان‌بندی اجرای طرح

یکی از نکات بسیار مهم در مرحله مطالعه فنی گزینه‌های مختلف طرح‌های راهسازی و گزینه نهایی انتخاب شده، تعیین برنامه زمانی اجرای طرح و تکمیل و آماده کردن آن برای بهره‌برداری است. به طور کلی، تجربه نشان می‌دهد که همیشه این گرایش وجود داشته است که زمان اجرای طرح بسیار کوتاه‌تر از آنچه که در عمل پیش می‌آید برآورد و تعیین گردد. با توجه به تجربه‌های گذشته و مشکلات و عوامل مؤثر بر تأخیر در اجرا و تکمیل طرح، برنامه‌ریزی زمانی اجرای طرح‌های راهسازی باید بسیار محتاطانه و واقع‌بینانه انجام پذیرد.

از نظر اصولی، جدول زمانی انجام کار، ترتیب زمانی انجام مراحل مختلف طرح را تعیین می‌کند. هدف‌های تنظیم این جدول به شرح زیر است:

- یک -** پیش‌بینی مشکلات مرحله اجرا و تدبیراندیشی برای حل آنها.
- دو -** تعیین مراحل و زمان نیاز به اعتبار، تا به این ترتیب چگونگی تأمین مالی طرح برپایه آن مورد بررسی قرار گیرد.
- سه -** تعیین برنامه عملیات اجرایی تا آغاز دوره بهره‌برداری از راه.

## ۱۲. برآورد حجم کار

پس از تعیین گزینه‌ها باید حجم کار یا مقادیر اقلام اصلی کار برپایه طبقه‌بندی کلی زیر و با استفاده از روش‌های مهندسی برآورد و تعیین شود.

**یک -** برآورد حریم راه، تملک اراضی و مستحذات، برچیدن و پاکسازی حریم، برحسب مترمربع.

**دو -** برآورد عملیات خاکی، شامل خاک‌برداری و خاکریزی، برحسب مترمکعب.

**سه -** برآورد روسازی، برحسب مترمکعب.

**چهار -** برآورد پل‌های کوچک، برحسب مترمربع.

**پنج -** برآورد شمار، مشخصات و حجم عملیات پل‌های بزرگ، برحسب مترمربع.

**شش -** برآورد شمار، مشخصات و حجم عملیات تونل‌ها، برحسب مترمکعب.

**هفت -** برآورد ساختمان‌ها و تأسیسات فنی و پشتیبانی و تجهیزات ایمنی.

در مرحله بررسی و انتخاب گزینه از میان گزینه‌های مختلف، چون برآوردها جنبه کلی‌تر دارد، می‌توان مقادیر کار را با استفاده از اطلاعات طرح‌های اجرا شده مشابه و روش‌های معمول برآورد نمود. از جمله روش‌های معتبر موجود، روش ارائه شده در جلد اول کتاب «مدل استانداردهای

طراحی و نگهداری راه HDM-III است. کتاب پیش‌گفته در سال ۱۹۸۷ از سوی بانک جهانی منتشر شده است. نویسندگان کتاب، روابط تجربی و فرمول‌ها را برپایه بررسی‌ها و مطالعات انجام شده درباره ۵۲ طرح راهسازی که در ۲۸ کشور آسیایی، آفریقایی، امریکای مرکزی و جنوبی به اجرا درآمده است، تنظیم کرده‌اند و در مدل پیشنهادی خود مورد استفاده قرار داده‌اند.

مناطق اجرای طرح‌ها از نظر اقلیمی، آب و هوا، و مشخصات زمین بسیار متنوع بوده است و از نواحی هموار در سودان گرفته تا نواحی بسیار کوهستانی نپال؛ از نواحی پربارش موسمی همچون پاکستان گرفته تا نواحی خشک در آفریقا؛ از نواحی دارای زمین‌های مرغوب و مناسب راهسازی گرفته تا نواحی نامناسب پوشیده از خاکستر آتشفشانی؛ از راه‌های فرعی گرفته تا آزادراه‌های چهارخطه؛ از راه‌های خاکی گرفته تا راه‌های بتنی؛ و از سرعت طراحی ۳۰ کیلومتر در ساعت گرفته تا سرعت ۱۰۰ کیلومتر در ساعت را شامل می‌گردیده است.

مؤلفان کتاب یادآور شده‌اند که استفاده از روابط تجربی تعیین شده، محدود به دامنه متغیرهایی است که در جدول ۴.۱۰ آورده شده است و کاربرد آنها در خارج از دامنه مشخص شده، نتایج غیرمنطقی و ناپذیرفتنی به بار می‌آورد از این رو، نمی‌توان از روابط مورد بحث استفاده نمود.

جدول ۴.۱۰. دامنه پذیرفتنی متغیرها برای برآورد حجم کار

دامنه پذیرفتنی	واحد	متغیرها
۵-۲۵	متر	عرض راه (۱)، RW
۰-۷۵	کیلومتر/متر	فراز + نشیب راه (۲)، RF
۰-۱۰۰	کیلومتر/متر	فراز + نشیب زمین، GRF
۰-۵۰	کیلومتر/متر	تفاضل فراز و نشیب زمین و راه $G=(GRF-RF)$

(۱) - در روابط مربوط به زهکشی از آن استفاده نمی‌شود.

(۲) - تنها در روابط مربوط به برآورد حجم عملیات خاکی از آن استفاده می‌شود.

## ۱.۱۲. برآورد حجم عملیات پاکسازی و آماده‌سازی زمین

در کتاب HDM-III/1987<sub>a</sub>، برای برآورد حجم عملیات پاکسازی و آماده‌سازی راه جدید و

تعریض راه موجود از دو رابطه مختلف استفاده شده است که در زیر به ترتیب آورده می‌شود.



### ۱.۱.۱۲. راه جدید

در مورد ساخت راه جدید در یک مسیر جدید، سطح پاکسازی و آماده سازی در واحد طول راه، به شرح زیر محاسبه و تعیین می‌شود:

$$ACG = 1770 \exp(0.0278GRF) + 1610 \exp(-0.0114GRF)RW$$

$ACG$  = میانگین سطح پاکسازی و آماده سازی در واحد طول راه، برحسب کیلومتر/مترمربع؛

$GRF$  = فراز + نشیب زمین، برحسب کیلومتر/متر؛

$RW$  = عرض راه برحسب متر که به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$W + 2WS = RW$$

$W$  = عرض سواری‌رو برحسب متر؛

$WS$  = عرض یک شانه برحسب متر؛

$\exp$  = تابع نمایی.

بنا به تعریف، مجموع قدر مطلق کل فراز عمودی و کل نشیب عمودی زمین طبیعی در بخش مربوط طول راه برحسب متر، تقسیم بر کل طول بخش مربوط برحسب کیلومتر، نشان دهنده «فراز + نشیب» زمین است.

در واقع، در این رابطه سطح پاکسازی و آماده سازی در واحد طول راه، تابع خطی عرض راه فرض شده است که ضرایب تابع خطی نیز به نوبه خود، تابع نمایی فراز + نشیب زمین است. در شکل ۴.۱، چگونگی برآورد فراز + نشیب زمین یک بخش معین راه، نشان داده شده است.

### ۱.۱.۲. تعریض راه موجود

در تعریض راه موجود برای برآورد سطح پاکسازی و آماده سازی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$ACG = 1610 \exp(-0.0114GRF) [RW_{(after)} - RW_{(before)}]$$

$ACG$  = میانگین سطح پاکسازی و آماده سازی در واحد طول راه، برحسب کیلومتر/مترمربع؛

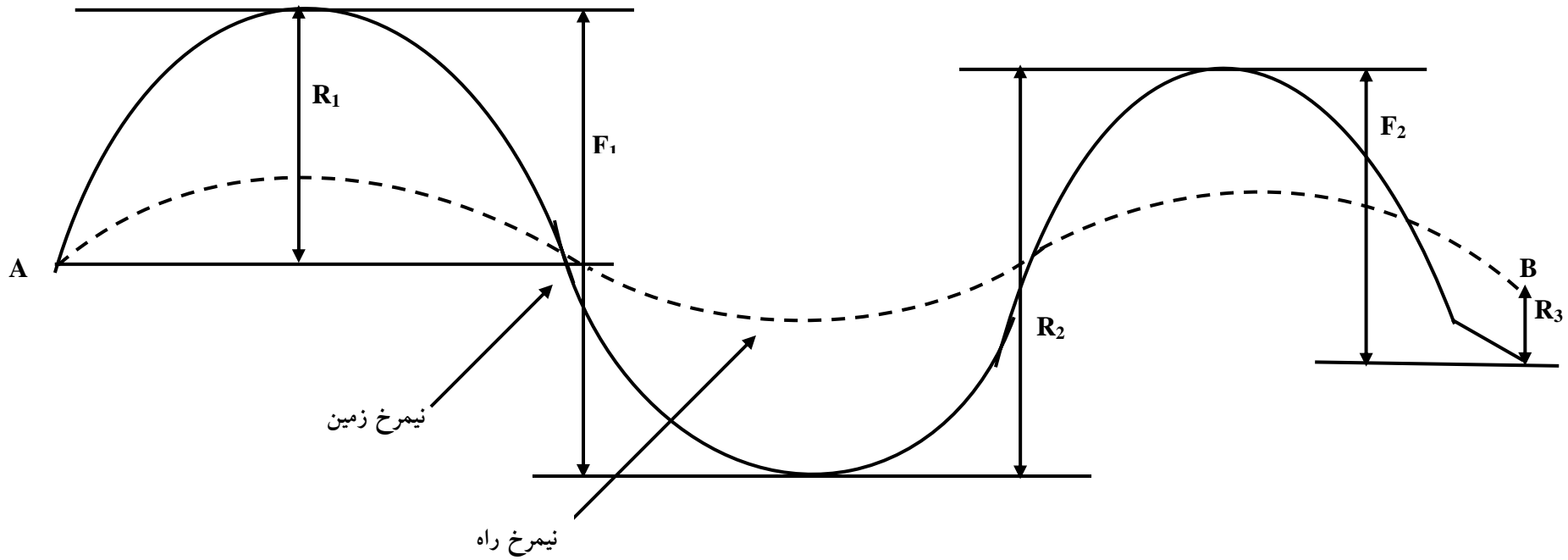
$GRF$  = فراز + نشیب زمین برحسب کیلومتر/متر؛

$RW_{(after)}$  = عرض راه پس از تعریض؛

$RW_{(before)}$  = عرض راه پیش از تعریض؛

$\exp$  = تابع نمایی.

شکل ۴.۱. نمایش فراز + نشیب زمین



$R$  = فراز (به متر)

$F$  = نشیب (به متر)

$L_{ab}$  = طول قطعه (به کیلومتر)

$$\text{نشیب + فراز} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + F_1 + F_2}{L_{ab}}$$

## ۲.۱۲. برآورد حجم عملیات خاکی

عملیات خاکی در طرح‌های راهسازی یکی از اقلام عمده هزینه را تشکیل می‌دهد و استانداردهای هندسی و شرایط زمین بیشترین تأثیر را بر آن دارد. چگونگی برآورد حجم عملیات خاکی برای ساخت راه جدید و تعریض راه موجود در دو بند آتی آورده می‌شود.

### ۲.۱۲.۱. ساخت راه جدید (مسیر موجود یا مسیر جدید)

:

$$EWW = 1000(RW + 0.731H)H$$

$EWW$  = حجم عملیات خاکی در واحد طول راه، برحسب کیلومتر/مترمکعب (شامل خاکبرداری، خاکریزی، قرضه، و مواد زائد)؛

$H$  = ارتفاع مؤثر عملیات خاکی برحسب متر که به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$H = 1.41 + 0.129G + 0.0139GRF$$

$G$  = تفاضل فراز + نشیب زمین و راه. یعنی:

$$G = GRF - RF$$

$GRF$  = فراز + نشیب زمین برحسب کیلومتر/متر؛

$RF$  = فراز + نشیب راه برحسب کیلومتر/متر؛

$RW$  = عرض راه برحسب متر.

بنا به تعریف، مجموع قدر مطلق کل فراز قائم و کل نشیب قائم راه در بخش مربوط طول راه برحسب متر، تقسیم بر کل طول بخش مربوط برحسب کیلومتر، نشان دهنده فراز + نشیب راه است.

### ۲.۲.۱۲. تعریض راه موجود

برای برآورد حجم عملیات خاکی در تعریض راه موجود از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$EWW = 1000H [RW_{(after)} - RW_{(before)}]$$

$EWW$  = حجم عملیات خاکی در واحد طول راه، برحسب کیلومتر/مترمکعب (شامل خاکبرداری، خاکریزی، قرضه، و اضافه عملیات خاکی)؛

$H$  = ارتفاع مؤثر عملیات خاکی برحسب متر؛

$RW_{(after)}$  = عرض راه برحسب متر پس از تعریض؛

$RW_{(before)}$  = عرض راه برحسب متر پیش از تعریض؛

هرگاه میزان فراز و نشیب زمین (GRF)، بین عدد صفر و ۱۰ قرار گیرد، یعنی هنگامی که زمین هموار باشد، می‌توان به جای محاسبه ارتفاع مؤثر براساس رابطه تعیین شده در بند ۱۲. ۲. ۱، از ارتفاع خاکریز برحسب متر استفاده کرد.

### ۳. ۱۲. برآورد مقادیر عملیات زهکشی

در کتاب HDM-III، برای برآورد مقادیر آبروهای متعارف لوله‌ای (لوله‌های به قطر ۰/۱ متر تا ۱/۵ متر) و قوطی شکل (با دهانه‌هایی کمتر از یک متر)، روابط تجربی مشخصی ارائه شده است؛ اما نمی‌توان از این روابط برای برآورد مقادیر لوله‌ها و قوطی‌های بزرگتر و یا آبروهای کناری راه استفاده کرد و از این رو، باید آنها را جداگانه برآورد و تعیین نمود.

### ۱۲. ۳. ۱. ساخت راه جدید (مسیر موجود یا مسیر جدید)

یکم - آبروهای لوله‌ای

برای برآورد کل طول لوله‌های متداول آبروها در واحد طول راه در موارد ساخت راه جدید - خواه در مسیر موجود و یا در مسیر جدید - از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$DRL = \begin{cases} 1.97 ALPC & \text{هرگاه، } 0 \leq GRF < 10 \text{، باشد (زمین هموار)} \\ 1.74 ALPC & \text{هرگاه، } 10 \leq GRF < 40 \text{، باشد (زمین تپه ماهوری)} \\ 2.02 ALPC & \text{هرگاه، } 40 \leq GRF \text{، باشد (زمین کوهستانی)} \end{cases}$$

$DRL$  = کل طول لوله‌های متداول در واحد طول راه برحسب کیلومتر / متر؛

$ALPC$  = میانگین طول لوله‌های متداول، برحسب متر که با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود؛

$$ALPC = 2.57 \exp(-0.00313GRF)RW^{0.895}$$

$GRF$  = فراز + نشیب زمین برحسب کیلومتر / متر؛

$RW$  = عرض راه برحسب متر؛

$\exp$  = تابع نمایی.

دوم - آبروهای قوطی شکل

برای برآورد میانگین شمار آبروهای قوطی شکل از ضرایب زیر استفاده می‌شود:

$$ANBC = \begin{cases} 0.27 & \text{هرگاه، } 0 \leq GRF < 10 \text{، باشد (زمین هموار)} \\ 0.15 & \text{هرگاه، } 10 \leq GRF < 40 \text{، باشد (زمین تپه ماهوری)} \\ 0.62 & \text{هرگاه، } 40 \leq GRF \text{، باشد (زمین کوهستانی)} \end{cases}$$

= ANBC

+ = GRF

### ۲.۳.۱۲. تعریض راه

برای برآورد طول آبروهای لوله‌ای و شمار آبروهای قوطی شکل در موارد تعریض راه، می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

**یکم - آبروهای لوله‌ای**

$$DRL = \begin{cases} 1.97 [ALPC_{(after)} - ALPC_{(before)}] & \text{هرگاه، } 0 \leq GRF < 10 \text{، باشد} \\ 1.74 [ALPC_{(after)} - ALPC_{(before)}] & \text{هرگاه، } 10 \leq GRF < 40 \text{، باشد} \\ 2.02 [ALPC_{(after)} - ALPC_{(before)}] & \text{هرگاه، } 40 \leq GRF \text{، باشد} \end{cases}$$

$DRL$  = کل طول لوله‌های متداول در واحد طول راه برحسب کیلومتر/متر؛

$ALPC$  = میانگین طول لوله‌های متداول برحسب متر که برپایه رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$ALPC = 2.57 \exp(-0.000313GRF)RW^{0.895}$$

$ALPC_{(after)}$  = میانگین طول لوله‌های متداول برحسب متر، پس از تعریض راه؛

$ALPC_{(before)}$  = فراز + نشیب زمین برحسب کیلومتر/متر.

**دوم - آبروهای قوطی شکل**

برای برآورد میانگین شمار آبروهای قوطی شکل از ضرایب زیر استفاده می‌شود:

$$ANBC = \begin{cases} 0.27 & \text{هرگاه، } 0 \leq GRF < 10 \text{، باشد} \\ 0.15 & \text{هرگاه، } 10 \leq GRF < 40 \text{، باشد} \\ 0.62 & \text{هرگاه، } 40 \leq GRF \text{، باشد} \end{cases}$$

$ANBC$  = میانگین شمار آبروهای قوطی شکل در واحد طول راه برحسب شمار آبرو در کیلومتر؛

$GRF$  = فراز + نشیب زمین برحسب کیلومتر/متر.

با آن که شمار آبروهای قوطی شکل در موارد ساخت راه جدید با شمار آن در موارد تعریض راه یکسان است، اما به دلیل تفاوت احتمالی واحد هزینه این دو در موردهای یادشده، باید آنها را به طور جداگانه در نظر گرفت.

#### ۴.۱۲. برآورد کل سطح عرشه پلها

در کتاب HDM-III، برای برآورد کل سطح عرشه پل‌های با دهانه کمتر از ۶۰ متر در ساخت راه (مسیر موجود یا مسیر جدید)، روابط زیر ارائه شده است:

$$AB = \begin{cases} 4.35 RW & \text{هرگاه، } 0 \leq GRF < 10 \text{، باشد} \\ 2.09 RW & \text{هرگاه، } 10 \leq GRF < 40 \text{، باشد} \\ 1.83 RW & \text{هرگاه، } 40 \leq GRF \text{، باشد} \end{cases}$$

$AB$  = میانگین سطح عرشه پل‌ها در طول واحد راه برحسب کیلومتر/مترمربع؛

$RW$  = عرض راه به متر؛

$GRF$  = فراز + نشیب زمین برحسب کیلومتر/متر.

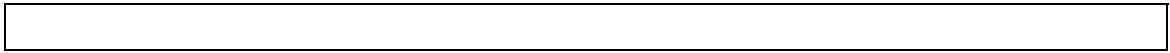
در کتاب یادشده، رابطه‌ای درباره برآورد تعریض پل‌ها ارائه نشده است.











## برآورد هزینه‌های مالی گزینه‌های طرح

### مقدمه

مطالعه فنی و مهندسی، گزینه‌های مختلف ساخت راه را مشخص می‌کند. برای انتخاب از میان گزینه‌های مختلف و سپس ارزشیابی اقتصادی گزینه انتخاب شده، نخست باید هزینه‌های مالی سرمایه‌گذاری، تعمیر و نگهداری و سرانجام کاربران را برآورد کرد. با در دست داشتن این اطلاعات، می‌توان اعتبار مالی مورد نیاز برای اجرای طرح را برآورد نمود. افزون بر آن، اطلاعات یادشده پایه برآورد هزینه و فایده طرح راهسازی و در نهایت فایده خالص اقتصادی آن را فراهم می‌آورد. به سخن دیگر، برای انتخاب و ارزشیابی اقتصادی طرح راهسازی، به عنوان نخستین گام، باید کل هزینه‌های چرخه عمر آن - هزینه‌های ساخت، تعمیر و نگهداری، بهره‌برداری کاربران - پیش‌بینی و برآورد شود. در این فصل، به ترتیب درباره برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری، سپس برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری و در فصل بعدی، درباره هزینه کاربران (استفاده کنندگان از راه) توضیح داده خواهد شد.

### ۱. برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری

برای برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح راهسازی، باید کل طرح در حد امکان به ارکان کوچکتر تشکیل دهنده آن تفکیک شود و «هزینه واحد» هر رکن تعیین گردد و آن گاه با ضرب مقادیر هر رکن در هزینه واحد آن، هزینه مربوط محاسبه و تعیین گردد. پس از آن، با اضافه کردن

هزینه تملیک حریم راه و هزینه‌های بالاسری به مجموع هزینه ارکان مختلف طرح، می‌توان کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح را به دست آورد. برای برآورد هزینه سرمایه‌گذاری سه راه زیر وجود دارد:

**یک -** برآورد برپایه هزینه کلی؛

**دو -** برآورد برپایه هزینه ارکان راه؛

**سه -** برآورد برپایه هزینه عملیات.

تفاوت اساسی میان روش‌های مختلف برآورد، از میزان تفکیک یا تجزیه طرح به ارکان کوچکتر و نیز چگونگی تعیین هزینه واحد ارکان مورد ملاحظه و هزینه‌های بالاسری و عمومی ناشی می‌شود. هرچه روش و فرایند مورد استفاده برای تعیین ارکان تشکیل دهنده طرح راهسازی و واحد هزینه‌های هر یک از آنها دقیق‌تر باشد، به همان نسبت اطمینان به درستی و دقت برآوردها زیادتیر خواهد بود.

انتخاب روش برآورد بستگی به هدف برآورد دارد و از این رو، از میزان دقت و درستی مورد انتظار در محاسبه و نیز مقدار و تفصیل داده‌ها و اطلاعات در دسترس تأثیر برمی‌دارد. در عمل، برای برآورد هزینه از روش‌های مختلف استفاده می‌شود. به هر روی، همواره باید از اصلی که از سوی پارتو (Pareto)، مهندس و اقتصاددان ایتالیایی، مطرح شده است بهره جست: یعنی بیشترین کوشش‌ها باید به برآورد دقیق‌تر هزینه مربوط به ۲۰ درصد اقلام طرح که به طور معمول ۸۰ درصد کل هزینه آن را تشکیل می‌دهد، معطوف گردد.

### ۱.۱.۱. برآورد هزینه کلی

برآورد هزینه کلی، نشان دهنده حدود خیلی تقریبی کل هزینه‌های طرح است و در واقع نمایشگر مرتبه مقداری آن است. در این روش، کل طرح به عنوان یک رکن در نظر گرفته می‌شود و بدون آن که به ارکان کوچکتر تفکیک گردد، هزینه آن برآورد و تعیین می‌شود. برای مثال، کل هزینه طرح، برپایه هزینه یک کیلومتر آن برآورد می‌گردد. یعنی هرگاه میانگین هزینه یک کیلومتر راه آسفالتی در طرح‌های اجرا شده مشابه طرح مورد نظر، ۸۶۷،۵۴۳،۷۵۰ سکه شده باشد، از این عدد برای پیش‌بینی هزینه راه جدید استفاده می‌شود. یعنی چنانچه طرح مورد نظر به طول ۳۲ کیلومتر باشد (دارای دو خط عبور هر یک به عرض ۳/۶۵ متر و عرض هر شانه برابر با ۱/۸۵ متر و آسفالتی و مشابه راه اجرا شده)، هزینه آن به شرح زیر پیش‌بینی می‌گردد:

سکه  $27,761,400,000 = 867,543,750 \times 32$  کیلومتر

از روش برآورد هزینه کلی تنها می‌توان در مطالعه‌های شناسایی و تدوین برنامه‌های دورنگر (چشم‌انداز ۲۰ ساله) و مطالعات مشابه آن استفاده کرد و کاربرد آن در برآورد هزینه‌های مربوط به مطالعه توجیه مقدماتی، مطالعه توجیه نهایی، مطالعه طراحی فنی تفصیلی طرح، به دلیل درصد بالای خطای برآورد، به هیچ روی توصیه نمی‌شود.

### ۲.۱. برآورد برپایه هزینه یک واحد از ارکان راه

در این روش نیز مانند روش برآورد هزینه کلی برای تعیین هزینه یک واحد از ارکان راه، از اطلاعات مربوط به طرح‌های اجرای شده و مشابه راه مورد مطالعه استفاده می‌شود. تفاوت این روش با روش پیشین آن است که هزینه طرح تنها برپایه یک رقم کلی برآورد نمی‌شود، بلکه در این مورد از ارکان اصلی تشکیل دهنده هزینه راه یعنی:

- مطالعات مربوط به راه
- زهکشی
- تملیک حریم راه
- پل‌های کوچک
- آماده سازی و پاکسازی
- پل‌های بزرگ
- عملیات خاکی
- تونل
- روسازی
- هزینه‌های بالاسری و عمومی

برای برآورد هزینه‌های ساخت راه استفاده می‌شود و از این رو، هزینه‌ها با تفصیل و دقت زیادتر برآورد می‌گردد. برحسب مورد و بنا به اقتضا این ارکان می‌تواند فشرده‌تر و یا گسترده‌تر در نظر گرفته شود.

به طور معمول، در مطالعه توجیه مقدماتی طرح از طبقه‌بندی فشرده‌تر ارکان طرح استفاده می‌شود. در جدول ۵. ۱، نمونه‌ای از این طبقه‌بندی فشرده برای برآورد هزینه سرمایه‌گذاری راه نشان داده شده است. از طبقه‌بندی گسترده‌تر در مرحله انتخاب گزینه بهینه در مطالعه توجیه نهایی طرح استفاده می‌شود. نمونه‌ای از طبقه‌بندی گسترده در جدول ۵. ۲، به نمایش درآمده است.

با توجه به توضیح‌های بالا، تفاوت روش برآورد هزینه کلی با روش برآورد برپایه هزینه یک واحد از ارکان راه، تنها از دیدگاه شمار رکن‌های تعیین شده برای تعیین هزینه راه است. در روش مورد بحث، برای تعیین هزینه هر یک از رکن‌های مورد نظر، نیاز به فهرست مقادیر برای انجام آن کار است. فهرست مقادیر، در حالت بسیار تفصیلی شامل مقادیر کارهای مختلف ضرور، برحسب یک مقیاس قابل اندازه‌گیری است.

برای برآورد هزینه، باید هزینه واحد هر یک از اقلام موجود در فهرست مقادیر را با مراجعه به سوابق طرح‌های اجرا شده مشابه به دست آورد و یا این که بر مبنای هزینه عوامل مورد نیاز یعنی نیروی کار، ماشین‌آلات و تجهیزات، و مصالح طبیعی و کارخانه‌ای مورد نیاز، آن را محاسبه و تعیین کرد.

استفاده از اطلاعات مربوط به هزینه طرح‌های مشابه اجرا شده همواره باید با احتیاط و دقت انجام گیرد و پیش از کاربرد آن به عنوان هزینه واحد ارکان طرح مورد مطالعه، لازم است که با توجه به عوامل زیر تعدیلات ضرور در هزینه‌های انجام شده، صورت پذیرد:

- نرخ تورم در فاصله زمانی اجرای طرح تاکنون؛

- شرایط محل کار (هموار یا کوهستانی)؛

- مقیاس کار اجرایی (بزرگ یا کوچک)؛

- محل کارگاه (نزدیک به شهر یا دورافتاده)؛

- پیچیدگی طراحی (متداول یا استثنایی)،

- نوع زمین؛

- روش‌های اجرا (ویژه یا متداول)؛

- ویژگی‌های مصالح طبیعی و کارخانه‌ای مورد نیاز.

در مواردی که فهرست مقادیر در دسترس نباشد و یا همان گونه که پیش از این اشاره شد، در مراحل نخستین تکوین طرح، یعنی در مرحله مطالعه توجیه مقدماتی، شمار اقلام موجود در فهرست مقادیر، اندک و بسیار کمتر از مواردی است که در مطالعه توجیه نهایی و یا در اسناد مناقصه منظور می‌گردد. این فهرست مقادیر اندک و محدود، باید با دقت و با توجه به امکان اندازه‌گیری یا محاسبه مستقیم آنها بر مبنای داده‌ها و اطلاعات موجود، انتخاب و تعیین شود. در این روش، به مقادیر اقلام عمده کار نیاز خواهد بود و هزینه اقلام یادشده بر پایه ادغام اقلام کوچکتر تشکیل دهنده آنها برآورد و مشخص می‌گردد (نگاه کنید به: جدول‌های ۵. ۱ و ۵. ۲).

### ۳. ۱. برآورد بر پایه هزینه عملیات

روش برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر پایه هزینه عملیات که گاه از آن به عنوان «روش هزینه‌های بنیادی» نیز نام می‌برند، با مطالعه تفصیلی عملیات مختلف برای اجرای طرح و منابع مورد نیاز برای تحقق عملیات یادشده انجام می‌گیرد. به این منظور، باید شرایط احتمالی موجود در محل کار، برنامه عملیاتی انجام کار، روش‌ها و فناوری مورد استفاده، در دسترس بودن یا نبودن منابع مورد

نیاز، بهره‌وری نیروی کار و ماشین‌آلات راهسازی، تدارک مصالح، امکان واگذاری کار به پیمانکاران فرعی، و سرانجام ریسک‌های احتمالی طی دوره اجرا مورد ملاحظه قرار گیرد. ساختار نوعی هزینه طرح راه به شرح شکل ۵.۱ است.

### ۱.۳.۱. هزینه‌های مستقیم عملیات

در چارچوب تفکیک و طبقه‌بندی عملیات، هر یک از عملیات خود به فعالیت‌ها و یا وظایف کوچکتر تفکیک می‌شود. برای مثال، عملیات بتن‌کاری عرشه پل، به فعالیت‌های قالب‌بندی، آرماتوربندی، بتن‌ریزی، پرداخت سطح بتن، و عمل آوردن بتن تفکیک می‌گردد. برپایه این اطلاعات می‌توان مقدار منابع، یعنی ماشین‌آلات و نیروی کار و مصالح مورد نیاز برای انجام عملیات را با توجه به بهره‌وری هر یک از منابع مشخص نمود و با اعمال هزینه واحد منابع در مقادیر آنها، هزینه‌های مستقیم عملیات را محاسبه و برآورد کرد. اقلام هزینه‌ای که در هزینه‌های مستقیم عملیات منظور می‌شود، به طور خلاصه در جدول ۵.۳، نشان داده شده است. هزینه مطالعات طرح و هزینه‌هایی که بابت تملیک زمین و پرداخت خسارت صورت می‌گیرد، به دلیل آن که جداگانه از سوی کارفرما پرداخت می‌شود، به عنوان هزینه عملیات در این جدول منعکس نشده است ولی باید جداگانه برآورد گردد و به کل هزینه عملیات افزوده شود.

جدول ۵.۱. برآورد هزینه راه فرضی برپایه هزینه یک واحد (طبقه‌بندی فشرده)\*

کل هزینه برحسب ۱۰ <sup>۶</sup> سکه	هزینه یک واحد برحسب ۱۰ <sup>۳</sup> سکه	کل مقدار	واحد	اقلام هزینه
۳۱۵/۹	۰/۸	۳۹۴،۸۹۰	مترمربع	آماده کردن حریم راه
۱۱۹۹۴/۹	۱۳/۳	۸۹۸،۴۹۵	مترمکعب	عملیات خاکی
۱۱۲۰۹/۹	۱۴۶/۲	۷۶،۶۷۵	مترمکعب	روسازی
۳۱۴۲/۷	۱۳/۳	۲۳۶،۲۹۵	مترمربع	روکش
۱۰۴۰	۵۱/۶	۲۰،۱۵۶	مترمکعب	شانه
۶۶/۹	۴۶/۳	۱۴۴۵	متر طول	زهکشی
۲۷۷۷۰/۳				جمع هزینه ساخت راه

\* راه دو خطه آسفالتی به طول ۳۲ کیلومتر؛ عرض هر خط عبور ۳/۶۵ متر، عرض هر شانه ۱/۸۵ متر.

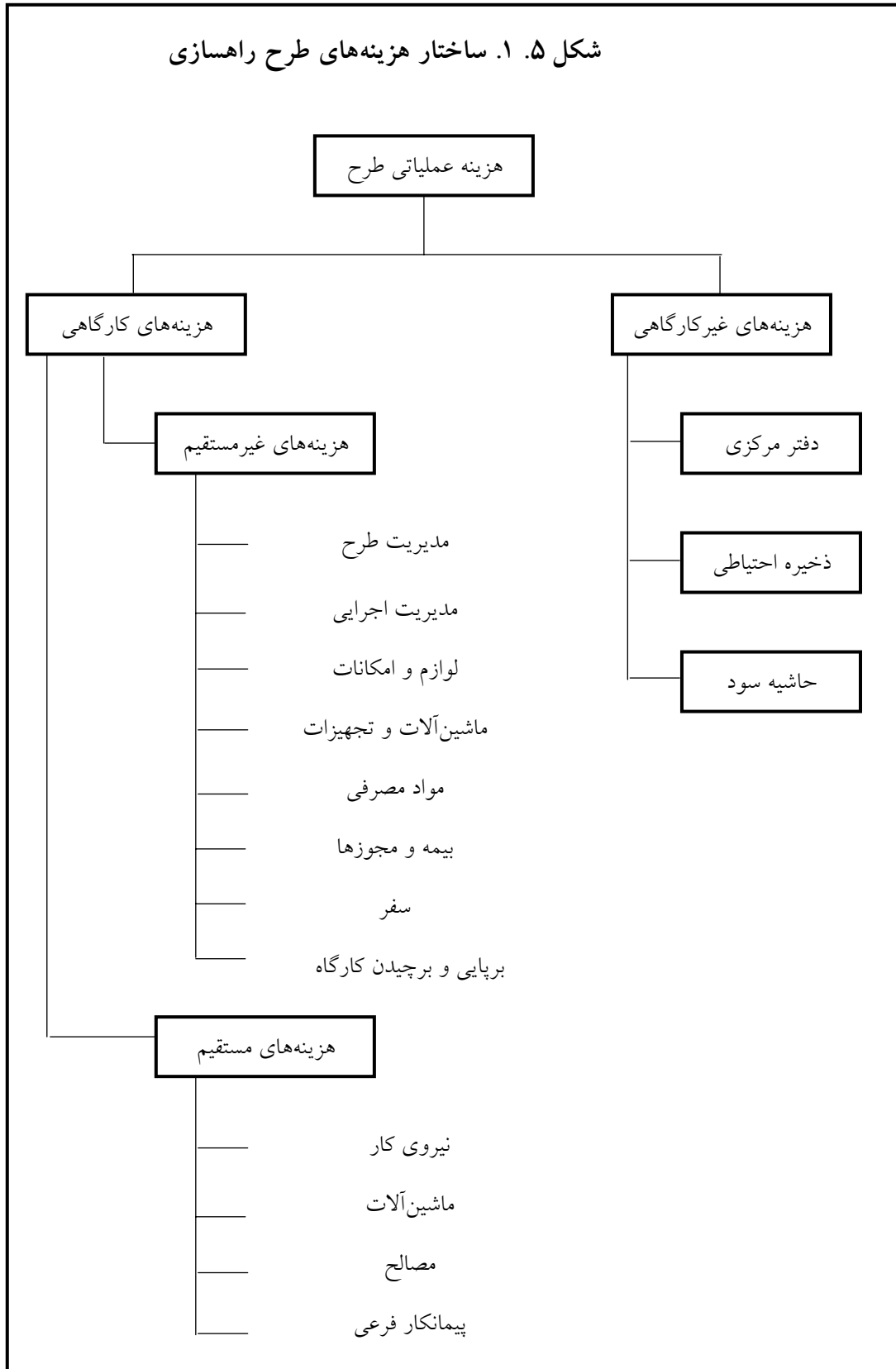
جدول ۵.۲. برآورد هزینه راه فرضی برپایه هزینه یک واحد (طبقه‌بندی گسترده)\*

کل هزینه برحسب ۱۰ <sup>۶</sup> سکه	هزینه یک واحد برحسب ۱۰ <sup>۳</sup> سکه	کل مقدار	واحد	اقدام هزینه
۳۱۵/۹	۰/۸	۳۹۴,۸۹۰	مترمربع	آماده کردن حریم راه عملیات خاکی:
۱۷۵۹/۱	۶/۸	۲۵۱,۶۹۰	مترمکعب	خاکبرداری
۱۰۰۷۶/۹	۱۶	۶۲۹,۸۰۵	مترمکعب	خاکریزی
۳۱	۱۷/۹	۱,۷۳۵	مترمکعب	تخریب بتن
۱۲۳/۱	۱۴/۹	۸,۲۶۵	مترمکعب	تخریب ساختمان‌ها
۱۱۹۹۰/۱				جمع
				روسازی:
۱۷۰۸/۳	۵۴	۳۱,۶۳۵	مترمکعب	مصالح دانه‌ای نوع الف
۵۰۵/۶	۵۲/۲	۹,۶۸۵	مترمکعب	مصالح دانه‌ای نوع ب
۸۹۹۷/۸	۲۵۴/۵	۳۵,۳۵۵	مترمکعب	قیر
۱۱۲۱۱/۷				جمع
				روکش:
۲۰۶/۲	۰/۸	۲۵۷,۸۱۰	لیتر	اندود نفوذی
۴۷/۸	۰/۹	۵۳,۱۳۰	لیتر	اندود سطحی
۲۸۸۲/۸	۱۲/۲	۲۳۶,۲۹۵	مترمربع	روکش آسفالتی
۳۱۳۶/۸				جمع
۱۰۴۰	۵۱/۶	۲۰,۱۵۶	مترمکعب	شانه
۶۶/۹	۴۶/۳	۱۴۴۵	متر	زهکشی
۲۷۷۶۱/۴				جمع هزینه ساخت راه

\* راه دوخطه آسفالتی به طول ۳۲ کیلومتر؛ عرض هر خط عبور ۳/۶۵ متر؛ عرض هر شانه ۱/۸۵ متر.



شکل ۵. ۱. ساختار هزینه‌های طرح راهسازی



### ۱.۳.۲. هزینه‌های غیرمستقیم

هزینه‌های غیرمستقیم آن اقلام هزینه‌ای است که نمی‌توان آنها را به آسانی به فعالیت‌ها و عملیات تخصیص داد. برای منظور کردن این نوع اقلام هزینه در برآورد کل هزینه عملیات دو راه وجود دارد:

**یک -** جدول جداگانه‌ای برای هزینه‌های غیرمستقیم تنظیم شود؛

**دو -** هزینه غیرمستقیم به صورت یک درصد معین به هزینه مستقیم هر یک از عملیات اضافه شود و یا این که به صورت درصد نابرابر به برخی از عملیات خاص افزوده گردد.

هزینه‌های غیرمستقیم می‌تواند جنبه استمرار (تابع زمان) و یا این که جنبه ثابت (یک نوبتی) داشته باشد. این نوع هزینه به طور معمول به دو بخش «هزینه‌های کارگاهی» یعنی مربوط به محل کار و «هزینه‌های غیرکارگاهی» یعنی غیر مربوط به محل کار، تفکیک می‌شود.

خلاصه هزینه‌های غیرمستقیم کارگاهی که آن را «هزینه‌های بالاسری کارگاهی» نیز می‌خوانند در جدول ۵.۴، ارائه شده است.

خلاصه هزینه‌های غیرمستقیم غیرکارگاهی که آن را «هزینه‌های بالاسری غیرکارگاهی» نیز می‌نامند، در جدول ۵.۵، نشان داده شده است.

روش برآورد هزینه‌های طرح برپایه هزینه عملیات، درست‌ترین پیش‌بینی‌ها درباره هزینه‌های طرح را در اختیار می‌گذارد. از این روش در مرحله آخر مطالعه توجیه نهایی طرح و پس از تعیین نهایی چارچوب طرح و طراحی تفصیلی اولیه، برای برآورد هزینه‌های طرح استفاده می‌شود. رواداری خطای برآورد در این مرحله  $\pm 15\%$  درصد است. پس از طراحی تفصیلی نهایی نیز از این روش برای برآورد هزینه طرح استفاده می‌شود و رواداری خطای برآورد در این مرحله  $\pm 10\%$  درصد است.

در جدول ۵.۶، در یک تصویر کلی، چارچوب مراحل تکوین طرح در سه مرحله مطالعه توجیه مقدماتی، مطالعه توجیه نهایی، و طراحی تفصیلی نهایی و روش برآورد هزینه در هر یک از مراحل و نیز اطلاعات اساسی مورد نیاز برای برآورد هزینه آورده شده است.

در اینجا یادآور می‌شود که انتخاب گزینه بهینه از میان گزینه‌های مختلف طرح، برپایه هزینه‌های نسبی آنها و بدون منظور کردن هزینه‌هایی که در تمام آنها به طور یکسان وجود دارد، انجام می‌گیرد. از این رو، هزینه گزینه انتخاب شده نشان دهنده کل هزینه طرح مورد نظر نیست. افزون بر آن، برتری گزینه انتخاب شده بر سایر گزینه‌ها در این مرحله، به معنی توجیه اقتصادی آن نیست و برای تعیین فایده خالص اقتصادی این گزینه، نخست باید کل هزینه‌های آن برپایه طراحی تفصیلی اولیه برآورد شود و سپس تحلیل‌های مربوط انجام گیرد.

در بندهای آتی، درباره چگونگی برآورد هزینه هر یک از اقلام مهم طرح توضیح داده خواهد شد.

جدول ۵.۳. خلاصه هزینه‌های مستقیم عملیات

اجزای ریزتر هزینه	اجزای عمده هزینه	طبقه‌بندی هزینه
<ul style="list-style-type: none"> <li>- حقوق و دستمزد ناخالص</li> <li>- مزایا و فوق‌العاده‌ها (برای مثال، مزایای اضافه کاری، مزایای مرخصی سالانه، فوق‌العاده خاص محل کار، مزایای پایان کار)</li> <li>- حق بازنشستگی</li> <li>- کارآموزی</li> <li>- لباس کار</li> <li>- مالیات بر حقوق و دستمزد</li> <li>- تجهیزات حفاظت شخصی</li> <li>- هزینه‌های اداره امور کارگری</li> </ul>	نیروی کار	هزینه‌های مستقیم عملیات
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نرخ کرایه ماشین‌آلات راهسازی پیمانکار و ماشین‌آلاتی که به صورت «خشکه» (یعنی بدون هزینه سوخت، روغن، مواد مصرف شدنی؛ ابزار استقرار ماشین‌آلات به روی زمین و متصدی ماشین‌آلات) از بیرون تهیه می‌شود.</li> <li>- سوخت، روغن، ابزار ماشین‌آلات راهسازی</li> <li>- حمل و نقل ماشین‌آلات راهسازی</li> </ul>	ماشین‌آلات	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- مصالحی که به طور دائم در کار باقی می‌ماند (برای مثال، تدارک و تحویل مصالح روسازی راه، تدارک لوله و قوطی آب‌روها، و غیره)</li> <li>- مصالح موقتی که به طور دائم در کار باقی نمی‌ماند (برای مثال، مصالح قالب‌بندی، سربندی، شمع کوبی، حصار و غیره)</li> </ul>	مصالح	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- اجزایی از کار (دائم یا موقت) که از سوی پیمانکار اصلی به پیمانکاران فرعی واگذار می‌شود (برای مثال، نصب عرشه پل، اجرای روسازی، شمع کوبی و غیره)</li> <li>- ماشین‌آلاتی که به صورت «تر» (یعنی ماشین‌آلات به اضافه سوخت و روغن، موارد مصرف شدنی، ابزار استقرار ماشین‌آلات به روی زمین و متصدی ماشین‌آلات) از پیمانکار فرعی اجاره می‌شود.</li> </ul>	پیمانکار فرعی	

جدول ۴.۵. خلاصه هزینه‌های غیرمستقیم کارگاهی

طبقه‌بندی هزینه	اجزای عمده هزینه	اجزای ریزتر هزینه
هزینه‌های غیرمستقیم کارگاهی (مستمر)	مدیریت طرح	- مدیر طرح - مهندس طرح
	مدیریت اجرایی	- سرپرستان - مسؤول امور اداری - نقشه‌بردار - تکنسین آزمایشگاه
	لوازم و امکانات کارگاه	- امکانات دفتری (محل دفتر، فاکس، فتوکپی، کامپیوتر) - خدمات دفتری (تلفن، آب، برق، فاضلاب) - نظافت (نظافت دفتر، ضدعفونی، بیرون بردن آشغال و غیره)
	ماشین‌آلات و تجهیزات	- وسایل نقلیه کارکنان کارگاه - کامیون (چند منظوره) - پمپ و ژنراتور - ماشین‌آلات سیار و ابزار
	مواد مصرفی	- نوشت افزار - مواد متفرقه
	بیمه و مجوزها	- بیمه (بیمه اشخاص ثالث، بیمه کارگاه و مانند آن) - مجوزهای مختلف (ملی، منطقه‌ای، شهری، محلی)
	سفر	- هزینه‌هایی که در بخش حقوق و مزایا پیش‌بینی نشده است
	برپایی کارگاه	- حمل و نقل و نصب امکانات کارگاه
کارگاهی (غیرمستمر)	برچیدن کارگاه	- برچیدن و حمل و نقل امکانات کارگاه

جدول ۵.۵. هزینه‌های غیرمستقیم غیرکارگاهی

طبقه‌بندی هزینه	اجزای عمده هزینه	اجزای ریزتر هزینه
هزینه‌های غیرمستقیم غیرکارگاهی (مستمر)	دفتر مرکزی	- هزینه‌های مدیریت در ارتباط با اداره امور طرح
	ذخیره احتیاطی	- پیش‌بینی رقمی برای مقابله با ریسک
	حاشیه سود	- پیش‌بینی حاشیه سود که اغلب به صورت درصدی از کل هزینه عملیات (یعنی هزینه مستقیم عملیات به اضافه هزینه‌های بالاسری کارگاهی) تعیین می‌شود.

جدول ۵. ۶. چارچوب مراحل تکوین و برآورد هزینه طرح راهسازی

طراحی تفصیلی نهایی	مطالعه توجیه نهایی		مطالعه توجیه اولیه	شرح
	بخش دوم	بخش اول		
- طراحی تفصیلی طرح	- تصویب طرح	- تحلیل گزینه‌ها	- برنامه‌ریزی پنجساله	مقصود
- طراحی تفصیلی اولیه	- گزینه انتخاب شده	- گزارش نیازها	- هدف بلندمدت شبکه راه، - سرمایه‌گذاری بلندمدت در شبکه راه	داده
- طراحی تفصیلی نهایی - آماده سازی اسناد مناقصه	- تعیین چارچوب نهایی طرح - طراحی تفصیلی اولیه	- بررسی گزینه‌ها برپایه طراحی کلی	- هدف‌های پنجساله راه مورد نظر	فعالیت‌ها
- نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی - اسناد مناقصه	- گزارش توجیه نهایی و تصویب طرح	- انتخاب گزینه بهینه	- مشخص شدن نیازها و گزینه‌ها برپایه طراحی کلی	ستانده
- برپایه هزینه منابع مورد نیاز	- برپایه هزینه منابع مورد نیاز	- برپایه هزینه یک واحد از ارکان راه	- برپایه هزینه یک واحد از ارکان راه	شیوه برآورد هزینه
- فهرست مقادیر اقلام راه - شیوه انجام کار - برنامه عملیاتی انجام کار - مدت اجرا - نرخ دستمزد و بهره‌وری نیروی کار - هزینه و بهره‌وری ماشین‌آلات راهسازی - هزینه های بالاسری	- فهرست مقادیر اقلام راه - شیوه انجام کار - برنامه عملیاتی انجام کار - مدت اجرا - نرخ دستمزد و بهره‌وری نیروی کار - هزینه و بهره‌وری ماشین‌آلات راهسازی - هزینه های بالاسری	- فهرست مقادیر ارکان راه - محل اجرا - مدت اجرا - هزینه یک واحد از ارکان راه در طرح‌های مشابه اجرا شده - شاخص‌های تورم - روند آینده قیمت اقلام مهم طرح - بهره‌وری ماشین‌آلات راهسازی	- فهرست مقادیر ارکان راه - محل اجرا - مدت اجرا - هزینه یک واحد از ارکان راه در طرح‌های مشابه اجرا شده - شاخص‌های تورم - روند آینده قیمت اقلام مهم طرح - بهره‌وری ماشین‌آلات راهسازی	اطلاعات اساسی مورد نیاز برای برآورد هزینه
± ۱۰	± ۱۵	± ۲۰	± ۳۰	درصد رواداری خطای برآورد

#### ۴.۱. برآورد هزینه مطالعات

هزینه مطالعات بخش اندکی از کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری را تشکیل می‌دهد. انجام این هزینه، به ویژه در مورد طرح‌های راهسازی به دلیل ماهیت این طرح‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. هرگاه مطالعات فنی طرح به خوبی انجام گیرد و بررسی‌های اقتصادی و زیست محیطی و اجتماعی درباره‌ی گزینه‌های مطروحه فنی، با دقت صورت پذیرد، می‌توان اطمینان حاصل کرد که تصمیم‌گیری مسئولان برپایه این نوع بررسی‌ها بازده بسیار مطلوبی برای کشور خواهد داشت. میانگین هزینه مطالعات نسبت به کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح در حدود ۵ درصد است. هرگاه مطالعات به درستی انجام شود، فایده حاصل از آن؛ یعنی پرهیز از هزینه‌های گزاف و جلوگیری از اجرای طرح‌های ناموجه فنی و اقتصادی، هزینه مطالعات را به خوبی جبران می‌کند.

#### ۵.۱. هزینه تملیک زمین و پرداخت خسارت

در طرح‌های راهسازی گاه به دلیل نیاز به عبور مسیر راه از مناطق معین و گذر از املاک و تأسیسات افراد یا شرکت‌ها و سازمان‌ها، باید قیمت زمین به آنان پرداخت شود و نیز خسارت وارده به تأسیسات آنان جبران گردد. به طور معمول، پرداخت بهای زمین براساس مقررات و آیین‌نامه‌های مربوط انجام می‌گیرد. در اینجا لازم به اشاره است که قیمت اقتصادی زمین و سایر عواملی که در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرد، برپایه ملاحظات دیگری برآورد می‌شود که در فصل مربوط به چگونگی برآورد قیمت‌های اقتصادی درباره آن سخن گفته خواهد شد.

#### ۶.۱. هزینه برپایی و برچیدن کارگاه

هزینه‌های برپایی کارگاه شامل هزینه‌های عمومی نیز می‌شود و اقلام زیر را در بر می‌گیرد:

الف - حمل و نقل ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار به کارگاه و به بیرون از کارگاه؛

ب - حمل و نقل روزانه کارگران به محل کار؛

ج - برپایی و نیز برچیدن انبارهای موقت برای مصالح، تجهیزات و ماشین‌آلات و ابزار و نیز محل تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات؛

د - برپایی، بهره‌برداری، و برچیدن اردوگاه‌های کارگری شامل: محل خواب؛ محل خورد و خوراک، محل نظافت و دستشویی و مانند آن.

اهمیت برپایی کارگاه‌ها و تحمل هزینه‌های عمومی برحسب مورد، بستگی به نوع طرح راهسازی دارد. اقلام هزینه ردیف (الف) و ردیف (ج) به طور معمول شامل تمام طرح‌های راهسازی

می‌گردد. اقلام هزینه ردیف (ب) و ردیف (د)، تنها شامل طرح‌هایی می‌شود که در مناطق پرت و دور از مراکز جمعیتی به اجرا در می‌آید.

حال به ترتیب درباره چگونگی برآورد هزینه‌های یادشده توضیح داده می‌شود.

### ۱.۶.۱. حمل و نقل ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزار

پس از مشخص شدن محل و در نتیجه فاصله‌های حمل و نقل به کارگاه‌ها، می‌توان برپایه کل تناژ ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار و هزینه حمل و نقل یک تن بار، هزینه مورد بحث را برآورد کرد. از این رو، برای محاسبه هزینه به اطلاعات زیر نیاز است

الف - فواصل حمل؛

ب - نوع و شمار وسایل نقلیه‌ای که برای حمل ماشین‌آلات و تجهیزات نیاز است؛

ج - هزینه عملیاتی وسایل حمل به ازای یک کیلومتر؛

د - شمار سفرهای هر یک از انواع وسایل حمل و نقل.

اطلاعات مربوط به ردیف‌های (الف) و (ب) و (د) از مطالعات انجام شده فنی و مهندسی به دست می‌آید. موضوع مطرح شده در ردیف (ج)، مربوط به یک طرح خاص نمی‌شود و جنبه کلی کشوری دارد و به طور کلی برپایه هزینه استهلاک وسایل نقلیه، هزینه عملیات، و هزینه‌های تعمیر و نگهداری محاسبه و برآورد می‌شود. در بند ۱. ۱۱ همین فصل درباره آن به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

### ۱.۶.۲. حمل و نقل روزانه کارگران

با معلوم بودن محل‌های کار و نیز مراکز مختلف اجتماع و انتظار کارگران برای رفتن به محل کار، می‌توان میانگین مسافت سفر میان مراکز یادشده و محل‌های کار را محاسبه کرد و برپایه آن، هزینه سفر روزانه را به شرح زیر برآورد نمود:

$$DTC = 2 \frac{N_t}{N_v} \cdot M \cdot C_v \quad (\text{è.ì})$$

$DTC$  = هزینه سفر روزانه؛

$N_t$  = شمار کارگرانی که به طور روزانه حمل می‌شوند؛

$N_v$  = شمار کارگرانی که هر وسیله نقلیه می‌تواند حمل کند؛

$M$  = میانگین مسافت بین مراکز انتظار کارگران و محل‌های کار؛

$C_v$  = هزینه استهلاک، عملیات، و نگهداری وسایل نقلیه به ازای یک کیلومتر راه.

هرگاه برآورد شده باشد که برای اجرا و تکمیل طرح راهسازی به  $(D)$  روز کار نیاز خواهد بود، در این صورت کل هزینه حمل و نقل کارگران به شرح زیر خواهد بود:

$$TTC = 2 \frac{N_t}{N_v} \cdot M \cdot C_v \cdot D \quad (\text{فرمول ۵. ۲})$$

$TTC$  = کل هزینه حمل و نقل کارگران.

برآورد  $(M)$ ، یعنی میانگین مسافت بین مراکز انتظار و محل‌های کار، پیش از اجرای طرح بسیار دشوار خواهد بود. به هر روی، هزینه کارگران یکی از اقلام مهم هزینه‌های طرح راهسازی را تشکیل می‌دهد و این قلم هزینه به ویژه در مواردی که موضوع مقایسه فناوری کار طلب با گزینه فناوری سرمایه طلب مطرح می‌شود، اهمیت بیشتری می‌یابد و از این رو، حداقل باید به صورت خیلی کلی برآورد شود. شمار کارگرانی که به طور روزانه مورد نیاز است، تابع فعالیت‌های ضرور (یعنی جدول زمانی انجام کار) و بهره‌وری نیروی کار می‌باشد. با توجه به توضیح اخیر، برآورد شمار کارگرانی که به طور روزانه باید حمل شوند موقوف به آگاهی از بهره‌وری نیروی کار و نیز جدول زمانی انجام کار است.

### ۱.۶.۳. برپایی انبارهای موقت و اردوگاه کارگران

برای برآورد ظرفیت انبار مورد نیاز، باید از شمار قطعات مختلف و مصالحی که در انبار نگهداری خواهد شد آگاه بود. برای برپایی اردوگاه کارگران نیز باید از شمار کارگران باخیر بود. به طور معمول، این نوع اطلاعات را می‌توان از مهندسان باتجربه که مسئولیت طراحی را برعهده دارند به دست آورد. با در دست داشتن مقیاس و شمار انبارها و اردوگاه‌های مورد نیاز، می‌توان هزینه ساخت و بهره‌برداری از آنها را برآورد کرد.

برای ساخت انبارها و سرپناه کارگران به طور کلی از مواد و مصالح سبک و چادرهای بزرگ و کاروان استفاده می‌شود. هزینه اقلام مربوط به شرح زیر است:

الف - هزینه استهلاک بناها، چادرها و سایر سرپناه‌ها؛

ب - هزینه حمل اجزا و مصالح مورد نیاز به کارگاه‌ها؛

ج - هزینه‌های برپایی و برچیدن.

برای برآورد هزینه استهلاک باید از ارزش و دوام انبارها و بناهای برپا شده آگاهی داشت. دوام بناها به شرایط استفاده از آنها بستگی دارد و از این رو، اطلاعات درستی در دسترس نخواهد بود و به ناچار باید نرخ استهلاک را به طور خیلی کلی و با توجه به تجربه و عملکرد طرح‌های مشابه تعیین



نمود و هزینه استهلاک را برپایه آن برآورد کرد. برآورد اقلام هزینه ردیف‌های (ب) و (ج) به نسبت آسان است.

هزینه‌های عملیاتی اردوی کارگران نیز مربوط به هزینه غذا، نگهداری اردو و امکانات بهداشتی است.

### ۷.۱. مصالح

هزینه مصالح شامل پرداخت‌هایی است که بابت خرید و نیز حمل و نقل مصالح مورد نیاز از قبیل: شن و ماسه، قیر، سیمان، سنگ‌های ساختمانی، لوله، قطعات فولادی، علائم راهنمایی و مانند آن انجام می‌گیرد. مشخصات کیفی مصالح برحسب نوع طرح راهسازی متفاوت است. مطالعات فنی و اجرایی، میزان و نوع مصالح مورد نیاز را برحسب مورد مشخص می‌کند. با در دست داشتن این اطلاعات می‌توان هزینه واحد خرید یا هزینه تولید و نیز هزینه واحد حمل و نقل را به دست آورد. با در دست داشتن هزینه‌های واحد و نیز کل مقادیر مورد نیاز، می‌توان کل هزینه مصالح مورد نیاز را محاسبه و برآورد کرد. چگونگی تعیین قیمت واحد هر یک از مصالح، بستگی به منشأ تأمین آن دارد. برخی مصالح جنبه وارداتی دارد و برخی در داخل تولید می‌شود. هزینه مصالحی که از خارج وارد می‌گردد برپایه قیمت سیف (قیمت خرید به اضافه هزینه بیمه و هزینه حمل) و در نظر گرفتن هزینه‌های گمرکی و هزینه حمل آن به محل کارگاه برآورد می‌شود. قیمت سیف را می‌توان از فروشندگان و تولیدکنندگان خارجی و اطلاعات مربوط به هزینه‌های گمرکی را از اداره گمرک به دست آورد.

در مواردی که مصالح در داخل تولید می‌شود، می‌توان قیمت آن را از تولیدکنندگان داخلی پرسید. هر گاه بنا به مورد، به ناچار مصالح مورد نیاز از قبیل شن برحسب درجات مختلف و یا سنگ‌های ساختمانی از سوی خود طرح استخراج و تأمین شود، باید هزینه استخراج و فرآوری مصالح را مبنای برآورد هزینه آن قرار داد. برای برآورد این هزینه، باید اقلام زیر پیش‌بینی و محاسبه گردد:

الف - هزینه استقرار ماشین‌آلات و تجهیزات مربوط؛

ب - هزینه استهلاک و هزینه عملیات ماشین‌آلات و تجهیزات از قبیل: پتک‌های بادی، لودر، دستگاه‌های سنگ خردکن، سرندهای مکانیکی، ژنراتورهای دیزلی؛

ج - هزینه استهلاک ابزار دستی؛

د - هزینه مواد منفجره؛

هـ - هزینه کارگر ساده؛

و - هزینه نیروی کار ماهر.

قیمت مواد منفجره را باید از تولیدکنندگان آن جویا شد. هزینه هر یک از محصولات مورد نظر (برای مثال سنگ ساختمانی، شن با درجات کیفی متفاوت) باید تک به تک برآورد شود؛ اما به هر روی، در صورت در دسترس نبودن اطلاعات کافی در مورد نفر - ساعت و نیز ماشین‌آلات - ساعت مورد نیاز برای استخراج و فرآوری یک واحد از مصالح مورد نظر، می‌توان به جای آن از میانگین هزینه استخراج یا فرآوری یک تن یا یک مترمکعب از محصول مورد نظر استفاده کرد و آن را برای برآورد هزینه تمام مصالح استخراجی به کار برد. در بسیاری از موارد، میانگین هزینه استخراج مصالح استخراجی، خیلی به یکدیگر نزدیک است.

بخشی از فعالیت‌های جاری راهسازی، حمل و جا به جایی مصالح به نقاط مختلف در طول مسیر راه است. هزینه‌های حمل و نقل مصالح را می‌توان برپایه روشی که برای برآورد هزینه حمل و نقل کارگران بیان شد، محاسبه و برآورد کرد. در تمام طرح‌های راهسازی، هزینه حمل و نقل مصالح تابع کل مقدار مصالح مورد نیاز و نیز فاصله بین محل استخراج تا نقاط تخلیه آن در طول راه است. کل مصالح مورد نیاز را می‌توان برپایه فهرست مقادیر برآورد و مشخص کرد.

### ۸.۱. کارگران ساده

هزینه کارگران ساده برپایه اطلاعات درج شده در فهرست مقادیر، بهره‌وری کارگران ساده در فعالیت‌های مختلف و هزینه واحد نیروی کار (به طور معمول برحسب دستمزد ساعتی)، برآورد و تعیین می‌گردد. مبنای تعیین بهره‌وری نیروی کار، کل زمان مورد نیاز برای انجام یک فعالیت راهسازی توسط گروهی از کارگران یا به سخن دیگر، ظرفیت کلی گروه کار (OVC) است. ظرفیت کلی براساس تجربه و بررسی طرح‌های انجام شده در مناطق مختلف کشور، برای هر منطقه به طور جداگانه تعیین می‌شود.

هرگاه گروه کار از تعداد (N) کارگر تشکیل شده باشد، میانگین بهره‌وری هر یک از کارگران برابر با (OVC/N) خواهد بود. حال برای مثال، هرگاه محصول یک فعالیت مشخص برابر (E) (فرضاً فلان مترمکعب سنگ استخراج شده) باشد، کل نفر - ساعت کار مورد نیاز برای انجام فعالیت مورد بحث به شرح زیر خواهد بود:

$$Y = \frac{E}{\left(\frac{OVC}{N}\right)} \quad (\text{فرمول ۵.۳})$$

$Y$  = کل نفر - ساعت کار مورد نیاز به طور نظری؛

$E$  = مترمکعب سنگ استخراج شده؛

$OVC$  = ظرفیت کلی گروه کار؛

$N$  = شمار کارگران.

به طور معمول، در محاسبه ( $OVC$ ) زمان‌های تلف شده زیر منظور نمی‌شود:

الف - طول زمان رفت و برگشت به محل کار؛

ب - مرخصی بیماری؛

ج - مرخصی‌های سالانه؛

د - تعطیلات عمومی؛

هـ - توقف کار به دلیل هوای نامساعد؛

و - زمان‌های تعیین شده برای صرف چای و غذا.

از این رو، باید زمان تلف شده حاصل از موارد بالا را به صورت یک ضریب در کل

نفر - ساعت مورد نیاز نظری اعمال کرد و برپایه آن کل نفر - ساعت مورد نیاز واقعی برای انجام

فعالیت مورد نظر ( $E$ ) را به شرح زیر برآورد کرد:

$$Y' = Y(1 + X) \quad (\text{فرمول ۴.۵})$$

$Y'$  = کل نفر - ساعت مورد نیاز واقعی؛

$X$  = ضریب زمان تلف شده.

با مشخص شدن مقدار ( $Y$ ) و ( $X$ ) و دستمزد روزانه نیروی کار ( $W$ )، می‌توان هزینه کارگران

ساده ( $C$ ) برای فعالیت مورد نظر را به شرح زیر حساب کرد:

$$C = \frac{E}{\left(\frac{OVC}{N}\right)} \cdot (1 + X) \cdot W = Y' \cdot W \quad (\text{فرمول ۵.۵})$$

برای برآورد دستمزد کارگران ساده، عوامل زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف - چگونگی تعیین دستمزد؛

ب - منشأ یا محل اصلی کارگران؛

ج - فصل‌هایی از سال که کار در آن انجام می‌گیرد؛

د - هزینه بیمه؛

هـ - پرداخت‌های غیرنقدی به صورت جنس.

پیش‌بینی دستمزد کارگران باید با توجه به مقتضیات محل اجرای طرح و شرایط بازار کار در منطقه انجام پذیرد. پس از تعیین میزان دستمزد، برپایه آن می‌توان پرداخت‌های دیگر از قبیل حق بیمه و پرداخت‌های غیرنقدی را برآورد نمود. دستمزد ساعتی کارگران براساس فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$W = \frac{W' + \frac{I}{365} + F}{T} \quad (\text{فرمول ۵. ۶})$$

$W$  = دستمزد ساعتی کارگران؛

$W'$  = دستمزد روزانه براساس قیمت بازار؛

$I$  = میانگین هزینه بیمه سالانه از کارافتادگی (نقص عضو)؛

$F$  = پرداخت‌های غیرنقدی روزانه به کارگران؛

$T$  = شمار ساعت کار در روز.

اکنون به ترتیب درباره چگونگی برآورد هزینه دستمزد و پرداخت‌های غیرنقدی توضیح داده می‌شود.

### ۱.۸.۱. دستمزد براساس قیمت بازار

برای برآورد دستمزد پرداختی براساس قیمت بازار، نخست باید بازار کار در منطقه اجرای طرح مورد بررسی قرار گیرد. به سخن دیگر، دستمزد کارگران روزمزد برحسب منطقه اجرای طرح و فصل‌های مختلف سال (برای مثال فصل اوج کار کشاورزی و فصل رکود کار کشاورزی) با یکدیگر تفاوت دارد و در هر منطقه باید جداگانه بررسی و تعیین شود. از این رو، به دلیل‌های زیر باید بازار نیروی کار در منطقه اجرای طرح مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

یک - باید معلوم شود که آیا در منطقه نیروی کار کافی برای پاسخگویی به نیاز طرح وجود دارد؛

دو - باید مشخص شود که میزان دستمزد پرداختی به کارگران در منطقه اجرای طرح چه مقدار است.

با انجام بررسی یادشده، می‌توان چگونگی عرضه و تقاضای نیروی کار در منطقه را مورد تحلیل و ارزشیابی قرار داد تا اطمینان حاصل شود در دوره اجرای طرح، تنگنا و تأخیری که موجبات افزایش هزینه اجرا را فراهم می‌آورد پیش نخواهد آمد. به سخن دیگر، فعالیت ساخت و اجرا باید با در دسترس بودن نیروی کار در دوره اوج و رکود فعالیت‌های کشاورزی، هماهنگ شود. احتمال دارد در برخی نواحی نیروی کار مازاد وجود نداشته باشد و از این رو، باید از پیش تدابیر لازم برای تأمین نیروی کار ضرور اتخاذ گردد.

هرگاه ارقام و آماری درباره نرخ بیکاری در منطقه یا ناحیه اجرای طرح در دست نباشد، به ناچار باید وضعیت عرضه و تقاضای نیروی کار در منطقه برآورد و پیش‌بینی شود. به این منظور نخست باید منطقه تأمین نیروی کار مشخص گردد. هرگاه در نظر باشد که کارگران در اردو اسکان داده شوند می‌توان شعاع منطقه تأمین کارگران را گسترده‌تر از زمانی در نظر گرفت که آنان از مکان‌های مختلف به طور روزانه به محل اجرای طرح آورده می‌شوند. هرگاه ترکیب جمعیت منطقه تأمین کارگران، از نظر نسبت جمعیت فعال زنان و مردان و نسبت درصد کارگران ساده به کل جمعیت، منطبق با میانگین نسبت‌های مشابه منظور شده در آمارهای ملی و یا منطقه‌ای باشد، می‌توان میزان عرضه نیروی کار در منطقه اجرای طرح را برپایه نسبت‌های اخیر برآورد کرد. البته، برآورد کارگران ساده منطقه به شیوه یادشده، حاصل چندان دقیقی نخواهد داشت، ولی به هر روی، برای انجام محاسبات مربوط به طرح می‌تواند پاسخگو باشد.

گام بعدی آن است که نیاز طرح به نیروی کار در هر یک از فصل‌های سال برآورد و مشخص شود. اگر قرار باشد کارگران مورد نیاز را از یک منطقه کشاورزی تأمین کرد، باید آمار کاربری زمین در منطقه (یعنی کل زمین‌های زیرکشت برحسب نوع محصول) در اختیار باشد.

افزون بر آن، باید میزان نفر - روز مورد نیاز کشاورزی برحسب واحد کشت و نوع محصول نیز برآورد شود. این نوع اطلاعات به طور معمول موجود نیست و به دست آوردن آن بسیار مشکل خواهد بود.

هر گاه نتوان برپایه آمار و داده‌ها و اطلاعات موجود میزان عرضه و تقاضای نیروی کار در منطقه را برآورد نمود، به ناچار باید بازار کار منطقه در دو فصل اوج و رکود فعالیت کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد. این نوع بررسی‌ها گریزناپذیر است؛ مگر آن که مصاحبه و گفتگو با مسئولان منطقه نشان دهد که منطقه در سراسر سال با نیروی کار مازاد رو به روست.

با استفاده از اطلاعات و داده‌های موجود و یا حاصل از بررسی بازار نیروی کار و طرح افکنی آن به آینده، می‌توان دستمزد کارگران ساده را در منطقه و یا بازار محلی پیش‌بینی کرد. به هر روی، هرگاه نیاز طرح به کارگر ساده آنچنان زیاد باشد که موجب تغییر وضع عرضه و تقاضا شود، بدون تردید دستمزدی که به روش یادشده برآورد گردد کمتر از دستمزدی خواهد بود که در زمان اجرای طرح پرداخت خواهد شد.

زمانی که مازاد نیروی کار بسیار زیاد است، تقاضای اضافی حاصل از اجرای طرح، تأثیری بر میزان دستمزدها نخواهد داشت؛ اما هرگاه تقاضای اضافی موجبات اشتغال فراوان را فراهم آورد، میزان دستمزد در بازار به اوج خواهد رسید و برابر با دستمزدی خواهد شد که در اوج فعالیت

کشاورزی پرداخت می‌گردد (با فرض آن که تقاضای اضافی طرح برابر با نیروی کار مازاد کنونی خواهد بود و از آن تجاوز نکند).

چکیده مطالب پیش‌گفته به این شرح است: هر گاه تقاضای اضافی برای نیروی کار، کمتر از نیروی کار مازاد در هر یک از فصول باشد، می‌توان از دستمزد فصلی کشاورزی به عنوان پایه برآورد هزینه نیروی کار مورد نیاز طرح استفاده کرد. از سوی دیگر، هرگاه تقاضای طرح برای نیروی کار در تمام دوره اجرای طرح، بیش از نیروی کار مازاد موجود در منطقه باشد، باید از دستمزد پرداختی در فصل اوج فعالیت کشاورزی، به عنوان دستمزد پرداختی به کارگران ساده مورد نیاز طرح استفاده نمود. در مورد نخست (تقاضای اضافی کمتر از نیروی کار مازاد باشد)، باید از میانگین وزنی دستمزد نیروی کار، به شرح فرمول زیر، استفاده شود:

$$W_m = W_s \cdot X_s + W_p \cdot X_p \quad (\text{فرمول ۵. ۷})$$

$W_m$  = میانگین وزنی دستمزد؛

$W_s$  = دستمزد در فصل رکود فعالیت کشاورزی؛

$W_p$  = دستمزد در فصل اوج فعالیت کشاورزی؛

$X_s$  = نفر - روز مورد نیاز در فصل رکود فعالیت کشاورزی؛

$X_p$  = نفر - روز مورد نیاز در فصل اوج فعالیت کشاورزی.

باید توجه کرد که هرگاه دستمزد فصلی در منطقه، در پی اجرای طرح به طور قابل توجهی افزایش یابد، کارگران خارج از حوزه اجرای طرح جذب منطقه خواهند شد. این عرضه اضافی نیروی کار، موجب توقف افزایش دستمزد در منطقه و گاه نیز باعث کاهش دستمزد خواهد گردید.

### ۱.۸.۲. پرداخت‌های غیر نقدی

پرداخت غیرنقدی شامل غذا و لباس کار می‌شود. هزینه این دو قلم، برپایه قیمت عمده فروشی و به شرح فرمول زیر تعیین می‌گردد:

$$F = \sum_{i=1}^n p_i \cdot f_i + \frac{C_l}{D} \quad (\text{فرمول ۵. ۸})$$

$F$  = هزینه غذا و لباس؛

$f_i$  = جیره روزانه غذا از نوع  $i$ ؛

$p_i$  = قیمت عمده فروشی قلم غذای  $i$ ؛

$C_l$  = قیمت عمده فروشی لباس؛

$D$  = مدت ساخت راه به روز.

هرگاه دوره اجرای طرح بیش از یکسال باشد و لباس کار سالی یک بار به کارگران تحول گردد،  $D$  برابر ۳۶۵ می‌گردد.

### ۹.۱. برآورد هزینه سرپرستان و کارکنان و نیروی کار ماهر

به طور کلی، کارکنان مسئول اجرای طرح را می‌توان به سه گروه زیر تقسیم کرد:

- الف - سرپرستان و کارمندان شامل: مدیران، معاونان، مهندسان، سرپرستان، نقشه‌برداران، حسابداران، کارکنان دفتری، کارکنان بهداری؛
- ب - استادکاران و سرکارگران؛
- ج - متصدیان ماشین‌آلات و تجهیزات، و رانندگان کامیون.

### ۱.۹.۱. برآورد هزینه سرپرستان و کارکنان اداری

شمار و ترکیب سرپرستان و کارکنان اداری تابع حجم نیروی کار، محل اجرای طرح، و شیوه پرداخت دستمزد کارگران ساده است. هرگاه یک یا چند شرط زیر موجود باشد، می‌توان نتیجه گرفت که حجم نیروی کار قابل ملاحظه خواهد بود.

الف - طرح برپایه فناوری کارگر طلب اجرا شود؛

ب - محل اجرای طرح به ترتیبی است که مستلزم برپایی و بهره‌برداری از یک یا چند اردوگاه کارگری خواهد بود؛

ج - پرداخت‌ها به نیروی کار، به صورت نقدی و نیز به صورت جنس (برای مثال جیره غذایی) در نظر گرفته شده است.

برای برآورد و پیش‌بینی شمار سرپرستان و کارکنان اداری مورد نیاز باید به شرط‌های پیش‌گفته توجه نمود و برپایه آن، مشاغل و شمار هر یک از مشاغل را تعیین کرد. به این منظور، باید فرض کرد که در تمام مدت اجرای طرح به این کارکنان نیاز خواهد بود. به سخن دیگر، باید فرض کرد که شمار کارمندان سرپرستی و یا اداری تعیین شده از نوع ( $i$ ) که آن را با  $(N_{si})$  نشان می‌دهیم، در طول اجرای طرح بدون تغییر باقی خواهد ماند.

با در دست داشتن حقوق ماهانه مشاغل مختلف و مدت اجرای طرح، هزینه سرپرستان و کارمندان اداری را می‌توان به شرح زیر برآورد کرد:

$$TSC = \sum_{i=1}^l N_{si} \cdot D \cdot W_{si} \quad (\text{فرمول ۵. ۹})$$

$TSC$  = کل هزینه سرپرستان و کارکنان اداری؛

$i$  = نوع شغل؛

$N_{si}$  = شمار کل شاغلین نوع  $i$ ؛

$l$  = شمار انواع مشاغل سرپرستی و اداری؛

$D$  = طول مدت اجرای طرح برحسب ماه؛

$W_{si}$  = حقوق ناخالص ماهانه کارکنان شغل  $i$ .

### ۲.۹.۱. برآورد هزینه سرکارگران

هزینه سرکارگران برای هر یک از فعالیت‌ها باید جداگانه برآورد گردد؛ زیرا به طور معمول، شمار سرکارگران در فعالیت‌های گوناگون، متفاوت است. برای یک فعالیت مشخص ( $j$ ) شمار سرکارگران به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$N_{Fj} = \frac{(N_{ul})_j}{S_j} \quad (\text{فرمول ۵. ۱۰})$$

$N_{Fj}$  = شمار سرکارگران فعالیت ( $j$ )؛

$(N_{ul})_j$  = شمار کارگران ساده فعالیت ( $j$ )؛

$S_j$  = شمار کارگران ساده به ازای یک سرکارگر در فعالیت ( $j$ )؛

افزون بر روش بالا، می‌توان شمار سرکارگران مورد نیاز را برپایه بخش‌های مختلف راه و فعالیت‌های مورد نیاز در هر بخش نیز برآورد نمود.

با توجه به توضیحات پیش‌گفته، هرگاه شمار سرکارگران مورد نیاز در فعالیت ( $j$ ) برحسب نفر - ماه برابر با  $(N_{Fj} \cdot D_j)$  باشد، شمار کل سرکارگران مورد نیاز طرح برابر است با:

$$\sum_{j=1}^m N_{Fj} \cdot D_j$$

$D_j$  = مدت زمان لازم برای انجام فعالیت  $j$  برحسب ماه؛

$m$  = شمار کل فعالیت‌های مورد نیاز.

با در دست داشتن اطلاعات پیش‌گفته می‌توان هزینه‌های سرکارگران هر فعالیت و نیز هزینه‌های کل سرکارگران طرح را با استفاده از دو فرمول زیر برآورد کرد:

$$(FC)_j = N_{Fj} \cdot D_j \cdot W_F \quad (\text{فرمول ۵. ۱۱}) \text{ برای فعالیت } (j)$$

$$FC = \sum_{j=1}^m N_{Fj} \cdot D_j \cdot W_F \quad (\text{فرمول ۵. ۱۲}) \text{ برای کل طرح}$$

$(FC)_j$  = هزینه سرکارگران فعالیت ( $j$ )؛

$FC$  = هزینه کل سرکارگران طرح؛



$W_F =$  حقوق ناخالص سرکارگران.

### ۱۰.۱. برآورد هزینه متصدیان ماشین‌آلات و رانندگان

برپایه فهرست مقادیر و میانگین بهره‌وری ماشین‌آلات و کامیون‌ها، می‌توان شمار کل ساعت‌های کار متصدیان ماشین‌آلات و رانندگان کامیون برای اجرای طرح را برآورد کرد. روش برآورد مانند روش برآورد هزینه‌های کارگران است. با در دست داشتن ظرفیت کلی ماشین‌آلات مشابه و شمار این ماشین‌آلات، و با معلوم بودن محصول خواسته شده از فعالیت ( $j$ ) (برای مثال فلان مترمکعب خاکبرداری)، کل نفر - ساعت کار متصدیان ماشین‌آلات برای تحقق عملیات مورد نظر را می‌توان به شرح زیر برآورد کرد:

$$Y_{E,j} = \frac{E_j}{\left(\frac{OVC}{n}\right)_j} \quad (\text{فرمول ۵. ۱۳})$$

$Y_{E,j}$  = کل نفر - ساعت کار متصدی ماشین‌آلات برای فعالیت ( $j$ ) به صورت نظری؛

$E_j$  = محصول خواسته شده از فعالیت  $j$  به طور مثال فلان مترمکعب خاکبرداری؛

$OVC$  = ظرفیت کلی ماشین‌آلات؛

$n$  = شمار ماشین‌آلات.

همان گونه که در مبحث نیروی کار ساده در بند ۸.۱ بیان شد، به دلیل ملاحظات مربوط به طول زمان رفت و برگشت به محل کار؛ مرخصی بیماری؛ مرخصی‌های سالانه؛ تعطیلات عمومی؛ توقف کار به خاطر هوای نامساعد؛ زمان‌های تعیین شده برای صرف چای و غذا، همواره باید عامل اتلاف کار در محاسبه در نظر گرفته شود. از این رو، برآورد نظری پیش‌گفته باید به شرح زیر مورد تعدیل قرار گیرد:

$$Y'_{E,j} = Y_{E,j}(1 + X) \quad (\text{فرمول ۵. ۱۴})$$

$Y'_{E,j}$  = کل نفر - ساعت کار متصدی ماشین‌آلات برای فعالیت ( $j$ ) به صورت واقعی؛

$X$  = ضریب زمان تلف شده.

با مشخص شدن مقدار  $X$  و  $(Y'_{E,j})$  و نیز دستمزد ناخالص روزانه  $(W_j)$ ، می‌توان هزینه

متصدیان ماشین‌آلات و رانندگان کامیون برای فعالیت ( $j$ ) را به شرح زیر حساب کرد:

$$\frac{E_j}{\left(\frac{OVC}{n}\right)} \cdot (1 + X) \cdot W_j = Y'_{E,j} \cdot W_j \quad (\text{فرمول ۵. ۱۵})$$

با عنایت به فرمول بالا، کل هزینه متصدیان ماشین‌آلات و رانندگان برابر است با:

$$TEOC = \sum_{j=1}^m (EOC)_j$$

$TEOC$  = کل هزینه متصدیان ماشین‌آلات و رانندگان؛

$m$  = شمار کل فعالیت‌ها.

یادآور می‌شود که در محاسبه ضریب زمان تلف شده ( $X$ )، نباید اتلاف زمان حاصل از خراب شدن ماشین‌آلات؛ توقف ماشین‌آلات برای بازبینی‌های دوره‌ای مربوط به نگهداری؛ و توقف کار به دلیل تداخل سایر فعالیت‌ها (معطلی ضروری) به حساب گرفته شود؛ زیرا این گونه ملاحظات به طور معمول در مرحله تعیین ظرفیت کلی ماشین‌آلات در نظر گرفته می‌شود.

### ۱۱.۱. هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات موتوری

هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات موتوری برای اجرای فعالیت ( $j$ ) برپایه فرمول زیر برآورد

می‌گردد:

$$(EC)_j = \sum_{k=1}^m \left( \frac{E_j}{Z_k} \right) \cdot C_k \quad (\text{فرمول ۵. ۱۷})$$

$(EC)_j$  = هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات فعالیت ( $j$ )؛

$E_j$  = میزان فعالیت ( $j$ ) براساس فهرست مقادیر (برای مثال فلان مترمکعب خاکبرداری)؛

$Z_k$  = بهره‌وری ماشین‌آلات نوع ( $k$ ) به هنگام کار در فعالیت ( $j$ )، یعنی بهره‌وری دستگاه با در نظر

گرفتن زمان تلف شده؛

$m$  = شمار نوع ماشین‌آلات مورد استفاده در فعالیت ( $j$ )؛

$C_k$  = هزینه ساعتی یا نرخ کرایه ساعتی ماشین‌آلات نوع  $k$  بدون منظور کردن هزینه متصدی آن.

با توجه به فرمول بالا، کل هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات موتوری مورد نیاز برای اجرای طرح

برابر است با:

$$EC = \sum_{j=1}^m (EC)_j \quad (\text{فرمول ۵. ۱۸})$$

$EC$  = کل هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات؛

$j$  = فعالیت مورد نیاز؛

$m$  = شمار فعالیت‌های مورد نیاز.

مجموع هزینه استهلاک ساعتی و هزینه بهره‌برداری ساعتی ماشین‌آلات (دستگاه) نشان دهنده

هزینه ساعتی آن است. یعنی:

$$C_k = D_k + C_{vk} \quad (\text{فرمول ۵. ۱۹})$$

$C_k$  = هزینه ساعتی دستگاه؛

$D_k$  = هزینه استهلاک ساعتی دستگاه؛

$C_{vk}$  = هزینه بهره‌برداری ساعتی دستگاه.

حال به ترتیب درباره چگونگی برآورد هزینه استهلاک ساعتی و هزینه بهره‌برداری ساعتی دستگاه توضیح داده خواهد شد.

### ۱.۱۱.۱. برآورد هزینه استهلاک ساعتی

برای برآورد هزینه استهلاک ماشین‌آلات و تجهیزات از محاسبات تنزیلی استفاده می‌شود. به طور کلی، محاسبات تنزیلی مبنای برآورد ارزش خالص کنونی یا به سخن دیگر، فایده خالص کنونی طرح است که در فصل‌های آینده درباره آن توضیح بیشتری داده خواهد شد. در اینجا به کوتاهی باید اشاره کرد که هرگاه پول برای خرید ماشین‌آلات پرداخت نمی‌شود، با سپرده گذاری در بانک، سود معینی عاید می‌گردد. طبیعی است که در این شرایط، بازده ماشین‌آلات حداقل باید برابر یا بیشتر از سود بانکی گردد. برای مثال، هرگاه شخص یا مؤسسه‌ای ماشین‌آلات راهسازی را به قصد اجاره آن به پیمانکاران خریداری نماید، کرایه این ماشین‌آلات را برپایه دو ملاحظه زیر تعیین خواهد کرد:

الف - برگشت تدریجی اصل پولی که پرداخت کرده است؛

ب - دریافت سودی برابر یا بیشتر از آنچه که می‌توانست از سپرده گذاری در بانک دریافت کند.

با توجه با آنچه که گفته شد، اکنون نقش محاسبات تنزیلی برای برآورد استهلاک ساعتی ماشین‌آلات ( $D_k$ ) تشریح می‌گردد. فرض کنید که عمر مفید دستگاه مورد نظر برابر با ( $n$ ) سال است. عمر دستگاه را می‌توان براساس فرمول زیر محاسبه کرد:

$$n = \frac{H_t}{H_e} \quad (\text{فرمول ۵. ۲۰})$$

$n$  = عمر دستگاه به سال؛

$H_t$  = کل ساعت مورد انتظار کار دستگاه؛

$H_e$  = نرخ بهره‌برداری سالانه از دستگاه (برای مثال ۱۰۰۰ ساعت در سال).

حال فرض کنید که قیمت دستگاه نوع ( $k$ ) برابر ( $k_o$ ) است و ارزش اسقاط آن در پایان عمر برابر با ( $S_e$ ) می‌باشد. مالک این دستگاه در صورتی مایل به اجاره دادن آن است که ارزش کنونی جریان حاصل از دریافت اجاره سالانه ( $A_k$ ) و ارزش اسقاط دستگاه در پایان عمر آن ( $S_e$ ) برپایه نرخ تنزیل ( $r$ )، یعنی همان سود مورد انتظار مالک دستگاه، در مجموع برابر با ( $k_o$ ) گردد. یعنی:

$$K_o = \frac{A_k}{1+r} + \frac{A_k}{(1+r)^2} + \frac{A_k}{(1+r)^3} + \dots + \frac{A_k}{(1+r)^n} + \frac{S_e}{(1+r)^n} \quad (\text{فرمول ۵. ۲۱})$$

یا:

$$K_o = \sum_{t=1}^n \frac{A_k}{(1+r)^t} + \frac{S_e}{(1+r)^n} \quad (\text{فرمول ۵. ۲۲})$$

$A_k$  را می‌توان به عنوان نرخ استهلاک دستگاه در نظر گرفت زیرا این رقم نشان دهنده برداشت مالک از میزان برگشت اصل و سود سرمایه‌گذاری است.

فرمول (۵. ۲۱) را می‌توان به صورت زیر نیز نوشت:

$$K_o = A_k \left[ \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+r)^t} \right] + \frac{S_e}{(1+r)^n} \quad (\text{فرمول ۵. ۲۳})$$

عبارت  $\left[ \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+r)^t} \right]$  برابر با عبارت  $\left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right]$  است. از این رو فرمول (۵. ۲۳) را

می‌توان به صورت زیر ارائه کرد:

$$K_o = A_k \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right] + \frac{S_e}{(1+r)^n} \quad (\text{فرمول ۵. ۲۴})$$

حال، برپایه فرمول بالا، هزینه استهلاک سالانه دستگاه یا ارزش اجاره آن، برابر است با:

$$A_k = K_o \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] - S_e \left[ \frac{r}{(1+r)^n - 1} \right] \quad (\text{فرمول ۵. ۲۵})$$

برای روشن شدن مطلب، یک مثال عددی مطرح می‌گردد. فرض کنید قیمت یک دستگاه ماشین راهسازی برابر با ۲۰،۰۰۰ سکه؛ نرخ سود مورد انتظار مالک برابر با ۱۵ درصد؛ ارزش اسقاط دستگاه در پایان عمر آن برابر با ۲۰۰۰ سکه؛ و عمر آن برابر با ۱۰ سال است. در این صورت خواهیم داشت:

$$A_k = 20000 \left[ \frac{0.15(1+0.15)^{10}}{(1+0.15)^{10} - 1} \right] - 2000 \left[ \frac{0.15}{(1+0.15)^{10} - 1} \right] = 3887 \text{ سکه}$$

$A_k =$  استهلاک سالانه یا ارزش اجاری سالانه دستگاه

شایان اشاره است که برآورد هزینه استهلاک سالانه برپایه روش خط مستقیم که در زیر نشان داده خواهد شد، نمی‌تواند مبنای درستی برای تعیین ارزش اجاره سالانه دستگاه باشد.

$$20,000 - 2,000 = 18,000 \quad \text{ارزش استهلاکی دستگاه به سکه}$$

$$18,000 \div 10 \text{ سال} = 1,800 \quad \text{استهلاک سالانه دستگاه به سکه}$$

همان گونه که ملاحظه می‌شود، در این روش ارزش استهلاک سالانه بسیار کمتر از ارزش واقعی استهلاک سرمایه‌گذاری برپایه سود مورد انتظار مالک دستگاه است. در حقیقت در این روش

فرض بر آن است که سود مورد انتظار مالک صفر درصد است و پیداست که این فرض در هیچ شرایطی، قابل تصور و پذیرفتنی نیست.

به هر روی، با در دست داشتن هزینه استهلاک سالانه  $(A_k)$ ، می‌توان هزینه استهلاکی ساعتی را به شرح زیر برآورد کرد:

$$D_k = \frac{A_k}{H_e} = \frac{K_o}{H_e} \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] - \frac{S_e}{H_e} \left[ \frac{r}{(1+r)^n - 1} \right] \quad (\text{فرمول ۵. ۲۶})$$

حال به ترتیب درباره چگونگی برآورد اقلام مختلف منظور شده در فرمول (۵. ۲۶) توضیح داده می‌شود. پیش از این، گفته شد که عمر دستگاه به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$n = \frac{H_t}{H_e} \quad (\text{فرمول ۵. ۲۰})$$

$n$  = عمر دستگاه به سال؛

$H_t$  = کل ساعت‌های مورد انتظار عمر دستگاه؛

$H_e$  = نرخ سالانه بهره‌برداری سالانه از دستگاه (برای مثال ۱۰۰۰ ساعت در سال).

برای برآورد  $(H_t)$  می‌توان از کتابچه مشخصات دستگاه که از سوی تولیدکنندگان در اختیار گذارده می‌شود استفاده نمود. اما این برآورد چندان قابل اتکا نخواهد بود؛ زیرا تولیدکنندگان به طور معمول، عمر دستگاه را با توجه به شرایط خاص از قبیل: شرایط محیطی، چگونگی عملکرد متصدی دستگاه؛ و شرایط تعمیر و نگهداری مورد نظرشان، بیش از واقعیت عملکرد آن در محیط کشور ما نشان می‌دهند. از این رو بهتر است که عمر این دستگاه‌ها با توجه به عملکرد آن در ایران و یا کشورهای مشابه ایران، برآورد و تعیین شود.

میانگین نرخ بهره‌برداری سالانه از تجهیزات و ماشین‌آلات را می‌توان با تحلیل اطلاعات ثبت شده در دفتر کارنامه دستگاه‌های مشابه، برآورد کرد. به طور معمول، شمار ساعت‌های کارکرد این ماشین‌آلات در دفتر کارنامه‌شان ثبت می‌شود. هرگاه این اطلاعات در دسترس باشد، می‌توان میانگین نرخ بهره‌برداری سالانه  $(H_e)$  هر یک از انواع ماشین‌آلات و تجهیزات  $(k)$  را برپایه آن برآورد نمود. (منظور از «نوع ماشین‌آلات و تجهیزات»، تجهیزاتی است که توان اجرای فعالیت‌های ویژه‌ای را دارا هستند. از این رو، دستگاه‌های مختلف به طور مجموع، می‌تواند «یک نوع خاص» را تشکیل دهند). برآورد نرخ میانگین بهره‌برداری سالانه از ماشین‌آلات به شرح زیر انجام می‌پذیرد:

**یک** - باید کوشید تا آنجا که امکان دارد، شمار زیادتری از دفتر کارنامه هر یک از دستگاه‌های مورد نظر را از مالکان این نوع ماشین‌آلات (پیمانکاران، وزارت راه و ترابری، مؤسسات اجاره دهنده

این نوع دستگاه‌ها) فراهم آورد. در این مورد، می‌توان هم از دفتر کارنامه دستگاه‌های در حال بهره‌برداری و هم از دفتر کارنامه ماشین‌آلات اسقاط، استفاده کرد.

**دو -** شمار سال‌هایی ( $n_k$ ) که دستگاه معین ( $k$ ) مورد بهره‌برداری قرار گرفته، خواه آنهایی که در حال بهره‌برداری است و خواه آنهایی که به حالت اسقاط درآمده است، باید یادداشت شود.  
**سه -** شمار ساعت‌هایی ( $h_k$ ) که دستگاه در هر سال به طور عملی مورد استفاده قرار گرفته نیز باید یادداشت گردد.

**چهار -** برپایه اطلاعات به دست آمده، میانگین نرخ بهره‌برداری سالانه ( $H_e$ ) به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$H_e = \frac{\sum_{k=1}^e \frac{h_k}{n_k}}{e} \quad (\text{فرمول شماره ۵. ۲۷})$$

$e$  = شمار یک نوع از تجهیزات و ماشین‌آلات معین.

در روش مورد بحث، تمام زمان تلف شده دستگاه، خواه در زمان انجام کار در یک طرح و یا در فاصله اشتغال میان دو طرح - که برای محاسبه نرخ اجاره ساعتی ( $C_k$ ) مورد نیاز است - مورد توجه قرار می‌گیرد.

با در دست داشتن مقادیر ( $H_e$ ) و ( $H_t$ )، می‌توان شمار سال‌های عمر دستگاه ( $n$ ) را برآورد نمود.

قیمت هر دستگاه ماشین‌آلات و تجهیزات شامل اقلام زیر می‌شود:

الف - قیمت فروش تولیدات داخلی، یا قیمت سیف دستگاه وارداتی؛

ب - حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی دستگاه‌های وارداتی؛

ج - هزینه‌های متفرقه (هزینه حمل و نقل داخلی و مانند آن).

اطلاعات درباره این اقلام هزینه را می‌توان از واردکنندگان، تولیدکنندگان خارجی یا داخلی و آمار گمرکات به دست آورد.

ارزش اسقاط ماشین‌آلات و تجهیزات ( $S_e$ ) تابع تقاضا است. درآمد حاصل از فروش تجهیزات اسقاطی به شرح زیر محاسبه و برآورد می‌شود

$$S_e = Q_k \cdot P_k \quad (\text{فرمول ۵. ۲۸})$$

$S_e$  = درآمد حاصل از فروش تجهیزات اسقاط؛

$Q_k$  = وزن تجهیزات اسقاط به تن؛

$P_k$  = قیمت یک تن از تجهیزات اسقاط.

گاه می‌توان ارزش اسقاط تجهیزات را برپایه درصد قیمت خرید  $(K_o)$  آن برآورد کرد. درصد یادشده، با توجه به شرایط ماشین‌آلات و تجهیزات اسقاطی می‌تواند بین ۵ تا ۱۵ درصد باشد.

### ۱۱.۲. برآورد هزینه بهره‌برداری ساعتی

هزینه بهره‌برداری تجهیزات و ماشین‌آلات  $(C_{vk})$  شامل هزینه‌های زیر است:

الف - هزینه سالانه تعمیر و نگهداری دستگاه  $(R_e)$ ؛

ب - هزینه سالانه بیمه  $(I_e)$ ؛

ج - هزینه لاستیک و یا شنی دستگاه طی عمر آن  $(T_Y)$ ؛

د - هزینه ساعتی سوخت و روغن  $(F_u)$ .

با در دست داشتن سال‌های عمر دستگاه  $(n)$  و میانگین نرخ بهره‌برداری سالانه  $(H_e)$ ،

می‌توان هزینه بهره‌برداری ساعتی دستگاه را با استفاده از فرمول زیر برآورد کرد:

$$C_{vk} = \frac{R_e}{H_e} + \frac{I_e}{H_e} + \frac{T_Y}{n.H_e} + F_u \quad (\text{فرمول ۵. ۲۹})$$

یادآور می‌شود که هزینه متصدیان دستگاه در فرمول بالا منظور نمی‌شود و باید آن را جداگانه حساب کرد. در فرمول مورد بحث فرض بر آن است که هزینه تمام اقلام مربوط در طول عمر دستگاه ثابت است؛ حال آن که در واقع هرچه از عمر دستگاه می‌گذرد، هزینه تعمیر و نگهداری آن افزایش می‌یابد و افزون بر آن، لاستیک یا شنی هر سال عوض نمی‌شود و از این رو، برآورد هزینه تعمیر و نگهداری و هزینه لاستیک یا شنی در فرمول بالا چندان دقیق نخواهد بود. اما از سوی دیگر، باید توجه داشت که به طور کلی اطلاعات مورد نیاز برای انجام برآوردهای دقیق‌تر یا وجود ندارد و یا این که قابل اعتماد نیست و در هر صورت، برآورد دقیق‌تر تفاوت چندان نیز با برآورد کنونی نخواهد داشت.

حال به ترتیب درباره چگونگی برآورد هر یک از اقلام هزینه منظور شده در فرمول ۵. ۲۹،

توضیح کوتاهی داده خواهد شد.

#### یکم - هزینه تعمیر و نگهداری

هزینه تعمیر و نگهداری سالانه  $(R_e)$  از چهار قلم: هزینه نیروی کار، هزینه مواد، هزینه قطعه

یدکی، و هزینه بالاسری تشکیل می‌شود. اطلاعات مربوط به برآورد این هزینه‌ها را می‌توان از

منابع زیر به دست آورد:

الف - دستورالعمل‌های تعمیر و نگهداری دستگاه؛

ب - دفتر کارنامه تعمیر و نگهداری دستگاه؛

ج - هزینه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات وزارت راه و ترابری. در دستورالعمل‌های تعمیر و نگهداری دستگاه که از سوی تولیدکنندگان آنها عرضه می‌شود، امور نگهداری و تعمیراتی مورد نیاز شرح داده می‌شود. در مواردی حتی درصد هزینه تعمیر و نگهداری سالانه نسبت به قیمت اصلی دستگاه نیز مشخص می‌گردد. به هر روی، برآوردهای ارائه شده از سوی تولیدکنندگان خارجی چندان دقیق نیست؛ زیرا این اطلاعات بر مبنای شرایط موجود در کشورهای صنعتی و بدون در نظر گرفتن واقعیات موجود در کشورهای در حال توسعه، مطرح می‌شود. برای مثال نرخ دستمزد در کشورهای صنعتی بالاتر ولی در مقابل، دفعات تعمیر دستگاه کمتر از کشورهای در حال توسعه است. از این رو، پیش از استفاده از دستورالعمل‌های تولیدکنندگان خارجی باید تعدیلاتی به منظور تطبیق آن با شرایط موجود در کشور به عمل آید.

#### دوم - هزینه بیمه

هزینه‌های سالانه بیمه ( $I_e$ ) برحسب نوع دستگاه متفاوت است. به طور معمول نرخ بیمه ماشین‌آلات راهسازی کمتر از نرخ بیمه کامیون و سواری است. اطلاعات مربوط به نرخ بیمه را به آسانی می‌توان از شرکت‌های بیمه به دست آورد.

#### سوم - هزینه لاستیک و شنی

هزینه لاستیک و شنی ماشین‌آلات و تجهیزات ( $T_y$ ) طی عمر آنها، به شرح زیر برآورد می‌شود:

$$T_y = S_t \cdot P_t \quad (\text{فرمول ۵. ۳۰})$$

$S_t$  = شمار لاستیک یا شنی مورد نیاز طی عمر دستگاه؛

$P_t$  = قیمت لاستیک یا شنی.

قیمت لاستیک یا شنی شامل اقلام زیر است:

الف - قیمت فروش داخلی یا قیمت سیف وارداتی؛

ب - حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی لاستیک یا شنی وارداتی؛

ج - هزینه‌های متفرقه (هزینه حمل و نقل داخلی و مانند آن).

شمار لاستیک یا شنی مورد نیاز تابع عمر آنهاست. اطلاعات درباره عمر لاستیک و شنی را می‌توان از دفتر کارنامه ماشین‌آلات و یا پرسش از متصدیان دستگاه‌ها به دست آورد.

#### چهارم - هزینه سوخت و روغن

برای برآورد هزینه سوخت و روغن ماشین‌آلات می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:



$$F_u = \sum_{j=1}^4 P_{fi} \cdot Q_{fi} \quad (\text{فرمول ۵. ۳۱})$$

$F_u$  = هزینه سوخت و روغن؛

$P_{fi}$  = قیمت واحد سوخت و روغن نوع  $(i)$ ؛

$Q_{fi}$  = مقدار سوخت یا روغن نوع  $(i)$  برحسب لیتر یا کیلوگرم در ساعت؛

$i$  = نوع سوخت یا روغن (۱ = گازوئیل؛ ۲ = بنزین؛ ۳ = روغن؛ ۴ = گریس)

قیمت واحد هر یک از انواع سوخت و روغن به آسانی در دسترس است؛ اما برحسب شرایط کارگاه از نظر فاصله آن از مراکز تدارک مواد یادشده، باید هزینه حمل یک واحد از این مواد به محل کارگاه نیز به قیمت واحد آن اضافه شود.

مراجعه به سوابق مصرف سوخت و روغن در کارگاه‌ها برای ساخت راه‌های مشابه - هرگاه این سوابق نگهداری شده باشد و در دسترس قرار گیرد - بهترین روش برآورد میانگین مقدار مصرف سوخت و روغن ماشین‌آلات است. هرگاه این سوابق موجود نباشد، به ناچار باید از اطلاعات درج شده در دستورالعمل‌ها و رهنمود استفاده از ماشین‌آلات که از سوی تولیدکنندگان دستگاه در اختیار خریدار قرار می‌گیرد، استفاده نمود. این اطلاعات به طور کلی مربوط به دستگاه‌های نو و شرایط مطلوب بهره‌برداری است و از این رو، باید با توجه به شرایط کارگاه و میانگین سن ماشین‌آلات موجود، مورد تعدیل قرار گیرد.

### ۳.۱۱.۱. برآورد مجموع هزینه ساعتی

با در دست داشتن برآورد هزینه استهلاک ساعتی ( $D_k$ ) و برآورد هزینه بهره‌برداری ساعتی

( $C_{vk}$ )، می‌توان کل هزینه ساعتی ( $C_k$ ) را به شرح زیر به دست آورد:

(فرمول ۵. ۳۲)

$$C_k = D_k + C_{vk} = \frac{K_o}{H_e} \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] - \frac{S_e}{H_e} \left[ \frac{r}{(1+r)^n - 1} \right] + \frac{R_e}{H_e} + \frac{I_e}{H_e} + \frac{T_Y}{n.H_e} + F_u$$

### ۱۲.۱. برآورد هزینه ابزار دستی

هزینه ابزار دستی مورد نیاز از قبیل: پتک، کلنگ، بیل، چرخ دستی و مانند آن بخش اندکی از

کل هزینه‌های راهسازی برپایه فناوری سرمایه طلب را تشکیل می‌دهد؛ اما در فناوری کار طلب راهسازی، هزینه‌های یادشده بخش قابل توجهی از کل هزینه‌ها را در بر می‌گیرد. از این رو، تفاوت میان هزینه‌های برآورد شده با هزینه‌های واقعی ابزار دستی، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کل هزینه‌های

طرح‌های راهسازی کار طلب خواهد گذارد. در این گونه طرح‌ها، هرگونه برآورد دست بالا و یا دست پایین هزینه ابزار دستی با جهت‌گیری‌های تعصب‌آمیز، سود و یا زیان آنها را دامن می‌زند. با توجه به این موضوع، به هنگام مقایسه دو گزینه کار طلب و سرمایه طلب طرح راهسازی، برآورد واقع‌بینانه هزینه ابزار دستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شود. برای برآورد هزینه ابزار دستی مورد نیاز در فعالیت ( $j$ ) می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$(TOC)_j = \sum_{k=1}^t N_k \cdot P_k \quad (\text{فرمول ۵. ۳۳})$$

$(TOC)_j$  = هزینه ابزار دستی مورد نیاز در فعالیت ( $j$ )؛

$t$  = شمار انواع ابزار دستی مورد نیاز؛

$N_k$  = شمار ابزار دستی نوع ( $k$ )؛

$P_k$  = قیمت ابزار دستی نوع ( $k$ ).

جمع هزینه ابزار مورد نیاز در فعالیت‌های مختلف نشان دهنده کل ابزار دستی مورد نیاز در طرح مورد نظر است.

شمار ابزار دستی مورد نیاز ( $k$ ) را می‌توان برپایه مدت زمان فعالیت ( $j$ ) و میانگین عمر ابزار دستی مربوط، برآورد کرد. به طور معمول، مهندسان اجرایی به دلیل تجربه خود، می‌توانند میانگین مدت عمر ابزار دستی را در اختیار بگذارند. مدت زمان فعالیت ( $j$ ) را نیز می‌توان برپایه فهرست مقادیر و میانگین بهره‌وری نیروی کار ساده برآورد نمود. با در دست داشتن این اطلاعات، می‌توان شمار ابزار دستی مورد نیاز ( $k$ ) را به شرح زیر برآورد کرد:

$$N_k = \frac{A_{jk}}{Z_{jk} \cdot L_k \cdot T} \quad (\text{فرمول ۵. ۳۴})$$

$N_k$  = شمار ابزار دستی نوع ( $k$ )؛

$Z_{jk}$  = بهره‌وری کارگر ساده در فعالیت ( $j$ ) با استفاده از ابزار دستی ( $k$ ) برحسب واحد محصول در یک ساعت؛

$A_{jk}$  = محصول فعالیت ( $j$ ) با ابزار دستی ( $k$ ) (برای مثال فلان مترمکعب خاکبرداری با بیل)؛

$L_k$  = عمر ابزار دستی ( $k$ ) برحسب روزهای کار؛

$T$  = شمار ساعت کار در روزهای کاری.

قیمت ابزار دستی را می‌توان از تولیدکنندگان داخلی پرسید. باید توجه داشت که ابزار دستی در مقایسه با ماشین‌آلات و تجهیزات موتوری راهسازی از عمر خیلی کوتاهتری (بین ۵ هفته تا ۶

ماه) برخوردارند و از این رو، زیر عنوان دارایی‌های ثابت طبقه‌بندی نمی‌شود و در محاسبات به عنوان هزینه مصرفی، منظور می‌گردد.

### ۱.۱۳. تفکیک هزینه‌های سرمایه‌گذاری، به ارزی و ریالی و به سال‌های تحقق

همان گونه که در مباحث پیشین بنا به مورد اشاره شده است، همواره اقلام مربوط برحسب این که در داخل کشور تولید و عرضه گردد و یا این که مستقیم از خارج وارد شود، باید از یکدیگر تفکیک گردد و هزینه آنها برحسب ریال و معادل ریالی ارز خارجی، مشخص شود. تفکیک هزینه‌ها به ارزی و ریالی و این که منبع مورد نیاز در داخل تولید می‌شود و یا جنبه وارداتی دارد، برای تحلیل‌های اقتصادی طرح مورد نیاز است.

افزون بر آن، اجرای طرح به تدریج و بنا به ماهیت آن طی چند سال انجام می‌پذیرد. از این رو، برای تأمین اعتبار در زمان پیش‌بینی شده از یک سو، و انجام محاسبات مربوط به تعیین فایده خالص اقتصادی طرح (که از زمان تحقق هزینه و فایده طرح تأثیر برمی‌دارد) از سوی دیگر، باید زمان‌بندی سالانه انجام هزینه‌ها، برپایه برنامه حاصل از مطالعات فنی و اجرایی طرح، به طور دقیق مشخص گردد.

### ۲. تعمیر و نگهداری

یکی از ملاحظات مهم و اساسی در مطالعه طرح راهسازی، توجه به مسأله نگهداری راه پس از ساخته شدن آن است. بی‌توجهی به نگهداری راه باعث می‌شود که حتی راه‌های بتن آسفالتی، پس از گذشت ۱۰ تا ۱۲ سال نتوانند سطح خدمت مورد انتظار را ارائه دهند و این مدت در مورد راه‌های شنی به ۶ تا ۸ سال و برای راه‌های خاکی به ۳ تا ۵ سال کاهش می‌یابد. از این رو، از آغاز و در مطالعه طرح باید برنامه نگهداری راه و هزینه‌های مرتبط با آن برآورد و منظور گردد.

به سخن دیگر، با ساختن راه و ایجاد یک دارایی ثابت، باید هزینه‌های جاری سالانه بابت آماده نگهداشتن آن برای بهره‌برداری و ارائه خدمت مورد انتظار نیز پیش‌بینی شود. با از دست رفتن سطح خدمت مورد نظر، هزینه‌های کاربران و نیز هزینه زیست محیطی مرتبط با آن افزایش می‌یابد و به موازات آن، اطمینان به دسترسی، سرعت و راحتی، و ایمنی کاربران کاهش می‌پذیرد. هرگاه تعمیر و نگهداری راه به موقع صورت نپذیرد، راه به سرعت رو به خرابی می‌گذارد و هزینه‌های مورد نیاز بعدی برای ترمیم راه، به مراتب بیش از هزینه‌های نگهداری خواهد بود.

به طور معمول، فعالیت‌های تعمیر و نگهداری به سه نوع زیر تفکیک می‌شود:

**یک -** تعمیر و نگهداری اضطراری. اقدام‌های فوری برای از بین بردن اثرهای سیل، رانش زمین و رویدادهایی از این دست که موجبات بسته شدن راه را فراهم می‌آورد، زیر عنوان تعمیر و نگهداری اضطراری طبقه‌بندی می‌شود.

**دو -** تعمیر و نگهداری عادی. تمام فعالیت‌های ساده سالانه که کم و بیش به صورتی منظم و مداوم به منظور نگهداری راه انجام می‌گیرد از قبیل: لکه‌گیری، ترمیم چاله‌ها، تعمیر موضعی، برداشتن موانع به وجود آمده در شانه‌ها، پاک‌سازی آبروها و مانند آن را تعمیر و نگهداری عادی می‌خوانند.

**سه -** تعمیر و نگهداری دوره‌ای. تمام تعمیرهای اساسی که با فاصله چند سال انجام می‌پذیرد از قبیل: نوسازی رویه راه، تعمیر روسازی شامل اساس و حتی زیراساس و مانند آن را زیر عنوان تعمیر و نگهداری دوره‌ای طبقه‌بندی می‌نمایند.

در مطالعه طرح راهسازی، می‌توان از این طبقه‌بندی برای برآورد هزینه‌های مربوط به نگهداری راه طی عمر آن استفاده کرد. هزینه‌های نگهداری راه در سال‌های مختلف، متفاوت است. به طور کلی، ارتباط ویژه‌ای بین سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه نگهداری سالانه آن وجود دارد. هرگاه راه برپایه فناوری و کیفیت بالاتر و از این رو، هزینه زیادتر ساخته شود، هزینه‌های نگهداری سالانه آن و به ویژه در سال‌های نخستین عمر آن، کمتر خواهد بود. از سوی دیگر، چنانچه راه با استفاده از فناوری و کیفیت پایین‌تر و در نتیجه، هزینه کمتری ساخته شود، هزینه‌های نگهداری سالانه آن در طول عمر راه زیادتر خواهد بود. افزون بر آن، سیاست‌های متفاوت نگهداری راه و نیز اجرای مرحله‌ای راه، گزینه‌های دیگری از نظر نگهداری راه مطرح می‌کند.

## ۲.۱. تعیین روش‌های نگهداری راه

تعمیر و نگهداری با عنایت به نوع راه، مستلزم آگاهی از روش‌های متفاوت تعمیر و مرمت خرابی‌های راه و بازگرداندن آن به شرایط تعیین شده نخستین است. به این منظور، باید با استفاده از تجربه راه‌های اجرا شده مشابه و پیش‌بینی ترافیک و ترکیب آن در راه مورد بررسی، درباره زمان و نوع تعمیر و نگهداری تصمیم‌گیری کرد. به طور کلی، باید آیین‌نامه‌ای درباره شناسایی مرحله یا شرایطی که اقدام یا فعالیت تعمیر و نگهداری را اقتضا می‌کند تدوین شود. استفاده از آیین‌نامه، قواعد و نظم و روش سنجیده‌ای برای تعمیر و نگهداری راه در طول عمر آن فراهم می‌آورد.

در واقع، آیین‌نامه نگهداری راه، تعیین‌کننده «استانداردها» و یا «معیارهای زمان اقدام» است. هر هدف منظور شده در برنامه نگهداری راه با یک یا چند استاندارد و یا معیارهای اقدام، توجیه می‌شود و از سوی دیگر، استانداردها و یا معیارها به نوبه خود، توجیه‌کننده هدف تعیین شده است. در برنامه نگهداری راه باید طیفی از شیوه‌های اقدام برای مرمت و نگهداری راه پیش‌بینی شود. نمونه‌ای از برنامه نگهداری راه به عنوان مثال در جدول ۵.۷ و جدول ۵.۸ ارائه شده است. دو سازوکار (مکانیسم) متفاوت برای شناسایی زمان اقدام برای مرمت و نگهداری راه وجود دارد که در دو بند آتی به ترتیب به آنها اشاره می‌شود.

### ۲.۱.۱.۲ برنامه زمان‌بندی شده

در این برنامه، مقادیر معینی از کار (برای مثال کیلومتر / مترمربع) برای یک دوره مشخص (برای مثال یکسال)؛ و یا این که کارهای مشخصی که باید در فواصل زمانی معینی انجام گیرد، تعیین می‌گردد. فعالیت‌های تعمیر و نگهداری مقتضی نیز برپایه استانداردهای پیش‌بینی شده نشان داده می‌شود.

مرمت و نگهداری زمان‌بندی شده به طور معمول، متأثر از شرایط محیطی از قبیل رشد رستنی‌های حاشیه راه یا لای گرفتگی آبروها به دلیل برف و باران و مانند آن است. افزون بر آن، در شرایط رو به رو شدن با نرخ سریع خرابی برخی راه‌ها، برای مثال خرابی سطح راه‌های شنی، معطل ماندن و بررسی شرایط راه و در پی آن تصمیم‌گیری درباره مرمت آن، کاربرد واقع‌گرایانه‌ای ندارد و از این رو، بهتر است که مرمت راه شنی یعنی تسطیح و شن‌کشی (تیغ انداختن با تیغه‌گریدر) برپایه برنامه زمان‌بندی شده انجام پذیرد.

شمار یا به سخن دیگر، فواصل زمانی انجام فعالیت‌های دوره‌ای از مقتضیات سیاست‌های نگهداری راه؛ سطح خدمت مورد انتظار؛ وجود منابع مورد نیاز نگهداری راه تبعیت می‌کند. در جدول ۵.۹ نمونه‌ای در این باره ارائه گردیده است.

### ۲.۱.۲ واکنش بر مبنای شرایط راه

در این روش فعالیت نگهداری و تعمیر هنگامی آغاز می‌شود که شرایط راه در آستانه بحران یا به سخن دیگر، زمان اقدام قرار می‌گیرد. در این حالت فعالیت‌های تعمیر و نگهداری مقتضی، پس از بررسی خرابی‌های راه تعیین می‌گردد. در این بررسی‌ها باید شدت و دامنه خرابی‌ها تعیین شود. زمان اقدام برپایه استاندارد تعیین شده برای سطح خدمت مورد انتظار، ملاحظات مهندسی، و در دسترس

بودن منابع مورد نیاز برای تعمیر و نگهداری معین می‌شود و بخشی از چارچوب کلی سیاست نگهداری راه را تشکیل می‌دهد. با توجه به طبقه‌بندی راه‌ها و انتظار سطوح خدمت متفاوت از انواع مختلف راه‌ها، باید برای هر یک از این انواع راه، زمان اقدام جداگانه‌ای در نظر گرفت. توصیه می‌شود که زمان اقدام برای تعمیر و نگهداری راه برپایه شرایط موجود در منطقه برگزیده شود. در جدول‌های ۵، ۱۰، ۱۱، ۵، ۱۲ و ۱۳ نمونه‌ای از استانداردها و چارچوب کلی برنامه تعمیر و نگهداری راه روکش نشده (شنی) و راه‌های آسفالتی ارائه شده است.

جدول ۵.۷. نگهداری و تعمیر بخش سواری روی راه

فعالیت‌های مربوط به سواری روی		نوع مرمت	شرح
روکش نشده	رویه آسفالتی		
- تسطیح	- شن‌کشی (تیغ انداختن با گریدر)	دوره‌ای	نگهداری عادی برنامه‌ریزی شده
- لکه‌گیری	- ترمیم ترک‌ها	واکنش بر مبنای شرایط راه	نگهداری عادی برنامه‌ریزی نشده
- تعمیر موضعی	- تعمیر لبه راه		
- انتقال وسایل نقلیه تصادف کرده	- انتقال وسایل نقلیه خراب شده	اضطراری	نگهداری عادی برنامه‌ریزی نشده
- انتقال بازمانده‌های رانش زمین	- انتقال سایر اشغال باقیمانده روی جاده		
- اندود قیری بدون سنگدانه	- اندود دوغاب قیری	پیش‌گیری کننده	نگهداری دوره‌ای برنامه‌ریزی شده
- شن‌ریزی دوباره	- روکش سطحی	روکش مجدد	
	- لایه نازک	خط‌کشی	
	- تجدید خط‌کشی راه	خط‌کشی	بازسازی
	- روکش اساسی	روکش	
	- کندن و دوباره سازی	روسازی	

جدول ۵.۸. تعمیر و نگهداری سایر بخش‌های راه

شرح	نوع مرمت	فعالیت‌های مربوط به سایر بخش‌ها
نگهداری عادی برنامه‌ریزی شده	دوره‌ای	<ul style="list-style-type: none"> <li>- علف‌زنی دستی</li> <li>- علف‌زنی با دستگاه</li> <li>- تمیز کردن آبروهای کناری با دست</li> <li>- تمیز کردن آبروهای کناری با دستگاه</li> <li>- تمیز کردن آبروهای اصلی</li> <li>- تمیز کردن کانال پل‌ها</li> <li>- تمیز کردن علائم راهنمایی</li> <li>- گردآوری و انتقال آشغال</li> </ul>
نگهداری عادی برنامه‌ریزی نشده	واکنش بر مبنای شرایط	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مرمت یا جایگزینی جدول راه</li> <li>- مرمت شانه راه</li> <li>- مرمت محل عبور پیاده (در صورت وجود)</li> <li>- مرمت آبروهای کناری</li> <li>- مرمت آبروهای اصلی</li> <li>- مرمت جزئی پل‌ها</li> <li>- مرمت یا جایگزینی علائم راهنمایی</li> <li>- مرمت نرده حفاظ (گاردریل)</li> <li>- مرمت دیوارهای حایل</li> </ul>

جدول ۵.۹. دفعات فعالیت نگهداری عادی دوره‌ای

فعالیت	شمار دفعات در سال*
علف‌زنی با دستگاه	۲
علف‌زنی به صورت دستی	۲
تمیز کردن آبروهای کناری با دستگاه	۲
تمیز کردن آبروهای کناری به صورت دستی	۲
تمیز کردن آبروهای اصلی	۲
تمیز کردن کانال پل‌ها	۱
تمیز کردن علائم راهنمایی	۱
گردآوری و انتقال آشغال	۱

\* شمار دفعات را می‌توان برحسب میزان ترافیک موجود و آب و هوای منطقه راه افزایش یا کاهش داد.

جدول ۵. ۱۰. تعمیر و نگهداری راه روکش نشده

شرح	میزان خرابی	دامنه خرابی (درصد)	نوع اقدام	ملاحظات
ضخامت شن ریزی	کمتر از ۵۰ میلی‌متر	>۲۰	افزایش شن	—
ناهمواری (شامل موجی بودن) فرسایش سطحی (از دست دادن خیز؛ شیار؛ چاله، نخ نخعی شدن، به هم خوردن دانه‌بندی)	بند ۱.۱.۴ ملاحظه شود		نگهداری دوره‌ای برنامه‌ریزی شده	

۲.۲. برآورد هزینه تعمیر و نگهداری

مرمت و تعمیر راه، گزینه‌های متفاوتی را پیش رو قرار می‌دهد. هر یک از گزینه‌ها، هزینه و عمر متفاوتی دارد. برای برآورد هزینه تعمیر باید منابع مورد نیاز برای انجام این کار را برآورد کرد. پیش‌نیاز برآورد نیز، تعیین نوع فناوری مورد استفاده است. برخی کارها را می‌توان تنها از طریق نیروی کار انجام داد و برای اجرای گروه دیگری از کارها نیاز به تجهیزات و ماشین‌آلات است؛ اما بسیاری از فعالیت‌ها را می‌توان هم از طریق نیروی کار و هم با استفاده از تجهیزات اجرا کرد. از این رو، برای هر یک از فعالیت‌ها، باید نوع فناوری مورد استفاده تعیین گردد. برای تعیین نوع فناوری، باید ملاحظات زیر مورد توجه قرار گیرد:

الف - مناسب بودن فناوری برای کار مربوط؛

ب - ثمربخش بودن فناوری از دیدگاه هزینه مربوط؛

ج - در دسترس بودن نیروی کار؛

د - استفاده از منابع داخلی.

با توجه به توضیحات پیش‌گفته و به ویژه طبقه‌بندی فعالیت‌های تعمیر و نگهداری (نگاه کنید به جدول ۵. ۷ و جدول ۵. ۸)، می‌توان تعمیر و نگهداری را به دو بخش کلی زیر تفکیک کرد:

الف - قابل پیش‌بینی و برنامه‌ریزی؛

ب - غیرقابل پیش‌بینی و واکنشی بودن.

حال به کوتاهی درباره چگونگی برآورد و پیش‌بینی هزینه این دو نوع نگهداری سخن گفته می‌شود.



### ۱.۲.۲. برآورد هزینه تعمیر و نگهداری قابل برنامه‌ریزی

به طور کلی، طراحان و مهندسان طرح راهسازی با توجه به نوع راه، حجم و ترکیب ترافیک، آب و هوا و سایر ملاحظات که در جای خود به آن اشاره شده است، به منظور حفظ سلامت راه از یکسو، و جبران فرسایش طبیعی قابل پیش‌بینی راه از سوی دیگر، برنامه روکش مجدد، تعمیر و بازسازی اساسی بخش‌هایی از ارکان راه در فواصل زمانی مشخصی را در نظر می‌گیرند. برآورد هزینه اجرای این برنامه‌ها، مانند روش پیش‌بینی هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح راهسازی است؛ به این معنی که هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بازسازی برپایه برآورد هزینه منابع یعنی هزینه نیروی انسانی، تجهیزات و ماشین‌آلات، و مصالح مورد نیاز محاسبه و پیش‌بینی می‌گردد. تمام نکاتی که درباره چگونگی برآورد هزینه ارقام سرمایه‌گذاری بیان شد، در این مورد نیز باید رعایت شود. از آنجا که این گونه تعمیرات اساسی بر ارزش راه به عنوان یک دارایی ثابت می‌افزاید، هزینه‌های مربوط به آن نیز به عنوان یک سرمایه‌گذاری تلقی می‌گردد.

### ۲.۲.۲. برآورد هزینه تعمیر و نگهداری واکنشی

هرگاه از خرابی و ابعاد آن از پیش آگاهی و اطلاعات وجود نداشته باشد، طبیعی است که نمی‌توان هزینه آن را نیز برآورد نمود. در این مورد، استفاده از تجربه راه‌های مشابه می‌تواند راهگشا باشد و تصویری در ذهن به وجود آورد. تجربه جهانی نشان داده است که هزینه سالانه تعمیر و نگهداری راه برحسب نوع راه بین ۲ تا ۵ درصد سرمایه‌گذاری انجام شده برای احداث آن است. استفاده از دو تجربه یادشده در ارتباط با راه مورد بررسی، می‌تواند مبنایی را برای برآورد هزینه‌های تعمیر و نگهداری واکنشی - یعنی هزینه تعمیری که پس از مشاهده خرابی باید تحمل کرد - فراهم آورد.

جدول ۵. ۱۱. تعمیر و نگهداری راه‌های با رویه آسفالتی برپایه میزان انواع خرابی

شرح	میزان خرابی	دامنه خرابی (درصد)	وضع آب و هوا و ترافیک	نوع اقدام	توضیحات
نخ نخ‌شدن	هر اندازه	<۱۰	در همه شرایط	ترمیم موضعی	
		>۲۰	در همه شرایط	روکش سطحی	
رو زدن قیر	—	—	در همه شرایط	اقدامی ندارد	هر گاه نبود مقاومت لغزشی ایجاد مشکل کند، نیاز به مرمت موضعی یا روکش سطحی خواهد بود
چاله‌ها	هر اندازه	—	در همه شرایط	وصله کاری	در صورت نبود نگهداری مؤثر و یا فرسودگی سریع رویه و سازه راه، چاله‌های فراوانی در راه پیدا خواهد شد. در این حالت، باید علت خرابی مشخص شود و اقدام لازم انجام پذیرد.
نشست محل کنده کاری شده مسیرلوله‌های آب، برق، گاز و مانند آن.	بازسازی نامناسب رویه پس از کنده کاری	—	در همه شرایط	بازسازی مناسب	
آسیب لبه راه	فرسایش از لبه اولیه بیش از ۱۵۰ میلیمتر	>۲۰	در همه شرایط	وصله کاری لبه راه و تعمیر شانه	هرگاه خرابی زیاد باشد و یا ادامه یابد، شانه باید بازسازی گردد.
پلکانی شدن لبه راه	بیش از ۵۰ میلیمتر	>۵۰	در همه شرایط	بازسازی شانه	
از بین رفتن خط‌کشی راه	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	—	—	خط‌کشی مجدد	

جدول ۵. ۱۲. تعمیر و نگهداری راه‌های با رویه آسفالتی بر پایه میزان انواع ترک‌ها

شرح	میزان شیاری شدن	دامنه شیاری شدن (درصد)	وضع آب و هوا و ترافیک	نوع ترک‌ها	دامنه ترک‌ها (درصد)	اقدام مربوط	
شیاری شدن روکش سطحی آسفالتی بر روی اساس سنگدانه‌ای	کمتر از ۱۰ میلیمتر		ریزش باران بیش از ۱۵۰۰ میلیمتر در سال یا ترافیک بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	ترک در مسیر چرخ	<۵	ترمیم ترک	
					>۵	روکش سطحی	
				ترافیک بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	سایر ترک‌ها	<۱۰	ترمیم ترک
						>۱۰	روکش سطحی
				ریزش باران کمتر از ۱۵۰۰ میلیمتر در سال و ترافیک کمتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	ترک در مسیر چرخ	<۱۰	ترمیم ترک
						>۱۰	روکش سطحی
			ترافیک کمتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	سایر ترک‌ها	<۲۰	اقدام ندارد	
					>۲۰	روکش سطحی	
	۱۰ تا ۱۵ میلیمتر	>۱۰	در همه شرایط	هر ترکی	—	ترمیم ترک و انجام بررسی بیشتر	
	بیش از ۱۵ میلیمتر	<۱۰	در همه شرایط	تنها ترک مرتبط به شیاری موضعی	—	لکه‌گیری	
				سایر ترک‌ها	—	لکه‌گیری شیاریها و ترمیم ترک‌ها	
		>۱۰	در همه شرایط	هر ترکی	—	بررسی بیشتر	
کمتر از ۱۰ میلیمتر	—	ریزش باران بیش از ۱۵۰۰ میلیمتر در سال یا ترافیک بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	هر ترکی	<۵	ترمیم ترک		
				۵-۱۰	روکش سطحی		
				>۱۰	بررسی بیشتر		

دنباله جدول ۵. ۱۲. تعمیر و نگهداری راه‌های با رویه آسفالتی برپایه میزان انواع ترک‌ها

شرح	میزان شیاری شدن	دامنه شیاری شدن (درصد)	وضع آب و هوا و ترافیک	نوع ترک‌ها	دامنه ترک‌ها (درصد)	اقدام مربوط	
			ریزش باران کمتر از ۱۵۰۰ میلیمتر در سال و ترافیک کمتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	هر ترکی	<۱۰	ترمیم ترک‌ها	
					۱۰-۲۰	روکش سطحی	
					>۲۰	بررسی بیشتر	
	بیش از ۱۰ میلیمتر	<۵	در همه شرایط	ترک شیاریها	—	وصله‌کاری	
				سایر ترک‌ها	—	وصله‌کاری یا ترمیم ترک‌ها	
				هر ترکی	—	ترمیم ترک‌ها	
شیاری شدن بتن آسفالتی یا روکش سطحی بر روی اساس تثبیت شده	کمتر از ۵ میلیمتر	—	ریزش باران بیش از ۱۵۰۰ میلیمتر در سال یا ترافیک بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	هر ترکی	<۱۰	ترمیم ترک‌ها	
					>۱۰	روکش سطحی	
					<۲۰	ترمیم ترک‌ها	
	۵ تا ۱۰ میلیمتر	>۱۰	در همه شرایط	ترافیک کمتر از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز	هر ترکی	>۲۰	روکش سطحی یا ترمیم ترک‌ها
						—	ترمیم ترک‌ها و بررسی بیشتر
						—	وصله‌کاری
						—	وصله‌کاری یا ترمیم ترک‌ها
						—	بررسی بیشتر
بیش از ۱۰ میلیمتر	<۵	در همه شرایط	در همه شرایط	ترک شیاریها	—	وصله‌کاری	
				سایر ترک‌ها	—	وصله‌کاری یا ترمیم ترک‌ها	
				هر ترکی	—	بررسی بیشتر	

جدول ۵. ۱۳. تعمیر و نگهداری سایر بخش‌های راه

شرح	خرابی	میزان / دامنه	اقدام مربوط	توضیحات
جدول کنار راه	مفقود یا آسیب دیده	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	جایگزینی و یا تعمیر جدول	
حاشیه راه	رستنی‌های مرتفع	مانع خط دید	زدن رستنی‌ها	
شانه	تغییر شکل یا آب شستگی	خطرناک برای ترافیک و سازه‌های راه (داوری مهندسی)، دامنه خرابی بیش از ۲۰ درصد بخش مربوط راه	تعمیر شانه (خاکریزی و وصله کاری)	
		دامنه خرابی بیش از ۵۰ درصد	بازسازی شانه	
آبروهای کناری	لای گرفته	عمق جوی به کمتر از یک متر کاهش یافته و یا این که دچار گرفتگی شده و مانع عبور آزاد آب است	تمیز کردن آبروی کناری*	اشکال آبرو باید پیش از آغاز فصل باران رفع شود
	ایستابی پس از بارندگی	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	تعمیر آبروی کناری (تصحیح شیب)	
	آب شستگی یا آسیب دیده	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	تعمیر آبروی کناری (ساختن آبشکن و خاکریز)	آب شستگی به سرعت توسعه می‌یابد و موجب آسیب سازه‌ها می‌شود؛ تعمیر جنبه فوری دارد
آبروهای راه شامل کف و دهانه	لای گرفته	دچار گرفتگی شده که مانع گذر آزاد آب است	تمیز کردن آبرو راه*	
	آب شستگی یا آسیب دیده	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	تعمیر آبروی اصلی	

دنباله جدول ۵.۱۳. تعمیر و نگهداری سایر بخش‌های راه

شرح	خرابی	میزان / دامنه	اقدام مربوط	توضیحات
علائم راهنمایی	کثیف بودن	خوانا نیست	تمیز کردن علائم	
	آسیب دیده یا پوسیده	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	مرمت علائم	
	مفقود	—	جایگزینی علائم	
نرده حفاظ (گاردریل)	آسیب دیده یا مفقود	خطر برای ترافیک	تعمیر نرده حفاظ یا جایگزینی آن	
	آسیب دیده	خطر برای ترافیک یا سازه در معرض فروریختن	تعمیر دیوار حایل	
پل‌ها و سایر سازه‌ها**	لای گرفته یا مسدود	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	تمیز کردن کانال پل	تعمیر زهکش باید پیش از فصل باران انجام پذیرد
	آب شستگی	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	تعمیر (ساخت آبشکن و خاکریز)	آب شستگی به سرعت توسعه می‌یابد و موجب آسیب سازه‌ها می‌شود؛ تعمیر جنبه فوری دارد
آسیب سازه‌ای	ارزیابی دیداری (داوری مهندسی)	تعمیر		

\* به طور معمول یک فعالیت دوره‌ای است، اما هرگاه بازدیدها نشان دهد که میزان خرابی از حد تعیین شده تجاوز کرده، باید اقدام لازم انجام پذیرد.

\*\* تونل‌ها، پل‌ها و سازه‌ها باید همزمان با سایر اجزای راه مورد بازدید قرار گیرد و در صورت مشاهده هرگونه خرابی، نسبت به برطرف کردن آن اقدام شود.

## شناسایی هزینه و فایده طرح و چگونگی تعیین قیمت‌های اقتصادی

### مقدمه

گزینش سرمایه‌گذاری‌ها از سوی بخش خصوصی، کار به نسبت آسانی است. با معلوم بودن هدف - که از دید بخش خصوصی سود مالی منتظره است - تمام بررسی‌ها معطوف به آن خواهد بود که از میان طرح‌های سرمایه‌گذاری و یا گزینه‌های مختلف یک طرح، آن طرح یا گزینه‌ای انتخاب گردد که بیشترین سود مالی را عاید نماید.

برای مسئولان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و نیز وزارت راه و ترابری مسأله گزینش طرح‌های عمرانی راهسازی دشوارتر است؛ زیرا باید از میان طرح‌های مطروحه، آنهایی را برگزینند که منافع جامعه و کشور را محفوظ دارد و در تحقق هدف‌های تعیین شده در برنامه‌های عمرانی میان مدت و بلند مؤثر واقع شود. تصمیم‌گیران سطوح مختلف دولت نمی‌توانند اهداف شخصی خود را در روند تصمیم‌گیری دخالت دهند. تحلیل هزینه و فایده طرح‌های عمرانی بدان منظور انجام می‌پذیرد که ابزار سنجش معتبری در دسترس تصمیم‌گیران بخش دولتی قرار گیرد تا برپایه آن، اطمینان حاصل نمایند که تمام شیوه‌های ممکن برای نیل به هدف طرح مورد بررسی قرار گرفته و از میان آنها، گزینه بهینه مشخص شده و این گزینه بهینه بیشترین فایده را داراست.

یک مؤسسه خصوصی با عنایت به شرایط عرضه و تقاضا، با یک مجموعه قیمت خاص رو به روست و براساس آن تصمیم‌گیری می‌کند و مسأله فایده یا هزینه از دید کل جامعه و یا ملت، نقشی در تصمیم‌گیری آن ندارد. هرگاه تولید محصولی از نظر مالی سودآور باشد، بدون توجه به فایده

اقتصادی و اثرهای احتمالی زیست محیطی و اجتماعی طرح مربوط، اقدام به اجرای آن می‌کند؛ و برعکس، هرگاه محصولی از نظر اقتصادی و اجتماعی مفید باشد، ولی از دیدگاه مالی سودآور تشخیص داده نشود، از تولید آن خودداری خواهد کرد. افزون بر آن، شماری از محصولات و خدمات جنبه عمومی دارد و به طور کلی قابل فروش نیست و طبیعی است دارای سود مالی نخواهد بود و نمی‌توان انتظار داشت که بخش خصوصی، اقدام به تولید آن نماید و از این رو، نتیجه چنین واقعیتی، اجرا نشدن بسیاری از طرح‌های مورد نیاز و از جمله طرح‌های راهسازی است (نگاه کنید به: فصل دوم).

با توجه به توضیحات پیش‌گفته و مردود بودن استفاده از ضوابط سودآوری مالی به عنوان ضابطه ارزشیابی و گزینش طرح‌های عمرانی و به ویژه طرح‌های راهسازی، به ناچار باید معیار دیگری را جایگزین کرد. تحلیل هزینه و فایده اقتصادی طرح و نیز توجه به مسائل زیست محیطی و اجتماعی آن، جایگزین معیار یاد شده است. در این فصل درباره چرایی استفاده از تحلیل اقتصادی و سپس شناسایی هزینه و فایده طرح‌های راهسازی و در پی آن چگونگی تعیین قیمت‌های اقتصادی سخن گفته خواهد شد.

## ۱. چرایی استفاده از تحلیل اقتصادی

همه کشورها و به ویژه کشورهای در حال توسعه، با مسأله اساسی تخصیص منابع محدود از قبیل: نیروی کار ماهر، سرمایه، زمین و منابع طبیعی و ارز به خواست‌های گوناگون نامحدود مانند: کالاهای مصرفی و یا سرمایه‌گذاری در امور زیربنایی همچون راهسازی، آموزش، بهداشت، و سایر بخش‌های اقتصادی رو به رو هستند. تخصیص منابع به امور مختلف، هدف نهایی نیست، بلکه دولت‌ها به نیابت جامعه در پی آنند که به هدف‌های اساسی خود از قبیل: از بین بردن فقر، سرعت بخشیدن به رشد اقتصادی، و کاهش نابرابری درآمدها دست یابند. پیگیری یک هدف - برای مثال توزیع بهتر درآمد - شاید مستلزم قربانی کردن بخشی از هدف‌های دیگر - برای مثال رشد سریع درآمد - باشد.

از این رو، همواره برای نیل به هدف‌های مختلف باید نوعی داد و ستد میان آنها برقرار کرد؛ زیرا با توجه به محدودیت امکانات، کشور به قیمت از دست دادن برخی چیزها، می‌تواند چیزهای دیگری به دست آورد، ولی نمی‌تواند همه چیز را با هم داشته باشد. بنابراین، همیشه باید از میان طرح‌های عمرانی که برای استفاده از منابع با یکدیگر در رقابت هستند، برپایه تأثیر آنها بر تحقق هدف‌های اساسی، گزینش انجام پذیرد. هرگاه کشور در همه احوال، منابع در اختیار خود را به



شیوه‌ای تخصیص دهد که برحسب هدف مورد نظر بیشترین بازده را دارا باشد، می‌توان اطمینان یافت که از منابع محدود خود بهترین استفاده را نموده است.

تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی و یا به سخن دیگر تعیین هزینه و فایده طرح‌ها، در واقع روشی به نسبت آسان و قابل درک برای سنجش و گزینش و تخصیص بهینه منابع موجود به طرح‌های رقیب است.

برای تحلیل اقتصادی طرح باید هزینه و فایده آن برحسب یک واحد سنجش مشترک اندازه‌گیری شود. هرگاه فایده طرح بیش از هزینه آن باشد، طرح پذیرفته می‌گردد و در غیر این صورت، طرح مردود شناخته می‌شود. شاید در دید نخست چنین به نظر آید که در این روش، مسأله هدف‌های اساسی کشور و استفاده احتمالی منابع در سایر طرح‌ها در چارچوب تعریف یادشده منظور نگردیده است؛ ولی باید توجه داشت که تعریف «فایده» و یا «هزینه» به شیوه‌ای است که عوامل یادشده بخشی تفکیک ناپذیر از روند تصمیم‌گیری درباره پذیرش و یا مردود شمردن طرح را تشکیل می‌دهد.

فایده عوامل طرح، برپایه تأثیر آنها بر هدف‌های اساسی کشور و هزینه عوامل طرح نیز براساس «امکانات از دست رفته» آنها تعریف و تعیین می‌شود. هزینه امکانات از دست رفته هر عامل در واقع فایده‌ای است که به دلیل اجرای طرح و استفاده نکردن این عامل در بهترین گزینه بعدی، از دست می‌رود. فایده نیز به نوبه خود، برحسب تأثیر آن در تحقق هدف‌های اساسی تعریف می‌گردد. حال هرگاه مبتنی بر این تعریف طرحی پذیرفته شود، می‌توان اطمینان داشت که منابع مورد استفاده در این طرح، در هیچ گزینه دیگری نتیجه مطلوب‌تری از دیدگاه تحقق هدف‌های مورد نظر کشور عاید نخواهد کرد.

تحلیل اقتصادی طرح از نظر شکلی مانند تحلیل مالی آن است. در هر دو تحلیل، هدف تعیین سودآوری سرمایه‌گذاری انجام شده است؛ ولی به هر روی، باید توجه داشت که مفهوم سودآوری مالی با مفهوم سودآوری اقتصادی یکسان نیست. در تحلیل مالی، سود به صورت پولی و برپایه قیمت‌های موجود در بازار تعیین می‌گردد؛ حال آن که سود اقتصادی طرح، نشان دهنده میزان تأثیر طرح بر تحقق هدف‌های اساسی است. این دو مفهوم مختلف از سود، در واقع در ارقام هزینه و فایده و ارزش گذاری آنها بازتاب می‌یابد. برای مثال، دستمزد پرداختی از سوی طرح، برحسب تعریف، یک هزینه مالی است؛ ولی هزینه اقتصادی نیروی کار برابر با میزان ارزش محصول یا خدمت دیگری است که به دلیل اشتغال کارگر در طرح، در واحد دیگری از آن صرفنظر شده است.

از سوی دیگر، هرگاه طرح بر همین روال هزینه‌ای داشته باشد که مستلزم پرداخت پول از طرف طرح نباشد - برای مثال، اثر زیان آور طرح بر محیط زیست - طبق تعریف، این هزینه را نمی‌توان یک هزینه مالی محسوب نمود. این دو نوع هزینه با هم یکسان نیستند. هزینه اقتصادی می‌تواند بیشتر یا کمتر از هزینه مالی باشد. همین ملاحظات درباره «فایده مالی» و «فایده اقتصادی» صادق است. همان گونه که در فصل دوم بیان شد، هزینه و فایده اقتصادی برپایه قیمت‌های اقتصادی اندازه‌گیری می‌شود. قیمت‌های یادشده به طور معمول با قیمت‌های موجود در بازار که در تحلیل‌های مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فرق دارد.

در واقع، قیمت‌های اقتصادی با توجه به ارتباط متقابل بین هدف‌های اساسی و موجود بودن منابع مورد نیاز تعیین می‌گردد. هرگاه منبعی بسیار کمیاب باشد - به این معنی که برای استفاده از آن، مؤسسه‌های بسیاری با یکدیگر در رقابت باشند - قیمت اقتصادی و یا به سخن دیگر هزینه امکانات از دست رفته آن یعنی فایده‌ای که در بهترین گزینه بعدی به خاطر استفاده نکردن از منبع مورد گفتگو، از آن صرف‌نظر شده است، بالا خواهد بود. چنانچه عرضه این منبع زیادتر می‌بود، تقاضای گزینه بعدی از این محل تأمین می‌شد و از این رو، هزینه امکانات از دست رفته - قیمت اقتصادی - کاهش می‌یافت.

در بازارهای کشورهای صنعتی پیشرفته، در غالب اوقات قیمت‌های بازار به دلیل رقابتی بودن کامل بازار، به خوبی نشان دهنده قیمت‌های اقتصادی آنها نیز هست؛ ولی قیمت‌ها در بازارهای ناقص کشورهای در حال توسعه، به دلیل مسائلی که به گستردگی در فصل دوم درباره آنها سخن گفته شد، نشان دهنده قیمت‌های اقتصادی نیست. این تفاوت میان قیمت‌های مالی و قیمت‌های اقتصادی به ویژه در مورد سه منبع مهم یعنی: نیروی کار، سرمایه، و ارز بسیار چشمگیر است.

از راه تحلیل اقتصادی طرح، می‌توان با توجه به کاربرد منابع در بهترین مورد مصرف و شناسایی هزینه و فایده و ارزش‌گذاری آنها و در نتیجه، محاسبه اثرات آن بر تحقق هدف‌های توسعه کشور، مورد به مورد درباره هر یک از طرح‌ها تصمیم‌گیری کرد. همانگونه که در فصل سوم اشاره شد، باید ارتباط میان طرح با برنامه پنجساله حمل و نقل و برنامه عمرانی، مشخص و روشن شود.

افزون بر آن، باید توجه داشت که به دلیل وابستگی قیمت اقتصادی برخی از اقلام - برای مثال زمین - به گزینه‌های مردود شده، در عمل تعیین اقتصادی این اقلام فارغ از فرایند تحلیل اقتصادی طرح دشوار است. باید اشاره کرد که کاوش منظم و سنجیده برای تعیین گزینه‌های مختلف طرح، در حقیقت هسته مرکزی تحلیل اقتصادی و ارزشیابی آن را تشکیل می‌دهد. کافی نیست طرحی انتخاب شود که فایده آن بیش از هزینه‌اش است؛ بلکه باید در پی انتخاب گزینه‌ای بود که فایده خالص

اقتصادی آن - تفاوت فایده و هزینه - بیشینه باشد. هرگاه چنین گزینه‌ای موجود باشد و از نظر دور بماند، معنی‌اش این است که در طرح پذیرفته شده، برای مثال هزینه امکانات از دست رفته زمین، دست پایین تعیین گردیده و یا این که به کلی از آن غفلت شده است.

در چرخه تدوین و تألیف و ارزشیابی طرح، تعیین و ملاحظه گزینه‌های مختلف آن، مهم‌ترین گام است. بسیاری از انتخاب‌های عمده در مراحل نخستین و به هنگام تصمیم‌گیری درباره مردود شمردن و یا پذیرش گزینه‌ها برای بررسی و مطالعه بیشتر، صورت می‌پذیرد. تحلیل اقتصادی زمانی بیشترین یاری را به تخصیص منابع کشور برای بهترین کاربرد آنها خواهد کرد که از همان مراحل نخستین بررسی و رد یا پذیرش گزینه‌های متفاوت، مورد استفاده قرار گیرد. هرگاه بخواهیم از قیمت‌های اقتصادی که بازتاب‌کننده هدف‌های اساسی کشور و محدودیت منابع است، در آخرین مرحله تحلیل و ارزشیابی و پس از آن که تصمیمات مهم درباره گزینه‌های طرح و طراحی فنی آن اخذ شده، استفاده نماییم تنها جنبه آرایش و ظاهرسازی خواهد داشت.

اجرای هر طرح عمرانی راهسازی، فارغ از ماهیت طرح مربوط، موجب کاهش منابع مورد نیاز طرح و افزایش خدماتی می‌شود که توسط طرح عرضه می‌گردد و در صورت اجرا نکردن طرح، هزینه منابع و فایده حاصل از خدمات در کل اقتصاد کشور بدون تغییر باقی می‌ماند. در واقع برای تعیین هزینه و فایده حاصل از اجرای طرح، باید وضع موجودی منابع و همچنین عرضه خدمات، در پرتو فرض اجرا و نیز اجرا نکردن آن مورد بررسی قرار گیرد. کاهش موجودی منابع در دو حالت پیش‌گفته نشان‌دهنده هزینه، و افزایش عرضه خدمات طرح مبین فایده حاصل از اجرای طرح خواهد بود.

باید توجه داشت که وضع منابع و عرضه خدمات، در مواردی که طرح اجرا نشود، در بسیاری از اوقات به سادگی دنباله وضع موجود نیست؛ بلکه حتی با اجرا نشدن طرح، احتمال افزایش هزینه و نیز کاهش عرضه خدمات وجود خواهد داشت. افزون بر آن، هدف برخی از طرح‌هایی که به قصد تعمیر اساسی راه انجام می‌گیرد، پیشگیری از افزایش هزینه‌ها و یا جلوگیری از کاهش عرضه خدمات کنونی است؛ از این رو، هنگام بررسی و تحلیل وضعیت با فرض اجرا نکردن طرح، باید افزایش هزینه‌ها و یا کاهش فایده به طور دقیق مورد توجه قرار گیرد تا به این ترتیب، بتوان فایده حاصل از اجرای طرح را مشخص کرد.

بررسی وضع با فرض اجرا و اجرا نکردن طرح با بررسی وضع «با فرض پیش از اجرا و پس از اجرا» طرح تفاوت دارد. به طور معمول بررسی «پیش و پس از اجرا»، فایده اقتصادی طرح را کمتر از واقع نشان می‌دهد. برای مثال، در مطالعه‌ای به منظور تبدیل کردن راه شوسه به راه آسفالتی،

بررسی‌ها نشان می‌داد که هزینه عملیاتی یک کامیون در راه شوسه برابر با ۲/۲۱ سکه در یک کیلومتر و در راه آسفالتی برابر با ۱/۴۱ سکه است و از این رو، با اجرای طرح در هر کیلومتر برابر با ۰/۸ سکه صرفه‌جویی خواهد شد. مطالعه نشان می‌داد هرگاه طرح اجرا نشود، تراکم فزاینده راه شوسه در طول زمان، موجبات افزایش قابل توجه هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه را فراهم خواهد آورد حال آن که در راه آسفالتی هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه ثابت باقی خواهد ماند.

با توجه به توضیحات بالا، پیش‌بینی شده بود که هزینه عملیاتی کامیون در راه شوسه، به تدریج از ۲/۲۱ سکه به ۲/۶۸ سکه افزایش یابد. به سخن دیگر در بررسی برپایه «پیش و پس از اجرای طرح»، واحد فایده به اشتباه در طول عمر طرح برابر با ۰/۸ سکه برآورد شده بود، حال آن که بررسی برپایه «با و بدون اجرای طرح» نشان می‌دهد چون در حالت بدون اجرای طرح، به خاطر افزایش تراکم در طول عمر طرح، هزینه عملیاتی به تدریج افزوده خواهد شد، از این رو با اجرای طرح، واحد فایده حاصل از آن به تدریج از ۰/۸ سکه به ۱/۲۷ سکه افزایش می‌یابد. برپایه بررسی «پیش و پس از اجرای طرح»، ارزش خالص کنونی - فایده خالص - طرح منفی و از این رو اجرای آن ناموجه به نظر می‌آید؛ حال آن که برپایه بررسی «با و بدون اجرای طرح»، طرح آسفالت کردن راه شوسه موجه و پذیرفتنی است.

استفاده از بررسی «پیش و پس از اجرای طرح» گاه به نتایج شگفت‌انگیزی منجر می‌شود. برای مثال، مطالعه بهسازی یک راه اصلی نشان می‌داد که هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه در راه موجود که دارای سطح مطلوب و عرض مناسبی است، قابل قبول است. اما نکته مهم آن بود که این راه به منظور بهره‌برداری کامیون‌های سنگین ساخته نشده بود و مهندسان هشدار داده بودند که حتی با پذیرفتن هزینه‌های سنگین نگهداری، راه در مدت حدود دو سال خراب خواهد شد.

به هر روی، مطالعه نشان می‌داد که حتی پس از تعمیر اساسی و بهسازی راه، هزینه عملیاتی وسایل نقلیه کاهش نخواهد یافت. از این رو، بررسی برپایه «پیش و پس از اجرای طرح» نشان می‌داد که بهسازی راه تنها فایده اندکی را به همراه دارد و از این رو، اجرای آن در حال حاضر پذیرفتنی و موجه نیست. ولی، بررسی برپایه «با اجرا و بدون اجرای طرح»، نشان داد که بدون اجرای طرح، هزینه عملیاتی وسایل نقلیه و نیز هزینه‌های نگهداری به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد و لذا برای پرهیز از رو به رو شدن با هزینه‌های گزاف، بهتر است طرح به اجرا درآید.

## ۲. تصحیح اقلام مالی

برآوردهای مربوط به تحلیل مالی طرح، نقطه آغاز خوبی برای شناسایی و برآورد و تعیین هزینه و فایده اقتصادی آن است. به طور کلی، برای تعیین ارزش اقتصادی طرح باید برآوردهای مالی به دو نوع زیر مورد تصحیح و تعدیل قرار گیرد:

**یک -** باید برخی اقلام که نشان‌دهنده هزینه و فایده اقتصادی است و در برآوردهای مالی منظور نشده است، در آن وارد شود و یا اقلامی که نشان‌دهنده هزینه و فایده اقتصادی نیست، ولی در برآوردهای مالی پیش‌بینی شده است از آن حذف گردد.

**دو -** هرگاه قیمت‌های موجود به دلیل کاستی بازار و یا سایر کاستی‌ها دچار دگرگونی (تحریف) شده باشد و نشان‌دهنده ارزش اقتصادی اقلام مورد نظر نباشد، باید آنها را مورد تعدیل قرار داد تا نمایشگر ارزش حقیقی اقتصادی شود.

درباره چگونگی تعدیل قیمت‌های مالی به منظور نشان دادن ارزش اقتصادی آنها در بخش ۵ همین فصل سخن گفته خواهد شد. در اینجا به ترتیب درباره اقلامی که در برآوردهای مالی منظور می‌گردد ولی نباید در برآوردها و تحلیل‌های اقتصادی منظور شود و نیز درباره اقلامی که در تحلیل‌های مالی منظور نمی‌شود ولی باید در تحلیل‌های اقتصادی مورد توجه قرار گیرد، به کوتاهی توضیح داده خواهد شد.

### ۲.۱. عوارض راه

در تحلیل‌های مالی، دریافت عوارض از آزادراه‌ها به عنوان درآمد منظور می‌شود و از آن برای تحلیل سودآوری مالی طرح استفاده می‌گردد، ولی نمی‌توان آن را به عنوان فایده در تحلیل هزینه و فایده اقتصادی منظور کرد؛ زیرا این کار به معنی محاسبه مضاعف خواهد بود. در شرح مربوط به شناسایی فایده طرح راهسازی که در مباحث آتی مطرح می‌شود، دیده خواهد شد که فایده طرح برپایه صرفه‌جویی در هزینه عملیاتی وسایل نقلیه - یعنی کاربران - و صرفه‌جویی در وقت و نیز کاهش تصادف‌ها تعیین می‌شود و از این رو، پرداخت عوارض که از نظر کاربران راه به معنی جبران دریافت خدمات یاد شده است، یک نوع دوباره کاری در محاسبه فایده تلقی می‌گردد.

یادآور می‌شود که هرگاه در نظر باشد عوارضی بابت راه دریافت شود، باید اثر آن را بر مقدار ترافیک راه مورد نظر، بررسی و تعیین کرد. پرداخت عوارض راه به این معنی است که بخشی از فایده حاصل از راه، به وسیله کاربران به دریافت‌کنندگان عوارض منتقل شود. در این حالت، به دلیل کاهش فایده‌ای که به کاربران تحمیل می‌گردد، آنان از راه مورد نظر، کمتر از زمانی استفاده خواهند

کرد که عبور از آن رایگان باشد و این امر به نوبه خود بر میزان ترافیک راه در دست مطالعه و نیز راه‌های نزدیک به آن، تأثیر خواهد گذارد. طبیعی است که در تحلیل اقتصادی، باید اثر احتمالی دریافت عوارض بر میزان ترافیک راه مورد توجه قرار گیرد.

## ۲.۲. پرداخت‌های انتقالی

برخی اقلام هزینه منظور شده در برآوردهای مالی در واقع نشان دهنده استفاده از منابع کشور نیست، بلکه تنها نشانگر تغییر کنترل و انتقال آن از یک فرد و یا یک بخش، به یک فرد و یا بخش دیگر است. برای مثال، پرداخت سود وام دریافتی از سوی طرح، مبین انتقال مقدار معینی قدرت خرید از طرح، به فرد و یا مؤسسه وام دهنده است. قدرت خرید سود پرداخت شده نشان دهنده کنترل بر منابع است ولی نقل و انتقال این قدرت خرید به معنی استفاده واقعی از منابع نیست و از این رو، یک هزینه اقتصادی محسوب نمی‌شود. وام دریافتی و بازپرداخت آن نیز بر همین روال، تنها یک نقل و انتقال مالی محسوب می‌گردد. ولی مخارجی که از محل وام دریافتی بابت سرمایه‌گذاری و سایر هزینه‌ها انجام می‌پذیرد یک هزینه اقتصادی محسوب می‌شود.

هنگام بازپرداخت وام، مؤسسه با هزینه مالی رو به روست ولی هنگام خرج از محل این وام، هزینه اقتصادی پدیدار می‌گردد. تحلیل اقتصادی طرح به طور کلی با مسأله چگونگی تأمین مالی، یعنی منابع تأمین وجوه و شیوه بازپرداخت آن، ارتباطی ندارد. ذخیره استهلاک نیز به استفاده واقعی از منابع مرتبط نیست و از این رو، در تحلیل اقتصادی از صورت هزینه‌های حذف می‌شود. در واقع مابه‌التفاوت هزینه پرداختی بابت یک دارایی با ارزش اسقاط تنزیل شده دارایی در پایان عمر طرح، نشان دهنده هزینه اقتصادی استفاده از یک دارایی است.

مالیات‌ها نیز نوعی پرداخت انتقالی به حساب می‌آیند و در تحلیل اقتصادی طرح باید توجه ویژه‌ای به آنها کرد. در تحلیل مالی، چون این تحلیل از دید بخش خصوصی انجام می‌پذیرد، مالیات به عنوان یک هزینه محسوب می‌گردد و از این رو، هیچ اشکالی پیش نمی‌آید. ولی در تحلیل اقتصادی، چون بازدهی طرح از دید کل جامعه و یا کشور بررسی می‌شود، مالیات به عنوان یک پرداخت انتقالی تلقی می‌گردد. در واقع مالیات بخشی از بازده خالص طرح است که در اختیار دولت قرار می‌گیرد تا آن را از سوی کل جامعه خرج کند و از این رو، در تحلیل اقتصادی، مالیات به عنوان نوعی هزینه محسوب نمی‌گردد. این موضوع در مورد تمام انواع مالیات‌ها از قبیل: مالیات بر درآمد، حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی کالاهای وارداتی و نیز هر نوع مالیات و عوارض محلی صادق است.

پرداخت یارانه (کمک هزینه) به اقلام طرح نیز نوعی پرداخت انتقالی است که در تحلیل اقتصادی طرح باید مورد توجه قرار گیرد. در واقع دولت به نیابت از سوی کل جامعه این یارانه را پرداخت می‌کند. برای مثال، پرداخت یارانه به سوخت وسایل نقلیه، هزینه آن را از نظر مالی برای کاربران وسایل نقلیه پایین می‌آورد. در تحلیل مالی، پرداخت یارانه مشکلی به وجود نمی‌آورد و در واقع موجبات کاهش هزینه کاربران را فراهم می‌آورد و پرداخت انتقالی عاید آنان می‌گردد؛ ولی در تحلیل اقتصادی، برای تعیین هزینه اقتصادی سوخت، باید قیمت آن برابر با میزان یارانه تعلق گرفته به آن افزایش یابد تا نشان دهنده هزینه واقعی اقتصادی سوخت باشد.

### ۳.۲. هزینه‌های ریخته

گاه برای اجرای طرح، از تأسیسات و تسهیلات به وجود آمده پیشین استفاده می‌شود. هرگاه استفاده از تسهیلات یاد شده منوط به از دست دادن امکانات دیگری نباشد، هزینه تأسیسات مورد بحث یک «هزینه ریخته» محسوب می‌گردد. به سخن دیگر، هزینه ریخته هزینه‌ای است که پیش از اجرای طرح مورد نظر انجام پذیرفته و از این رو، حتی اگر انجام آن بیهوده و اتلاف آمیز به نظر آید، دیگر اجتناب از آن میسر نیست. در واقع هزینه ریخته چنان هزینه‌ای است که در هر دو صورت اجرا کردن و یا نکردن طرح همچنان وجود دارد و از این رو، هزینه‌ای اضافی برای تحقق هدف طرح به حساب نمی‌آید و نباید در محاسبات مربوط به تحلیل هزینه و فایده اقتصادی منظور شود.

### ۴.۲. ذخیره احتیاطی

در تحلیل هزینه و فایده اقتصادی، ذخیره احتیاطی برای پیش‌بینی‌های فنی و مالی از نظر دور مانده، ملاحظات ویژه خود را به همراه دارد. به طور معمول در برنامه‌ریزی‌های مالی، برای رویدادهای غیر قابل پیش‌بینی مربوط به قیمت‌ها و نیز ملاحظات فیزیکی پیش‌بینی نشده، ذخیره احتیاطی در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که تحلیل اقتصادی طرح برپایه قیمت‌های ثابت انجام می‌گیرد، هر گاه در برآوردهای مالی ذخیره‌ای بابت افزایش قیمت در نظر گرفته شده است، باید آن را در برآوردهای اقتصادی حذف کرد؛ ولی ذخیره‌ای که بابت قابل پیش‌بینی نبودن برخی ملاحظات فیزیکی از قبیل نیاز به خاکبرداری بیشتر و یا تفاوت آزمایش‌ها و نمونه‌گیری‌های نخستین خاک با شرایط واقعی بعدی، در برآوردهای مالی منظور شده است، باید به عنوان بخشی از هزینه‌های اقتصادی نیز در محاسبات منظور گردد.

## ۵.۲. اثرهای بیرونی طرح

در طرح‌های راهسازی، اثرهای دیگری وجود دارد که در خارج از چارچوب ملاحظات مالی پدیدار می‌شود. این اثرهای بیرونی گاه هزینه‌های هنگفتی در بردارد که باید در تحلیل اقتصادی طرح از دیدگاه ملی مورد ملاحظه قرار گیرد. به این منظور، باید تأثیر احداث راه بر آلودگی آب و هوا و سایر آلودگی‌ها اندازه‌گیری گردد و نتایج این آلودگی بر محیط زیست برآورد شود. در برخی موارد، بهتر است که با منظور کردن تمام اثرهای بیرونی و سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای کنترل آلودگی در چارچوب طرح اصلی، اثرهای بیرونی یاد شده را به اصطلاح درونی کرد.

## ۶.۲. هزینه‌هایی که در برآوردهای مالی منظور نمی‌شود

در برآوردهای مالی، تنها هزینه‌هایی منظور می‌شود که بابت آن از سوی دولت پرداخت‌هایی انجام می‌گیرد. حال آن که در برآوردهای اقتصادی، باید هزینه‌های عملیاتی کاربران راه که از سوی خود آنها پرداخت می‌گردد پیش‌بینی و برآورد شود. در واقع، هزینه‌های عملیاتی بخش عمده‌ای از کل هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری از راه در طول چرخه عمر آن را تشکیل می‌دهد. طبق بررسی‌های انجام شده (*HDM - III*)، هزینه‌های عملیاتی کاربران - شامل هزینه‌های استهلاک وسایل نقلیه - ۸ تا ۱۰ برابر هزینه‌های ساخت و نگهداری راه است که به طور معمول از سوی دولت پرداخت می‌گردد. هرگاه هزینه تصادف‌ها که در کشورهای در حال توسعه حدود یک درصد تولید ناخالص ملی این کشورهاست و نیز هزینه زمان صرف شده در طول راه، به هزینه عملیاتی کاربران اضافه شود، نسبت یاد شده باز هم افزایش خواهد یافت.

هزینه‌های ساخت و نگهداری و عملیاتی (بهره‌برداری از راه)، با یکدیگر ارتباط تنگاتنگ دارند زیرا:

**یک -** هزینه ساخت راه تابع شرایط زمین، نوع خاک، آب و هوا، طراحی هندسی و طراحی روسازی است.

**دو -** هزینه‌های نگهداری راه تابع خرابی راه (روسازی و طراحی هندسی، آب و هوا، گذشت زمان، ترافیک) و استاندارد تعمیر و نگهداری است.

**سه -** هزینه‌های عملیاتی کاربران راه تابع طراحی هندسی؛ شرایط سطح راه؛ سرعت وسیله نقلیه و نوع وسیله نقلیه است.

افزون بر ملاحظات بالا، سرعت وسیله نقلیه که یکی از عوامل مهم تعیین کننده هزینه عملیاتی وسیله نقلیه است، خود تابع طراحی هندسی؛ شرایط سطح راه؛ نوع وسیله نقلیه و نیز شیوه رانندگی -



کنش و رفتار راننده - است. در شکل (۱.۶) ارتباط متقابل میان هزینه‌های ساخت، نگهداری، عملیاتی (کاربری) به نمایش درآمده است. محاسبه و برآورد هزینه عملیاتی، هزینه تصادف‌ها و هزینه نگهداری در دو حالت اجرا و اجرا نکردن طرح، مبنای اصلی پیش‌بینی و تعیین فایده طرح است که در بند ۳ درباره آن سخن گفته خواهد شد.

### ۳. شناسایی فایده طرح

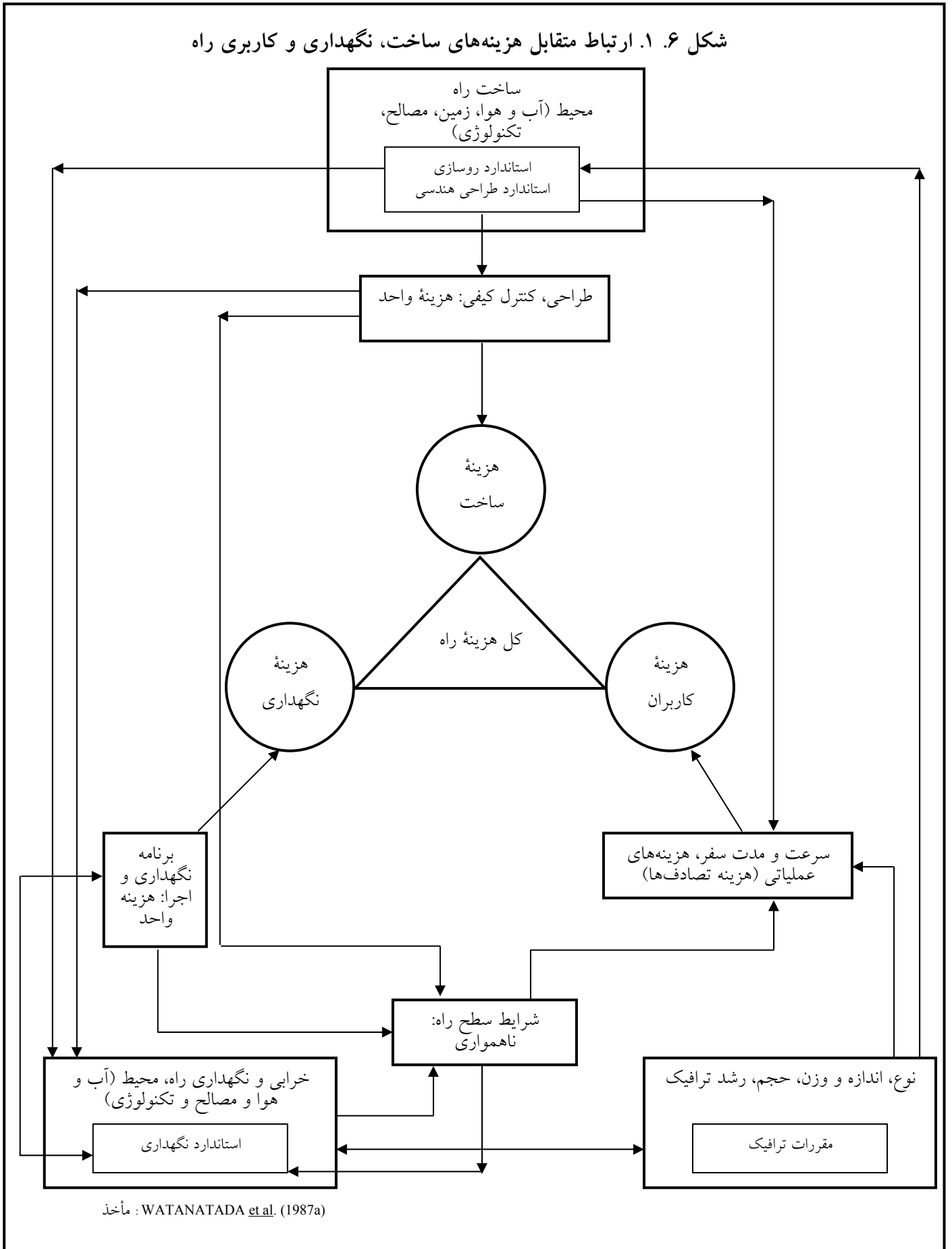
برای محاسبه ارزش خالص کنونی اقتصادی طرح راهسازی، افزون بر تعیین هزینه‌ها، باید جریان فایده حاصل از اجرای آن نیز پیش‌بینی و برآورد شود. در طرح راهسازی، صرفه‌جویی سالانه در هزینه عملیاتی، صرفه‌جویی هزینه‌های تعمیر و نگهداری، صرفه‌جویی حاصل از کاهش تصادف وسایل نقلیه در طول عمر طرح، نسبت به هزینه متناظر در گزینه پایه (ادامه وضع موجود) نشان دهنده فایده حاصل از اجرای طرح است. از این رو، نخست باید هزینه عملیاتی سالانه وسایل نقلیه در گزینه پایه، براساس میانگین سرعت هر یک از گروه‌های وسایل نقلیه تشکیل دهنده ترافیک برآورد شود (برای دوره‌ای برابر با چرخه عمر طرح مورد بررسی) و سپس همین برآورد برای طرح مورد مطالعه انجام پذیرد. مابه‌التفاوت هزینه عملیاتی سالانه میان گزینه پایه و گزینه اجرای طرح، نشان دهنده فایده سالانه حاصل از هزینه عملیاتی است. افزون بر آن، صرفه‌جویی حاصل از کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و کاهش تصادف‌ها نیز بر همین روال تعیین می‌گردد. به هر روی، برای برآورد هزینه عملیاتی، باید مقادیر منابع مورد استفاده در عملیات وسایل نقلیه پیش‌بینی و مشخص شود. این منابع به شرح زیر است:

- |                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| الف - سوخت؛     | ج - راننده و کمک راننده؛ |
| ب - تایر؛       | چ - استهلاک وسیله نقلیه؛ |
| پ - قطعات یدکی؛ | ج - سود سرمایه؛          |
| ت - تعمیرکار؛   | ح - بالاسری؛             |
| ث - روغن؛       | د - هزینه وقت مسافران.   |

اهمیت هزینه منابع یاد شده در کل هزینه عملیاتی متفاوت است که در جدول (۱.۶) اهمیت نسبی این هزینه‌ها ارائه شده است.

روش‌های گوناگونی برای برآورد منابع مورد نیاز وسایل نقلیه از سوی پژوهشگران و برپایه بررسی‌های مختلف پیشنهاد شده است که در زیر به مهمترین آنها اشاره می‌شود.

شکل ۶. ۱. ارتباط متقابل هزینه‌های ساخت، نگهداری و کاربری راه



WATANATADA et al. (1987a) : مأخذ

**یکم -** پژوهش کنیا. از سال ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۵، آزمایشگاه پژوهش حمل و نقل و راه بریتانیا (TRRL)، با همکاری دولت کنیا و بانک جهانی، راه‌های کشور یاد شده را مورد بررسی قرار داد و سرانجام پیشنهادهای خود را درباره چگونگی برآورد منابع نیاز وسایل نقلیه در سال ۱۹۷۵ منتشر کرد (HIDE et al. 1975).

**دوم -** پژوهش کارائیب. از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۲، آزمایشگاه پژوهش حمل و نقل و راه بریتانیا (TRRL)، به دنبال مطالعه پیشین، راه‌های برخی از جزایر کارائیب را مورد مطالعه قرارداد و پیشنهادهای خود را درباره چگونگی برآورد منابع مورد نیاز وسایل نقلیه در سال ۱۹۸۲ منتشر کرد (MOROSIUK AND ABAYNAYAKA, 1982).

جدول ۶. ۱. اهمیت نسبی اقلام مختلف هزینه‌های عملیاتی

درصد هزینه		شرح
کامیون	سواری	
۱۰-۳۰	۱۰-۳۵	سوخت
<۲	<۲	روغن
۱۰-۳۰	۱۰-۴۰	قطعات یدکی
<۸	<۶	تعمیرکار
۵-۱۵	۵-۱۰	لاستیک
۱۰-۴۰	۱۵-۴۰	استهلاک وسیله نقلیه
۵-۵۰	۰	راننده و کمک راننده
۵-۲۰	۱۰-۱۵	سایر هزینه‌ها

مأخذ: DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT, (2005).

**سوم -** پژوهش برزیل. از سال ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۲، با پشتیبانی مالی دولت برزیل و برنامه توسعه سازمان ملل متحد، گروه کارشناسانی متشکل از ۹ کشور مختلف، گسترده‌ترین مطالعه و بررسی میدانی را که تاکنون انجام شده درباره راه‌های برزیل انجام داد و پیشنهاد خود را درباره چگونگی برآورد منابع مورد نیاز وسایل نقلیه در سال ۱۹۸۲ منتشر کرد (GEIPOT, 1982).

**چهارم -** پژوهش هندوستان. مؤسسه مرکزی پژوهش راه هندوستان، نتیجه بررسی چندین ساله خود درباره راه‌های هند و پیشنهادهایی درباره چگونگی برآورد منابع مورد نیاز وسایل نقلیه در آن کشور را در سال ۱۹۸۲ منتشر کرد.

در جدول (۶.۲)، دامنه مطالعات انجام شده درباره منابع مورد نیاز وسایل نقلیه در چهار مطالعه یاد شده، ارائه شده است. در کتاب (*HDM - III, 1987<sub>a</sub>*)، پس از مقایسه این چهار روش، توصیه شده است که پژوهش برزیل به عنوان روش برآورد منابع مورد نیاز وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرد و سفارش کرده است برآوردکنندگان در کشورهای مختلف کوشش نمایند در حد مقدور، ضرایب را با عنایت به شرایط و محیط کشور خود واسنجی (کالیبره) نمایند و تنها در مواردی که این امر میسر نیست، از ارقام برگزیده (پیش فرض) بهره جویند. اکنون، درباره چگونگی برآورد منابع مورد نیاز برپایه پژوهش برزیل که در کتاب یادشده در بالا، مبنای برآوردها قرار گرفته، به عنوان یک نمونه توضیح داده می‌شود.

### ۱.۳. سرعت وسیله نقلیه

در مدل برزیل، پیش‌بینی سرعت وسیله نقلیه برپایه رویکرد «عوامل کلی محدود کننده احتمالی وضعیت سرعت یکنواخت» انجام می‌پذیرد. منظور از «عوامل کلی» آن است که به جای استفاده از اطلاعات تفصیلی درباره راه، از عوامل نمایشگر طراحی هندسی و شرایط رویه راه استفاده می‌گردد. منظور از عبارت «وضعیت سرعت یکنواخت» آن است که چرخه‌های تغییر سرعت در طول راه، در مدل برزیل دخالت داده نشده است. دلیل خواندن این رویکرد به نام «عوامل کلی محدود کننده احتمالی وضعیت سرعت یکنواخت» آن است که سرعت پیش‌بینی شده، حداقل سرعت احتمالی از میان این گونه سرعت‌هاست. این محدودیت‌های سرعت، تابعی از مشخصات وسیله نقلیه (برای مثال قدرت موتور، ظرفیت ترمز) و نیز ویژگی‌های راه (برای مثال شیب عمودی، ناهمواری) است. حال توضیح کوتاهی درباره مدل برزیل از دید مؤلفان آن داده می‌شود.

تجربه نشان داده است که برای تعیین میانگین سرعت خودرو در یک سفر رفت و برگشت، بهتر است راه مورد مطالعه در طول مسیر و با پیچ و خم‌های آن به صورت دو بخش یکسان در نظر گرفته شود؛ به این معنی که یک بخش دارای شیب مثبت (سربالایی) و دیگری دارای شیب منفی (سرازیری) است ولی هر دو بخش دارای طول، ناهمواری، میانگین پیچ (قوس افقی)، و میانگین فراز به اضافه نشیب یکسان خواهند بود.

سرعت یکنواخت هر یک از انواع وسایل نقلیه به روی هر یک از دو بخش فرضی یادشده تابع ویژگی‌های راه و مشخصات وسیله نقلیه است. میانگین زمان سفر رفت و برگشت، برپایه مسافت طی شده در دو بخش محاسبه می‌شود؛ یعنی مجموعه مسافت رفت و برگشت بر مجموع زمان سفر رفت و برگشت تقسیم می‌گردد.

اطلاعات مورد نیاز برای برآورد سرعت عبارت است از: نوع رویه؛ میانگین ناهمواری؛ میزان کلی شیب عمودی؛ میزان کلی قوس افقی؛ و میانگین بر بلندی راه. میزان ناهمواری راه، برپایه میانگین ناهمواری‌های اندازه‌گیری شده در قطعات کوچکتر و همگن راه مورد نظر تعیین می‌شود. مقدار کلی شیب عمودی و قوس افقی به ترتیب زیر مشخص می‌گردد:

میزان کلی شیب عمودی برپایه «میانگین فراز به اضافه نشیب ( $RF$ )» مشخص می‌گردد و همان گونه که پیش از این در فصل چهارم گفته شد، مجموع قدر مطلق مجموع تمام سربالایی‌ها و سرازیری‌های موجود در طول یک بخش راه برحسب متر، تقسیم بر طول بخش راه برحسب کیلومتر، نشان دهنده این شیب کلی است (این مفهوم در قسمت الف شکل ۲.۶ به نمایش درآمده است).

بنا به تعریف، مجموع قدر مطلق انحراف زاویه‌ای خطوط تانژانت متوالی مسیر راه در یک جهت برحسب درجه، تقسیم بر طول بخش راه برحسب کیلومتر، نشان دهنده میزان کلی قوس افقی راه ( $C$ ) است. باید توجه داشت که طول منظور شده در مخرج، براساس طول قوس است و براساس طول وتر نیست (مفهوم میزان کلی قوس افقی راه در قسمت ب شکل ۲.۶ به نمایش درآمده است).

بنا به تعریف، میانگین وزنی برهای بلندی (برحسب درصد) بخش‌های پیچ‌دار راه، نشان دهنده میانگین بر بلندی ( $SP$ ) راه است. مقیاس طول پیچ‌ها نمایشگر وزن بر بلندی است. باید توجه داشت، اندازه‌گیری مقیاس‌های عمودی و افقی راه، مستقل از جهت مسیر راه، انجام می‌پذیرد.

برای پیش‌بینی و برآورد سرعت یکنواخت در یک بخش معین راه، از مجموعه‌ای از متغیرهای مختلف و مؤثر بر محدودیت سرعت استفاده شده است. متغیرهای یادشده در زیر تعریف می‌گردد و در پی آن، مفهوم مدل به صورت ریاضی ارائه می‌گردد. تمام سرعت‌هایی که در این بخش و بخش‌های پس از آن بیان می‌شود، برحسب متر در ثانیه ( $m/sec$ ) است.

$$VDRIVE = \text{محدودیت سرعت حاصل از شیب عمودی و قدرت موتور؛}$$

$$VBRAKE = \text{محدودیت سرعت حاصل از شیب عمودی و ظرفیت ترمز؛}$$

$$VCURVE = \text{محدودیت سرعت حاصل از پیچ (قوس افقی) راه؛}$$

$$VROUGH = \text{محدودیت سرعت حاصل از ناهمواری راه و سختی سواری مرتبط با آن؛}$$

جدول ۶.۲. دامنه مطالعه انجام شده درباره منابع مورد نیاز وسایل نقلیه در چهار پژوهش

شرح	پژوهش کنیا	پژوهش کارائیب	پژوهش برزیل	پژوهش هند
<b>الف. کاربران</b>				
نوع وسیله نقلیه	۵	۴	۵	۳
شمار وسایل نقلیه	۲۸۹	۶۸	۱۶۷۵	۹۳۹
وزن ناخالص بزرگترین وسیله نقلیه (GVW)	۲۶	۱۲	۴۰	۲۸
شرکت‌ها/متصدیان وسایل نقلیه	دردسترس نیست	دردسترس نیست	۱۴۷	۱۲۱
طول مشاهدات (سال)	۲	۲	۴	۳
طول شبکه راه دیدبانی شده (km)	۹۳۰۰	دردسترس نیست	۳۶۰۰۰	۴۰۰۰۰
دامنه میانگین ناهمواری مسیر (m/km IRI)	۳/۳-۹	۳/۵-۱۱/۴	۱/۸-۱۴/۹	۵/۴-۱۲/۹
میانگین فراز + نشیب (m/km)	۱۴/۸-۶۹/۴	۸-۶۸	۱۰-۴۹	۵/۸-۴۱/۳
پیچ (قوس افقی) (deg/km)	۱/۵-۴۹/۷	۹۰-۱۰۴۰	۶-۲۹۴	۲۵/۶-۶۷۵/۳
<b>ب. مطالعه سرعت</b>				
ایستگاه‌ها	۹۵	۲۸	۱۰۸	۱۰۲
نوع وسیله نقلیه	۵	۴	۶	۶
شمار ملاحظات	دردسترس نیست	۳۸۰۰۰	۷۶۰۰۰	۱۴۰۰۰
دامنه ناهمواری پیوندهای مشخص (m/km IRI)	۲/۱-۲۲/۱	۲-۱۴/۶	۱/۶-۱۲/۲	۲/۸-۱۶/۹
شیب عمودی (%)	۰/۱-۸/۶	۰-۱۱/۱	۰-۱۰/۸	۰-۹/۱
پیچ (قوس افقی) (deg/km)	۰-۱۹۸	۰-۱۰۹۹	۰-۲۸۶۶	۱-۱۲۴۳
عرض راه (m)	۳/۵-۷/۹	۴/۳-۸/۵	۵/۵-۱۲/۹	۳/۵-۷
<b>ج. آزمون‌های کنترل شده: سوخت</b>				
شمار بخش‌های مورد آزمون	۹۵	۸۲	۵۱	دردسترس نیست
نوع وسیله نقلیه	۳	۳	۹	۵
شمار ملاحظات	دردسترس نیست	۱۱۶۱-۲۲۹۶	۱۱۹۲-۵۳۴۴	۱۰۴-۴۱۱
دامنه ناهمواری پیوندهای مشخص (m/km IRI)	۲/۱-۲۲/۱	۲-۱۴/۶	۲/۱-۱۳/۳	۲/۹-۱۱/۷
شیب عمودی (%)	۱-۸/۶	۰-۱۱/۱	۰-۱۳	۰-۵
پیچ (قوس افقی) (deg/km)	۰-۱۹۸	۰-۱۰۹۹	۰-۳۴۰	دردسترس نیست

$VDESIRE$  = سرعت مطلوب در شرایط نبود محدودیت و برپایه ملاحظات روانی، اقتصادی، ایمنی. دو متغیر محدود کننده سرعت که مرتبط با قوه گرانشی (ثقل) هستند، یعنی  $VDRIVE$  و  $VBRAKE$ ، در بخش‌های سربالایی و سرازیری یک راه معین، دارای دو مقدار متفاوت می‌باشند؛ ولی سه متغیر محدودکننده دیگر، در هر دو بخش سربالا و سرازیر راه دارای مقادیر یکسان هستند.

با استفاده از مقادیر تعیین شده پنج متغیر بالا، می‌توان سرعت یکنواخت بخش راه مورد نظر را پیش‌بینی و برآورد کرد. محاسبه مورد بحث مبتنی بر این نظر انجام می‌گیرد که هر یک از متغیرهای محدودیت‌آور سرعت یک بخش راه، «متغیر تصادفی» است و از این رو، پیش‌بینی سرعت یکنواخت برپایه میانگین مقادیر حداقل متغیرهای تصادفی انجام می‌پذیرد. مدل احتمالات مورد استفاده «توزیع ویبول» است. فرمول‌ها به شرح زیر هستند:

(فرمول ۱.۶)

$$V_{\mu} = \frac{E^{\circ}}{\left[ \left( \frac{1}{VDRIVE_{\mu}} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VBRAKE_{\mu}} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VCURVE} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VROUGH} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VDESIRE} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]^{\beta}}$$

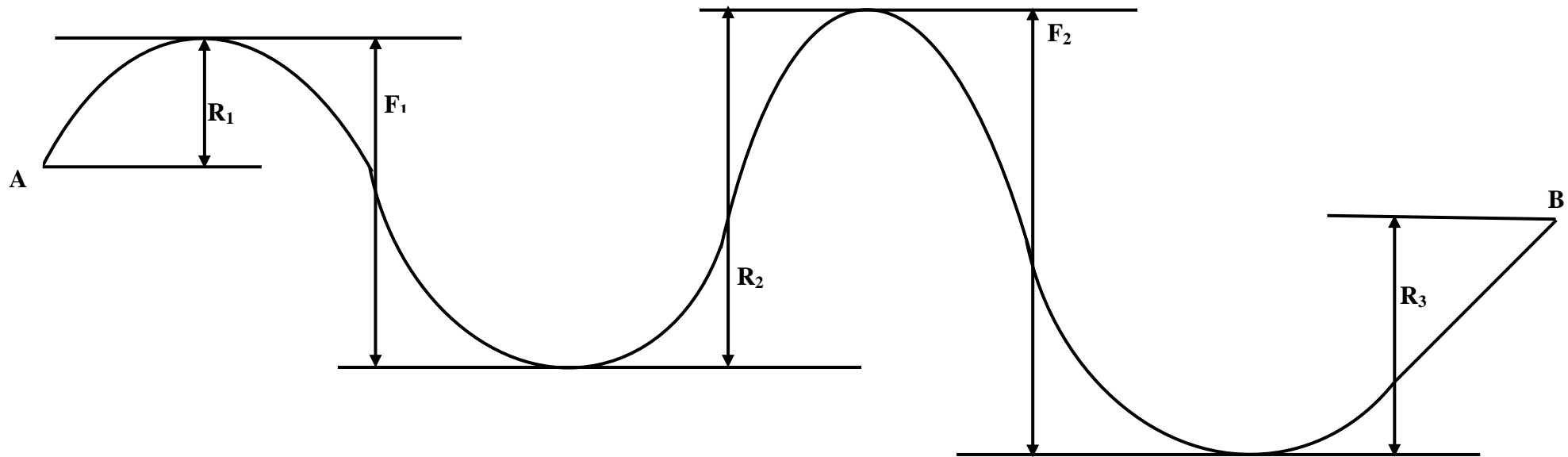
(فرمول ۲.۶)

$$V_d = \frac{E^{\circ}}{\left[ \left( \frac{1}{VDRIVE_d} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VBRAKE_d} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VCURVE} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VROUGH} \right)^{\frac{1}{\beta}} + \left( \frac{1}{VDESIRE} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]^{\beta}}$$

درفرمول‌های بالا، پانویس ( $\mu$ )، به معنی بخش سربالا و پانویس ( $d$ )، به معنی بخش سرازیر راه است. همان گونه که دیده می‌شود، تنها دو عامل محدودیت سرعت با علائم یادشده مشخص شده‌اند. ضریب ( $\beta$ ) تعیین کننده شکل «توزیع ویبول» است و یکی از مجموعه پارامترهایی است که برای هر یک از وسایل نقلیه برآورد می‌شود. از آنجا که در برآوردهای سرعت، از تبدیل لگاریتمی متغیرها استفاده شده است از این رو، در فرمول‌های پیش‌بینی، عامل تصحیح اریبی ( $E^{\circ}$ ) نیز منظور شده است. این عامل برابر با:  $[\exp(0.5\sigma^2)]$  است و ( $\sigma$ ) پیش‌بینی خطای معیاری مانده‌های برآورد است. مقادیر ( $\beta$ ) و ( $E^{\circ}$ ) که برپایه اطلاعات پژوهش برزیل محاسبه شده و در مدل ( $HDM - III$ ) مورد استفاده قرار گرفته است، در جدول (۳.۶) ارائه شده است.

شکل ۶.۲. نمایش میانگین فراز به اضافه نشیب و میانگین قوس افقی راه

قسمت الف. میانگین فراز به اضافه نشیب راه



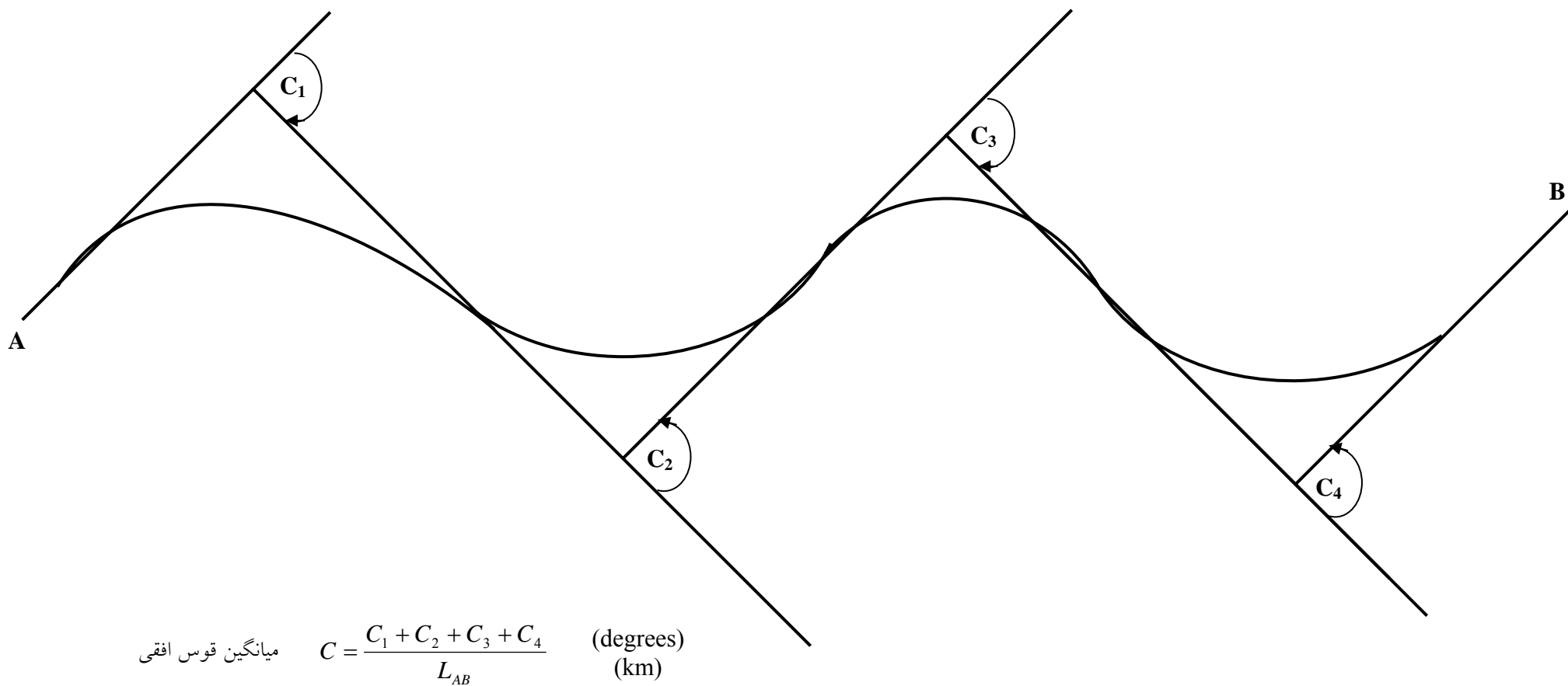
میانگین فراز به اضافه نشیب

$$RF = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + F_1 + F_2}{L_{AB}} \quad \begin{matrix} \text{(meters)} \\ \text{(km)} \end{matrix}$$



شکل ۶.۲. نمایش میانگین فراز به اضافه نشیب و میانگین قوس افقی راه

قسمت ب. میانگین قوس افقی راه



با استفاده از سرعت‌های سربالایی و سرازیری ( $V_d$  و  $V_u$ )، میانگین سرعت یک سفر رفت و برگشت با استفاده از دو بخش تصویری پیش‌گفته راه، به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{(3.6)(2) \text{ LGTH}}{\frac{\text{LGTH}}{V_u} + \frac{\text{LGTH}}{V_d}} = \frac{7.2}{\frac{1}{V_u} + \frac{1}{V_d}} \quad (\text{فرمول ۳.۶})$$

$S$  = میانگین سرعت رفت و برگشت؛

$\text{LGTH}$  = طول راه برحسب (km)؛

$V_u$  = سرعت پیش‌بینی شده برای بخش سربالایی راه برحسب (m/s)؛

$V_d$  = سرعت پیش‌بینی شده برای بخش سرازیری راه برحسب (m/s)؛

3.6 = ضریب تبدیل (m/s) به (km/s).

توجه خواهد شد که در محاسبات فرمول (۳.۶)، طول راه حذف می‌گردد و از این رو، میانگین سرعت پیش‌بینی شده وسیله نقلیه در راه، مستقل از طول راه تعیین می‌گردد.

### ۳.۱.۱. محاسبه VDRIVE

محاسبه سرعت وسیله نقلیه بر روی بخش معینی از راه با عنایت به محدودیت حاصل از قدرت موتور و شیب راه (VDRIVE)، بر مبنای این فرض انجام می‌گیرد که وسیله نقلیه به روی یک راه هموار و مستقیم، با نیروی زیادی رانده می‌شود. این نیرو را «نیروی رانش به کار گرفته» (HPDRIVE) می‌خوانند. نیروی رانش به کار گرفته، به طور کلی و به ویژه در مورد وسایل نقلیه بنزینی، کمتر از قدرت تعیین شده موتور وسیله نقلیه است. دلیل عمده آن یک مسأله رفتاری (یعنی بی‌علاقگی رانندگان به استفاده از حداکثر نیروی وسیله نقلیه) و علت دیگر آن مسأله مکانیکی (یعنی رانندگی کمتر از rpm تعیین شده و نیز از دست رفتن نیرو به خاطر تعویض دنده و همچنین استفاده متعلقات وسیله نقلیه از قبیل کولر، بخاری، پنکه از نیرو) است. (HPDRIVE) بر پایه ملاحظات سرعت در پژوهش برزیل محاسبه شده و نتیجه آن که در مدل (HDM - III) مورد استفاده قرار گرفته، در جدول (۳.۶) آورده شده است.

در حالت نبود شتاب، ارتباط و تعادل نیرو میان (VDRIVE) با (HPDRIVE) و شیب راه به

شرح زیر است:

$$\begin{bmatrix} \text{DRIVE} \\ \text{FORCE} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ROLLING} \\ \text{RESISTANCE} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{GRADE} \\ \text{RESISTANCE} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{AIR} \\ \text{RESISTANCE} \end{bmatrix}$$

مقاومت هوا + مقاومت شیب + مقاومت غلتشی = نیروی رانش (فرمول ۴.۶)

حال چگونگی تعیین مقادیر بالا (همگی برحسب نیوتون) شرح داده می شود.

$$\frac{736 \text{ HPDRIVE}}{\text{VDRIVE}} = \text{نیروی رانش}$$

$$\text{مقاومت غلتشی} = \text{CR} \cdot \text{GVW} \cdot g1000$$

$$\text{مقاومت شیب} = \text{GR} \cdot \text{GVW} \cdot g1000$$

$$\text{مقاومت هوا} = 0.5RHO \cdot CD \cdot AR \cdot \text{VDRIVE}^2$$

مفهوم حروف لاتین بالا به شرح زیر است:

$$736 = \text{مقدار وات موجود در یک قوه اسب؛}$$

$$\text{GVW} = \text{وزن ناخالص وسیله نقلیه برحسب تن؛}$$

$$g = \text{مقدار ثابت گرانشی (ثقلی)، برابر با } 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{CR} = \text{ضریب مقاومت غلتشی؛}$$

$$\text{GR} = \text{شیب عمودی که برحسب کسر بیان می شود؛}$$

$$\text{RHO} = \text{چگالی توده هوا برحسب } \text{kg/m}^3$$

$$\text{CD} = \text{ضریب بازدارنده آیرودینامیک یک وسیله نقلیه که می تواند از سوی برآوردکنندگان مشخص}$$

شود و یا این که از رقم برگزیده (پیش فرض) منظور شده در جدول (۳.۶)، استفاده گردد؛

$$\text{AR} = \text{پهنه پیش بینی شده جلوی وسیله نقلیه که می تواند از سوی برآوردکنندگان مشخص شود و یا}$$

این که از رقم برگزیده (پیش فرض) منظور شده در جدول (۳.۶) استفاده گردد.

حال اگر مقادیر را در فرمول (۴.۶) قرار دهیم، معادله درجه سه ای برای تعیین (VDRIVE) به

دست می آید. هرگاه سمت چپ فرمول (۴.۶) یعنی نیروی رانش مثبت باشد، معادله درجه سه، تنها

دارای یک ریشه مثبت خواهد بود. از این رو، با معلوم بودن نیروی رانش به کار گرفته

(HPDRIVE) و سایر متغیرهای مورد اشاره، می توان مقدار (VDRIVE) منحصر به فرد مربوط به

یک نوع وسیله نقلیه و بر روی یک بخش مشخص راه را محاسبه کرد.

قدر مطلق عدد شیب عمودی (GR)، بستگی به میانگین فراز به اضافه نشیب (RF) راه دارد و

علامت شیب برحسب آن که بخش سرازیری یا سربلایی راه باشد، متفاوت خواهد بود. از این رو،

هرگاه معادله درجه سه برحسب:

$$\text{GR} = + \frac{\text{RF}}{1000}$$

جدول ۳.۶. پارامترها و مقادیر برگزیده (پیش فرض) برای پیش‌بینی و برآورد سرعت برپایه پژوهش برزیل

نوع وسیله نقلیه									پارامترها
کامیون یدک‌دار	کامیون سنگین/متوسط	کامیون سبک		اتوبوس	استیشن	سواری بزرگ	سواری متوسط	سواری کوچک	
		گازوئیلی	بنزینی						
۰/۶۳	۰/۸۵	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۵۰	۰/۴۵	CD ضریب بازدارندگی
۵/۷۵	۵/۲۰	۳/۲۵	۳/۲۵	۶/۳۰	۲/۷۲	۲/۲۰	۲/۰۸	۱/۸۰	AR پهنه جلوی خودرو (m <sup>2</sup> )
۱۳	۴/۵۶	۲	۲	۲/۳	۰/۳	۰	۰	۰	(Tons) بار مفید*
۲۱۰	۱۰۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۴۰	۸۵	۷۰	۳۰	(hp) HPDRIVE
۵۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۶۰	۳۰	۲۷	۲۱	۱۷	(hp) HPBRAKE
۰/۱۷۰	۰/۲۹۲	۰/۲۵۳	۰/۲۵۳	۰/۲۳۳	۰/۲۲۱	۰/۲۶۸	۰/۲۶۸	۰/۲۶۸	راه روکش شده } (Ton <sup>-1</sup> ) FRATIO <sub>0</sub>
۰/۰۴۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۹	۰/۰۹۹	۰/۰۹۵	۰/۱۱۷	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴	۰/۱۲۴	
۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۲۸	۰	۰	۰	۰	۰	راه روکش شده } (Ton <sup>-1</sup> ) FRATIO <sub>1</sub>
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۱۳۰/۹	۱۷۷/۷	۱۹۴	۱۹۴	۲۱۲/۸	۲۳۹/۷	۲۵۹/۷	۲۵۹/۷	۲۵۹/۷	(mm/s) ARVMAX **
۸۴/۱	۸۸/۸	۸۱/۶	۸۱/۶	۹۳/۴	۹۴/۹	۹۸/۳	۹۸/۳	۹۸/۳	راه روکش شده } (km/hp) VDESIR <sub>0</sub>
۴۹/۶	۷۲/۱	۷۱/۹	۷۱/۹	۶۹/۴	۷۶/۳	۸۲/۲	۸۲/۲	۸۲/۲	
۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	B <sub>w</sub>
۰/۲۴۴	۰/۳۱۰	۰/۳۰۴	۰/۳۰۴	۰/۲۷۳	۰/۳۰۶	۰/۲۷۴	۰/۲۷۴	۰/۲۷۴	β
۱/۰۱۸	۱/۰۱۳	۱/۰۰۸	۱/۰۰۸	۱/۰۱۲	۱/۰۰۴	۱/۰۰۳	۱/۰۰۳	۱/۰۰۳	E <sup>0</sup>

WATANATADA et al (1987a): مأخذ

\* ۱۵۰ کیلوگرم وزن دو راننده را در بر نمی‌گیرد زیرا در وزن وسیله نقلیه منظور می‌شود.  
\*\* این مفاهیم در مباحث بعدی تعریف خواهد شد.

حل شود، مقدار ( $VDRIVE_u$ ) تعیین خواهد شد و هرگاه برحسب:

$$GR = -\frac{RF}{1000}$$

حل شود، مقدار ( $VDRIVE_d$ ) مشخص خواهد گردید.

برآوردکنندگان می‌توانند خود وزن ناخالص وسیله نقلیه را تعیین کنند و یا این که از فرمول مدل ( $HDM - III$ ) که برپایه پژوهش برزیل تعیین شده است به شرح زیر استفاده نمایند:

$$GVW = TARE + LOAD \quad (\text{فرمول ۵.۶})$$

$GVW$  = وزن ناخالص وسیله نقلیه برحسب تن؛

$TARE$  = وزن خالص وسیله نقلیه برحسب تن برپایه ارقام ارائه شده در جدول (۴.۶)؛

$LOAD$  = بار مفید وسیله نقلیه که در جدول (۳.۶) نشان داده شده است.

تجربه نشان داده است که ضریب مقاومت غلتشی ( $CR$ )، به شرح زیر تابع ناهمواری راه

می‌باشد:

$$CR = \begin{cases} 0.0218 + 0.0000467 \quad QI & \text{برای سواری و استیشن} \\ 0.0139 + 0.0000198 \quad QI & \text{برای اتوبوس و کامیون} \end{cases}$$

(فرمول ۶.۶)

$CR$  = مقاومت غلتشی؛

$QI$  = مقیاس استاندارد ناهمواری راه که در پژوهش برزیل مورد استفاده قرار گرفته و برحسب واحد  $QI$  است.

چگالی توده هوا ( $RHO$ ) برحسب کیلوگرم در مترمکعب، تابع ارتفاع راه از سطح دریاست و

می‌توان با استفاده از فرمول زیر آن را حساب کرد:

$$RHO = 1.255 \left[ 1 - 2.26 \times 10^{-5} A \right]^{4.255} \quad (\text{فرمول ۷.۶})$$

$RHO$  = چگالی توده هوا؛

$A$  = ارتفاع بخش مربوط راه از سطح دریا، برحسب متر.

جدول ۴.۶. مشخصات وسایل نقلیه پژوهش برزیل

وسيله نقلیه نماینده	موتور			محورهای سنگین <sup>۳</sup>	شمار تایرها	طبقه‌بندی وزنی <sup>۲</sup>	وزن تقریبی ناخالص وسيله نقلیه (تن)	وزن تقریبی خالص وسيله نقلیه (تن) <sup>۴</sup>	نوع وسيله نقلیه <sup>۱</sup>
	شمار سیلندرها	حداکثر قدرت موتور(قوه‌اسب)	نوع سوخت						
فولکس واگن ۱۳۰۰	۴	۴۹	بنزین	۰	۴	سبک	۱/۲	۱	وسيله نقلیه سواری (کوچک)
اوپالا	۶	۱۴۸	بنزین	۰	۴	سبک	۱/۵	۱/۲	وسيله نقلیه سواری (متوسط)
دوج دارت	۸	۲۰۱	بنزین	۰	۴	سبک	۱/۹	۱/۷	وسيله نقلیه سواری (بزرگ)
فولکس واگن کومبی	۴	۶۱	بنزین	۰	۴	سبک	۲/۱	۱/۳	استیشن
مرسدس بنز ۰۳۶۲	۶	۱۴۹	گازوئیل	۲	۶	سنگین	۱۱/۵	۸/۱	اتوبوس
فورد - ۴۰۰	۸	۱۷۱	بنزین	۲	۶	سنگین	۶/۱	۳/۱	کامیون سبک (بنزینی)
فورد - ۴۰۰	۴	۱۰۳	گازوئیل	۲	۶	سنگین	۶/۱	۳/۳	کامیون سبک (گازوئیلی)
مرسدس بنز ۱۱۱۳ <sup>۵</sup>	۶	۱۴۹	گازوئیل	۲	۶	سنگین	۱۵	۵/۴	کامیون متوسط
مرسدس بنز ۱۱۱۳ <sup>۶</sup>	۶	۱۴۹	گازوئیل	۳	۱۰	سنگین	۱۸/۵	۶/۶	کامیون سنگین
اسکانیا ۱۱۰/۳۹	۶	۲۸۹	گازوئیل	۵	۱۸	سنگین	۴۰	۱۴/۷	کامیون با یدک

WATANATADA et al (1987a): مأخذ

۱. ارقام مربوط به وسایل نقلیه نماینده است.
۲. وسيله نقلیه کمتر از ۳/۵ تن به عنوان سبک و وسيله نقلیه بیشتر از ۳/۵ تن به عنوان سنگین طبقه‌بندی شده است.
۳. شمار محورهای سنگین برابر با شمار محورهای وسایل نقلیه سنگین است و در سایر موارد برابر صفر می‌باشد.
۴. در پژوهش برزیل، در وزن تقریبی خالص وسيله نقلیه ۱۵۰ کیلوگرم بابت دو راننده منظور شده است.
۵. بدون محور سوم عقب.
۶. با محور سوم عقب.

### ۲.۱.۳. محاسبه VBRAKE

عامل محدودکننده سرعت حاصل از ظرفیت ترمز و شیب در یک بخش راه (VBRAKE)، از نظر کمی مثبت است و با استفاده از مفهوم «نیروی ترمز به کار گرفته» (HPBRAKE)، برحسب قوه اسب تعیین می‌گردد. مفهوم یاد شده برپایه این فرض قرار گرفته که عامل محدود کننده سرعت وسیله نقلیه در بخش هموار و مستقیم سرازیری طولانی راه، ظرفیت ترمز است که برحسب نوع وسیله متفاوت خواهد بود.

در بخش سربالایی راه، عامل محدودیت حاصل از ظرفیت ترمز مصداق ندارد. از دیدگاه نظری، هرگاه از ترمز استفاده نشود، قدر مطلق آن بی‌نهایت و عبارت (1/VBRAKE)، برابر با صفر خواهد بود. به طور کلی، در مواردی که برای حرکت وسیله نقلیه به نیروی مثبت موتور نیاز باشد، عامل ترمز، نقشی بر محدودیت سرعت نخواهد داشت. این اصل، در مواردی که در سرازیری‌ها، قدر مطلق مقاومت حاصل از ناهمواری راه بیش از قدر مطلق مقاومت حاصل از شیب راه (یعنی  $CR \geq RF/1000$ ) باشد، نیز صادق است.

در مواردی که محدودیت ترمز و شیب راه تأثیرگذار است، ارتباط میان (VBRAKE) و (HPBRAKE)، براساس تعادل نیرو برقرار می‌گردد. به هر روی، از آنجا که محدودیت حاصل از ظرفیت ترمز، بیشتر در موقعیت شیب منفی شدید و در نتیجه، در حالت سرعت یکنواخت کم، پدیدار می‌شود، می‌توان از عامل «مقاومت هوا» صرف‌نظر کرد؛ زیرا این انصراف، تأثیر چندانی بر درستی محاسبات نخواهد داشت. از این رو، می‌توان با حل یک معادله درجه یک، مقدار (VBRAKE) را به دست آورد.

توضیحات بالا را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$VBRAKE_u \equiv \infty \quad \text{هرگاه } CR \geq RF/1000$$

$$VBRAKE_d = \begin{cases} \infty \\ -\frac{736 \cdot HPBRAKE}{g1000 \cdot GVW(CR - RF/1000)} \end{cases} \quad \text{هرگاه } CR < RF/1000$$

(فرمول ۶.۸)

$VBRAKE_u$  = عامل محدود کننده سرعت حاصل از ظرفیت ترمز در سربالایی؛

$VBRAKE_d$  = عامل محدود کننده سرعت حاصل از ظرفیت ترمز در سرازیری؛

HPBRAKE = نیروی ترمز به کار گرفته؛

CR = ضریب مقاومت غلتشی؛

$RF =$  میانگین فراز به اضافه نشیب.

در پژوهش برزیل، پارامتر  $(HPBRAKE)$ ، با استفاده از سرعت‌های مشاهده شده برآورد گردیده است و در مدل  $(HDM - III)$ ، با تعدیلاتی از آن استفاده شده که حاصل آن در جدول (۶). ۳ به عنوان مقادیر برگزیده (پیش فرض) آورده شده است و می‌توان از آن در محاسبات، استفاده کرد. برآورد کنندگان مختار هستند که در صورت تمایل، برآورد خود را جایگزین نمایند.

### ۳.۱.۳. محاسبه VCURVE

محدودیت سرعت حاصل از پیچ راه  $(VCURVE)$ ، بر مبنای این فرض در نظر گرفته شده است که هرگاه پیچ راه قابل توجه باشد، سرعت وسیله نقلیه به دلیل گرایش چرخ‌ها به لغزیدن، محدود می‌شود. نسبت نیروی جانبی وسیله نقلیه به نیروی عادی وارد بر آن، شاخص خوبی برای بیان میزان گرایش به لغزیدن وسیله نقلیه است. میزان به کار گرفته این نسبت، بستگی به نوع وسیله نقلیه و سطح راه دارد. این نسبت را «نسبت اصطکاک درک شده به کار گرفته»  $(FRATIO)$ ، می‌خوانند.

به طور معمول، با توجه به آن که بر بلندی  $(SP)$  کوچک است و از ۲۰ درصد بیشتر نمی‌شود از این رو، برای ساده کردن محاسبات از آن صرف‌نظر گردیده و برای تعیین «اصطکاک درک شده به کار گرفته»، از فرمول زیر استفاده شده است:

$$FRATIO = \frac{VCURVE}{g RC} - \frac{SP}{100} \quad (\text{فرمول ۶. ۹})$$

و با استفاده از فرمول یاد شده، مقدار  $(VCURVE)$ ، به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$$VCURVE = \sqrt{(FRATIO + SP/100) g RC} \quad (\text{فرمول ۶. ۱۰})$$

مقدار  $(FRATIO)$ ، بر حسب تابعی از بار مفید وسیله نقلیه به شرح زیر است:

$$FRATIO = \max (0.02, FRATIO_0 - FRATIO_1 \text{ LOAD}) \quad (\text{فرمول ۶. ۱۱})$$

$(FRATIO_0)$  و  $(FRATIO_1)$ ، پارامترهایی است که بستگی به نوع وسیله نقلیه و نیز نوع رویه راه دارد. مقادیر این پارامترها که بر پایه پژوهش برزیل برآورد شده و در مدل  $(HDM - III)$  مورد استفاده قرار گرفته است، در جدول (۶). ۳ ارائه شده و می‌توان از آن به عنوان مقادیر برگزیده (پیش فرض) استفاده نمود. منظور از  $(LOAD)$ ، بار مفید است.

شعاع قوس  $(RC)$  تابع میانگین قوس‌های افقی است و به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$RC = \frac{180000}{\pi \max(18/\pi, C)} \quad (\text{فرمول ۶. ۱۲})$$



هرگاه برآوردکنندگان نتوانند مقادیر بر بلندی ( $SP$ ) را خود ارائه نمایند، می‌توانند از بر بلندی مورد استفاده مدل ( $HDM - III$ ) که به شرح زیر است سود ببرند:

(فرمول ۱۳.۶)

$$SP = \begin{cases} 0.012C & \text{برای راه‌های روکش شده} \\ 0.017C & \text{برای راه‌های روکش نشده} \end{cases}$$

$C =$  میانگین قوس افقی راه برحسب ( $deg/km$ ).

فرمول‌های یادشده، تقریب‌هایی برای تعیین استاندارد طراحی سرعت بر سطح رویه‌های مورد بحث می‌باشد و احتمالاً ممکن است با شرایط واقعی تطبیق نکند و از این رو، توصیه می‌شود که در صورت امکان، برآورد کنندگان از ارقام و اطلاعات مربوط به وضعیت واقعی راه استفاده نمایند.

### ۴.۱.۳. محاسبه VROUGH

محدودیت سرعت حاصل از ناهمواری راه ( $VROUGH$ )، بر مبنای این فرض قرار گرفته که «حداکثر مجاز» حرکت اندروایی (تعلیق) وسیله نقلیه که تعیین کننده سختی سواری است، موجبات محدود شدن سرعت آن را فراهم می‌آورد. نرخ قدر مطلق جا به جایی محور عقب وسیله نقلیه نسبت به بدنه آن، که به نوبه خود مربوط به سرعت وسیله نقلیه و ناهمواری راه است، مقیاس اندازه‌گیری حرکت اندروایی (تعلیق) سواری است. در مدل ( $HDM - III$ )، ارتباط مورد اشاره اخیر، به شرح زیر برآورد می‌شود:

$$ARV = 0.0882 V QI \quad \text{(فرمول ۱۴.۶)}$$

$ARV =$  میانگین اصلاح شده سرعت حرکت جنبشی دستگاه ناهمواری سنج، برحسب ( $mm/s$ )؛

$V =$  سرعت وسیله نقلیه، برحسب ( $m/s$ )؛

$0.0882 =$  ضریب ثابت تبدیل واحد؛

$QI =$  واحد اندازه‌گیری ناهمواری راه، برحسب ( $Counts/km$ ).

فرض بر آن است که حداکثر مجاز ( $ARV$ ) یعنی ( $ARVMAX$ )، تعیین کننده محدودیت

سرعت حاصل از ناراحتی سواری (یعنی ناهمواری راه) است و به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$VROUGH = \frac{ARVMAX}{0.0882 QI} \quad \text{(فرمول ۱۵.۶)}$$

در مدل ( $HDM - III$ ) قدر مطلق ( $ARVMAX$ )، بر پایه پژوهش برزیل برآورده شده و همین

ارقام در جدول (۳.۶) درج شده است.

### ۳.۱.۵. محاسبه VDESIRE

منظور از سرعت مطلوب (*VDESIRE*)، سرعتی است که وسیله نقلیه در نبود محدودیت حاصل از شیب عمودی، پیچ، ناراحتی رانندگی (ناهمواری راه)، می‌تواند حرکت کند. سرعت مطلوب، برآیند عکس‌العمل راننده در قبال مسائل روانی، ایمنی، اقتصادی و سایر ملاحظات است. در پژوهش برزیل، فرض بر آن است که سرعت مطلوب هر یک از انواع وسایل نقلیه بر روی هر یک از انواع راه (روکش شده و روکش نشده) مقدار ثابتی است. این سرعت‌ها در جدول (۳.۶) در مقابل عنوان (*VDESIRE<sub>o</sub>*) درج شده است. افزون بر آن، در مدل (*HDM - III*) فرض شده که در راه‌های باریکتر، سرعت مطلوب (*VDESIRE*) کمتر است و از این رو، برای این گونه راه‌ها از فرمول زیر استفاده شده است:

(فرمول ۱۶.۶)

$$VDESIRE = \begin{cases} VDESIRE_o \cdot B_w / 3.6 & \text{هرگاه خط عبور مؤثر برابر یک باشد.} \\ VDESIRE_o / 3.6 & \text{هرگاه خط عبور مؤثر بیش از یک (۱/۵ یا ۲) باشد.} \end{cases}$$

$VDESIRE_o$  = سرعت مطلوب برپایه پژوهش برزیل، درج شده در جدول ۳.۶ برحسب  $km/h$ ؛

$B_w$  = ضریب تعدیل عرض برای تعیین سرعت مطلوب.

استفاده از پژوهش برزیل برای تعیین روابط مربوط به سرعت، باید در چارچوب دامنه تعیین شده در جدول‌های (۳.۶) و (۴.۶) انجام پذیرد؛ زیرا برای موارد خارج از دامنه یادشده، نمی‌توان به درستی پاسخ‌های به دست آمده اطمینان داشت.

یادآور می‌شود در صورت امکان واسنجی (کالیبره کردن) و بومی کردن مدل (*HDM - III*)، به ویژه در موارد (*VDESIRE\_o*) و (*HPDRIVE*) و (*HPBRAKE*)، نتیجه مطلوبتری در بر خواهد داشت.

### ۳.۲. برآورد سوخت وسایل نقلیه

در مدل برآورد سوخت وسایل نقلیه، از مفهوم «نرخ - زمان» مصرف بنزین یا به سخن دیگر، واحد مصرف سوخت که با (*UFC*) نشان داده می‌شود برحسب میلی لیتر در ثانیه ( $ml/s$ )، استفاده می‌کنند. اصول موتور احتراقی اشاره بر آن دارد که در شرایط آرمانی، واحد مصرف سوخت تابع نیروی تولید شده برحسب قوه اسب (*hp*) و نیز سرعت موتور برحسب (*rpm*) است. هرچند نمی‌توان به طور دقیق شکل منحنی (*UFC*) را برپایه ملاحظات نظری مشخص کرد ولی بر این

مطلب اتفاق نظر وجود دارد که منحنی یادشده شکل گوژ (محدب) دارد. در پژوهش برزیل از معادله درجه دوم استفاده شده و ضرایب مثبت و منفی نیرو به طور جداگانه مشخص گردیده است. ضرایب برآورد شده در جدول (۶.۶) آورده شده است.

در پژوهش یادشده، مفید تشخیص داده شد که در این مورد نیز مانند مبحث پیش‌بینی سرعت وسیله نقلیه، از مفهوم نظری تفکیک راه به دو بخش همسان سرازیر و سربالایی استفاده گردد و از این رو، برپایه استفاده از سرعت برآورد شده برای بخش‌های همسان و نیز ویژگی‌های وسایل نقلیه، می‌توان مقدار نیروی تولیدی را برآورد نمود.

باز هم، در پژوهش برزیل معلوم شد که به جای استفاده از میزان واقعی سرعت موتور برای پیش‌بینی سوخت، می‌توان از یک سرعت ثابت اسمی موتور بهره برد. با توجه به این نکته، مقادیر اسمی سرعت موتور ( $CRPM$ )، برپایه اطلاعات حاصل از پژوهش برزیل محاسبه گردید و در مدل ( $HDM - III$ ) به عنوان مقادیر برگزیده (پیش فرض)، منظور شد. این مقادیر در ردیف نخست جدول (۶.۷) درج شده است. هرگاه برآورد کنندگان، مقادیر دیگری در نظر داشته باشند، می‌توانند مقادیر مورد نظر را جایگزین کنند.

پژوهش برزیل براساس آزمون با وسایل نقلیه ساخت اواسط دهه ۷۰ میلادی انجام گرفته است؛ از این رو، برای اعمال تغییرات حاصل از کاربرد فناوری‌های جدید در ساخت وسایل نقلیه، ضرایبی با نام «ضرایب کارایی نسبی انرژی» که با حرف ( $\alpha_1$ ) مشخص گردیده، ارائه شده است. برای وسایل نقلیه‌ای که از نظر فنی مشابه وسایل نقلیه پژوهش برزیل است، مقدار برگزیده (پیش فرض) ضریب، برابر با یک است و در موارد وسایل نقلیه جدیدتر، مقدار ضریب، کمتر از یک می‌باشد. این ضرایب، در جدول (۶.۸) ارائه گردیده است.

برای منظور کردن تفاوت میان شرایط واقعی رانندگی با شرایط آزمون و بررسی، عاملی به نام «ضریب تعدیل سوخت که با حرف ( $\alpha_2$ ) نشان داده شده، در نظر گرفته شده است. مقادیر حاصل از واسنجی (کالیبره) کردن مدل برآورد سوخت برپایه ملاحظات مکانیکی با شرایط و داده‌های پژوهش برزیل، به عنوان برگزیده (پیش فرض) مدل ( $HDM - III$ )، تعیین گردیده که در زیر آورده می‌شود:

 $\alpha_2$ 

۱/۱۶

۱/۱۵

شرح

برای سواری و استیشن

برای اتوبوس و کامیون

جدول ۵.۶. دامنه توصیه شده متغیرها برای پیش‌بینی سرعت، مصرف سوخت و فرسودگی

تایر برپایه پژوهش برزیل

دامنه توصیه شده	واحد	متغیر
		<b>الف - ویژگی‌های راه</b>
0-500	m	(A) ارتفاع از سطح دریا،
0-120	m/km	(RF) فراز به اضافه نشیب،
0-1200	degrees/km	(C) پیچ (قوس افقی)،
3-8	m	(W) عرض سواری رو،
0-20	%	(SP) بر بلندی،
15-300	QI	(QI) ناهمواری.
		<b>ب - ویژگی‌های وسایل نقلیه</b>
	Ton	GVW وزن ناخالص وسیله نقلیه،
0.8-2		سواری
1.1-2.5		استیشن
7.5-12		اتوبوس بزرگ
3-6.5		کامیون سبک
5-16		کامیون متوسط
6-22		کامیون سنگین
13-45		کامیون یدک‌دار
		<b>ج - بار مفید</b>
0-0.4		سواری
0-1.4		استیشن
0-4.5		اتوبوس بزرگ
0-3.5		کامیون سبک
0-11		کامیون متوسط
0-16		کامیون سنگین
0-32		کامیون یدک‌دار

جدول ۶.۶. دامنه توصیه شده متغیرها برای پیش‌بینی سرعت، مصرف سوخت و فرسودگی

تایر برپایه پژوهش برزیل

دامنه توصیه شده	واحد	متغیر
		<u>ویژگی‌های وسایل نقلیه</u>
	hp	الف - حداکثر نیروی رانش به کار گرفته HPDRIVE
25-100		سواری
35-100		استیشن
80-120		اتوبوس بزرگ
50-100		کامیون سبک
80-120		کامیون متوسط
80-120		کامیون سنگین
180-230		کامیون یدک‌دار
	hp	ب - حداکثر نیروی ترمز به کار گرفته HPBRAKE
15-30		سواری
20-35		استیشن
140-180		اتوبوس بزرگ
90-120		کامیون سبک
230-270		کامیون متوسط
230-270		کامیون سنگین
460-540		کامیون یدک‌دار
	m <sup>2</sup>	ج - پهنه پیش‌بینی شده جلوی وسیله نقلیه AR
1.5-2.4		سواری
2.3-3.2		استیشن
6-7		اتوبوس بزرگ
3-5		کامیون سبک
5-8		کامیون متوسط
5-8		کامیون سنگین
5.5-10		کامیون یدک‌دار
0.3-1	—	د - ضریب بازدارنده آیرودینامیک CD

دنباله جدول ۶.۶ دامنه توصیه شده متغیرها برای پیش‌بینی سرعت، مصرف سوخت و

فرسودگی تایر برپایه پژوهش برزیل

دامنه توصیه شده	واحد	متغیر
5.6-8	dm <sup>3</sup>	هـ - حجم فرسایش تایر یک چرخ اتوبوس بزرگ
2-3.5		کامیون سبک
6.5-9.3		کامیون متوسط
6.3-8.8		کامیون سنگین
6-8.5		کامیون یدک‌دار

WATANATADA et al. (1987a): مأخذ

برآوردکنندگان مختارند که در صورت تمایل، خود ضرایب ( $\alpha_2$ ) را تعیین نمایند. با توجه به توضیحات بالا، فرمول کلی برآورد سوخت وسایل نقلیه بر روی هر بخشی از راه با مشخصات هندسی معین به شرح زیر است:

$$FL = 500\alpha_1\alpha_2 \left[ \frac{UFC_u}{V_u} + \frac{UFC_d}{V_d} \right] \quad (\text{فرمول ۶.۱۷})$$

$FL$  = میانگین سوخت مصرفی در سفر رفت و برگشت، برحسب لیتر در ۱۰۰۰ کیلومتر سفر وسیله نقلیه ( $Lit / 1000 \text{ Vehicle} - km$ )؛

$\alpha_1$  = ضریب کارایی نسبی انرژی؛

$\alpha_2$  = ضریب تعدیل سوخت؛

$UFC_u$  = برآورد واحد سوخت برای بخش سربالایی راه، برحسب ( $ml/s$ )؛

$UFC_d$  = برآورد واحد سوخت برای بخش سرازیری راه، برحسب ( $ml/s$ )؛

$V_u$  = سرعت یکنواخت پیش‌بینی شده برای بخش سربالایی راه، برحسب ( $m/s$ )؛

$V_d$  = سرعت یکنواخت پیش‌بینی شده برای بخش سرازیری راه، برحسب ( $m/s$ ).

فرمول‌های برآورد  $UFC_u$  و  $UFC_d$  به شرح زیر است:

$$UFC_u = [UFC_o + a_3 HP_u + a_4 HP_u CRPM + a_5 HP_u^2] \times 10^{-5} \quad (\text{فرمول ۶.۱۸})$$

جدول ۶.۷. مقادیر پارامترها برای پیش‌بینی مصرف سوخت وسایل نقلیه

کامیون یدک‌دار	کامیون سنگین/متوسط	کامیون سبک		اتوبوس بزرگ	استیشن	سواری بزرگ	سواری متوسط	سواری کوچک	شرح
		گازوئیلی	بنزینی						
۱۷۰۰	۱۸۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰	۲۳۰۰	۳۳۰۰	۳۳۰۰	۳۰۰۰	۳۵۰۰	CRPM (rpm)
-۳۰۵۵۹	-۲۲۹۵۵	-۴۱۸۰۳	-۴۸۳۸۱	-۷۲۷۶	۶۰۱۴	-۲۳۷۰۵	۲۳۴۵۳	-۸۲۰۱	a <sub>0</sub>
۱۵۶/۱	۹۵	۷۱/۶	۱۲۷/۱	۶۳/۵	۳۷/۶	۱۰۰/۸	۴۰/۶	۳۳/۴	a <sub>1</sub>
.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۱۲۱۴	.	a <sub>2</sub>
۴۰۰۲	۳۷۵۸	۵۱۲۹	۵۱۶۷	۴۳۲۳	۳۸۴۶	۲۷۸۴	۷۷۷۵	۵۶۳۰	a <sub>3</sub>
.	.	.	.	.	۱/۳۹۸	۰/۹۳۸	.	.	a <sub>4</sub>
۴/۴۱	۱۹/۱۲	.	۴۳/۷	۸/۶۴	.	۱۳/۹۱	.	.	a <sub>5</sub>
۴۴۳۵	۲۳۹۴	۲۶۵۳	۳۸۴۳	۲۴۷۹	۳۶۰۴	۴۵۹۰	۶۵۵۲	۴۴۶۰	a <sub>6</sub>
۲۶/۰۸	۱۳/۷۶	.	.	۱۱/۵	.	.	.	.	a <sub>7</sub>
-۸۵	-۸۵	-۳۰	-۵۰	-۵۰	-۱۲	-۱۵	-۱۲	-۱۰	NH <sub>0</sub>

WATANATADA et al. (1987a): مأخذ

جدول ۶.۸ ضرایب کارایی نسبی انرژی

ضریب کارآمدی نسبی ( $\alpha_1$ )			وسیله نقلیه مورد آزمون	وسیله نقلیه
دامنه ضریب	وسیله نقلیه جدید	وسیله نقلیه مشابه		
۰/۷-۱	۰/۸۵	۱	فولکس واگن - ۱۳۰۰	سواری کوچک
۰/۷-۱	۰/۸۵	۱	شورلت اوپالا	سواری متوسط
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	دوج دارت	سواری بزرگ
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	فولکس واگن کومبی	استیشن
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	مرسدس ۳۲۶-۰	اتوبوس
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	فورد ۴۰۰	کامیون سبک بنزینی
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	فورد ۴۰۰۰	کامیون سبک گازوئیلی
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	مرسدس ۱۱۱۳ (دومحور)	کامیون متوسط
۰/۸-۱	۰/۹۵	۱	مرسدس ۱۱۱۳ (سه‌محور)	کامیون سنگین
۰/۶۵-۱	۰/۸۰	۱	اسکانیا ۱۱۰/۳۹	کامیون یک‌دار

WATANATADA et al. (1987a): مأخذ

(فرمول ۶.۱۹)

$$UFC_d = \begin{cases} \left[ UFC_o + a_3 HP_d + a_4 HP_d CRPM + a_5 HP_d^2 \right] \times 10^{-5} & HP_d \geq 0 \text{ هرگاه} \\ \left[ UFC_o + a_6 HP_d + a_7 HP_d^2 \right] \times 10^{-5} & NH_o \leq 0 \text{ هرگاه} \\ \left[ UFC_o + a_6 NH_o + a_7 NH_o^2 \right] \times 10^{-5} & HP_d < NH_o \text{ هرگاه} \end{cases}$$

$$UFC_o = a_o + a_1 CRPM + a_2 CRPM^2 \quad \text{(فرمول ۶.۲۰)}$$

$CRPM$  = سرعت واسنجیده (کالیبره) شده موتور، برحسب دور در دقیقه (مقادیر برگزیده - پیش

فرض -  $CRPM$  برای وسایل نقلیه نماینده در جدول (۶.۷) آورده شده است ولی برآورد

کنندگان در صورت تمایل می‌توانند مقادیر مورد نظر خودشان را منظور نمایند)؛

$HP_u = HP_d$  = نیروی وسیله نقلیه در بخش سربالایی و سرازیری برحسب قوه اسب که با استفاده از

فرمول‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$HP_u = \left[ (1000CR + RF) GVW g V_u + 0.5RHO CD AR V_u^3 \right] / 736 \quad \text{(فرمول ۶.۲۱)}$$

$$HP_d = \left[ (1000CR - RF) GVW g V_d + 0.5RHO CD AR V_d^3 \right] / 736 \quad \text{(فرمول ۶.۲۲)}$$



$a_0$  تا  $a_7$  = پارامترهایی برای برآورد میزان سوخت وسایل نقلیه براساس ملاحظات مکانیکی که

برپایه داده‌های آزمون‌های کنترل شده محاسبه گردیده است. این پارامترها در جدول

(۶.۷) ارائه شده است؛

$CRPM$  = مقدار اسمی سرعت موتور؛

$CR$  = ضریب مقاومت غلتشی؛

$GVW$  = وزن ناخالص وسیله نقلیه، برحسب تن؛

$g$  = مقدار ثابت گرانشی؛

$V_u$  = سرعت پیش‌بینی شده برای بخش سربالایی راه، برحسب متر در ثانیه؛

$V_d$  = سرعت پیش‌بینی شده برای بخش سرازیری راه، برحسب متر در ثانیه؛

$RHO$  = چگالی توده هوا، برحسب کیلوگرم در مترمکعب؛

$AR$  = پهنه پیش‌بینی شده جلوی وسیله نقلیه؛

$CD$  = ضریب بازدارنده آیرودینامیک.

یادآور می‌شود که در برآورد سوخت وسایل نقلیه برپایه پژوهش برزیل، باید محدوده تعیین

شده در جدول‌های (۶.۴) و (۶.۵) رعایت گردد.

### ۳.۳. برآورد فرسایش تایر

مدل ( $HDM - III$ )، برای پیش‌بینی و برآورد فرسایش تایر بر مبنای پژوهش برزیل، از دو

فرمول، یکی برای وسایل نقلیه سواری و استیشن و دیگری برای کامیون و اتوبوس استفاده کرده

است. اطلاعات و داده‌های پژوهش برزیل درباره سواری و استیشن، به گستردگی اطلاعات گردآوری

شده و داده‌های مربوط به کامیون و اتوبوس نیست و از این رو، فرمول مربوط به سواری و استیشن

به طور نسبی ناپروورده‌تر از فرمول مربوط به کامیون و اتوبوس است.

اطلاعات و داده‌های جامع درباره کامیون و اتوبوس این امکان را فراهم آورد که برپایه اصول

مکانیکی و نیز تفکیک راه به دو بخش سرازیری و سربالایی، (مانند محاسبات مربوط به تعیین

سرعت و میزان سوخت)، تحلیل دقیق‌تری به عمل آید. به هر روی، فرمول‌های برآورد «معادل

تایرهای نو» که وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر مصرف می‌کند ( $TC$ )، برپایه گروه‌های متفاوت وسایل

نقلیه به شرح زیر است:

**یکم** - فرمول مربوط به گروه سواری (کوچک، متوسط، بزرگ) و استیشن.

(فرمول ۲۳.۶)

$$TC = \begin{cases} NT(0.0114 + 0.000137 \quad QI) & \text{هرگاه } 0 < QI \leq 200 \\ 0.0388NT & \text{هرگاه } QI > 200 \end{cases}$$

**دوم -** فرمول مربوط به گروه کامیون سبک (گازوئیلی و بنزینی)، متوسط، سنگین، کامیون یک‌دار.

$$TC = NT \left[ \frac{(1 + 0.01 \quad RREC \quad NR) [C_{otc} + C_{tctc} \quad CF^2 / L]}{(1 + NR) \quad VOL} + 0.0075 \right] \quad (\text{فرمول ۲۴.۶})$$

$NT$  = شمار تایرهای هر وسیله نقلیه؛

$RREC$  = نسبت هزینه تجدید آج یک تایر به هزینه یک تایر نو، برحسب درصد؛

$NR$  = شمار تجدید آج (روکش) به ازای یک منجید (استخوان بندی تایر Carcass) که با فرمول زیر تعیین می‌شود.

$$NR = NR_o \exp(-0.00248 \quad QI - 0.00118C) - 1; \quad (\text{فرمول ۲۵.۶})$$

$NR_o$  = شمار امکان تجدید آج منجید (میانگین شمار تجدید آج تایر در یک راه هموار و مستقیم)؛

$C_{otc}$  = جمله ثابت فرسایش آج؛

$C_{tctc}$  = ضریب فرسایش؛

$C$  = پیچ (قوس افقی)، برحسب (deg/km)؛

$CF^2$  = میانگین مربع نیروی محیطی هر تایر که به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$CF^2 = \frac{1}{2} (CF_u^2 + CF_d^2); \quad (\text{فرمول ۲۶.۶})$$

$CF_u$  = میانگین نیروی محیطی هر تایر (در جهت تماس با سطح راه) در بخش سربالایی راه، برحسب نیوتون؛

$CF_d$  = میانگین نیروی محیطی هر تایر (در جهت تماس با سطح راه) در بخش سرازیری راه، برحسب نیوتون؛

$L$  = میانگین نیروی هر تایر در جهت عمود بر سطح راه، برحسب نیوتون که به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$L = \frac{1000 \quad GVW \quad g}{NT}; \quad (\text{فرمول ۲۷.۶})$$

$VOL$  = میانگین حجم لاستیک قابل فرسایش هر تایر براساس پیکربندی چرخ - محور و نیز اندازه اسمی تایر، برحسب ( $dm^3$ )؛

0.0075 = جمله تصحیح اریبی برآورد به دلیل غیرخطی بودن مدل.

از میان پارامترهای فرمول‌های یاد شده ( $NT$ )، ( $NR_o$ ) و ( $VOL$ ) از جمله پارامترهای مختص به نوع وسیله نقلیه هستند. عدد برگزیده (پیش فرض) مربوط به ( $NT$ )، در جدول (۴.۶)، و عدد برگزیده (پیش فرض) مربوط به ( $NR_o$ ) و ( $VOL$ )، در جدول (۹.۶)، ارائه شده است. پارامترهای ( $C_{otc}$ ) و ( $C_{tcte}$ ) وابسته به مختصات مواد متشکله تایر است و ارتباطی به نوع وسیله نقلیه ندارد. عدد برگزیده (پیش فرض) مربوط به پارامترهای اخیر که شامل تایرهای معمولی (دارای لایه مورب) مانند تایرهای «پیرلی» می‌گردد نیز در جدول (۹.۶) منظور شده است. ( $RREC$ ) یک مقدار ثابت است. در پژوهش برزیل، عدد ۱۵ درصد به عنوان برگزیده (پیش فرض) این مقدار ثابت، تعیین شده است.

جدول ۹.۶. ارقام برگزیده (پیش فرض) پارامترهای برآورد فرسایش تایر

$C_{tcte}$ ( $10^{-2}$ )	$C_{otc}$	$VOL$ ( $dm^3$ )	$NR_o$	گروه وسیله نقلیه
۱/۲۷۸	۰/۱۶۴	۶/۸۵	۳/۳۹	اتوبوس بزرگ
۱/۲۷۸	۰/۱۶۴	۴/۳۰	۱/۹۳	کامیون سبک (گازوئیلی و بنزینی)
۱/۲۷۸	۰/۱۶۴	۷/۶	۳/۳۹	کامیون متوسط
۱/۲۷۸	۰/۱۶۴	۷/۳	۳/۳۹	کامیون بزرگ
۱/۲۷۸	۰/۱۶۴	۸/۳۹	۴/۵۷	کامیون یکد دار

مأخذ: WATANATADA et al. (1987a)

هرگاه در برآوردها، مسأله تجدید روکش تایر مطرح نباشد، نیازی به منظور کردن ( $NR$ ) و ( $NR_o$ ) و ( $RREC$ ) نخواهد بود و فرمول (۲۴.۶) تبدیل به فرمول زیر خواهد شد:

$$TC = NT \left[ \frac{C_{otc} + C_{tcte} CF^2 / L}{VOL} + 0.0075 \right] \quad (\text{فرمول ۲۸.۶})$$

نیروی محیطی ( $CF_u$ ) و ( $CF_d$ )، با تقسیم نیروی رانش وسیله نقلیه (در بخش‌های سربالایی

و سرازیری)، بر شمار تایرهای وسیله نقلیه و به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$CF_u = \frac{1}{NT} \left[ (1000 CR + RF) GVW g + 0.5 RHO CD AR V_u^2 \right] \quad (\text{فرمول ۲۹.۶})$$

$$CF_d = \frac{1}{NT} \left[ (1000 CR - RF) GVW g + 0.5 RHO CD AR V_d^2 \right] \quad (\text{فرمول ۳۰.۶})$$

فرمول‌های بالا، برای کاربرد در مواردی که راه‌ها دارای پیچ‌های ملایم هستند یعنی وقتی  $C < 400 \text{ deg/km}$  است و بر بلندی آنها به خوبی طراحی شده، در نظر گرفته شده است. هرگاه وضع راه منطبق با شرایط یادشده نباشد، احتمال آن می‌رود که برآوردها کمتر از واقع تعیین شود. افزون بر آن، باید محدوده تعیین شده در جدول‌های (۵.۶) و (۶.۶) نیز رعایت گردد.

### ۴.۳. برآورد قطعات یدکی وسایل نقلیه

آسانترین شیوه برآورد هزینه قطعات یدکی وسایل نقلیه این است که آن را برپایه قطعات مصرف شده وسیله نقلیه در هر ۱۰۰۰ کیلومتر و برحسب کسری از قیمت یک وسیله نقلیه نو در همان دوره، برآورد و تعیین نمایند. در این روش، فرض می‌شود که قیمت قطعات یدکی و نیز قیمت یک وسیله نو، هر دو به یک نسبت تغییر می‌یابد و از این رو، برای برآورد هزینه قطعات یدکی هر سالی می‌توان از داده‌های حاصل از محاسبه نسبت این دو به یکدیگر در سال‌های پیشین استفاده نمود. برای مثال، هر گاه واحد پول مربوط به کشور برزیل و سال مورد نظر ۲۰۰۸ باشد، خواهیم داشت:

$$MPC_{2008} = NVP_{2008} PC$$

$MPC_{2008}$  = هزینه قطعات یدکی مصرفی وسیله نقلیه مربوط در ۱۰۰۰ کیلومتر، برحسب واحد پول برزیل در سال ۲۰۰۸.

$NVP_{2008}$  = میانگین قیمت مورد انتظار وسیله نقلیه نو برحسب واحد پول برزیل در سال ۲۰۰۸.

$PC$  = پیش‌بینی مصرف قطعات یدکی وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر، برحسب کسری از قیمت یک وسیله نقلیه نو.

اکنون درباره چگونگی پیش‌بینی و برآورد ( $PC$ ) توضیح داده می‌شود. به طور کلی، مصرف قطعات یدکی بستگی به ناهمواری راه و نیز سن وسیله نقلیه دارد. برآیند این دو عامل، حالت به هم فزاینده دارد. هرگاه عامل سن را ثابت در نظر گیریم - به ویژه در مواردی که ناهمواری راه اندک است - میان ( $PC$ ) و ناهمواری، رابطه‌نمایی وجود خواهد داشت. به هر روی، هرگاه میزان ناهمواری زیاد باشد، این رابطه‌نمایی موجب خواهد شد که میزان قطعات یدکی مصرفی بیش از حد متعارف نشان داده شود. از این رو، توصیه می‌شود که معادله برآورد قطعات یدکی حالت ترکیبی‌نمایی و خطی داشته باشد؛ به این معنی که تا مقدار معینی از ناهمواری راه که با  $(QI_{osp})$  نشان داده می‌شود و برای گروه‌های مختلف وسایل نقلیه متفاوت خواهد بود، از رابطه‌نمایی، و پس از آن و برای ناهمواری‌های بیشتر، از رابطه خطی استفاده گردد.

رابطه خطی در  $(QI_{osp})$  بر رابطه نمایی مماس خواهد بود. از آنجا که در پژوهش برزیل معلوم شد که مصرف قطعات یدکی کامیون‌ها در عمل و در تمام ناهمواری‌ها حالت خطی دارد از این رو  $(QI_{osp})$  انواع کامیون‌ها برابر صفر در نظر گرفته شده است.

میانگین سنی یک گروه وسایل نقلیه معین و در یک منطقه خاص، برپایه میانگین مجموع کیلومترهای پیموده شده گروه یادشده تعیین می‌گردد و با  $(CKM)$  نشان داده می‌شود. کاوش‌ها نشان داده است که  $(CKM)$  به صورت نمایی افزایش می‌یابد و این نما که با حرف  $(K)$  نمایش داده می‌شود کم و بیش برای گروه معین وسایل نقلیه حتی در دو محیط متفاوت همچون هند و برزیل، ثابت است. فرمول تعیین  $(PC)$  به شرح زیر است:

(فرمول ۶.۳۲)

$$PC = \begin{cases} CKM^k C_{osp} \exp(C_{spqi} QI) & \text{هرگاه } QI < QI_{osp} \\ CKM^k (a_0 + a_1 QI) & \text{هرگاه } QI > 200 \end{cases}$$

$CKM =$  میانگین سنی گروه وسایل نقلیه به کیلومتر که براساس میانگین کیلومترهای پیموده شده وسایل نقلیه از زمان ساخت به بعد تعیین می‌شود؛

$K =$  نمای سنی و پارامتر ثابت مدل که مقدار آن در جدول (۶.۱۰) ارائه شده است؛

$C_{osp} =$  ضریب ثابت مربوط به ارتباط نمایی میان مصرف قطعات یدکی با ناهمواری راه؛ پارامتری که برآوردکنندگان می‌توانند خود مقادیر آن را تعیین نمایند و یا این که از مقادیر برگزیده (پیش فرض) که در جدول (۶.۱۰) ارائه شده است استفاده نمایند؛

$C_{spqi} =$  ضریب ناهمواری در ارتباط نمایی میان مصرف قطعات یدکی با ناهمواری راه؛ پارامتری که برآوردکنندگان می‌توانند خود مقادیر آن را تعیین نمایند و یا این که از مقادیر برگزیده (پیش فرض) که در جدول (۶.۱۰) ارائه شده است استفاده کنند؛

$QI_{osp} =$  نقطه معین ناهمواری برحسب  $(QI)$  که از آن پس رابطه میان مصرف قطعات یدکی با ناهمواری راه، به صورت خطی در می‌آید و برآوردکنندگان می‌توانند خود مقادیر آن را تعیین نمایند و یا این که از مقادیر برگزیده (پیش فرض) که در جدول (۶.۱۰) ارائه شده است استفاده کنند.

$a_0$  و  $a_1 =$  ضرایب مربوط به ادامه خطی رابطه نمایی میان مصرف قطعات یدکی با ناهمواری راه که می‌توان آنها را به عنوان تابع پارامترهای مدل تلقی کرد و به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$a_0 = C_{osp} \exp(C_{spqi} QI_{osp}) (1 - C_{spqi} QI_{osp}) \quad \text{(فرمول ۶.۳۳)}$$

$$a_1 = C_{osp} C_{spqi} \exp(C_{spqi} QI_{osp}) \quad \text{(فرمول ۶.۳۴)}$$

یک راه ساده برای برآورد ( $CKM$ )، استفاده از فرمول زیر است:

$$CKM = \min(1/2 \text{ LIFE}_o, AKM_o, CKM^1)$$

$AKM_o$  = میانگین مسافتی که هر یک از گروه‌های وسایل نقلیه، در یک سال می‌پیماید، برحسب کیلومتر. این مقدار از سوی برآوردکنندگان تعیین می‌شود؛  
 $LIFE_o$  = میانگین سال‌های عمر خدمتی گروه وسیله نقلیه که از سوی برآوردکنندگان مشخص می‌شود؛

$CKM^1$  = سقفی که برای میانگین مسافت پیموده شده هر گروه از وسایل نقلیه، برحسب کیلومتر تعیین شده و در جدول (۱۰.۶) ارائه شده است.

پانویس (o) تأکید بر آن دارد که مقادیر باید از سوی برآوردکنندگان تعیین شود و همسان مقادیری نیست که در مبحث استهلاک و سود سرمایه مطرح خواهد شد. تعیین سقف برای میانگین مسافت پیموده شده هر گروه از وسایل نقلیه از آن روست که در غیر این صورت، مصرف قطعات یدکی غیر واقع‌بینانه و دست بالا برآورد خواهد شد.

برای برآورد قطعات یدکی مصرفی ( $PC$ ) به سه پارامتر ( $C_{osp}$ ) و ( $C_{spqi}$ ) و ( $QI_{osp}$ ) نیاز است. برآوردکنندگان باید بر مبنای اطلاعات و داده‌های موجود این پارامترها را عرضه نمایند. در صورت نبود این اطلاعات، می‌توان از مقادیر برگزیده (پیش فرض) که بر پایه پژوهش برزیل محاسبه شده و در جدول (۱۰.۶) ارائه گردیده است، استفاده کرد. محدوده تعیین شده ( $QI$ ) نیز به همراه مقادیر برگزیده پارامترها در جدول (۱۰.۶) درج شده است.

### ۵.۳. برآورد نیروی کار تعمیر وسایل نقلیه

مدت کار تعمیرکاران ارتباط مستقیم با تعویض قطعات یدکی و در برخی موارد با ناهمواری راه دارد. هرگاه ناهمواری راه قابل ملاحظه باشد، رابطه میان شمار ساعت کار و ناهمواری، حالت نمایی می‌یابد. به طور کلی فرمول برآورد ساعت کار تعمیرکاران وسایل نقلیه به شرح زیر است:

$$LH = C_{Oh} PC^{C_{lhpc}} \exp(C_{lhqi} QI) \quad (\text{فرمول ۶.۳۳})$$

$LH$  = برآورد شمار ساعت کار تعمیرکاران برای وسیله نقلیه یک گروه در ۱۰۰۰ کیلومتر؛

$PC$  = هزینه استاندارد شده قطعات یدکی وسیله نقلیه یک گروه در ۱۰۰۰ کیلومتر که به صورت

کسری از قیمت وسیله نقلیه نو مربوط، بیان می‌شود؛

جدول ۶. ۱۰. ارقام برگزیده (پیش فرض) پارامترهای برآورد مصرف قطعات یدکی

$CKM^1$ (km)	$QI_{o_{sp}}$ ( $QI$ )	$C_{spqi}$ ( $10^{-3}/QL$ )	$C_{o_{sp}}$ ( $10^{-6}$ )	$K$	گروه وسیله نقلیه
۳۰۰۰۰۰	۱۲۰	۱۳/۷	۳۲/۴۹	۰/۳۰۸	سواری و استیشن
۱۰۰۰۰۰۰	۱۹۰	۳/۵۶	۱/۷۷	۰/۴۸۳	اتوبوس بزرگ
۶۰۰۰۰۰	۰	۲۵۱/۷۹	۱/۴۹	۰/۳۷۱	کامیون سبک (گازوئیلی و بنزینی) و کامیون متوسط
۶۰۰۰۰۰	۰	۳۵/۳۱	۸/۶۱	۰/۳۷۱	کامیون سنگین
۶۰۰۰۰۰	۰	۱۵/۶۵	۱۳/۹۴	۰/۳۷۱	کامیون یدک دار

مأخذ: WATANATADA et al. (1987a)

جدول ۶. ۱۱. ارقام برگزیده (پیش فرض) پارامترهای برآورد ساعت کار تعمیرکار

$C_{lhqi}$ ( $QI^{-1}$ )	$C_{lhpc}$	$C_{o_{th}}$	گروه وسیله نقلیه
۰	۰/۵۴۷	۷۷/۱۴	سواری و استیشن
۰/۰۰۵۵	۰/۵۱۷	۲۹۳/۴۴	اتوبوس بزرگ
۰	۰/۵۱۹	۲۴۲/۳	کامیون سبک (گازوئیلی و بنزینی) و کامیون متوسط
۰	۰/۵۱۹	۳۰۱/۴۶	کامیون سنگین
۰	۰/۵۱۹	۶۵۲/۵۱	کامیون یدک دار

مأخذ: WATANATADA et al. (1987a)

$C_{o_{th}}$  = ضریب ثابت مربوط به رابطه بین ساعت کار و هزینه قطعات یدکی. این پارامتری است که می‌تواند از سوی برآوردکنندگان مشخص شود و یا در غیر این صورت، از رقم برگزیده (پیش فرض) که در جدول (۶. ۱۱) آورده شده است، استفاده می‌گردد؛

$C_{lhpc}$  = نمای هزینه قطعات یدکی مربوط به رابطه بین ساعت کار و هزینه قطعات یدکی. این پارامتری است که می‌تواند از سوی برآوردکنندگان مشخص شود و یا در غیر این صورت، از رقم برگزیده (پیش فرض) که در جدول (۶. ۱۱) آورده شده است، استفاده می‌گردد؛

$C_{lthqi}$  = ضریب ناهمواری در رابطه نمایی میان ساعت کار و ناهمواری. این پارامتری است که می‌تواند از سوی برآوردکنندگان مشخص شود و یا در غیر این صورت، از رقم برگزیده (پیش فرض) که در جدول (۶.۱۱) آورده شده است، استفاده می‌گردد. در جدول (۶.۱۲)، دامنه مجاز ناهمواری ( $QI$ ) برای استفاده از فرمول‌های مربوط به برآورد قطعات یدکی و ساعت کار تعمیرکاران، نشان داده شده است.

**جدول ۶.۱۲. دامنه تعیین شده ناهمواری برای برآورد قطعات یدکی و ساعت کار تعمیرکاران**

دامنه ناهمواری	واحد	گروه وسیله نقلیه
	$QI$	ناهمواری ( $QI$ )
۲۵-۱۲۰		سواری و استیشن
۲۵-۱۹۰		اتوبوس بزرگ
۲۵-۱۲۰		کامیون‌ها

WATANATADA et al. (1987a): مأخذ

**۳.۶. برآورد مصرف روغن**

در مدل ( $HDM - III$ )، مصرف روغن وسایل نقلیه در ارتباط با ناهمواری راه و به شرح زیر برآورد می‌گردد:

**یکم - مصرف روغن سواری و استیشن.**

$$OC = 1.55 + 0.000211 BI \quad (37.6 \text{ فرمول})$$

**دوم - مصرف روغن کامیون سبک.**

$$OC = 2.20 + 0.000211 BI \quad (38.6 \text{ فرمول})$$

**سوم - مصرف روغن کامیون متوسط و سنگین و نیز اتوبوس.**

$$OC = 3.07 + 0.000211 BI \quad (39.6 \text{ فرمول})$$

**چهارم - مصرف روغن کامیون یدک دار.**

$$OC = 5.15 + 0.000211 BI \quad (40.6 \text{ فرمول})$$

$OC$  = مصرف روغن، برحسب لیتر برای یک وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر؛

$BI$  = ناهمواری راه، برحسب میلیمتر در کیلومتر ( $mm/km$ ).

لازم به یادآوری است که ناهمواری راه به سه شیوه زیر اندازه‌گیری می‌شود:



$QI = Counts / km$  شمارش در کیلومتر

$BI = mm / km$  میلیمتر در کیلومتر

$IRI = m / km$  متر در کیلومتر

$IRI = QI / 13$  یا  $QI = 13IRI$

$QI = BI / 55$  یا  $BI = 55QI$

### ۳.۷. برآورد وقت راننده و کمک راننده

در مدل  $(HDM - III)$ ، هزینه راننده و کمک راننده به عنوان یک «هزینه متغیر» در نظر گرفته شده است؛ به این معنی که وقت صرف شده بابت فعالیت غیررانندگی از قبیل تخلیه و بارگیری، تعمیرات، آسایش، تعطیلات و مانند آن در این هزینه منظور نمی‌شود. از این رو، شمار ساعت مورد نیاز به راننده و کمک راننده برای یک وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر  $(CRH)$ ، ارتباط معکوسی با سرعت وسیله نقلیه خواهد داشت و به شرح زیر برآورد می‌گردد:

$$CRH = \frac{1000}{S} \quad (\text{فرمول ۶. ۴۱})$$

$CRH$  = شمار ساعت کار راننده و کمک راننده وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر؛  
 $S$  = سرعت برحسب  $(km/h)$ .

### ۳.۸. برآورد استهلاک و سود سرمایه وسیله نقلیه

میزان استهلاک یک وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر  $(DEP)$ ، به صورت کسری از قیمت وسیله نقلیه و به شرح زیر برآورد می‌گردد:

$$DEP = 1000 \frac{ADEP}{AKM} \quad (\text{فرمول ۶. ۴۲})$$

$DEP$  = استهلاک وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر؛

$ADEP$  = میانگین هزینه استهلاک سالانه که برحسب کسری از میانگین قیمت یک وسیله نقلیه نو تعیین می‌گردد؛

$AKM$  = میانگین مسافت پیموده شده وسیله نقلیه در سال، برحسب کیلومتر.

میزان سود سرمایه مربوط به وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر  $(INT)$  نیز برحسب کسری از میانگین قیمت یک وسیله نقلیه نو و به شرح زیر برآورد می‌شود:

$$INT = 1000 \frac{AINT}{AKM} \quad (\text{فرمول ۶. ۴۳})$$

$AINT$  = میانگین سود سالانه سرمایه که برحسب کسری از میانگین قیمت وسیله نقلیه نو تعیین می‌گردد.

برای محاسبه استهلاک و سود سالانه یک وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر، دو گام برداشته می‌شود. نخست آن که میانگین استهلاک و سود سالانه تعیین می‌گردد؛ و دوم آن که میانگین مسافت پیموده شده وسیله نقلیه در سال، برحسب کیلومتر مشخص می‌شود. در مدل  $(HDM - III)$ ، دو روش برای محاسبه و برآورد استهلاک سالانه  $(ADEP)$  و میانگین سود سالانه  $(AINT)$  به شرح زیر مطرح شده است:

**یک -** روش دوویل  $(de Weille, 1966)$  که به نام «روش عمر متغیر وسیله نقلیه» خوانده می‌شود؛  
**دو -** روش عمر ثابت وسیله نقلیه.

بر همین روال، سه روش نیز برای تعیین میانگین مسافت پیموده (بهره‌برداری) وسیله نقلیه در سال، برحسب کیلومتر، به شرح زیر مطرح گردیده است:

**یک -** روش مقدار ثابت پیموده شده در سال، برحسب کیلومتر؛  
**دو -** روش شمار ثابت ساعت‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه در سال؛  
**سه -** روش تعدیل شده بهره‌برداری از وسیله نقلیه.

در واقع، روش یک و دو، مصادیق خاص استفاده از روش عمومی شماره سه است. روش‌های «استهلاک» و «بهره‌برداری» را می‌توان در مورد هر یک از گروه‌های مختلف وسایل نقلیه و با ترکیب‌های مختلف مورد استفاده قرار داد. در بندهای پسین، درباره روش‌های یادشده با تفصیل بیشتر، توضیح داده خواهد شد.

### ۳.۸.۱. برآورد میانگین استهلاک و سود سالانه وسیله نقلیه

**یکم -** روش دوویل

در این روش، استهلاک وسیله نقلیه برپایه خط مستقیم و براساس عمر خدمتی از پیش مشخص شده، تعیین می‌گردد و فرض بر آن است که عمر خدمتی وسیله نقلیه با افزایش سرعت آن، تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد و از این رو، به مسافت پیموده شده وسیله نقلیه طی عمر آن، به نسبت کمتری از افزایش سرعت، اضافه خواهد شد. روش دوویل را با زبان ریاضی می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

$$ADEP = \frac{1}{LIFE} \quad (\text{فرمول ۴۴.۶}) \quad \text{عامل هزینه استهلاک سالانه:}$$

$$AINV = \frac{AINV}{2} \cdot \frac{1}{100} \quad \text{(فرمول ۶.۴۵) عامل سود سالانه وسیله نقلیه:}$$

$AINV$  = سود سالانه قیمت وسیله نقلیه، برحسب درصد؛

$LIFE$  = میانگین عمر خدمتی وسیله نقلیه، برحسب سال.

فرض شده است که عمر خدمتی وسیله نقلیه با سرعت پیش‌بینی شده آن ( $S$ ) به شرح زیر ارتباط دارد:

$$LIFE = \min \left[ 1.5 LIFE_o; \left( \frac{S_o}{S} + 2 \right) \frac{LIFE_o}{3} \right] \quad \text{(فرمول ۶.۴۶)}$$

$LIFE_o$  = میانگین عمر مبنای وسیله نقلیه، برحسب سال که از سوی برآورد کننده مشخص می‌گردد؛

$S_o$  = میانگین سرعت مبنای وسیله نقلیه، برحسب کیلومتر در ساعت که به شیوه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_o = \frac{AKM_o}{HRD_o} \quad \text{(فرمول ۶.۴۷)}$$

$AKM_o$  = میانگین مسافت پیموده شده در سال، برحسب کیلومتر که از سوی برآوردکنندگان تعیین می‌شود؛

$HRD_o$  = شمار ساعات‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه در سال که از سوی برآوردکنندگان تعیین می‌شود.

در این روش، حداکثر عمر وسیله نقلیه برابر با  $(1.5 LIFE_o)$  تعیین شده است تا امکان محاسبه عمر طولانی غیر واقع‌بینانه از میان برود. «دوویل»، افزون بر روش یادشده، روش دیگری نیز برای برآورد میانگین مسافت پیموده شده در سال، برحسب کیلومتر با نام «روش بهره‌برداری ثابت ساعتی در سال» پیشنهاد کرده است که در بند (۴.۷.۲) تشریح خواهد شد.

## دوم - روش عمر ثابت وسیله نقلیه

در این روش نیز برای برآورد استهلاک از شیوه خط مستقیم استفاده می‌گردد؛ با این تفاوت که فرض شده است عمر وسیله نقلیه بدون توجه به سرعت آن ثابت باقی می‌ماند و برابر با مدتی است که از سوی برآوردکنندگان تعیین می‌شود. یعنی:

$$LIFE = LIFE_o$$

از آنجا که مسأله عمر نقشی در تعیین عامل سود سرمایه ندارد، از این رو در روش اخیر نیز عامل سود سرمایه سالانه مانند روش «دوویل» که پیش از این تشریح شد، برآورد می‌گردد.

### ۳.۸.۲. میانگین بهره‌برداری سالانه

**یکم** - روش مسافت پیموده شده ثابت در سال

در این روش، فرض بر آن است که میانگین کیلومتر پیموده شده هر یک از گروه‌های مختلف وسایل نقلیه (سواری، کامیون و غیره)، ثابت است. یعنی:

$$AKM = AKM_o$$

این روش شاید برای وسایل نقلیه سواری شخصی مناسب باشد؛ زیرا در این موارد شمار و مسافت سفرها به طور نسبی در برابر تغییرات سرعت میانگین سفر، از حساسیت چندانی برخوردار نیست. ولی به هر روی، در مورد وسایل نقلیه تجاری (کامیون و اتوبوس)، هرگاه از مدت سفر یک مسافت معین کاسته شود، احتمالاً از این مدت برای سفرهای بیشتر و یا سفر با مسافت طولانی‌تر، استفاده خواهد شد.

**دوم** - روش شمار ثابت ساعت‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه در سال

این روش نیز از سوی «دوویل» پیشنهاد شده است. در این روش، فرض بر آن است که میانگین ساعت‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه در طی سال ثابت است. از این رو، حاصل ضرب میانگین ساعت‌های بهره‌برداری از هر یک از وسایل نقلیه گروه‌های مختلف ( $HRD_o$ ) در سرعت ( $S$ )، نشان دهنده میزان بهره‌برداری، یعنی میانگین مسافت پیموده شده هر یک از وسایل نقلیه در سال است.

$$AKM = HRD_o \cdot S \quad (\text{فرمول ۶.۴۸})$$

$AKM$  = میانگین مسافت پیموده شده وسیله نقلیه در سال، برحسب کیلومتر؛

$HRD_o$  = شمار ساعت‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه.

باید توجه داشت که در این روش، فایده حاصل از صرفه‌جویی در وقت، دست بالا نشان داده می‌شود؛ زیرا با آن که به موازات افزایش سرعت، شمار سفرهای وسایل نقلیه افزایش می‌یابد ولی باید به خاطر داشت که کل زمان مورد نیاز برای انجام یک سفر، افزون بر زمان رانندگی، شامل زمان‌هایی برای بارگیری، تخلیه، تعمیر و سرویس وسیله نقلیه نیز می‌شود. مفهوم این سخن آن است که شمار سفرها در عمل، به تناسب افزایش سرعت، فزونی نمی‌گیرد. برای مثال، هرگاه سرعت دو برابر شود، شمار سفرها و مسافت پیموده شده وسایل نقلیه دو برابر نمی‌گردد. این مسأله به ویژه، در مورد سفرهای کوتاهی که با توقف‌های مکرر برای تخلیه و بارگیری تحویل کالا رو به روست، به چشم خواهد خورد.

**سوم -** روش تعدیل شده بهره‌برداری از وسیله نقلیه

در این روش، کوشش بر آن است که کاستی‌های دو روش پیشگفته از میان برده شود. به این منظور، فرض شده است که هر وسیله نقلیه در طول سال در یک مسیر معین ثابت سفر نماید. با این فرض، کل زمان سفر رفت و برگشت، به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$TT = TN + TD \quad (\text{فرمول ۶. ۴۹})$$

$TT$  = کل زمان سفر رفت و برگشت، برحسب ساعت؛

$TN$  = مدت زمان مربوط به فعالیت‌های وابسته به سفر از قبیل بارگیری، تخلیه، تأمین سوخت و مانند آن، برحسب ساعت در هر سفر رفت و برگشت؛

$TD$  = مدت زمان رانندگی در راه، برحسب ساعت در هر سفر رفت و برگشت.

هرگاه طول مسافت رفت و برگشت هر سفر با  $(RL)$  نشان داده شود، خواهیم داشت:

$$TD = \frac{RL}{S} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۰})$$

حال دیده می‌شود که هر چه سرعت سفر  $(S)$  افزایش یابد، به موازات آن مدت سفر کاهش می‌پذیرد. فرض بر آن است که رانندگان کوشش می‌کنند در محدوده ساعت‌های در اختیار در سال  $(HAV)$ ، تا آنجا که میسر است، سفرهای بیشتری انجام دهند. عواملی از قبیل مدت زمان لازم برای استراحت، ناممکن بودن سفر به دلیل تعمیرات و مانند آن، محدوده ساعت‌های در اختیار را کاهش می‌دهد. به هر روی، این محدوده زمانی، مستقل از سرعت وسیله نقلیه و مشخصات مسیر، فرض شده است. با این مفروضات، مسافت پیموده شده در سال برحسب کیلومتر به شرح زیر برآورد می‌گردد:

مسافت مسیر  $\times$  شمار سفرهای رفت و برگشت در سال  $AKM$

$$= \frac{HAV}{TT} \quad RL = \frac{HAV \cdot RL}{TN + \frac{RL}{S}}$$

$$AKM = \frac{HAV}{\frac{TN}{RL} + \frac{1}{S}} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۱})$$

جمله  $(TN/RL)$ ، یعنی شمار ساعت‌های غیررانندگی برحسب کیلومتر سفر وسیله نقلیه را

می‌توان به شرح زیر نشان داد:

$$\frac{TN}{RL} = \frac{HAV - HRD_o}{AKM_o} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۲})$$

حال اگر در فرمول (۶. ۵۱) به جای جمله  $(TN/RL)$  معادل آن را قرار دهیم، خواهیم داشت:

$$AKM = \frac{HAV}{\frac{HAV - HRD_o}{AKM_o} + \frac{1}{S}} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۳})$$

با توجه به توضیحات بالا، هرگاه مقادیر  $(HAV)$  و  $(HRD_o)$  و  $(AKM_o)$  در دست باشد، می‌توان مسافت پیموده شده در سال را به عنوان تابعی از سرعت پیش‌بینی شده وسیله نقلیه، برآورد کرد. پارامترهای پایه  $(HRD_o)$  و  $(AKM_o)$ ، باید از سوی برآوردکنندگان تعیین گردد. پارامتر  $(HAV)$  را می‌توان به شرح زیر تعیین کرد:

$$HAV = \frac{HRD_o}{HURATIO_o} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۴})$$

$HAV$  = ساعت‌های در اختیار در سال؛

$HRD_o$  = شمار ساعت‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه؛

$HURATIO_o$  = نسبت پایه بهره‌برداری ساعتی (ضریب کشش بهره‌برداری از وسیله نقلیه در ارتباط با سرعت) که به شرح زیر برآورد می‌گردد:

$$HURATIO_o = \frac{TD}{TT} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۵})$$

$TD$  = مدت زمان رانندگی در طول راه در سفر رفت و برگشت، برحسب ساعت؛

$TT$  = کل زمان سفر رفت و برگشت، برحسب ساعت.

کشش یادشده را به شیوه زیر نیز می‌توان تعیین کرد:

$$HURATIO_o = \frac{HRD_o}{HAV} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۶})$$

از آنجا که بنا به تعریف، مدت زمان رانندگی (بهره‌برداری از وسیله نقلیه) هیچگاه نمی‌تواند بیش از کل زمان سفر رفت و برگشت باشد، از این رو «نسبت پایه بهره‌برداری ساعتی» (ضریب کشش) همواره کمتر از عدد یک خواهد بود. برپایه داده‌های پژوهش برزیل و محاسبات انجام شده، مقادیر برگزیده (پیش فرض) نسبت پیشگفته در مدل  $(HDM - III)$  به شرح زیر است:

نسبت پایه بهره‌برداری ساعتی

(ضریب کشش بهره‌برداری)

گروه وسیله نقلیه

۰/۶۰

سواری

۰/۸۰

استیشن

۰/۷۵

اتوبوس

۰/۸۵

کامیون

حال با استفاده از فرمول (۵۴.۶) و قرار دادن آن در فرمول (۵۳.۶)، به جای عبارت (HAV) می‌توان مسافت پیموده شده را به شرح زیر آورد کرد:

$$AKM = \frac{AKM_o \cdot HRD_o}{HRD_o (1 - HURATIO) + \frac{AKM_o \cdot HURATIO_o}{S}} \quad (\text{فرمول } ۵۷.۶)$$

باید یادآور شد که ضرایب کشش بهره‌برداری بستگی کامل به شرایط موجود در کشورها و مناطق مختلف دارد؛ از این رو، توصیه می‌شود که ضرایب مورد اشاره با توجه به شرایط موجود در کشور مورد تعدیل قرار گیرد.

بین میانگین مسافت پیموده شده سالانه برحسب کیلومتر (AKM)، با نسبت بهره‌برداری ساعتی (HURATIO<sub>o</sub>)، ارتباط جالبی وجود دارد. از یک سو، هرگاه مقدار نسبت یادشده برابر صفر باشد فرمول عمومی (۵۷.۶) تبدیل به فرمول زیر می‌شود:

$$AKM = AKM_o$$

این همان فرضی است که روش «مسافت پیموده شده ثابت در سال» برپایه آن قرار گرفته است. از سوی دیگر، هرگاه (HURATIO<sub>o</sub>) برابر یک باشد، فرمول عمومی (۵۷.۶) تبدیل به فرمول (۴۸.۶) یعنی فرمول مربوط به «روش شمار ثابت ساعت‌های بهره‌برداری از وسیله نقلیه در سال» می‌گردد. یعنی:

$$AKM = HRD_o \cdot S$$

### ۹.۳. برآورد هزینه‌های بالاسری

برای محاسبه هزینه‌های بالاسری بهره‌برداری از هر یک از گروه‌های مختلف وسایل نقلیه، می‌توان از یکی از دو روش زیر استفاده نمود:

**یک -** سرشکنی یک مبلغ معین بابت هزینه بالاسری هر یک از گروه‌های وسایل نقلیه، به تناسب مسافت پیموده شده هر یک از گروه‌ها در سال.

**دو -** تعیین درصدی از هزینه بهره‌برداری از وسایل نقلیه (شامل هزینه: سوخت، روغن، فرسایش تایر، قطعات یدکی و تعمیرکار، استهلاک و سود سرمایه، و راننده و کمک راننده)، به عنوان هزینه بالاسری.

به هر روی، برای هر یک از گروه‌های وسیله نقلیه، تنها می‌توان از یکی از دو روش بالا استفاده کرد.

### ۳.۱۰. برآورد فوت وقت مسافران

شمار ساعت‌های صرف شده مسافران در یک وسیله نقلیه و در طول ۱۰۰۰ کیلومتر به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$PXH = 1000 \frac{PAX}{S} \quad (\text{فرمول ۶. ۵۸})$$

$PXH$  = شمار ساعت‌های صرف شده مسافران در یک وسیله نقلیه در طول ۱۰۰۰ کیلومتر؛  
 $PAX$  = میانگین شمار مسافران در هر وسیله نقلیه که باید از سوی برآورد کنندگان مشخص گردد.

### ۳.۱۱. برآورد کل هزینه عملیاتی

تا به اینجا درباره چگونگی برآورد مقادیر کمی منابع مورد نیاز هر یک از اقلام تشکیل دهنده هزینه عملیاتی توضیح داده شد و هدف آن بوده است که در حد توان، برآورد مقداری منابع، مستقل از نوسان و تغییرات قیمت، انجام پذیرد. پس از تعیین مقادیر منابع مورد نیاز، در مرحله بعد باید آن را در واحد هزینه و یا قیمت منابع مربوط ضرب کرد. این قیمت باید از سوی برآورد کننده مشخص شود. همان گونه که پیش از این بیان شده است، در مواردی ضروری است که تعدیل‌هایی در قیمت بازار انجام پذیرد. چگونگی این تعدیلات در بخش ۴ همین فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

در مباحث پیشین ملاحظه شد که برآورد مقادیر فیزیکی مربوط به قطعات یدکی و نیز فعالیت‌های بالاسری تا حدودی دشوار است و در مورد استهلاک و سود سرمایه چون جنبه مالی دارد نیازی به تعیین مقادیر فیزیکی نیست. ولی به هر روی، می‌توان با استفاده از نسبت هزینه منبع مورد نظر به هزینه یک وسیله نقلیه نو (رقمی که باید از سوی برآورد کنندگان تعیین گردد)، هزینه منابع یادشده را برآورد کرد. در موارد ضروری، می‌توان هزینه‌های متفرقه عملیاتی را نیز برحسب کسری از مجموع هزینه‌های عملیاتی وسایل نقلیه، محاسبه و مشخص کرد.

در جدول (۶. ۹)، واحد اندازه‌گیری هر یک از منابع و نیز واحد هزینه آنها برای محاسبه هزینه هر یک از این منابع برای یک وسیله نقلیه در ۱۰۰۰ کیلومتر آورده شده است. حاصل ضرب مسافت پیموده شده هر یک از گروه‌های مختلف وسایل نقلیه - در هر یک از سال‌های عمر طرح - برحسب ۱۰۰۰ کیلومتر، در واحد هزینه مربوط، نشان دهنده هزینه آن منبع در سال مورد نظر خواهد بود. مجموع هزینه‌های منابع مورد نیاز یک گروه وسیله نقلیه مربوط، نشان دهنده کل هزینه عملیاتی وسایل نقلیه در سال مربوط خواهد بود.



باید هزینه عملیاتی پیش‌بینی شده هر یک از سال‌های عمر طرح، با هزینه عملیاتی متناظر آن در گزینه پایه که با همین روش پیش‌بینی می‌شود، مقایسه گردد. میزان کاهش هزینه عملیاتی وسایل نقلیه نسبت به هزینه متناظر آن در گزینه پایه، نشان دهنده میزان فایده طرح در سال مربوط است. چگونگی تعیین میزان فایده طرح از دیدگاه کاهش هزینه عملیاتی برحسب نوع ترافیک (معمولی، ایجاد شده، تغییر مسیر یافته) متفاوت خواهد بود. در بخش بعدی در این باره توضیح داده خواهد شد.

جدول ۶.۹. برآورد هزینه عملیاتی سالانه وسیله نقلیه

منابع مورد نیاز	واحد اندازه‌گیری منابع	واحد هزینه یا ضریب دیگر
مصرف سوخت	لیتر در ۱۰۰۰ کیلومتر	هزینه یک لیتر
فرسایش تایر	معادل تایر نو در ۱۰۰۰ کیلومتر	هزینه یک تایر
قطعات یدکی	کسری از هزینه وسیله نقلیه نو	هزینه یک وسیله نقلیه نو
تعمیرکار	نیروی کار مورد نیاز در ۱۰۰۰ کیلومتر	دستمزد ساعتی
مصرف روغن	لیتر در ۱۰۰۰ کیلومتر	هزینه یک لیتر
وقت راننده و کمک راننده	نفر - ساعت در ۱۰۰۰ کیلومتر	هزینه ساعتی راننده
استهلاک	کسری از هزینه وسیله نقلیه نو در ۱۰۰۰ کیلومتر	هزینه وسیله نقلیه نو
سود سرمایه	کسری از هزینه وسیله نقلیه نو در ۱۰۰۰ کیلومتر	هزینه وسیله نقلیه نو
بالاسری	(۱) یک رقم کلی به تناسب مسافت پیموده شده در سال یا (۲) درصدی از مجموعه هزینه عملیاتی	نیاز به واحد هزینه نیست
وقت مسافران	شمار ساعت‌های سفر مسافران در ۱۰۰۰ کیلومتر	ارزش یک ساعت وقت مسافران
هزینه‌های متفرقه	کسری از هزینه‌های منابع بالا	جمع هزینه‌های بالا

### ۱۲.۳. فایده حاصل از انواع ترافیک

به طور کلی با ساخت راه جدید، افزون بر ترافیک موجود در راه پیشین که آن را «ترافیک معمولی» می‌خوانند، ترافیک جدیدی نیز ایجاد می‌شود. این ترافیک جدید از دو محل سرچشمه می‌گیرد. یکی جا به جایی ترافیک از راه‌های موجود به راه جدید که در واقع موجب افزایش مجموع ترافیک منطقه نخواهد شد؛ زیرا از ترافیک سایر راه‌ها می‌کاهد و معادل آن را به راه جدید می‌افزاید. این نوع جا به جایی ترافیک را ترافیک تغییر مسیر یافته می‌خوانند. سرچشمه دیگر، ترافیک جدید گرایش فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی که تاکنون از راه استفاده نمی‌کردند، به استفاده از راه جدید است. دلیل این کار ملاحظات مالی است؛ زیرا در شرایط بدون اجرای طرح، هزینه حمل و نقل از

نظر آنان سنگین بوده است و حال با اجرای طرح چون هزینه مالی کاهش می‌یابد، به استفاده از آن روی می‌آورند. از این رو، به معنی واقع ترافیک تازه‌ای ایجاد می‌کنند که در مجموع، ترافیک منطقه مورد نظر را افزایش می‌دهد.

حال به ترتیب درباره چگونگی تعیین فایده حاصل از کاهش هزینه عملیات وسایل نقلیه با توجه به نوع ترافیک پیش‌بینی شده، توضیح داده می‌شود.

### ۳.۱۲.۱. فایده حاصل از ترافیک معمولی و ترافیک ایجاد شده

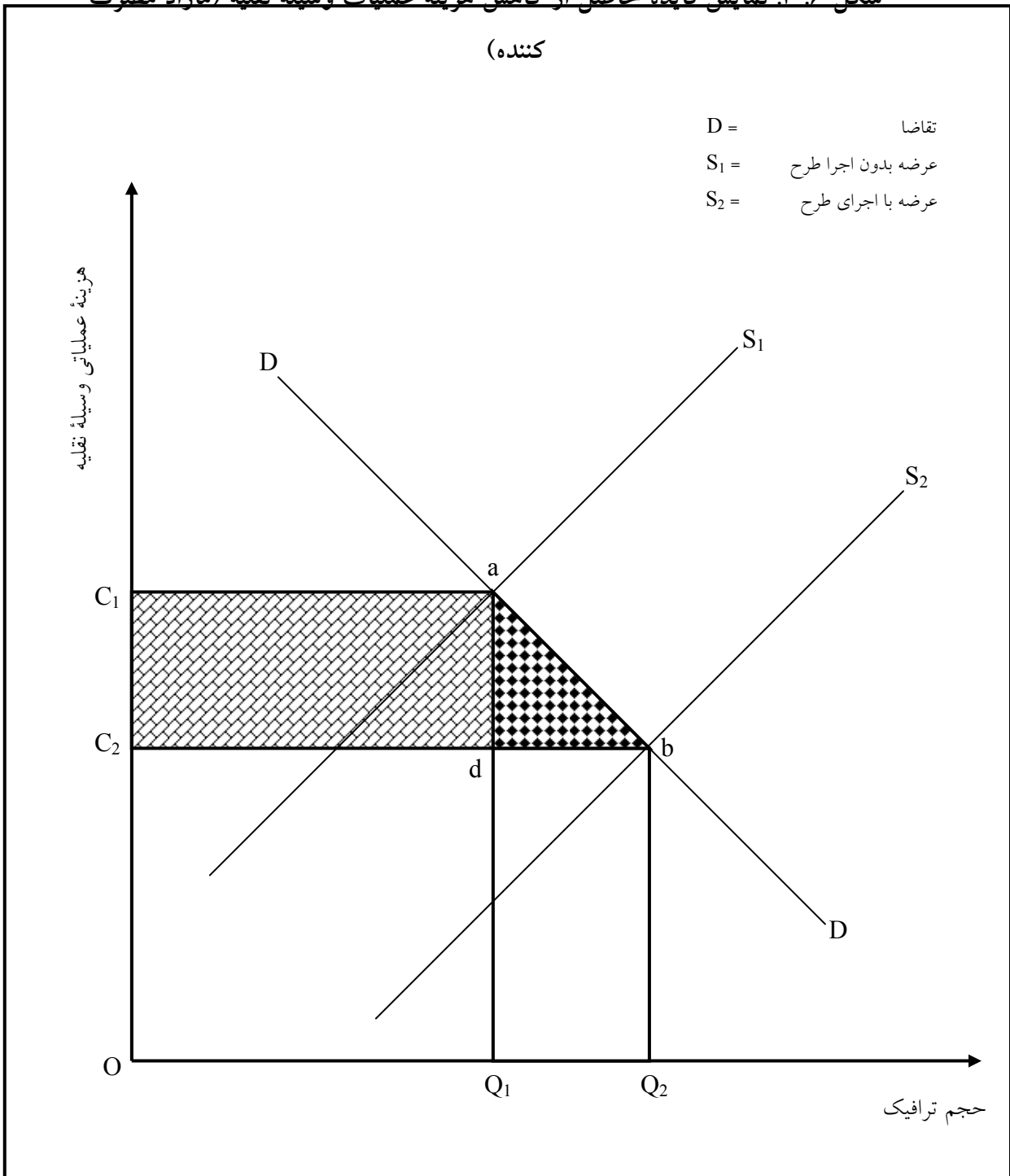
برای ساده‌تر شدن درک موضوع، به نمودار ارائه شده در شکل (۳.۶) توجه نمایید. این نمودار شامل طرح‌های بهسازی و طرح‌های راه جدید می‌شود. محور عمودی نمودار نشان دهنده هزینه عملیاتی وسیله نقلیه و محور افقی نشان دهنده حجم ترافیک (مسیر پیموده شده) در سال است.

فرض کنید که  $(C_1)$  نشان دهنده مقدار هزینه عملیاتی وسیله نقلیه و  $(Q_1)$  نشان دهنده حجم ترافیک (مسافت پیموده شده وسیله نقلیه)، در وضعیت بدون اجرای طرح است. این ترافیک اولیه را «ترافیک پایه» یا «ترافیک معمولی» می‌خوانند. فرض کنید که اجرای طرح موجب بهبود راه و کاهش هزینه عملیاتی گردد و در نتیجه، هزینه عملیاتی از  $(C_1)$  به  $(C_2)$  کاهش یابد و میزان ترافیک نیز از  $(Q_1)$  به  $(Q_2)$  افزایش پذیرد. افزایش ترافیک برای آن است که کسانی که از راه استفاده نمی‌کردند، اکنون به دلیل ارزان‌تر شدن هزینه‌ها مایلند از راه استفاده کنند.

با نگرستن به شکل (۳.۶)، دیده می‌شود که در شرایط بدون اجرای طرح، هزینه عملیاتی ترافیک معمولی برابر با حاصل ضرب  $(C_1)$  در  $(Q_1)$  یعنی سطح چارگوش  $(C_1 a Q_1 O)$  است. با اجرای طرح، هزینه عملیاتی ترافیک معمولی برابر با حاصل ضرب  $(C_2)$  در  $(Q_1)$  یعنی سطح چارگوش  $(C_2 d Q_1 O)$  می‌شود. از این رو، فایده اضافی (مازاد مصرف کننده) که عاید ترافیک معمولی می‌شود برابر با سطح چارگوش  $(C_1 a d C_2)$  یعنی حاصل ضرب  $(C_1 - C_2)$  در  $Q_1$  خواهد بود.

همان گونه که در بالا اشاره شد، به دلیل بهبود راه، ترافیک از  $(Q_1)$  به  $(Q_2)$  افزایش می‌یابد و از این رو، میزان ترافیک ایجاد شده برابر با  $(Q_2 - Q_1)$  خواهد بود و فایده ناخالص حاصل از آن برابر با  $(Q_1 d a b Q_2)$  خواهد شد. ولی باید توجه داشت که این ترافیک هزینه‌ای برابر  $[C_2 \cdot (Q_2 - Q_1)]$  یعنی سطح چارگوش  $(Q_1 d b Q_2)$  در بر دارد. با توجه به این نکته، فایده اضافی (مازاد مصرف کننده) که عاید ترافیک جدید خواهد شد برابر با سطح مثلث  $(a b d)$  خواهد بود که به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

شکل ٣.٦. نمایش فایده حاصل از کاهش هزینه عملیات و وسیله نقلیه (مازاد مصرف کننده)



$$\frac{1}{2} (Q_2 - Q_1) (C_1 - C_2) \quad \text{فایده حاصل از ترافیک ایجاد شده}$$

به سخن دیگر و با توجه به توضیحات پیشین، در مورد ترافیک معمولی، کل صرفه‌جویی حاصل از هزینه‌های عملیاتی به حساب فایده این ترافیک گرفته می‌شود؛ حال آن که در مورد ترافیک ایجاد شده، تنها نیمی از صرفه‌جویی حاصل از هزینه‌های عملیاتی به حساب فایده ترافیک اخیر منظور می‌گردد. برای توضیح بیشتر به مثال عددی زیر توجه شود.

فرض کنید میزان ترافیک معمولی (ترافیک گزینه پایه) برابر با ۱۰۰۰۰ واحد و هزینه عملیاتی هر واحد نیز برابر با ۱/۵ سکه است. پیش‌بینی می‌شود با اجرای طرح هزینه عملیاتی به ۱/۲ سکه کاهش یابد و به همین دلیل ۲۰۰۰ واحد ترافیک جدید ایجاد خواهد شد و ترافیک راه جدید بالغ بر ۱۲۰۰۰ واحد خواهد گردید. برای برآورد فایده حاصل از اجرای طرح، محاسبات زیر انجام می‌پذیرد:

**یک -** فایده اقتصادی حاصل از ترافیک معمولی (گزینه پایه) برابر است با:

$$1/5 - 1/2 = 0/3 \quad \text{فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه یک وسیله نقلیه}$$

$$10000 \times 0/3 = 3000 \quad \text{فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی}$$

**دو -** فایده اقتصادی حاصل از ترافیک ایجاد شده برابر است با:

$$(1/5 - 1/2) \div 2 = 0/15 \quad \text{فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی یک وسیله نقلیه}$$

$$2000 \times 0/15 = 300 \quad \text{فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی}$$

**سه -** کل فایده اقتصادی حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی طرح (ترافیک معمولی به اضافه ترافیک ایجاد شده) برابر است با:

$$3000 + 300 = 3300 \quad \text{سکه}$$

### ۲.۱۲.۳. فایده حاصل از ترافیک تغییر مسیر یافته

فایده حاصل از ترافیک تغییر مسیر یافته از سایر راه‌های موجود به طرح مورد نظر، برپایه صرفه‌جویی حاصل از هزینه عملیاتی ترافیک یادشده در مقایسه با هزینه متناظر آن در طرح مورد مطالعه، برآورد و تعیین می‌گردد. همان گونه که پیش از این اشاره شد، ترافیک تغییر مسیر یافته به کل میزان ترافیک منطقه نمی‌افزاید و تنها از یک راه به راه دیگر در همان منطقه جا به جا می‌گردد. از این رو، میزان صرفه‌جویی در هزینه عملیاتی را می‌توان برپایه مقایسه این هزینه در دو حالت «با اجرا» و «بدون اجرای» طرح محاسبه و برآورد کرد.

افزون بر آن، باید توجه کرد که جا به جایی ترافیک از یک راه به راه دیگر، باعث کاهش تراکم ترافیک در راه پیشین می‌گردد و لذا از مدت سفر و نیز هزینه نگهداری راه پیشین کاسته خواهد شد و این کاهش هزینه در واقع فایده اضافه دیگری فراهم می‌آورد.

از سوی دیگر، در راه‌هایی که نقش تکمیلی و تغذیه کننده راه مورد مطالعه را دارد، احتمالاً تراکم ترافیک و کاهش سطح خدمت و در پی آن، افزایش هزینه نگهداری راه پدیدار خواهد شد. با توجه به توضیحات بالا، جمع جبری هزینه‌ها و فایده‌های تشریح شده، فایده خالص حاصل از ترافیک تغییر مسیر یافته را تعیین خواهد کرد.

تعیین ترافیکی که از راه‌آهن به راه مورد مطالعه تغییر مسیر می‌دهد، پیچیده‌تر از برآورد فایده ترافیکی است که از یک راه به راه دیگر جا به جا می‌شود. در این مورد، نمی‌توان از طریق مقایسه هزینه عملیاتی وسایل نقلیه با تعرفه راه‌آهن و یا حتی با میانگین هزینه عملیاتی راه‌آهن، فایده حاصل از صرفه‌جویی در هزینه را تعیین کرد. در این گونه موارد باید هزینه عملیاتی در راه مورد نظر با هزینه نهایی حمل ترافیک جا به جا شده به وسیله راه‌آهن، مقایسه شود. به طور کلی در این حالت، هرگاه ترافیک جا به جا شده تنها بخش اندکی از کل ترافیک راه‌آهن را تشکیل دهد و همزمان، راه‌آهن نیز با ظرفیت مازاد همراه باشد - شرایطی که در غالب موارد صادق است - صرفه‌جویی نهایی حاصل از این مقایسه، بسیار کمتر از زمانی خواهد بود که مقایسه بر مبنای میانگین هزینه عملیاتی انجام پذیرد. برآورد دقیق هزینه‌های نهایی، با عنایت به کاستی آمارها و داده‌های موجود، چندان امکان پذیر نخواهد بود و از این رو، درک روشن مفاهیم مطروحه، برای بهره‌گیری بیشینه از داده‌های موجود نقش اساسی خواهد داشت.

افزون بر نکته یادشده، تفاوت چشم‌گیر خدمات ارائه شده در هر یک از دو شیوه مختلف حمل و نقل، به پیچیدگی مساله می‌افزاید و به ناچار باید وجه مشترکی برای مقایسه این خدمات فراهم آورد. از دید ارسال کنندگان محموله، تنها هزینه کرایه راه‌آهن و حمل محموله بین دو نقطه ثابت بدون تغییر «الف» و «ب» مطرح نیست؛ بلکه کل هزینه توزیع، یعنی رساندن محموله به نقطه دلخواه، اساس تصمیم‌گیری‌شان را تشکیل می‌دهد. تفاوت حمل و نقل جاده‌ای با حمل و نقل با راه‌آهن در آن است که حمل و نقل جاده‌ای، محموله را از یک محل دلخواه به محل دلخواه دیگر می‌رساند؛ حال آن که حمل با راه‌آهن، در غالب موارد برای رساندن محموله به نقطه دلخواه به دو «بارگیری» و دو «تخلیه» نیاز خواهد بود و به این ترتیب، افزون بر افزایش مستقیم هزینه حمل، امکان خسارت و فوت وقت بیشتری نیز فراهم می‌آید که هزینه مربوط به خود را دارد.

### ۳.۱۲.۳. چکیده چگونگی تعیین فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی

با عنایت به آنچه که گفته شد، فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی وسایل نقلیه برحسب مورد و بنا به نوع ترافیک (معمولی، ایجاد شده، تغییر مسیر یافته)، به شرح زیر محاسبه و برآورد می‌شود:

$$\begin{aligned}
 & Q_1 (C_1 - C_2) + \frac{1}{2} (C_1 - C_2) (Q_2 - Q_1) \quad + \\
 & \text{(فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه‌های نگهداری راه)} \quad + \\
 & \text{(فایده حاصل از کاهش ترافیک در راه‌های موجود)} \quad - \\
 & \text{(افزایش هزینه حاصل از افزایش ترافیک در راه‌های تغذیه کننده)} \quad = \\
 & \text{فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه عملیاتی وسایل نقلیه} \\
 & Q_1 = \text{میزان ترافیک در گزینه پایه (بدون اجرای طرح)}؛ \\
 & Q_2 = \text{میزان ترافیک در گزینه طرح (با اجرای طرح)}؛ \\
 & C_1 = \text{هزینه عملیاتی وسیله نقلیه در گزینه پایه (بدون اجرای طرح)}؛ \\
 & C_2 = \text{هزینه عملیاتی وسیله نقلیه در گزینه طرح (با اجرای طرح)}؛ \\
 & Q_1 (C_1 - C_2) = \text{فایده حاصل از ترافیک معمولی (ترافیک گزینه پایه)}؛ \\
 & \frac{1}{2} (C_1 - C_2) (Q_2 - Q_1) = \text{فایده حاصل از ترافیک ایجاد شده (جدید)}.
 \end{aligned}$$

### ۳.۱۳. فایده حاصل از صرفه‌جویی در وقت

پیش از این درباره برآورد مدت بهره‌برداری سالانه از وسایل نقلیه و مدت سفر مسافران توضیح داده شد. در این مبحث، درباره فایده حاصل از صرفه‌جویی در وقت وسایل نقلیه و مسافران بحث خواهد شد.

بسیاری از طرح‌های راهسازی موجبات کاهش زمان سفر را فراهم می‌آورد. زمان از دید متصدیان حمل و نقل و مسافران می‌تواند به معنی پول باشد؛ اما نمی‌توان همواره زمان را برابر با پول در نظر گرفت. این که زمان برابر پول است یا نه، بستگی به شیوه استفاده از زمان دارد؛ برای مثال آیا از زمان برای افزایش تولید و یا این که به عنوان فراغت دلخواه استفاده می‌شود و یا این که به ناچار به بطالت بگذرد. اکنون به ترتیب درباره فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت سفر بر بهره‌وری بیشتر ناوگان تجاری (کامیون و اتوبوس) و نیز ارزش زمان صرفه‌جویی شده برای مسافران توضیح کوتاهی داده خواهد شد.

### ۳.۱۳.۱. فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت سفر ناوگان تجاری

به طور کلی، با کاهش مدت سفر می‌توان با استفاده از مدت صرفه‌جویی شده، سفرهای بیشتر انجام داد و از این رو، بهره‌وری هر یک از وسایل نقلیه افزایش می‌یابد و از شمار وسایل نقلیه تجاری مورد نیاز برای پاسخگویی به تقاضای موجود کاسته خواهد شد. کاهش حجم ناوگان تجاری به این معنی است که از میزان هزینه‌های ثابت عملیاتی شامل: سوخت، روغن، تایر، استهلاک، و رانندگان کاسته خواهد شد. برپایه مقایسه میزان به کارگیری وسایل نقلیه در شرایط «بدون اجرای طرح» و «با اجرای طرح»، می‌توان فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه‌ها را که ناشی از بهره‌وری بیشتر وسایل نقلیه است، برآورد و تعیین کرد.

برخی صاحب نظران معتقدند که در عمل نمی‌توان از صرفه‌جویی زمانی وسایل نقلیه بهره جست و از این رو، کاهش مدت سفر به همان نسبت، منجر به کاهش حجم ناوگان حمل و نقل نخواهد شد. استدلال آنان بر این نکته اشاره دارد که برآوردهای کمی مطالعات مربوط به تقاضای حمل و نقل، برپایه سفر رفت و برگشت انجام می‌گیرد. یعنی فرض شده که کامیون یا اتوبوس مسیر معینی را از یک مبدا آغاز می‌کند و پس از رسیدن به مقصد دوباره به نقطه آغاز باز می‌گردد.

حال، هرگاه مدت صرفه‌جویی شده هر کدام از سفرها، این امکان را فراهم نیاورد که سفر رفت و برگشت دیگری طی همان روز کاری انجام پذیرد، نمی‌توان از مدت صرفه‌جویی شده به شیوه سودمندی استفاده نمود. زیرا بنا به تعریف، انجام تنها بخشی از سفر در یک روز کاری، پذیرفته نیست. اشکال این شیوه استدلال آن است که در موارد متعدد مشاهده شده است که مدت زمان صرفه‌جویی شده، امکان یک سفر رفت و برگشت را فراهم می‌آورد و فایده حاصل از آن نیز بسیار قابل توجه بوده است.

به طور کلی، باید کوشید تصویری از الگوی استفاده از ناوگان تجاری در شرایط موجود به دست آورد. در این الگو، باید امکان افزایش طول مسیر سفر اتوبوس‌ها و افزایش ایستگاه‌های مسافرگیری و نیز امکان بارگیری کامیون‌ها در شب قبل و مانند آن را در نظر گرفت. افزون بر آن، باید توجه داشت که تقاضا برای حمل و نقل تابع نوسان‌ها و نیز روندهای بلند مدت است و شمار سفرها نیز خود تابع نوسان‌هایی است که ارتباطی به طرح مورد مطالعه ندارد. با توجه به مطالب یادشده، پیداست که به جز در شرایط بسیار ساده، در سایر شرایط به دست آوردن یک تصویر بلندمدت و واقع بینانه از الگوی استفاده از ناوگان تجاری کار بسیار دشواری است.

نگرش همه جانبه به مسأله، نشان می‌دهد که به دلیل ناپیوستگی بسیاری از فعالیت‌ها به یکدیگر، نمی‌توان به طور کامل و صددرصد از ناوگان تجاری در روز کاری بهره جست. هرگاه با

اجرای طرح، وسایل نقلیه در طول روز کاری به طور متوسط برابر با همان مدتی کار کنند که در شرایط بدون اجرای طرح کار می‌کردند می‌توان نتیجه گرفت که زمان صرفه‌جویی شده به طور کامل مورد استفاده قرار گرفته است. زیرا هرگاه در بلندمدت، استفاده از زمان صرفه‌جویی شده در نظر گرفته نشود، مفهومی آن خواهد بود که در شرایط بدون اجرای طرح ویژگی‌هایی از دیدگاه استفاده کارآمد از زمان وجود داشته که در شرایط با اجرای طرح، چنین شرایطی هرگز وجود نخواهد داشت. البته این امکان وجود دارد که ناوگان تجاری با اجرای طرح، به فوریت از فرصت حاصل از صرفه‌جویی در مدت حمل و نقل استفاده نکند. به هر روی، نمی‌توان به جز بررسی دقیق و جداگانه چگونگی عکس‌العمل هر یک از متصدیان حمل و نقل، درباره فاصله زمانی بین پایان اجرای طرح و تحقق فایده حاصل از صرفه‌جویی در مدت سفر را تعیین کرد. از این رو در مجموع هرگاه اطلاعات قابل اتکای دیگری در دسترس نباشد، باید فرض را بر آن قرار داد که فایده حاصل از صرفه‌جویی در زمان به فوریت تحقق خواهد یافت.

توضیحات پیشگفته درباره وسیله نقلیه سواری شخصی، صادق نخواهد بود. تقاضای استفاده از خودروی شخصی تنها معطوف به مالک آن است و دیگران نقشی در این تقاضا ندارند. هرگاه مدت زمان سفر خاصی کاهش یابد، این موضوع تأثیری بر کاهش شمار وسیله نقلیه شخصی نخواهد گذارد و تنها تأثیر احتمالی آن، افزایش شمار سفرهای صاحب وسیله نقلیه و در نهایت امر، افزایش ترافیک ایجاد شده خواهد بود که در جای خود درباره آن توضیح داده شده است.

### ۲.۱۳.۳. فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت سفر سرنشینان وسیله نقلیه

فایده حاصل از صرفه‌جویی وقت سرنشینان اتوبوس و سواری، بستگی به هدف مسافرت آنان دارد. هرگاه سفر به منظور انجام کار صورت پذیرد، در واقع مدت صرفه‌جویی حاصل از آن می‌تواند برای انجام امور تولیدی و در نهایت، افزایش تولید ناخالص ملی مورد استفاده قرار گیرد. صرفه‌جویی مربوط به مدت سفرهای غیرکاری منجر به افزایش تولید ناخالص ملی نخواهد شد، ولی از آنجا که بررسی‌ها نشان داده است مردم آماده‌اند برای مدت صرفه‌جویی سفرهای غیرکاری هزینه اضافی پرداخت نمایند از این رو، می‌توان چنین نتیجه گرفت که صرفه‌جویی مورد بحث، موجبات افزایش رفاه آنان را فراهم می‌آورد.

با توجه به توضیحات بالا، فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت سفر در مأموریت‌های کاری، برابر با دستمزد دریافتی به اضافه سایر هزینه‌های وابسته از قبیل حق بیمه، حق بازنشستگی و مانند آن است که از سوی کارفرما پرداخت می‌گردد. در واقع، فایده حاصل از صرفه‌جویی سفر سرنشینان



شاغل که در زمان کاری به مسافرت می‌روند برپایه هزینه‌ای که از سوی کارفرما بابت نیروی کار تحمل می‌گردد، برآورد و تعیین می‌شود.

فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت سفرهای غیرکاری سرنشینان وسیله نقلیه برپایه میل به پرداخت آنان محاسبه و برآورد می‌گردد. از آنجا که نمی‌توان میل به پرداخت بابت صرفه‌جویی مدت را به طور مستقیم برآورد کرد از این رو، آن را با استفاده یکی از دو روش زیر مشخص می‌کنند:

**یک -** ترجیح آشکار شده. این روش برپایه ملاحظه انتخاب مردم از میان دو امکان حمل و نقل، یکی که آهسته ولی ارزان‌تر است و دیگری که سریع‌تر و گران‌تر است، انجام می‌پذیرد.

**دو -** ترجیح بیان شده. در این روش از مردم پرسش می‌شود که از میان ترکیب شیوه‌های مختلف حمل با عنایت به هزینه‌های آن، شیوه مورد علاقه خود را اعلام کنند.

هر چند روش ترجیح آشکار شده از روش دیگر قابل اعتمادتر است ولی به دلیل محدودیت موارد عینی برای ملاحظه و نتیجه‌گیری، در عمل استفاده از آن چندان میسر نخواهد بود. از این رو، رویکرد ترجیح بیان شده، اکنون کاربرد بیشتری یافته است.

بررسی‌هایی که در کشورهای مختلف انجام پذیرفته نشان می‌دهد که به طور کلی، مردم ارزشی که برای هر یک ساعت زمان صرفه‌جویی شده در سفرهای غیرکاری خود قائلند برابر با ۲۵ تا ۴۵ درصد دستمزد ساعتی آنهاست. بانک جهانی توصیه می‌کند (Pedro Belli et al. 2001) هرگاه اطلاعات و داده‌های قابل اتکای دیگری در دسترس نباشد، فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت در سفرهای غیرکاری برپایه ۳۰ درصد دستمزد ساعتی مسافران برآورد و تعیین شود.

صرفه‌جویی زمانی در چارچوب مطالعات توجیه طرح به دو منظور، یکی برآورد میزان ترافیک و دیگری برآورد و تعیین بخشی اندک از فایده طرح مورد نظر، انجام می‌پذیرد و از این رو، در بسیاری از کشورها برای پرهیز از ملاحظات پیچیده‌تر - از قبیل تفاوت فایده از دیدگاه طبقات مختلف درآمدی و یا مناطق مختلف - ترجیح داده شده است که از یک ضریب معین و یکسان برای تعیین فایده حاصل از صرفه‌جویی مدت در سفرهای غیرکاری سرنشینان وسایل نقلیه، بهره‌جویند.

### ۳.۱۴. فایده حاصل از کاهش تصادفها

بهسازی راه و یا ساخت راه جدید با استانداردهای هندسی مناسب، موجبات کاهش تصادفها و هزینه‌های حاصل از آن را فراهم می‌آورد. در واقع، کاهش تصادفها و هزینه‌های مرتبط به آن، نشان دهنده فایده حاصل از ایمنی راه مورد مطالعه است. برای محاسبه فایده حاصل از کاهش تصادف دو گام زیر باید برداشته شود:

**یک -** کاهش احتمالی میزان تصادف‌ها در راه مورد مطالعه برآورد گردد؛

**دو -** فایده حاصل از کاهش تصادف‌ها محاسبه و تعیین شود.

به طور کلی، پیش‌بینی وقوع تصادف برپایه نوع راه و شرایط ترافیک انجام می‌پذیرد. از این رو، نخست باید پیامد اجرای طرح بر شرایط و میزان ترافیک پیش‌بینی و مشخص گردد. پس از آن، برپایه این برآورد می‌توان با استفاده از تجربه‌های حاصل از راه‌هایی که دارای شرایط کم و بیش مشابه هستند، نرخ تصادف و شدت آنها را در راه مورد مطالعه پیش‌بینی کرد. در صورت نبود داده‌ها و اطلاعات کافی، به ناچار باید از نرخ تصادف در راه‌های مشابه در کشورهای دیگر استفاده کرد. در مطالعه‌ای که در انگلستان (DFID, 2005) و با گردآوری اطلاعات از کشورهای مختلف انجام گرفته است، کاهش درصد تصادف‌ها به دلیل انجام برخی اصلاحات، به شرح زیر بوده است:

اقدام‌های اصلاحی	نوع تصادف	دامنه درصد کاهش تصادف‌ها
بهبود استاندارد راه	مصدومیت	۱۹-۳۳
افزایش شمار خط عبور	مصدومیت	۲۲-۳۲
بهبود طراحی هندسی راه	تمام تصادف‌ها	۲۰-۸۰
بهبود شعاع قوس	مصدومیت	۳۳-۵۰
اصلاح شیب و تاج راه	تمام تصادف‌ها	۱۲-۵۶
بهبود بر بلندی	تمام تصادف‌ها	۵۰
ایجاد خط سبقت	مصدومیت	۱۱-۴۳
ایجاد خط کندرو	تمام تصادف‌ها	۱۰-۴۰
تعریض خط عبور	تمام تصادف‌ها	۱۲-۴۷
بهبود مقاومت لغزشی	تمام تصادف‌ها	۱۸-۷۴
تعریض شانه	تمام تصادف‌ها	۱۰-۴۰
روکش شانه‌ها	تمام تصادف‌ها	۲۲-۵۰
تعریض حاشیه راه	تمام تصادف‌ها	۱۳-۴۴
تغییر تقاطع Y شکل به تقاطع T شکل	تمام تصادف‌ها	۱۵-۵۰
ایجاد میدان به جای تقاطع کنترل نشده	تمام تصادف‌ها	۲۵-۸۱
ایجاد میدان به جای چراغ ترافیک	تمام تصادف‌ها	۲۵-۵۰
ایجاد میدان کوچک به جای تقاطع کنترل نشده	تمام تصادف‌ها	۴۰-۴۷

دامنه درصد کاهش تصادف‌ها	نوع تصادف	اقدام‌های اصلاحی
۱۵	تمام تصادف‌ها	تابلوی هوایی رهنمود راه
۱۹-۲۴	تمام تصادف‌ها	تابلوی رهنمود کنار راه
۲۴-۹۲	تمام تصادف‌ها	تابلوها و علائم درخشانتر
۲۰-۵۷	تمام تصادف‌ها	تابلوی هشدار پیچ در پیش رو
۴۷	تمام تصادف‌ها	تابلوی هشدار ایست در پیش رو
۲۳-۳۶	تمام تصادف‌ها	تابلوی راهنمای سرعت
۱۶-۱۹	مصدومیت	تابلوی اخطار کاهش سرعت
۵۹-۸۰	تمام تصادف‌ها	تابلوی احتیاط و حق تقدم
۳۳-۹۰	تمام تصادف‌ها	تابلوی ایست
۱۵-۳۲	تمام تصادف‌ها	نصب چراغ راهنمایی در تقاطع‌های بدون کنترل
۱۰-۵۱	تمام تصادف‌ها	کانالیزه کردن تقاطع‌ها
۱۴-۱۹	تمام تصادف‌ها	خط‌کشی راه
۸-۳۵	تمام تصادف‌ها	خط‌کشی لبه راه
۱۴-۲۷	تمام تصادف‌ها	مانع میانی راه
۱۵-۶۰	تمام تصادف‌ها	مانع کناری راه
۳۹-۹۰	تمام تصادف‌ها	پل عابر پیاده
۳۳-۴۴	تمام تصادف‌ها	پیاده‌رو

در پی برآورد نرخ تصادف در طرح مورد مطالعه، باید آن را با نرخ تصادف در راه موجود مقایسه نمود و میزان کاهش احتمالی نرخ تصادف‌ها را معلوم کرد.

هزینه تصادف‌ها تا حدودی به چگونگی برآورد آنها بستگی دارد. دو روش اساسی برای برآورد این هزینه‌ها وجود دارد:

**یک - روش تولید ناخالص که آن را روش سرمایه انسانی نیز می‌خوانند؛**

**دو - روش میل به پرداخت.**

روش میل به پرداخت مناسب‌تر از روش دیگر است؛ ولی به دلیل دشواری حاصل از نبود

برآوردهای تجربی قابل اتکا، به ناچار باید از روش تولید ناخالص استفاده کرد.

### ۳.۱۴.۱. طبقه‌بندی تصادف‌ها

در مطالعات مربوط به ایمنی راه باید تصادف‌ها را به منظور تعیین هزینه‌های آنها، طبقه‌بندی کرد. برخی تصادف‌ها باعث مصدوم شدن انسان‌ها می‌گردد که آن را «تصادف منجر به مصدومیت افراد» می‌خوانند؛ برخی از تصادف‌ها تنها موجب خسارت به وسیله نقلیه (یا سایر دارایی‌ها) می‌گردد و آن را «تصادف منجر به خسارت» می‌خوانند. به طور معمول، تصادف منجر به مصدومیت، خود نیز به «تصادف‌های منجر به مرگ»، «تصادف شدید» و «تصادف سبک» طبقه‌بندی می‌گردد. تعریف و طبقه‌بندی تصادف‌ها برحسب شدت آن به شرح زیر است:

**یک -** تصادف منجر به مرگ تصادفی است که یک یا چند فرد بلافاصله و یا حداکثر طی ۳۰ روز فوت کنند.

**دو -** تصادف شدید به تصادفی گفته می‌شود که در آن جان انسانی از دست نمی‌رود ولی یک یا چند فرد به شدت مصدوم و در بیمارستان بستری می‌گردند.

**سه -** تصادف سبک به تصادفی گفته می‌شود که در آن مرگ و یا مصدومیت شدید وجود ندارد ولی فرد یا افرادی دچار جراحت جزئی و یا کوفتگی می‌شوند و یا این که نیاز به درمان سرپایی پیدا می‌کنند.

**چهار -** تصادف منجر به خسارت به تصادفی گفته می‌شود که هیچ کس در آن آسیب نمی‌بیند ولی به وسایل نقلیه و یا سایر دارایی‌ها خسارت وارد می‌گردد.

شدت تصادف، برپایه شدیدترین آسیبی که بر مبنای طبقه‌بندی بالا به یکی از قربانیان تصادف وارد می‌شود، تعیین می‌گردد و به طور معمول، هزینه تصادف نیز برپایه نوع طبقه‌بندی آن برآورد می‌گردد. از این رو، مفهوم «هزینه تصادف» با مفهوم «هزینه تلفات ناشی از آن» یکسان نیست.

### ۳.۱۴.۲. هزینه تصادف

هزینه تصادف شامل: از دست دادن قدرت تولید، خسارت به اموال، هزینه پزشکی، هزینه اداری و پلیس، و هزینه درد، اندوه و رنج مصدومان و بازماندگان فوت شدگان حادثه می‌شود که به ترتیب درباره آنها توضیح داده خواهد شد.

**یک -** از دست دادن قدرت تولید. تصادف‌های منجر به مرگ و تصادف‌های شدید موجب از دست رفتن قدرت تولید سال‌های آینده افرادی که فوت شده‌اند و یا این که به شدت آسیب دیده‌اند خواهد شد. از این رو، باید ارزش تولید از دست رفته این افراد در سال‌های آتی، به زمان حال تنزیل گردد. حاصل ضرب ساعت‌های کار از دست رفته این افراد در میانگین نرخ دستمزد

موجود در کشور نشان دهنده ارزش تولید از دست رفته آنان است. شمار ساعت‌های از دست رفته به ترتیب زیر خواهد بود:

- برای مشخص کردن «نفر - سال» از دست رفته، باید میانگین سنی افراد درگذشته در حوادث رانندگی را تعیین کرد و سپس آن را از میانگین سن بازنشستگی در کشور کسر نمود؛

- هزینه مصدومان تصادف‌های شدید برپایه میانگین هزینه‌های روزهای بستری بودن در بیمارستان و نیز روزهای نقاهت در خانه تعیین می‌شود؛

- هزینه مصدومان تصادف‌های سبک برپایه شمار روزهای بیکاری آنان به دلیل مراجعه به پزشک، کلینیک یا بیمارستان (به عنوان بیمار سرپایی) و استراحت در خانه، برآورد می‌گردد.

**دو -** هزینه‌های درمان پزشکی. این هزینه شامل هزینه‌های بیمارستان (بستری و سرپایی)، مراجعه به پزشک و نیز استفاده از آمبولانس می‌گردد. برآورد این هزینه‌ها برپایه میانگین هزینه‌های مربوط

به امور زیر انجام می‌پذیرد:

- طول مدت بستری بودن در بیمارستان؛

- هزینه روزانه اقامت در بیمارستان؛

- شمار مراجعات سرپایی به بیمارستان؛

- هزینه هر بار مراجعه سرپایی؛

- هزینه مراجعه به پزشک؛

- هزینه آمبولانس.

در مورد تصادف‌های شدید، باید تمام عوامل یادشده مورد توجه قرار گیرد. درباره تصادف‌های منجر به مرگ موضوع هزینه‌های سرپایی و مراجعه به پزشک مطرح نخواهد بود. به منظور برآورد هزینه تصادف باید اطلاعات لازم را درباره میانگین هزینه هر یک از انواع تصادف‌ها (منجر به مرگ، شدید، سبک) و نیز میانگین شمار افراد درگیر تصادف، به دست آورد. حاصلضرب دو عامل یادشده (در هر یک از تصادف‌های تعریف شده) در یکدیگر، نشان دهنده میانگین هزینه هر یک از انواع تصادف خواهد بود.

**سه -** خسارت وسیله نقلیه و سایر دارایی‌ها. اطلاعات مورد نیاز برای پیش‌بینی خسارت وسیله نقلیه را می‌توان از شرکت‌های بیمه، تعمیرگاه‌ها، بنگاه‌های باربری و مسافربری به دست آورد. هرگاه بتوان همکاری شرکت‌های بیمه را به دست آورد، می‌توان به اطلاعات بسیار ارزشمندی درباره مسائل زیردسترسی پیدا کرد:

- اطلاعات دربارهٔ سن مصدومان، محل تصادف، شدت تصادف، درجه مصدومیت افراد، شمار مصدومان، شمار وسایل نقلیه درگیر در تصادف و مانند آن؛  
- میزان پرداخت خسارت به وسیلهٔ نقلیه بیمه شده و نیز افراد ثالث.  
چنانچه نتوان این اطلاعات را از شرکت‌های بیمه به دست آورد، به ناچار باید به سایر مؤسساتی که در بالا به آنها اشاره شد مراجعه کرد.

**چهار -** هزینه‌های اداری و پلیس. افزون بر موارد یادشده، تصادف وسیلهٔ نقلیه هزینه‌های دیگری از قبیل هزینه‌های اداری بیمه، پلیس و دادگاه را در پی دارد. افزون بر آن، معطلی سایر وسایل نقلیه در صحنه تصادف نیز هزینه‌های مربوط به خود را ایجاد می‌کند. برآورد این هزینه‌ها چندان آسان نیست و شاید به دلیل قدر مطلق نه چندان زیاد آنها، بهتر باشد وقت چندانی برای برآورد دقیق آنها صرف نشود.

**پنج -** هزینه‌های «عاطفی» یا «انسان دوستانه». مباحث پیشین معطوف به هزینه‌هایی بود که مستقیم یا غیرمستقیم بر اقتصاد کشور تأثیر می‌گذارد. به هر روی، ملاحظات مهم دیگری همچون داغدیدگی، اندوه، و رنج مصدومان و بازماندگان درگذشتگان نیز مطرح است که هر چند نمی‌توان آنها را برپایه پول ارزشیابی کرد، ولی نباید آنها را از نظر دور داشت. افزون بر آن، این مسأله از مواردی است که جامعه آمادگی دارد برای پرهیز از آن، تحمل هزینه کند. هرگاه در نظر باشد هزینه‌ای بابت درد، اندوه، و رنج در تحلیل اقتصادی طرح منظور شود، به ناچار این هزینه باید نشان دهنده ارزشی باشد که جامعه برای نجات جان افراد و پرهیز از پیامد دردناک، رنج‌آور و اندوه‌زای مصدومان و بازماندگان قائل است. به این منظور، در عین پذیرفتن این که هیچ احساس عاطفی و انسانی را نمی‌توان با پول ارزیابی کرد، تنها برای نشان دادن گرایش جامعه، باید درصدی به میانگین هزینه تصادف‌های یادشده افزود. در انگلستان معادل ۳۸ درصد به هزینه تصادف منجر به مرگ، ۱۰۰ درصد به هزینه تصادف شدید، و ۸ درصد به هزینه تصادف سبک برای در نظر گرفتن درد، رنج، و اندوه حاصل از این تصادف‌ها افزوده می‌شود. در صورت نبود برآورد قابل قبول دیگری، به ویژه در مورد طرح‌هایی که هدف اصلی آنها بهسازی راه کنونی به منظور کاستن از تصادف‌های موجود است، می‌توان از درصد افزایش هزینه‌های مورد عمل در انگلستان استفاده کرد.

### ۱۵.۳. فایده حاصل از راه دسترسی

در مواردی، بنا به ملاحظات عدالت اجتماعی و با توجه به آن که به هیچ روی نمی‌توان با وسیله نقلیه به یک منطقه خاص دسترسی داشت، اقدام به ساخت راه و فراهم آوردن امکان دسترسی می‌گردد. طبیعی است که در این موارد به دلیل نبود پیشینه قبلی، تعیین وضعیت پایه و نیز پیش‌بینی و برآورد ترافیک آینده، عملی نخواهد بود. از این رو، برای محاسبه فایده این گونه راه‌ها، به ناچار باید از رویکرد دیگری بهره برد. توضیحات زیر، دلیل این امر را بیشتر روشن می‌کند.

هرگاه در منطقه‌ای که تاکنون ورود وسیله نقلیه موتوری به آن میسر نبوده است راهی ساخته شود، ترافیک اولیه آن برابر صفر خواهد بود. از این رو، فایده حاصل از این طرح تنها محدود به مازاد مصرف کننده ترافیک ایجاد شده جدید خواهد شد. به سخن دیگر، با توجه به شکل (۴.۶)، فایده حاصل از راه دسترسی، تنها محدود به مثلث  $(C_{\max} Ca)$  می‌شود.

حال، با توجه به شکل (۳.۶) که در مبحث فایده حاصل از طرح بهسازی راه ارائه شده است، می‌توان دید که فایده حاصل از مازاد مصرف کننده ترافیک اولیه  $(C_1 ad C_2)$  بیش از فایده حاصل از مازاد مصرف کننده ترافیک ایجاد شده جدید  $(abd)$  است. افزون بر آن، به طور معمول محاسبه مازاد مصرف کننده ترافیک اولیه، به دلیل استفاده از داده‌ها و اطلاعات موجود، با اطمینان زیادتری رو به روست؛ حال آن که محاسبه مازاد مصرف کننده ترافیک جدید، به خاطر استفاده از ارقام پیش‌بینی شده، در معرض خطای بیشتری قرار دارد. به هر روی، برآورد فایده راه دسترسی، تنها برپایه پیش‌بینی ترافیک و هزینه‌های آینده است. کوتاه سخن آن که، تعیین فایده حاصل از طرح‌های بهسازی و یا طرح‌های جدید در مناطقی که پیش از آن راهی در آن وجود داشته است با دقت و درستی بیشتری از تعیین فایده راه‌های دسترسی انجام می‌پذیرد.

همان گونه که در شکل (۴.۶) دیده می‌شود، فایده حاصل از راه دسترسی برابر با مثلث  $(C_{\max} Ca)$  است. در این مورد، برعکس موارد دیگر که امکان گردآوری اطلاعات قابل قبول درباره هزینه عملیاتی وسایل، مدت سفر، و هزینه تصادف‌ها وجود دارد، نمی‌توان اطلاعات یادشده را فراهم آورد. از این رو، ترافیک احتمالی  $(Q)$  و هزینه‌های احتمالی  $(C)$  را باید تنها بر مبنای گمان تعیین کرد. پیداست که این گونه پیش‌بینی‌ها با احتمال بروز اشتباه چشمگیر رو به رو خواهد بود. افزون بر آن، حتی با فرض آن که بتوان ترافیک و هزینه احتمالی آتی را با درستی قابل قبولی پیش‌بینی کرد. باز مسأله اساسی، یعنی تعیین هزینه پیشینه  $(C_{\max})$  به قوت خود باقی خواهد ماند.

سرانجام این که، فرض خطی بودن منحنی تقاضا در مواردی که تغییرات اندک باشد پذیرفتنی است؛ ولی برای تغییرات چشمگیر، مانند آنچه که در مورد راه دسترسی مطرح است، چنین فرضی با

تأمل بسیار رو به روست؛ زیرا در این مورد، به دلیل تغییر قابل ملاحظه تقاضا و در نتیجه انحنای بیشتر منحنی تقاضا، محاسبه  $(C_{max} Ca)$  برپایه فرض محاسبه سطح یک مثلث، نتیجه درستی را در بر ندارد. با توجه به دلایل یادشده، هاربرگر (۱۹۷۶) پیشنهاد کرده است که برای تعیین فایده راه‌های دسترسی، به جای بهره‌گیری از مفهوم «مازاد مصرف کننده» از مفهوم «مازاد تولید کننده» استفاده گردد.

پیشنهاد یاد شده برپایه این منطوق قرار گرفته است که تقاضا برای خدمات حمل و نقل، یک «تقاضای مشتق» است و استدلال شده است عمده کسانی که از راه دسترسی بهره‌مند می‌شوند، خانوارهای کشاورز هستند. این گفته به آن معنی نیست که یگانه بهره‌مندان از راه دسترسی، کشاورزانند؛ زیرا راه‌های یادشده خدماتی از قبیل: دبستان، درمانگاه، مغازه، و سایر خدمات را نیز در دسترس ساکنان روستا قرار می‌دهد و از این رو، افزون بر کشاورزان، سایر ساکنان روستا نیز از فایده راه دسترسی برخوردار می‌گردند. از دیدگاه کشاورزان، احداث راه دسترسی دو فایده در بر دارد:

**یک -** هزینه نهاده‌های کشاورزی کاهش می‌یابد؛

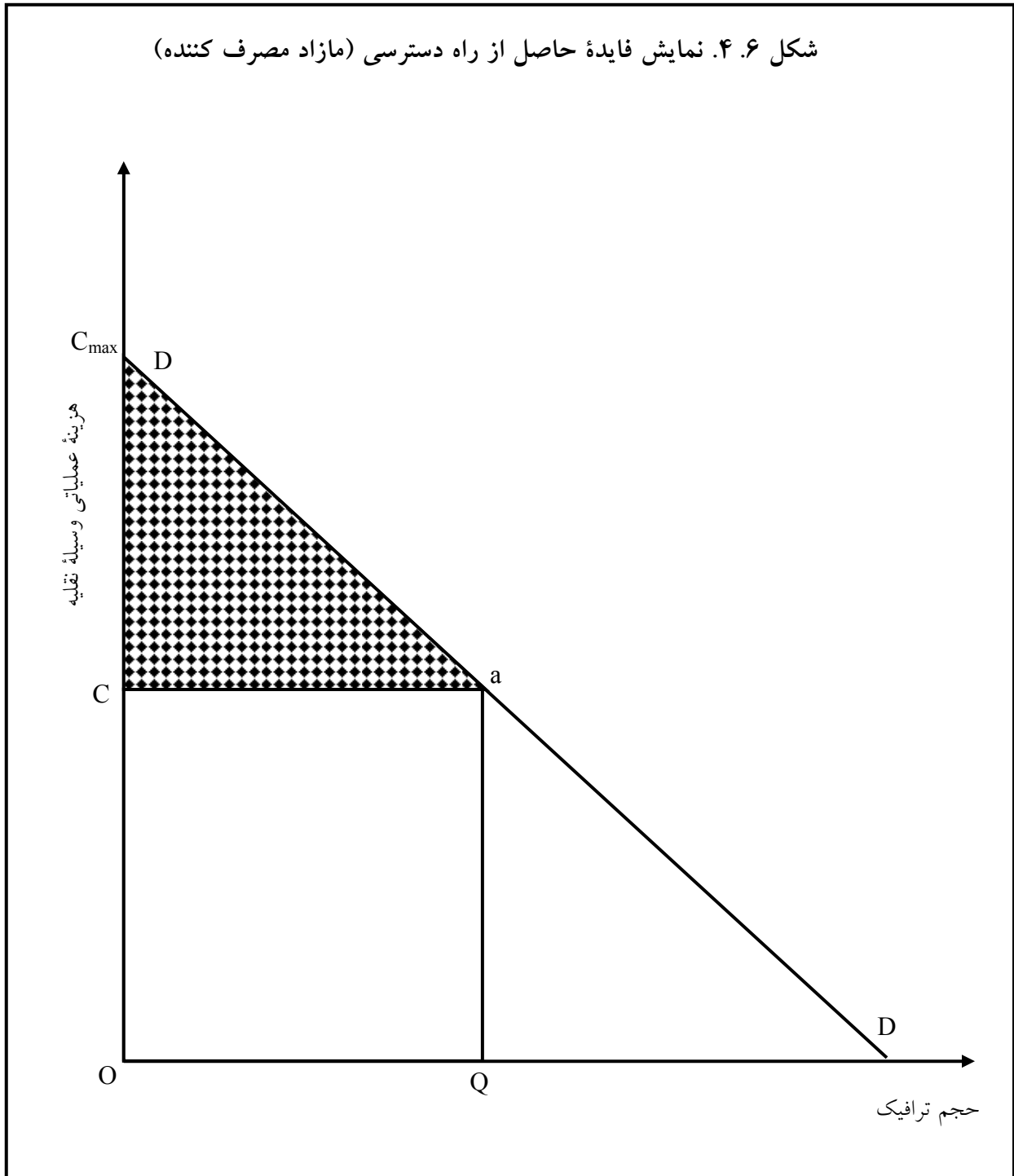
**دو -** قیمت محصولات کشاورزی در پای مزرعه، بالاتر می‌رود.

با توجه به نکات یادشده، سود کشاورزان و یا به سخن دیگر، «مازاد تولیدکنندگان کشاورزی» افزایش می‌یابد. این افزایش، امکان اندازه‌گیری «میل به پرداخت» کشاورزان و در نتیجه فایده حاصل از راه را، فراهم می‌آورد. زیربنای تحلیلی این رویکرد کمی پیچیده است و ارائه آن، تنها به منظور رعایت جامعیت بحث است.

در شکل (۵.۶)، اثر فایده حاصل از کاهش هزینه‌های حمل و نقل بر منحنی عرضه محصول کشاورزی نشان داده شده است. در حالت بدون اجرای طرح راه دسترسی، عرضه محصول برابر با  $(S_1)$  و قیمت آن در پای مزرعه برابر با  $(P_1)$  و میزان تولید برابر با  $(Q_1)$  است. با اجرای طرح راهسازی، از هزینه حمل و نقل کاسته می‌شود و قیمت محصول در پای مزرعه به  $(P_2)$  افزایش می‌یابد. هرگاه قیمت نهاده‌های کشاورزی بدون تغییر باقی بماند، میزان تولید افزایش خواهد یافت و از  $(Q_1)$  زیادتر خواهد شد ولی از  $(Q_2)$  کمتر خواهد بود. به هر روی، هرگاه کاهش هزینه حمل و نقل منجر به کاهش قیمت نهاده‌های کشاورزی نیز گردد، منحنی عرضه از  $(S_1)$  به  $(S_2)$  تغییر مکان خواهد داد و میزان محصول نیز به  $(Q_2)$  افزایش خواهد یافت.



شکل ۴.۶. نمایش فایده حاصل از راه دسترسی (مازاد مصرف کننده)



فایده‌ای که عاید کشاورزان خواهد شد برابر با مازاد تولیدکننده‌ای است که سطوح (a) و (b) و (c) نمایشگر آن است. مجموع این سطوح، نشان دهنده مازاد تولیدکننده حاصل از افزایش قیمت در پای مزرعه و کاهش هزینه تولید به دلیل پایین آمدن نهاده‌های مورد نیاز کشاورزی است. هرگاه میانگین هزینه تولید کشاورزی در دست باشد، می‌توان بدون آگاهی و استفاده از «هزینه تولید نهایی»، مقدار افزایش مازاد تولیدکنندگان کشاورزی را به شرح زیر محاسبه کرد:

$$FPS = (P_2Q_2 - AVC_2Q_2) - (P_1Q_1 - AVC_1Q_1) \quad (۵۹.۶) \text{ فرمول}$$

$FPS$  = مازاد تولیدکنندگان کشاورزی؛

$P_2Q_2$  = ارزش محصول با اجرای طرح؛

$AVC_2Q_2$  = هزینه تولید محصول کشاورزی با اجرای طرح؛

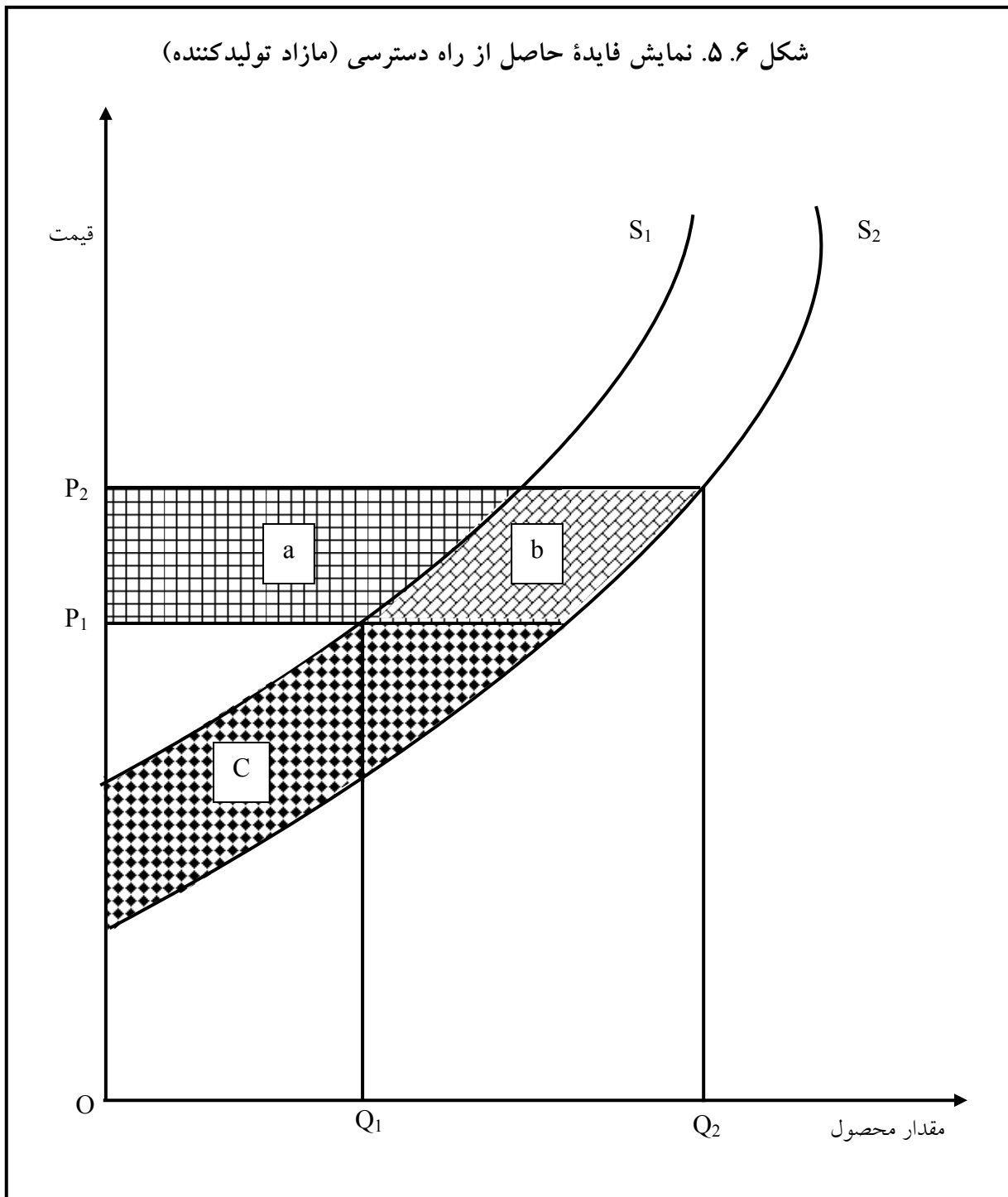
$P_1Q_1$  = ارزش محصول بدون اجرای طرح؛

$AVC_1Q_1$  = هزینه تولید کشاورزی بدون اجرای طرح.

برآورد فایده حاصل از اجرای طرح با استفاده از روش مورد بحث، مستلزم در دست داشتن اطلاعات درباره تابع تولید و نیز ساختار بازار است. هرگاه اطلاعات کافی درباره تابع تولید محصول کشاورزی در اختیار نباشد، کاربرد روش مورد اشاره بسیار دشوار خواهد بود. افزون بر آن، تأثیر کاهش هزینه حمل و نقل بر قیمت محصول کشاورزی در پای مزرعه، بستگی به ساختار بازار دارد. برای مثال، هرگاه شرایط حمل و نقل کم و بیش حالت متمرکز و غیررقابتی داشته باشد، افزایش قیمت محصول در پای مزرعه، محدود خواهد بود. به سخن دیگر، در این شرایط صاحبان وسیله نقلیه کوشش خواهند کرد که سهم عمده از فراهم آمدن کاهش هزینه حمل و نقل را به صورت یک «رانت انحصاری» به خود تخصیص دهند.

دو حالت بسیار متفاوت را می‌توان در نظر آورد. یکی رقابت کامل است. در این حالت کشاورزان می‌توانند تمام فایده حاصل از کاهش هزینه حمل و نقل را به خود تخصیص دهند. دیگری حالت انحصار است. در این وضعیت، کامیونداران تنها اجازه خواهند داد که بخشی از کاهش هزینه حمل و نقل به کشاورزان منتقل گردد. هرگاه به خاطر ساده‌تر شدن بحث، فرض شود که منحنی تقاضا حالت خطی دارد، می‌توان گفت که انحصارگران جویای سود بیشینه، یعنی کامیونداران، تنها اجازه خواهند داد که نیمی از فایده حاصل از کاهش هزینه حمل و نقل به کشاورزان منتقل شود.

شکل ۵.۶. نمایش فایده حاصل از راه دسترسی (مازاد تولیدکننده)



از سوی دیگر، با در نظر گرفتن زنجیره توزیع در ساختار بازار، احتمال دارد واسطه‌ها به جای کشاورزان برخورداران نهایی فایده حاصل از کاهش هزینه حمل و نقل باشند. ساختار بازار بر میزان فایده تأثیر نمی‌گذارد ولی بر توزیع فایده میان کشاورزان، کامیونداران، واسطه‌ها، و دیگران مؤثر واقع می‌شود و از این رو، آگاهی از وضعیت بازار در تحلیل‌های مربوط حائز اهمیت بسیار است.

سرانجام، باید اشاره کرد که هرگاه کشاورزان به دلیل افزایش قیمت محصول در پای مزرعه و به منظور استفاده بیشتر، از مصرف خود بکاهند، باید این کاهش مصرف را از کل فایده کم کرد. به این منظور، باید قیمت پای مزرعه محصول در نیمی از مقدار کاهش مصرف کشاورزان ضرب شود و حاصل آن، از کل فایده منتج از کاهش هزینه حمل و نقل کسر شود.

در همه احوال، مؤلفان طرح باید به خاطر داشته باشند که منظور از این تحلیل‌ها، تعیین فایده حاصل از اجرای طرح برپایه کاهش هزینه عملیاتی وسایل نقلیه است و هدف از این محاسبات، برآورد غیرمستقیم فایده حاصل از اجرای طرح است. به سخن دیگر، هرگاه هزینه‌های کمتر حمل و نقل منجر به سود بیشتر کامیونداران گردد و هیچ سودی نیز عاید کشاورزان نشود، مفهومش آن نیست که کاهش هزینه حمل و نقل بی‌فایده است؛ بلکه به این معنی است که چگونگی توزیع فایده حاصل از آن، تغییر یافته است.

روش دیگر برای اندازه‌گیری فایده حاصل از احداث راه دسترسی آن است که از افزایش ارزش زمین به عنوان نمایشگر فایده استفاده شود. روش یادشده برپایه این فرض قرار گرفته است که راه دسترسی، موجبات افزایش ارزش زمین را فراهم می‌آورد. از این رو، مابه‌التفاوت ارزش زمین با اجرای طرح و ارزش آن بدون اجرای طرح، نشان دهنده فایده حاصل از اجرای طرح خواهد بود.

تغییر ارزش زمین، یا افزایش درآمد ملی، و یا افزایش مازاد تولیدکننده هر سه، شیوه‌های مختلف اندازه‌گیری یک چیز، یعنی فایده حاصل از کاهش هزینه حمل و نقل است. همان گونه که پیش از این اشاره شد، ممکن است ارزش خالص کنونی محصول کشاورزی، نشان دهنده تمام ارزش کنونی مازاد تولیدکنندگان نباشد؛ زیرا احتمال آن وجود دارد که گروه دیگری - برای مثال کامیونداران - بخشی از این فایده را به خود اختصاص دهند. بر همین روال، احتمال آن وجود دارد که افزایش ارزش زمین نیز نمایشگر تمام فایده حاصل از کاهش هزینه حمل و نقل نباشد. می‌توان از هر یک از این سه روش برای برآورد و تعیین فایده راه دسترسی استفاده کرد؛ ولی باید مراقب بود که فایده، دو و یا سه باره به حساب گرفته نشود.

همواره باید هشیار بود که فایده به صورت دست بالا برآورد نگردد و پیش‌بینی ترافیک از هر نظر با محکم کاری انجام پذیرد. به ویژه در مواردی که رشد ترافیک بر پایه‌ای پیش‌بینی شود که هیچ نزدیکی با روند تاریخی آن نداشته باشد، باید با تردید با آن رو به رو شد و آن را چند باره مورد بررسی قرار داد.

### ۳.۱۶. سایر فایده‌ها

به طور معمول، تمام فایده کمی و قابل تقویم به پول در تحلیل هزینه و فایده آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، و راه فرعی منظور می‌شود. افزون بر آن فایده کمی ولی غیرقابل تقویم به پول و نیز فایده غیرکمی - که در غالب موارد آن را هزینه و فایده زیست محیطی و یا اجتماعی می‌خوانند - به صورت تشریحی در گزارش توجیه طرح بیان می‌شود.

به طور کلی، در مورد مسائل زیست محیطی با توجه به الزام‌های قانونی، باید بررسی لازم به عمل آید و در صورت اقتضا، اقدام ضروری برای از میان بردن و یا کاهش پیامدهای منفی، انجام پذیرد، ولی پیامدهای اجتماعی به دلیل روشن نبودن تعریف آن و در نتیجه، برداشتهای متفاوت از آن، چندان مورد توجه قرار نگرفته است.

در مورد راه‌های دسترسی و نیز راه‌های روستایی که با ترافیک اندک رو به روست، به دلیل نبود ترافیک کافی، اتکا به روش تحلیل هزینه و فایده اقتصادی به این معنی خواهد بود که هیچ راه روستایی و یا راه دسترسی به اجرا در نیاید. برای جبران این کاستی، بررسی و انتخاب راه‌های مورد اشاره بر پایه «ثمربخشی هزینه» یا «هزینه کمینه اقتصادی» با عنایت به ملاحظات اجتماعی انجام می‌پذیرد. مفهوم این گفته به طور خلاصه آن است که روستائیان باید با حداقل هزینه اقتصادی، از فایده اجتماعی حاصل از راه روستایی بهره‌مند شوند.

منظور از فایده اجتماعی، گستره‌ای از فایده‌های چندوجهی با واکنش‌های متقابل پیچیده و غیراقتصادی است که به دلیل اجرای طرح راه، عاید روستائیان می‌گردد. بهبود شبکه معاشرت اجتماعی؛ گسترش سرمایه اجتماعی به خاطر برقراری و حفظ ارتباط با اعضای از خانواده که دور از روستا سکونت دارند؛ بهبود وضع آموزش و سلامت - به ویژه در مورد مرگ حاصل از زایمان و آموزش دختران - به دلیل دسترسی آسان‌تر به خدمات مورد نیاز؛ بهبود ارائه خدمات از سوی کارکنان درمانگاه و مدرسه به خاطر امکان دسترسی راحت‌تر به روستا از جمله فایده‌های اجتماعی مورد اشاره است.

ساخت راه روستایی و راه دسترسی، به دلیل فراهم آوردن امکان جا به جایی و دسترسی به یک سلسله از فعالیت‌ها و فرصت‌ها، پیامد اجتماعی چشمگیری در بر خواهد داشت. پیدا شدن فرصت جا به جایی؛ امکان سفر به مراکز درمانی، بیمارستان، آموزشگاه، اداره‌های دولتی، و نیز دیدار دوستان و بستگان را فراهم می‌آورد. این امکانات از اهمیت فراوان برخوردار است؛ زیرا موجبات افزایش سرمایه اجتماعی افراد را فراهم می‌آورد و از این رو، هنگام بروز مشکلات شخصی و یا اجتماعی به آنان یاری می‌رساند.

فایده اجتماعی حاصل از ساخت راه روستایی با جلوه‌های زیر پدیدار می‌گردد:

**یک -** بهبود شبکه معاشرت و افزایش سرمایه اجتماعی به دلیل آن که می‌تواند ارتباط خود را با اعضای از خانواده که ساکن نقاط دوردست هستند حفظ نمایند.

**دو -** گسترش همبستگی اجتماعی به دلیل همکاری روستائیان برای حفظ و بهبود شرایط راه روستایی.

**سه -** افزایش اطمینان به امکان سفر و دسترسی به خدمات و فرصت‌ها.

**چهار -** بهبود سلامت و آموزش به دلیل دسترسی آسانتر به خدمات مربوط.

**پنج -** کاهش آسیب پذیری در برابر رویدادهای غیرمنتظره و ضربه حاصل از آفت، خشکسالی، سیل و مانند آن.

**شش -** افزایش اطمینان به در دسترس بودن فوری‌تر خدمات درمانی و آموزشی و نیز امکان فراهم شدن این خدمات در روستا.

فایده اجتماعی حاصل از تغییر وضع حمل و نقل به طور غیرمستقیم و با استفاده از شاخص‌های ویژه‌ای برآورد می‌گردد. این شاخص‌ها برپایه بررسی‌ها و پرسش‌هایی که از روستائیان انجام می‌پذیرد، تعیین می‌شود تا برپایه آن معلوم گردد که احداث راه تا چه میزانی بر زندگی آنها تأثیر می‌گذارد. در جدول (۶. ۱۰) نمونه‌های این شاخص‌ها ارائه شده است.

#### **۴. تعیین قیمت‌های اقتصادی**

پس از شناسایی و تعیین اقلام هزینه و فایده طرح، باید با کاربرد یک معیار مشترک، ارزش هر یک از آنها را تعیین کرد تا بتوان هزینه و فایده را با یکدیگر مقایسه کرد. به طور کلی، تصمیم تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان برپایه قیمت‌های مالی انجام می‌پذیرد؛ ولی برای ارزشیابی اقتصادی، باید هزینه و فایده براساس قیمت‌های اقتصادی که نشانگر ارزش آنها از دیدگاه کل اقتصاد و جامعه است، ارزش گذاری شود.

هزینه و فایده طرح باید برپایه قیمت‌های ثابت، یعنی برحسب قیمت‌های سالی که طرح در آن تدوین می‌شود و یا مورد ارزشیابی قرار می‌گیرد، ارزش گذاری گردد و از تغییر منتظره سطح عمومی قیمت‌ها (تورم)، چشم‌پوشی شود. با وجود این، هرگاه انتظار رود که در طی عمر طرح قیمت‌های

جدول ۶. ۱۰. شاخص های فایده اجتماعی

شاخص ها	فایده اجتماعی
<ul style="list-style-type: none"> <li>- شمار آموزشگاه ها (دبستان، راهنمایی، دبیرستان) به ازای هر ۱۰۰ کودک.</li> <li>- ثبت نام در آموزشگاه (دبستان، راهنمایی، دبیرستان) به تناسب شمار کودکان.</li> <li>- فاصله تا واحدهای آموزشی (دبستان، راهنمایی، دبیرستان).</li> <li>- هزینه آموزشی (هزینه نام نویسی و رفت و آمد).</li> </ul>	<p>افزایش دسترسی به خدمات آموزشی</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- فاصله تا مؤسسه های درمانی (درمانگاه، بیمارستان).</li> <li>- شمار امکانات درمانی (درمانگاه، بیمارستان) به ازای هر ۱۰۰ نفر.</li> <li>- شمار مراجعه به مؤسسه های درمانی.</li> <li>- هزینه مراجعه به مؤسسه های درمانی (هزینه های درمانی و حمل و نقل).</li> <li>- انتظار زندگی (میانگین عمر).</li> </ul>	<p>افزایش دسترسی به خدمات درمانی</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- درصد هزینه حمل و نقل بابت معاشرت.</li> <li>- رشد اقتصادی برپایه بهبود استاندارد زندگی و درآمد و هزینه.</li> <li>- دسترسی و یا مالکیت وسیله نقلیه برحسب گروه درآمدی.</li> <li>- نرخ بیکاری.</li> </ul>	<p>افزایش دسترسی به درآمد و فرصت ها</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- کرایه حمل و نقل برحسب کیلومتر.</li> <li>- درصد هزینه بابت حمل و نقل.</li> <li>- درصد افرادی که از وسیله نقلیه برای رفت و آمد روزانه استفاده می کنند و مدت سفر روزانه.</li> <li>- بهبود جابه جایی.</li> <li>- فاصله از محل ایستگاه وسیله نقلیه.</li> <li>- امکان استفاده از راه در فصل باران.</li> <li>- هزینه سوخت وسیله نقلیه در کیلومتر.</li> </ul>	<p>بهبود خدمات حمل و نقل و جابه جایی</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- درصد هزینه بابت معاشرت برحسب گروه درآمدی.</li> <li>- فاصله تا محل معاشرت.</li> <li>- شمار سفرهای معاشرتی.</li> <li>- هزینه سفرهای معاشرتی برپایه کیلومتر.</li> <li>- نسبت سفرهای معاشرتی برحسب جنسیت.</li> <li>- دسترسی و یا مالکیت وسایل ارتباطی برحسب گروه درآمدی.</li> <li>- نرخ مهاجرت «به» و «از» روستا.</li> </ul>	<p>گسترش شبکه معاشرت و بهبود سرمایه اجتماعی</p>

نسبی برخی اقلام تغییر یابد، کاهش یا افزایش قیمت‌های یادشده باید در ارزش‌گذاری این گونه اقلام منظور شود.

در تحلیل اقتصادی، به منظور از میان بردن اثرهای حاصل از کاستی و نارسایی مرتبط و یا غیرمرتبط به بازار، باید قیمت‌های موجود در بازار مورد تعدیل قرار گیرد. قیمت‌هایی که به این شیوه به دست می‌آید، قیمت‌های اقتصادی (محاسباتی) خوانده می‌شود.

همان گونه که در بخش‌های پیشین دیده شد، فایده طرح راهسازی بر مبنای کاهش هزینه‌های عملیاتی و نیز کاهش هزینه تصادف وسایل نقلیه و یا به سخن دیگر، صرفه‌جویی در منابع کشور برآورد می‌شود. فایده یادشده با هزینه‌های سرمایه‌گذرای و نگهداری راه - که به نوبه خود در برگیرنده استفاده از منابع است - مقایسه و سنجیده می‌شود تا فایده خالص طرح محاسبه و تعیین گردد. از این رو، در مطالعه و بررسی اقتصادی طرح‌های راهسازی تنها باید قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز برآورد شود. در این مبحث چگونگی تعدیل قیمت بازار منابع مورد نیاز به منظور تعیین قیمت اقتصادی آنها سخن گفته می‌شود.

#### ۴.۱. منابع مبادلاتی و منابع غیرمبادلاتی

در فصل دوم توضیح داده شد که بازار داخلی به دلیل وجود انحصارهای طبیعی، رقابت ناقص، فایده و هزینه بیرونی، کالاهای عمومی و شبه عمومی، با کاستی‌ها و نارسایی‌هایی رو به روست که مانع از آن می‌شود قیمت‌های مالی، بازتاب‌کننده ارزش یا قیمت اقتصادی کالاها باشد. به سخن دیگر، تنها هنگامی که بازار در شرایط رقابت کامل قرار دارد، قیمت مالی و قیمت اقتصادی یک کالا با هم برابر خواهد بود و میل به پرداخت مصرف‌کنندگان، تعیین‌کننده این قیمت است (نگاه کنید به: فصل دوم).

با توجه به توضیح بالا، برای تعدیل قیمت‌های مالی دگرگون (تحریف) شده، بهترین روش آن است که قیمت کالا را با فرض شرایط رقابت کامل برآورد کرد. قابل قبول‌ترین بازار منطبق با شرایط رقابت کامل، بازار جهانی است. از این رو، برای تعیین قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز طرح، باید آنها را به دو گروه کلی تفکیک کرد: یک گروه منابعی که در شبکه مبادلات جهانی وجود دارد و می‌توان قیمت جهانی آنها را به دست آورد. این نوع منابع را «کالاهای مبادلاتی» می‌خوانند. گروه دیگر، منابعی است که در شبکه مبادلاتی جهانی قرار نمی‌گیرد و در داخل کشور تولید می‌شود. این نوع منابع را «کالاهای غیرمبادلاتی» می‌خوانند و قیمت آنها برپایه میل به پرداخت مصرف‌کنندگان تعیین می‌شود.



برای قابل مقایسه کردن قیمت‌های جهانی کالاهای مبادلاتی که برحسب ارز است با قیمت‌های داخلی کالاهای غیرمبادلاتی که برحسب ریال است، از نرخ تبدیل ارز استفاده می‌شود. از این رو، باید دقت زیادی درباره تعیین نرخ ارز به عمل آید.

به این منظور، از «نرخ اقتصادی (محاسباتی) تبدیل ارز» استفاده می‌شود. میل به پرداخت مصرف‌کنندگان برای سبد کالاها و خدماتی که یک واحد ارز اضافی فراهم می‌آورد، تعیین‌کننده نرخ اقتصادی تبدیل ارز است. در بند (۴.۶) به تفصیل زیادتری در این باره توضیح داده خواهد شد.

اصطلاح «مبادلاتی» و «غیرمبادلاتی»، ناظر بر مسأله قابل مبادله بودن منابع مورد نیاز براساس مزیت نسبی تولید و هزینه حمل و نقل آنهاست. به طور کلی، هرگاه هزینه تولید داخلی یک کالا کمتر از قیمت و هزینه بیمه و هزینه حمل و نقل (هزینه سیف) کالای مشابه وارداتی و همزمان، بیشتر از هزینه صادرات همان کالا براساس قیمت فوب (قیمت تحویل کالا بر روی عرشه) باشد، این کالا غیرمبادلاتی تلقی می‌گردد. یعنی:

کالاهای غیرمبادلاتی  $\langle FOB \rangle$  هزینه تولید کالای داخلی  $\langle CIF \rangle$

افزون بر آن، کالاهای بسیار سنگین و حجیم که نسبت هزینه کرایه آنها به ارزششان بسیار بالاست، در این گروه طبقه‌بندی می‌شود.

از سوی دیگر، هرگاه هزینه تولید داخلی یک کالا بیش از هزینه سیف آن باشد این کالا جنبه «کالای مبادلاتی وارداتی» و هرگاه هزینه تولید کالا کمتر از هزینه فوب آن باشد، جنبه «کالای مبادلاتی صادراتی» دارد. یعنی:

کالای مبادلاتی وارداتی  $\langle CIF \rangle$  هزینه تولید داخلی

کالای مبادلاتی صادراتی  $\langle FOB \rangle$  هزینه تولید داخلی

در کتاب‌ها و نوشته‌های مربوط به بازرگانی بین‌المللی و تراز پرداخت‌ها، از نیروی کار، زمین، و خدمات عمومی زیربنایی به دلیل ماهیت آنها به عنوان کالای غیرمبادلاتی نام برده می‌شود.

فارغ از تعریف یادشده، در عمل دیده می‌شود که دولت‌ها بنا به مصالح مورد تشخیص خود، مانع مبادله کالاهای معینی می‌شوند. از این رو، ممکن است کالایی که بنا به تعریف بالا، جنبه مبادلاتی دارد به دلیل مانعی که از سوی دولت ایجاد می‌گردد، در طول عمر طرح غیرقابل مبادله بماند. در مطالعه و تحلیل اقتصادی طرح، این گونه کالاها به عنوان غیرقابل مبادله در نظر گرفته می‌شود و قیمت اقتصادی آن همچون یک کالای غیرمبادلاتی تعیین می‌گردد.

در مرحله تعیین قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز - اعم از مبادلاتی و غیرمبادلاتی - باید بین «منابع افزاینده» و «منابع غیرافزاینده» قائل به تفکیک بود. این تفکیک دارای اهمیت بسیار است؛ زیرا پی‌آمدهای این دو، تأثیر متفاوتی بر چگونگی تعیین قیمت اقتصادی کالا دارد.

منظور از «منابع افزاینده» آن است که تقاضای طرح برای منابع مورد نظر، موجبات افزایش عرضه کل آن را فراهم می‌آورد. برای نمونه، هرگاه افزایش تقاضای سیمان، موجب شود که نظام تأمین و عرضه سیمان، به طور کلی افزایش یابد، می‌گویند که این کالا از جمله «منابع افزاینده» است.

منظور از «منابع غیرافزاینده» آن است که تقاضای طرح برای منابع مورد نظر، به جای تأمین از محل افزایش تولید یا واردات، از طریق جانشینی طرح به جای مصرف کنندگان دیگر تأمین شود. هر طرحی می‌تواند همزمان و به درجات مختلف، از پی‌آمدهای افزاینده و غیرافزاینده منابع مورد نیاز، برخوردار باشد. تحلیل این موارد، بخشی از فرایند بررسی‌ها و پیش‌بینی‌های طرح را تشکیل می‌دهد.

اصطلاح «قیمت مرزی» اشاره به قیمت جهانی کالا در مرز کشور دارد؛ حال آن که کاربرد اصطلاح «قیمت جهانی» نشان دهنده مکان تعیین قیمت نیست. حتی کاربرد اصطلاح «قیمت مرزی» نیز برحسب مورد، باید با دقت زیادتری همراه باشد. هر کالای مبادلاتی در همه مرزهای ورودی و خروجی جهان، دارای دو قیمت مرزی است: یکی قیمت سیف (قیمت کالا به اضافه هزینه بیمه و هزینه حمل و نقل) که مربوط به واردات کالا است؛ و دیگری قیمت فوب (قیمت تحویل کالا بر عرشه) که این قیمت مربوط به صادرات کالا است. در کشورهایی همچون ایران، که دارای چند مرز ورودی و خروجی مهم هستند، باید قیمت‌ها برحسب مرز مورد نظر تعیین شود. اصطلاح «قیمت سیف جلفا» و یا «قیمت فوب بندرعباس»، وضع قیمت مرزی را مشخص‌تر می‌کند.

در تحلیل اقتصادی طرح، قیمت‌های مرزی باید باز هم دقیق‌تر شود و با توجه به محل اجرای طرح، برحسب «قیمت معادل مرز» تعیین گردد. به سخن دیگر، برای تعدیل قیمت مرزی منابع وارداتی مورد نیاز و تعیین «قیمت معادل مرز» آن، باید هزینه داخلی مربوط به حمل و نقل، تخلیه و بارگیری و تحویل کالا در محل طرح، برحسب قیمت‌های اقتصادی به قیمت مرزی (سیف) افزوده شود. همچنین، برای تعدیل قیمت منابع مورد نیاز طرح که استفاده از آن موجب کاهش صادرات آن را فراهم می‌آورد، باید هزینه آماده‌سازی، بارگیری و تخلیه و حمل و نقل از محل تولید به مبدأ تحویل برحسب قیمت اقتصادی از قیمت مرزی (فوب) کسر شود و به جای آن هزینه آماده‌سازی، بارگیری و تخلیه و حمل و نقل از محل تولید تا محل طرح به آن اضافه گردد.

برای تعیین قیمت معادل مرز، در مرحله نخست تمام هزینه‌های ارزی کالاها با استفاده از نرخ رسمی تبدیل ارز، به پول جاری کشور (ریال) برگردانده می‌شود، ولی باید یادآور شد نرخ ارز که

برای همگن و قابل قیاس کردن قیمت کالاهای مبادلاتی با کالاهای غیرمبادلاتی داخل کشور، مورد استفاده قرار می‌گیرد، خود یکی از علل تفاوت میان قیمت‌های داخلی و قیمت معادل مرز است. برای رفع این مشکل، باید قیمت اقتصادی (محاسباتی) ارز برپایه «نرخ اقتصادی تبدیل ارز» تعیین گردد که در بند (۴.۶) درباره آن توضیح داده خواهد شد.

#### ۲.۴. تعیین قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز غیرمبادلاتی

برای سنجش کارایی اقتصادی طرح برپایه روش میل به پرداخت - این روش را سنجش اقتصادی برپایه مصرف کلی نیز می‌خوانند - باید تمام منابع مورد نیاز برپایه میل به پرداخت جامعه (یعنی مصرف کنندگان) تعیین گردد. یادآور می‌شود که میل به پرداخت جامعه در مواردی با آنچه که در واقع پرداخت می‌کند یکسان نیست و همان گونه که در مباحث پیشین بیان شد، گاه مازادی با آن همراه است (مازاد مصرف کننده) که باید آن را نیز به حساب گرفت. به هر روی، قیمت منابع مورد نیاز، براساس میل نهایی به پرداخت جامعه برای محصولاتی که در شرایط بدون اجرای طرح و با استفاده از آن منابع تولید می‌گردید، برآورد و تعیین می‌شود.

قیمت منابع غیرمبادلاتی در شرایط بازار بدون دگرگونی (تحریف) نشان دهنده میل نهایی به پرداخت جامعه است؛ ولی هرگاه قیمت منابع غیرمبادلاتی به دلیل کاستی مرتبط و یا غیرمرتبط به بازار، دچار دگرگونی (تحریف) شده باشد، طبیعی است که این قیمت نمی‌تواند نمایانگر میل به پرداخت جامعه باشد و در این حالت، باید قیمت اقتصادی آنها - که نشان دهنده میل به پرداخت جامعه است - تعیین شود.

ارزش منابع غیرمبادلاتی مورد نیاز، در مواردی که اجرای طرح موجبات افزایش آنها را فراهم می‌آورد براساس قیمت عرضه، یعنی هزینه نهایی اقتصادی تولید اضافی، تعیین می‌شود. هزینه نهایی، برحسب آن که ظرفیت بدون استفاده برای پاسخگویی به تقاضای اضافی موجود باشد یا نباشد، فرق خواهد کرد. در زمانی که ظرفیت بدون استفاده موجود نیست، هزینه نهایی تولید اضافی، افزون بر هزینه‌های متغیر شامل هزینه‌های سرمایه‌ای اضافی مورد نیاز نیز می‌شود. در هر دو صورت، آن بخش از هزینه‌های نهایی تولید که جنبه مبادلاتی دارد، برحسب قیمت مرز و ارزش اقتصادی باقیمانده اقلام غیرمبادلاتی مورد نیاز تولید اضافی براساس قیمت بازار، برآورد می‌شود.

راه ساده‌تر برای برآورد قیمت اقتصادی منبع غیرمبادلاتی که به دلیل تقاضای طرح، عرضه آن افزایش می‌یابد آن است که منابع مورد نیاز برای تولید این منبع برحسب: کالاهای مبادلاتی، حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی، نیروی کار ساده، نیروی کار ماهر، و منابع داخلی تفکیک شود و

نسبت درصد هزینه مالی هر یک از آن به کل هزینه‌های مالی مشخص شود. پس از آن، با اعمال «ضریب‌های تبدیل» - نسبت قیمت اقتصادی یک کالا به قیمت مالی همان کالا - ارزش، نیروی کار ساده و نیروی کار ماهر درباره آنها، قیمت اقتصادی منبع غیرمبادلاتی را تعیین کرد. در جدول (۶. ۱۱) نمونه‌ای درباره تعیین قیمت اقتصادی یک منبع فرضی غیرمبادلاتی ارائه شده است.

ضریب تبدیل ارزش به دلیل شمول عام آن، از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تعیین می‌شود؛ ولی ضریب تبدیل دستمزد نیروی کار ساده و ضریب تبدیل نیروی کار ماهر مورد نیاز می‌تواند در هر طرحی متفاوت باشد و از این رو، باید از سوی مؤلفان و به ترتیبی که در این راهنما مشخص شده است، انجام پذیرد.

جدول ۶. ۱۱. استفاده از ضریب‌های تبدیل برای تعیین قیمت اقتصادی منبع غیرمبادلاتی

اقلام منابع مورد نیاز	نسبت درصد	ضریب تبدیل
کالاهای مبادلاتی	۶۰	ضریب تبدیل ارزش
حقوق و عوارض گمرکی و سودبازرگانی	۱۰	صفر
نیروی کار ساده	۱۰	ضریب تبدیل دستمزد نیروی کار ساده
نیروی کار ماهر	۱۰	ضریب تبدیل دستمزد نیروی کار ماهر
منابع داخلی	۱۰	۱

برای برآورد هزینه نهایی تولید منابع غیرمبادلاتی که عرضه آن ثابت است و افزایش نمی‌پذیرد، باید از قیمت تقاضا استفاده شود. منظور از قیمت تقاضا، میل به پرداخت مصرف‌کنندگان است. به این منظور، قیمتی که استفاده‌کنندگان مختلف منبع آمادگی دارند برای خرید منبع مورد نظر و حفظ سهم خود بپردازند، باید برآورد و تخمین زده شود. قیمت برآورد شده، نشان دهنده ارزش اقتصادی منبع است.

در مواردی، تقاضای اضافی که به دلیل اجرای طرح برای منابع غیرمبادلاتی به وجود می‌آید، هم می‌تواند جنبه افزایش‌دهنده، یعنی افزایش عرضه؛ هم جنبه غیرافزاینده، یعنی جانشین شدن طرح به جای مصرف‌کننده دیگر؛ و یا هر دو را به طور همزمان دارا باشد. در این گونه موارد، قیمت اقتصادی منبع غیرمبادلاتی مورد نیاز برپایه میانگین قیمت عرضه و قیمت تقاضا تعیین می‌شود.

### ۳.۴. تعیین قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز مبادلاتی

همان گونه که پیش از این اشاره شد، بهترین پایه ارزش گذاری منابع مورد نیاز مبادلاتی، قیمت جهانی این نوع کالاهاست. در مطالعات اقتصادی طرح، به طور معمول از قیمت‌های مرزی و یا به طور دقیق‌تر از «قیمت‌های معادل مرز» استفاده می‌شود. مسائل زیر:

**یک -** کنترل بازرگانی خارجی (دریافت حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی و نیز سهمیه‌بندی واردات و صادرات)؛

**دو -** انحصار واردات و یا صادرات و تعیین قیمت کالا براساس شرایط انحصار؛

**سه -** پرداخت یارانه به مصرف کنندگان داخلی و برخی کالاهای صادراتی.

موجبات ایجاد تفاوت میان قیمت مالی منابع مورد نیاز مبادلاتی را با قیمت جهانی آنها فراهم می‌آورد. از این رو، هرگاه در نظر باشد که برپایه استفاده از قیمت‌های مالی، قیمت اقتصادی منابع مورد نیاز را تعیین کرد، باید حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی، و یارانه و نیز هرگونه سود غیرممتعارف حاصل از عرضه انحصاری منبع مورد نیاز، از قیمت مالی آن حذف گردد. راه آسان‌تر آن است که ارزش منابع مورد نیاز مبادلاتی به طور مستقیم با استفاده از قیمت معادل مرز آنها تعیین گردد.

ارزش منابع افزاینده مبادلاتی - یعنی منابعی که استفاده از آنها موجب افزایش عرضه را فراهم می‌آورد - برپایه قیمت عرضه و برحسب قیمت جهانی (سیف) کالا، تعیین می‌شود. ارزش منابع غیرافزاینده مبادلاتی - یعنی منابعی که استفاده از آنها در داخل کشور، موجبات کاهش صادرات آنها را فراهم می‌آورد - برپایه قیمت تقاضای صادرات و برحسب قیمت جهانی (فوب) کالا تعیین می‌گردد. در جدول (۶.۱۲) چگونگی برآورد قیمت اقتصادی منابع عمده مورد نیاز طرح به صورت خلاصه نشان داده شده است. یادآور می‌شود که منظور از عمده آن است که هزینه منبع مورد نظر بیش از ده درصد کل هزینه و یا فایده طرح باشد.

### ۴.۴. تعیین قیمت اقتصادی نیروی کار

نیروی کار یکی از عوامل مهم هر طرحی است. به طور معمول، نیروی کار به دو گروه تفکیک می‌شود؛ یکی نیروی کار ماهر (کمیاب) و دیگری نیروی کار ساده که با عرضه مازاد رو به روست. نیروی کار ماهر آن دسته از افرادی هستند که به دلیل ثابت بودن عرضه مهارت‌هایشان در کوتاه مدت، قادرند در فاصله زمانی اندکی در جای دیگر شاغل شوند. به طور کلی، این مشاغل شامل کارهای فنی و حرفه‌ای، مدیریت و امور تخصصی‌اند.

## جدول ۶.۱۲. قیمت گذاری اقتصادی منابع عمده مورد نیاز طرح

نوع کالا	اثر طرح	پایه برآورد قیمت اقتصادی	قیمت پایه مورد استفاده
مبادلاتی	افزاینده	قیمت عرضه	قیمت جهانی (سیف)
	غیرافزاینده	قیمت تقاضا	قیمت جهانی (فوب)
غیرمبادلاتی	افزاینده	قیمت عرضه	قیمت بازار منهای مالیات خالص تولید و منهای سود غیرمترعارف
	غیرافزاینده	قیمت تقاضا	قیمت بازار به اضافه مالیات خالص مصرف

هزینه حقوق و مزایای پرداختی به نیروی کار ماهر را می‌توان به عنوان قیمت تقاضای این نوع کارکنان در نظر گرفت. پرداخت مورد اشاره، در واقع نشان دهنده هزینه اقتصادی و یا به سخن دیگر، امکانات از دست رفته محصولی است که به دلیل اشتغال فرد در طرح مورد نظر، در بخش دیگری از آن صرف نظر شود. در مواردی که به دلیل سیاست‌های خاص، میزان حقوق و دستمزد در بخش دولتی پایین نگهداشته می‌شود احتمالاً ارزش تولید صرف نظر شده این دسته از کارکنان بیش از قیمت تقاضا خواهد بود و در این حالت، لازم است که هزینه نیروی ماهر در جهت افزایش تعدیل شود.

نیروی کار مازاد به کسانی گفته می‌شود که باید مدت زمان درازی را صرف جستجوی کار نمایند. به طور کلی، دستمزد پرداختی به این نوع کارگران، بیش از قیمت عرضه آنان است و از این رو، باید قیمت اقتصادی کارگران یادشده را برپایه قیمت عرضه تعیین کرد. قیمت نیروی کار، برابر با ارزش محصول خالص صرف نظر شده حاصل از کار آنان در جای دیگر است.

در غالب موارد، نیروی مورد نیاز طرح راهسازی از میان نیروی کار مازاد مناطق روستایی و یا بخش کشاورزی، تأمین می‌شود. از این رو، دستمزد آنان باید با توجه به تولید از دست رفته ایشان در بخش کشاورزی، برآورد و تعیین گردد. این برآورد را می‌توان برپایه ارزش یک کالای مبادلاتی که ارزش معادل مرز آن معلوم است، انجام داد. به طور معمول، در نواحی روستایی، بازار نیروی کار ساده حالت رقابت‌آمیز دارد و دستمزدها برپایه رقابت تعیین می‌گردد و مقررات حداقل دستمزد و یا مقررات ناظر بر کارکنان دولت و سایر عوامل مؤثر بر دگرگونی (تحریف) ساختار دستمزدها، تأثیر چندانی بر آن ندارند. در این شرایط، تحریف‌های محلی مؤثر بر قیمت نیروی کار ساده، در حداقل خود است. وجود تفاوت نرخ دستمزد در مناطق مختلف و نیز در فصول گوناگون، و مهاجرت نیروی کار ساده، به طور معمول نشانه وجود رقابت در بازار نیروی کار ساده در مناطق روستایی است.

وجود رقابت در بازار نیروی کار ساده به این معنی است که دستمزد برپایه ارزش تولید نهایی کارگر پرداخت خواهد شد. ارزش تولید اضافی که از استخدام یک کارگر حاصل می‌گردد، ارزش تولید نهایی او محسوب می‌شود. در بازارهای رقابتی، به طور معمول دستمزد پرداختی به نیروی کار، نشان دهنده ارزش تولید نهایی اوست. ارزش تولید نهایی به دو عامل زیر بستگی دارد:

**یک - محصول نهایی نیروی کار؛**

**دو - قیمت محصولی که نیروی کار تولید می‌کند.**

محصول نهایی، مقدار محصولی است که نیروی کار اضافی، به میزان تولید موجود می‌افزاید.

ارزش تولید نهایی هر نوع منبع و از جمله نیروی کار را می‌توان به شرح زیر حساب کرد:

$$MVP_l = MPP_l * P_o \quad (\text{فرمول ۶. ۶۰})$$

$$MVP_l = \text{ارزش تولید نهایی نیروی کار؛}$$

$$MPP_l = \text{مقدار محصول نهایی نیروی کار؛}$$

$$P_o = \text{قیمت مالی محصولی که تولید می‌شود.}$$

هرگاه بازار نیروی کار در مناطق روستایی به صورت رقابتی باشد، در این صورت ارزش تولید نهایی نیروی کار برای تولید تمام انواع محصول در یک مزرعه، به تقریب یکسان خواهد بود و افزون بر آن، ارزش تولید نیروی کار در تمام مزارع حوزه بازار کار مربوط نیز کم و بیش برابر خواهد بود. حال، هرگاه طرح مورد بررسی آنچنان بزرگ نباشد که موجب تغییر عمده تقاضای نیروی کار را نسبت به عرضه آن فراهم آورد، دستمزد نیروی کار در منطقه روستایی دچار تغییر چندانی نخواهد شد. در این شرایط، نرخ دستمزد در بازار، نشان دهنده ارزش تولید نهایی نیروی کار در گزینه از دست رفته است و از این رو، نرخ دستمزد در بازار با نرخ اقتصادی دستمزد یکسان خواهد بود، یعنی:

$$SWR = MVP_l \quad (\text{فرمول ۶. ۶۱})$$

$$SWR = \text{نرخ اقتصادی دستمزد؛}$$

$$MVP_l = \text{ارزش نهایی تولید نیروی کار.}$$

گاه، بخشی از محصول از دست رفته، شامل کالای غیرمبادلاتی کشاورزی است. در این صورت، هرگاه بازار رقابت آمیز محلی برای کالای یادشده وجود داشته باشد، می‌توان قیمت تقاضای آن را به عنوان هزینه امکانات از دست رفته این کالا در نظر گرفت.

شناسایی و تعیین محصول صرفنظر شده، برحسب هر یک از کارگران، مسأله دشوار و

وقت‌گیری است. افزون بر آن، گاه محصول صرفنظر شده شامل محصولات غیرکشاورزی و نیز شامل

محصولی است که توسط کار خانوار تولید می‌شود ولی به بازار عرضه نمی‌گردد. از این رو، می‌توان با استفاده از یک روش جایگزین و به طور غیرمستقیم، قیمت نیروی کار را تعیین کرد؛ به این معنی که امکانات از دست رفته آنان برپایه دستمزد بازار غیررسمی کار و برحسب روزهای اشتغال توأم با درآمد در طی سال، محاسبه شود.

بدون تردید، در شهرها و روستاها، بیکاری و اشتغال ناقص گسترده و چشم‌گیری وجود دارد و غالب بیکاران از هیچ نوع مهارتی برخوردار نیستند. هنگام برآورد نرخ اقتصادی دستمزد نیروی کار ساده، باید به خاطر داشت که این نوع افراد در مناطق شهری برای تأمین معیشت خود، به فعالیت‌های غیررسمی بسیار متنوعی مشغول هستند. در مناطق روستایی نیز، به طور معمول افراد بیکار در مزارع خانوادگی به سایرین یاری می‌رسانند و گاه در صنایع و یا کارهای ساختمانی به کار فصلی اشتغال می‌ورزند. از این رو، به هنگام برآورد دستمزد اقتصادی نیروی کار ساده، این نوع فعالیت‌ها نباید از نظر دور بماند.

افزون بر آن، باید وضعیت و میزان بیکاری و اشتغال ناقص در منطقه اجرای طرح و حوزه پیرامونی آن به دقت مورد ارزیابی قرار گیرد. بهتر است افزون بر آمار و اطلاعات مراجع رسمی، از بررسی‌های مستقل و یا بررسی‌های انجام شده از سوی دیگر واحدهای مستقر در منطقه نیز استفاده شود.

#### ۴.۵. تعیین قیمت اقتصادی زمین

زمین در همه طرح‌های راهسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. حتی در مواردی که زمین هیچ نوع هزینه مالی در بر ندارد نیز، باید هزینه اقتصادی آن را برآورد و در محاسبات اقتصادی طرح، منظور کرد. قیمت تقاضای زمین، نشان دهنده ارزش اقتصادی آن نیست؛ زیرا با توجه به محدودیت عرضه زمین و قابل افزایش نبودن آن، می‌توان زمین را به منظور سوداگری، یا به منظورهای تولیدی، یا به منظور رفع نیازهای فوری خریداری کرد.

ارزش اقتصادی زمین، برپایه تغییر کاربرد آن تعیین می‌گردد. استفاده از زمین مورد نظر در شرایط بدون اجرای طرح، مبنای تعیین قیمت اقتصادی آن را فراهم می‌آورد. همیشه باید فرض بهترین استفاده از زمین در شرایط بدون اجرای طرح، پایه برآورد قرار گیرد. اساس برآورد ارزش زمین، ارزش خالص محصولی است که بدون اجرای طرح، عاید می‌شود. منظور از ارزش خالص، این است که تمام هزینه‌های منابع مورد نیاز تولید محصول از قبیل: نیروی کار، ماشین‌آلات و غیره باید از



قیمت محصول کسر شود. ارزش خالصی که به شیوه پیشگفته محاسبه می‌شود، در واقع هزینه امکانات از دست رفته زمین است و باید آن را برحسب قیمت‌های اقتصادی برآورد کرد.

گاه به دلیل وضع روند کنونی و یا تغییر منتظره در آینده، احتمال دارد هزینه امکانات از دست رفته زمین در شرایط بدون اجرای طرح تغییر یابد. برای نمونه، ممکن است به دلیل پیش‌بینی استفاده از شیوه‌های نوین کشاورزی و یا سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی، بهره‌وری (بازدهی) زمین مورد نظر افزایش یابد. ممکن است به دلیل استفاده بی‌رویه و فرسایش خاک و یا کاهش بارندگی سالانه، از بهره‌وری زمین کاسته گردد. محصول خالص زمین در شرایط بدون اجرای طرح، باید منطبق با سال‌های عمر طرح، به طور سالانه پیش‌بینی شود.

هزینه امکانات از دست رفته زمین، برحسب محل، متفاوت است. به طور کلی، بهتر است بین زمین‌های کشاورزی که استفاده از آن منجر به از دست دادن محصول کشاورزی می‌گردد و زمین‌های پیرامونی شهری که استفاده از آن منجر به جا به جایی شماری از خدمات و فعالیت‌ها می‌شود، قائل به تفکیک شد.

در مناطق روستایی، تغییر کاربری زمین منجر به از دست رفتن محصول کشاورزی می‌شود. در این موارد، باید کاربری کنونی زمین مورد ارزیابی قرار گیرد و تحلیلی درباره بهترین ترتیب استفاده از آن در حالت بدون اجرای طرح، انجام پذیرد. به طور اصولی، یک محصول معین و یا شمار محدودی از انواع محصول، به عنوان شاخص محصول زمین برگزیده می‌شود و برپایه آن، محصول خالص از دست رفته زمین برآورد می‌شود. می‌توان این برآوردها را براساس یک هکتار زمین به عمل آورد و سپس آن را به کل زمین مورد نیاز تعمیم داد. در مواردی که فناوری کشاورزی و یا الگوی کشت در حال تغییر است، می‌توان برآورد محصول سالانه یک هکتار زمین را با توجه به ملاحظات یادشده و منظور داشتن بهبود بهره‌وری، مورد تعدیل قرار داد. شمار کاشت و برداشت سالانه از زمین، در مناطق مختلف کشور متفاوت است و از این رو، باید فایده خالص حاصل از برداشت محصول انتخاب شده، برحسب شمار برداشت در منطقه، مورد تعدیل قرار گیرد تا بتوان برپایه آن ارزش خالص محصول از دست رفته زمین مورد نظر را برآورد کرد. محاسبات مربوط را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

$$EPL_t = NB_0 * CI * (1 + g)^t \quad (\text{فرمول ۶. ۶۲})$$

$EPL_t$  = قیمت اقتصادی محصول یک هکتار زمین در سال  $t$ ؛

$NB_0$  = محصول خالص یا فایده خالص محصول حاصل از یک هکتار برحسب قیمت اقتصادی در سال صفر؛

$CI$  = شمار کاشت و برداشت در سال؛

$g$  = ضریب (مثبت یا منفی) رشد بهره‌وری.

برپایه فرمول یادشده می‌توان هزینه‌های امکانات از دست رفته یا قیمت اقتصادی محصول یک هکتار زمین را برای هر یک از سال‌های عمر طرح محاسبه کرد.

استفاده از زمین در حوزه مناطق شهری، برای نمونه احداث راه کمربندی، اثرها و پی‌آمدهای پیچیده‌تری در بر دارد؛ زیرا به طور معمول اجرای طرح موجبات جا به جایی چند نوع فعالیت و خدمت را فراهم می‌آورد. به احتمال زیاد، فعالیت‌های جا به جا شده به محل دیگری انتقال می‌یابد که در آنجا نیز هم اکنون فعالیت‌های وجود دارد و از این رو، برآورد هزینه امکانات از دست رفته، هم در منطقه اجرای طرح و هم در منطقه جدید استقرار واحدهای منتقل شده، دشوار و پیچیده خواهد بود. در این حالت، برای تعیین هزینه اقتصادی زمین، باید مجموعه تغییرهای حاصل از فعالیت‌های مختلف برحسب نوع فعالیت، برآورد شود.

برای نمونه، در جدول (۶.۱۳) فعالیت‌های مختلفی که به دلیل ساخت راه کمربندی در حوزه منطقه شهری در معرض جا به جایی قرار می‌گیرد، ارائه شده است. در این جدول، مساحت زمین مورد استفاده در حالت بدون اجرای طرح برحسب نوع فعالیت؛ مساحت زمینی که تغییر کاربرد پیدا خواهد کرد؛ منطقه‌ای که فعالیت به آن منتقل خواهد شد؛ و روش برآورد هزینه امکانات از دست رفته زمین برحسب نوع فعالیت در شرایط بدون اجرای طرح مشخص شده است.

اکنون به ترتیب درباره هر یک از موارد مختلف کاربرد زمین توضیح داده خواهد شد. کارخانه‌ها در جا به جایی به همان میزان اولیه، به زمین نیاز دارند و در نمونه مورد بحث، جایگزین محصول زمینی که به آن منتقل می‌گردند، خواهند شد. شاید با این جا به جایی، بهره‌وری کارخانه‌ها افزایش یابد؛ ولی به هر روی، تعیین کننده قیمت اقتصادی زمین، تنها محصول صرفنظر شده کشاورزی است. واحدهای تجاری و مسکونی نیز جا به جا خواهند شد؛ ولی به دلیل فشرده شدن طراحی ساختمان‌های جدید، زمین کمتری به آنها تخصیص می‌یابد. در این مورد نیز قیمت اقتصادی زمین برپایه محصول صرفنظر شده کشاورزی تعیین می‌شود.

راه موجود به عنوان بخشی از راه جدید کمربندی تعریض خواهد شد و از این رو، تغییری در کاربرد کنونی زمین به وجود نمی‌آید. اداره‌های دولتی به سایر ساختمان‌های دولتی موجود در همان منطقه منتقل خواهد شد و از این رو، جا به جایی این اداره‌ها هزینه‌ای از نظر زمین در بر ندارد. زمین مربوط به تفرجگاه به طور کلی به خاطر احداث راه تغییر کاربرد خواهد داد. از آنجا که استفاده از آن تفرجگاه رایگان است از این رو، باید ارزش زمین را برپایه میل به پرداخت استفاده کنندگان از آن تعیین کرد. به این منظور باید با بررسی و پرسش از آنان، میل به پرداختشان را مشخص نمود.

جدول ۶.۱۳. هزینه امکانات از دست رفته زمین در طرح ساخت راه کمربندی

روش برآورد	محل انتقال فعالیت	فعالیت‌ها در شرایط بدون اجرای طرح		
		زمین تغییر کاربرد داده	هکتار	نوع فعالیت
مانند زمین کشاورزی	زمین کشاورزی	۴۰	۴۰	کارخانه‌ها
مانند زمین کشاورزی	زمین کشاورزی	۲۰	۳۰	واحدهای تجاری
-	-	-	۴۰	راه
مانند زمین کشاورزی	زمین کشاورزی	۲۰	۳۰	مسکن
تفاوت هزینه	-	-	۱۰	دولت
میل به پرداخت	-	۵	۵	تفرجگاه
محصول صرف نظر شده	-	۲۰	۲۰	زمین کشاورزی

سرانجام این که محصول زمین کشاورزی که راه در آن ساخته می‌شود، به هیچ ترتیبی جایگزین نخواهد شد و برای همیشه از بین خواهد رفت. در این مورد، باید برای کسانی که در این زمین مشغول به کار بوده‌اند، مشاغل جدیدی در نظر گرفت. از این رو، هزینه زمین یادشده برپایه قیمت اقتصادی محصول از میان رفته و نیز هزینه ایجاد اشتغال افراد مورد بحث، برآورد و تعیین می‌گردد.

برای تعیین هزینه اقتصادی زمین به عنوان یک هزینه سرمایه‌ای، می‌توان با استفاده از نرخ تنزیل مشخص شده - در این باره در فصل هفتم توضیح داده خواهد شد - هزینه امکانات از دست رفته سالانه زمین در طی عمر طرح را به زمان حال برگرداند. مجموع هزینه امکانات از دست رفته تنزیل شده، تعیین کننده قیمت اقتصادی زمین است.

#### ۶.۴. قابل مقایسه کردن قیمت‌های اقتصادی

هرگاه برای برآورد قیمت منابع مورد نیاز طرح از اصول پیشگفته پیروی شود، بخش عمده اثرها و پی‌آمدهای طرح برپایه «قیمت معادل مرز» ارزش‌گذاری خواهد شد. این اصول برای تعیین قیمت اقتصادی اقلامی از قبیل کالاها و خدمات مبادلاتی، هزینه امکانات از دست رفته نیروی کار ساده، هزینه امکانات از دست رفته زمین و به طور غیرمستقیم برای تعیین قیمت کالاهای غیرمبادلاتی افزایش یافته مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ ولی قیمت اقتصادی سایر اقلام غیرمبادلاتی از قبیل هزینه امکانات از دست رفته نیروی کار ماهر، و کالاهای غیرمبادلاتی غیرافزاینده برپایه قیمت موجود در بازار تعیین می‌شود.

برای قابل مقایسه کردن قیمت دو گروه اقلام یادشده که یکی برپایه قیمت معادل مرز و دیگری برپایه قیمت داخلی تعیین می‌گردد، باید مخرج مشترکی برای آنها در نظر گرفت. به این منظور باید نوع پول و سطح قیمت‌های مورد نظر مشخص شود تا تمام تحلیل‌ها بر آن مبنا انجام پذیرد. در مورد تمام طرح‌های عمرانی و از جمله طرح‌های راهسازی، تحلیل اقتصادی باید برپایه ریال و سطح قیمت‌های داخلی انجام پذیرد. مفهوم این سخن آن است که قیمت‌های مرزی کالاها باید با استفاده از نرخ تبدیل ارز به قیمت‌های داخلی برحسب ریال تبدیل شود.

حال باید دید که برای تبدیل ارز باید از چه نرخ تبدیلی استفاده کرد؟ همان گونه که در فصل دوم بیان شد، دولت‌ها به طور معمول برای حمایت از تولیدکنندگان داخلی و یا کسب درآمد، بر واردات حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی وضع می‌نمایند و یا این که برای تشویق صادرات، به کالاهای صادراتی یارانه می‌پردازند و یا این که برای واردات سهمیه تعیین می‌نمایند و یا این که صادرات و در مواردی واردات برخی کالاها را ممنوع اعلام می‌کنند. این گونه اقدامات موجبات «تحریف مرزی» را فراهم می‌آورند؛ زیرا این امور باعث می‌شود که نرخ تبدیل ارز کمتر از واقع تعیین گردد (یعنی نرخ رسمی تبدیل ارز، ارزش پول داخلی را بیش از واقع نشان می‌دهد). تحریف مرزی بر ارتباط بین «قیمت‌های مرزی» و «قیمت‌های داخلی» تأثیر می‌گذارد. به طور کلی، در کشورهای در حال توسعه، تحریف قیمت‌های مرزی باعث می‌شود که قیمت‌های داخلی نسبت به قیمت‌های مرزی افزایش یابد.

با توجه به آن که تحریف مرزی بر ارزش نسبی کالاهای مبادلاتی، در مقایسه با کالاهای غیرمبادلاتی تأثیر می‌گذارد، در تحلیل اقتصادی طرح، باید تحریف میان قیمت کالاهای مبادلاتی و قیمت کالاهای غیرمبادلاتی تصحیح شود. راه تصحیح تحریف یاد شده آن است که به جای «نرخ رسمی تبدیل ارز» از «نرخ اقتصادی (محاسباتی) تبدیل ارز» استفاده شود. در کشورهای در حال توسعه، کاربرد نرخ اقتصادی تبدیل ارز به این معنی است که برای ارز خارجی، ارزشی بیش از نرخ رسمی تبدیل ارز در نظر گرفته شود و از این رو، در عمل برای کالاهای مبادلاتی نسبت به کالاهای غیرمبادلاتی، ارزش بالاتری تعیین گردد؛ زیرا نرخ رسمی تبدیل ارز، ارزش آن را کمتر از واقع نشان می‌دهد و لذا، ارزش کالاهای مبادلاتی در مقایسه با کالاهای غیرمبادلاتی، کمتر از واقع محاسبه خواهد شد.

گاه برخی افراد به اشتباه چنین تصور می‌کنند که هرگاه بازار خرید و فروش ارز آزاد باشد، نرخ تعیین شده در بازار با نرخ اقتصادی تبدیل ارز یکسان خواهد بود. باید یادآور شد، حتی در مواردی که نرخ رسمی ارز از طریق بازار تعیین می‌شود باز هم میزان آن با نرخ اقتصادی تبدیل ارز

فرق خواهد داشت؛ زیرا دریافت‌های ارزی و جریان سرمایه (موازنه ارزی) بر بازار قیمت ارز تأثیر می‌گذارد، حال آن که تعیین کننده نرخ اقتصادی تبدیل ارز، جریان کالاها و خدمات (موازنه بازرگانی) است. از این رو، حتی در کشورهایی که بازار ارز به طور آزاد عمل می‌کند، باز هم به دلیل کنترل بازرگانی خارجی، حقوق و عوارض گمرکی و نیز بازارهای انحصاری، بین قیمت بازار داخلی کالاها و مبادلاتی و قیمت بازار جهانی همین کالاها، همچنان تفاوت وجود خواهد داشت.

به هر روی، نرخ اقتصادی تبدیل ارز نشان دهنده توانایی یک واحد ارز خارجی برای ایجاد مقدار معینی مصرف داخلی است. میل به پرداخت بابت کالاها یا خدمات از طریق یک واحد ارز خارجی فراهم می‌شود، مبنای تعیین ارزش مصرف داخلی حاصل از ارز است. با عنایت به آن که یک واحد اضافی ارز خارجی، برحسب مورد می‌تواند کالاها یا خدماتی بسیار مختلفی را فراهم آورد، باید میانگین میل به پرداخت همه کالاها در محاسبه و برآورد نرخ اقتصادی تبدیل ارز مورد توجه قرار گیرد. برای تعیین میانگین یادشده، باید میانگین وزنی قیمت‌های بازار داخلی تمام کالاها یا خدماتی مبادلاتی برپایه قیمت تقاضا و یا به سخن دیگر بر بنیاد میل به پرداخت برحسب پول جاری کشور؛ و نیز میانگین وزنی قیمت‌های ارزی همین کالاها بر مبنای دلار (یا هر ارز دیگر) و تبدیل آن به پول جاری کشور برحسب «نرخ رسمی تبدیل»، محاسبه شود. حاصل تقسیم میانگین وزنی قیمت‌های داخلی یادشده بر میانگین وزنی همان کالاها برپایه قیمت‌های جهانی، تعیین کننده نرخ اقتصادی تبدیل ارز است. این شیوه محاسبه، با دو مشکل زیر رو به روست:

**یک -** چون تحصیل یا مصرف ارز به وسیله طرح، معطوف به سال‌های آینده است، از این رو باید میانگین وزنی سال‌های آینده محاسبه شود. حال آن که در عمل، میانگین وزنی قیمت برپایه میانگین چند سال اخیر (به طور معمول، میانگین قیمت در ۵ سال گذشته و تعدیل آن برحسب مورد با توجه به اثرهای سیاست بازرگانی خارجی آینده) برآورد می‌شود.

**دو -** به طور اصولی، میل پرداخت بابت کالاها یا خدماتی، باید براساس ملاحظه موارد واقعی میل به پرداخت مصرف کنندگان تعیین شود. حال آن که در عمل، میانگین قیمت‌های داخلی کالاها یا خدماتی، نه براساس ملاحظه واقعی رفتار مصرف کنندگان، بلکه برپایه برآورد، تعیین می‌شود. به منظور انجام این برآورد، نخست میانگین وزنی «نرخ حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی دریافتی و نیز یارانه پرداختی به کالاها یا خدماتی» محاسبه می‌شود و آنگاه درصد حاصل از این محاسبه به قیمت‌های ارزی افزوده می‌گردد.

وزن کالاها یا خدماتی صادراتی و وارداتی را میزان ارزش آنها نسبت به کل ارزش بازرگانی خارجی (مجموع صادرات و واردات) کشور، تعیین می‌کند. در عمل برای محاسبه میانگین مورد

بحث، با استفاده از اطلاعات و آمار و داده‌های گمرکی، ارزش تمام واردات و صادرات کشور با یکدیگر جمع می‌شود و سپس کل حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی و یارانه پرداختی با یکدیگر جمع می‌گردد. آنگاه، مجموع حقوق و عوارض و یارانه بر مجموع ارزش کالاهای وارداتی و صادراتی تقسیم می‌گردد. حاصل این تقسیم نشان دهنده «میانگین وزنی نرخ حقوق و عوارض گمرکی و سود بازرگانی و یارانه» ( $WATR$ ) است. با این توضیح ملاحظه می‌شود که مسأله وزن دادن خود به خود در عملیات اعمال شده است.

منطق کاربرد روش مورد بحث آن است که به طور اصولی، در بازار داخلی معادل مبلغ حقوق و عوارض گمرکی به قیمت کالاهای وارداتی و معادل مبلغ یارانه به قیمت کالاهای صادراتی اضافه می‌شود. به هر حال، باید یادآور شد که در این روش موانع غیرتعرفه‌ای از قبیل: مقررات ممنوعیت ورود یا صدور کالا، و یا سهمیه بندی ورود و صدور کالا، مورد ملاحظه قرار نمی‌گیرد. با توجه به آنچه که گفته شد، در عمل برای تعیین نرخ اقتصادی (محاسباتی) ارز، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد.

$$SER = (1 + WATR) * OER \quad (\text{فرمول ۶. ۶۳})$$

$SER$  = نرخ اقتصادی تبدیل ارز؛

$WATR$  = میانگین وزنی نرخ حقوق و عوارض گمرکی و یارانه؛

$OER$  = نرخ رسمی تبدیل ارز.

برای نمونه، هرگاه نرخ رسمی تبدیل یک دلار برابر با ۱۰ سکه و میانگین وزنی نرخ حقوق و عوارض گمرکی و یارانه برابر با ۲۵ درصد فرض شود، نرخ اقتصادی تبدیل ارز به شرح زیر تعیین می‌گردد:

$$SER = (1 + 0.25) \times 10 = 12.5 \quad \text{سکه}$$

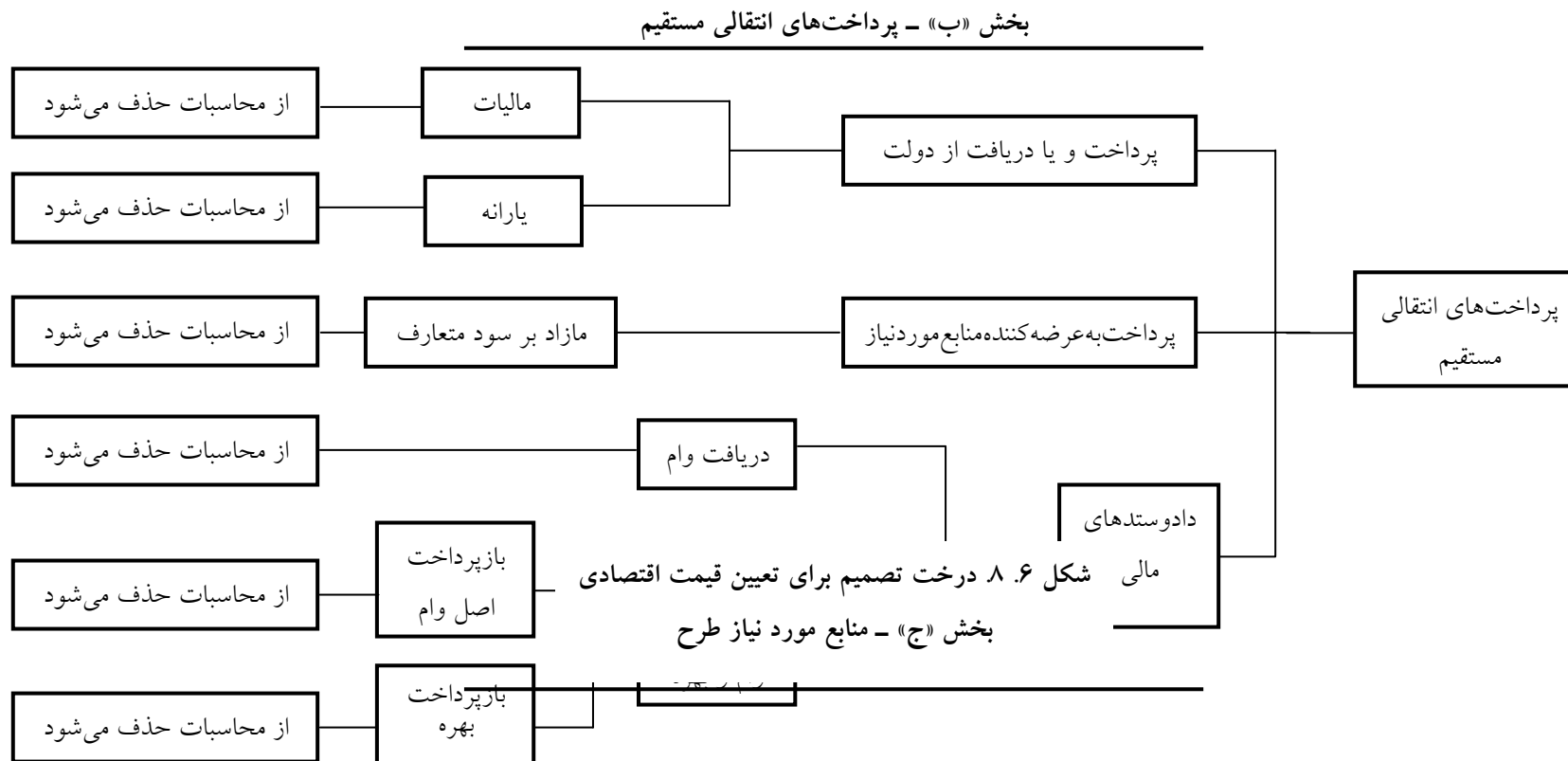
عبارت  $(1 + WATR)$  را «ضریب اضافه قیمت ارز» ( $PREM$ ) می‌خوانند. نسبت قیمت اقتصادی هر کالا - از جمله ارز - به قیمت مالی همان کالا، تعیین کننده «ضریب تبدیل»، قیمت‌های مالی به قیمت‌های اقتصادی است. با اعمال این ضریب در قیمت مالی کالا، می‌توان قیمت اقتصادی آن را تعیین کرد و در موارد بعدی نیازی به محاسبات اضافی نخواهد بود.

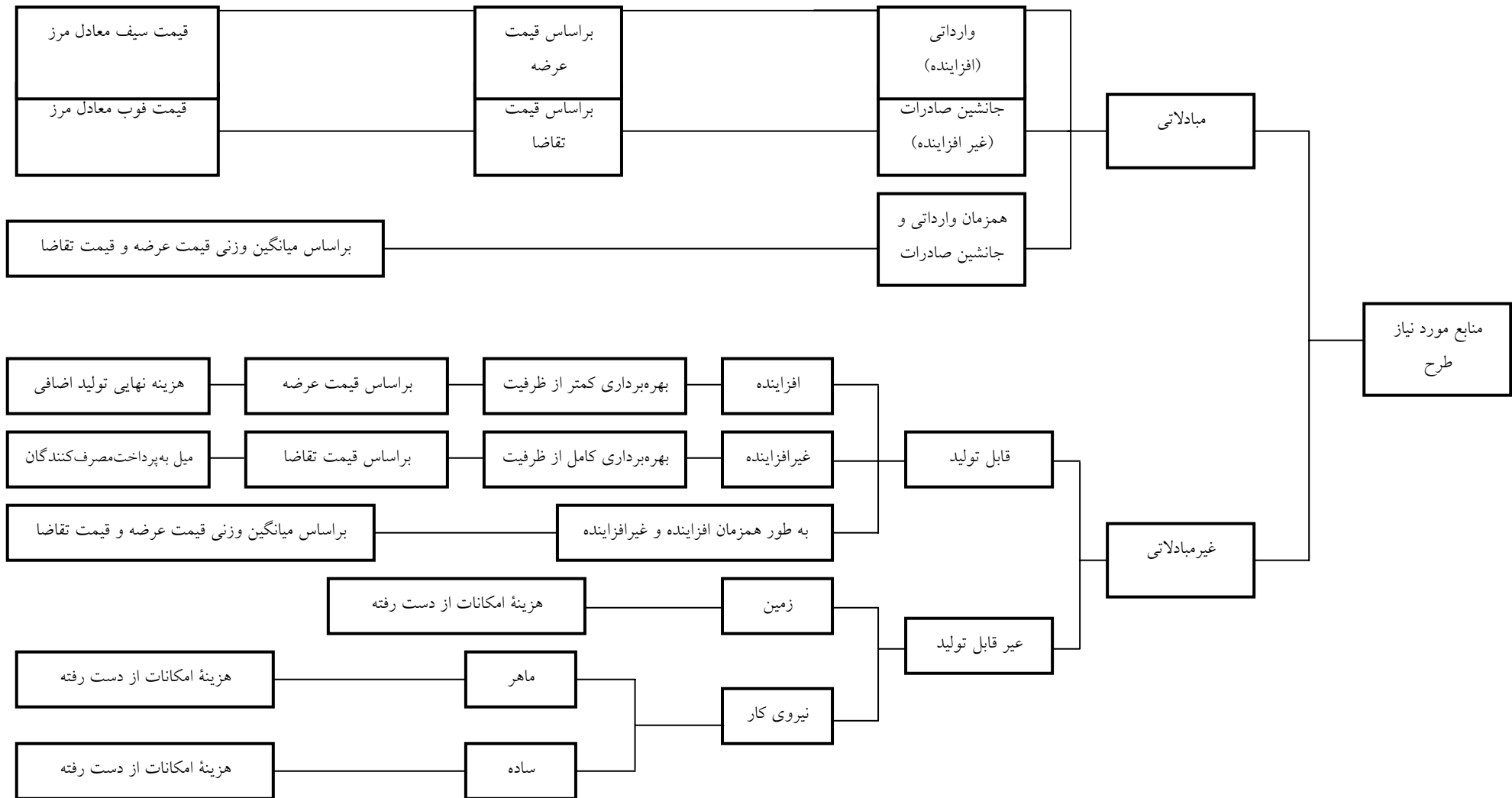
برای مرور سریع مطالب پیشگفته، در شکل (۶. ۶) چگونگی تعیین قیمت‌های اقتصادی در قالب «درخت تصمیم» ارائه شده است.

شکل ۶.۶. درخت تصمیم برای تعیین قیمت اقتصادی



شکل ۶.۷. درخت تصمیم برای تعیین قیمت اقتصادی







## ۵. ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی

فرایند بررسی به منظور کاستن از پیامدهای منفی زیست محیطی طرح را «ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی» می‌خوانند. به طور معمول در طرح‌های جدید و نیز طرح‌های بهسازی راه، به دلیل پیامدهای بالقوه منفی زیست محیطی آنها، باید این گونه طرح‌ها را از نقطه نظر اثر آنها بر محیط زیست مورد ارزشیابی قرار داد (نگاه کنید: به جدول ۶.۱۴). جدول یادشده به عنوان نمونه ارائه گردیده است و احتمال آن وجود دارد که پیامد طرح‌های راهسازی برحسب مورد، متفاوت باشد. حتی در مواردی که به دلیل کوچک بودن مقیاس بهسازی راه، نیاز به ارزشیابی جامع پیامدهای زیست محیطی نباشد، باز هم باید ملاحظات زیست محیطی آن به طور کلی مورد تحلیل قرار گیرد. در این بخش، به مسائل عمومی که باید در مطالعه و ارزشیابی زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد، اشاره می‌شود. توصیه می‌گردد که برای آگاهی بیشتر دربارهٔ مسائل مطروحه، به جدول‌هایی که در پایان این بخش ارائه شده است مراجعه شود.

### ۵.۱. نگرش کلی به فرایند ارزشیابی زیست محیطی

اساس فرایند ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی (که از این پس به طور خلاصه از آن به عنوان ارزشیابی زیست محیطی یاد می‌شود)، در واقع یک سلسله بررسی و اقدام در قبال اطلاعات به دست آمده دربارهٔ اثرهای منفی طرح بر محیط زیست است. در شکل (۶.۷)، چگونگی ارتباط ارزشیابی زیست محیطی با مراحل مختلف چرخه عمر طرح، به نمایش درآمده است. در عمل، فرایند ارزشیابی جنبه خشک خطی ندارد و انعطاف پذیر است؛ به این معنی که هرگاه در پرتو بحث و گفتگو دربارهٔ اقدام‌های مربوط به تعدیل اثرهای منفی، ضرور و لازم تشخیص داده شود، اطلاعات و داده‌های پایه مورد بررسی دوباره قرار خواهد گرفت.

ارزشیابی به طور معمول توسط گروهی از کارشناسان که صلاحیت هر یک در رشته مربوط به خود احراز شده است، انجام می‌پذیرد. هرگاه طرح با پیامدهای زیست محیطی متنوع و مختلفی همراه باشد، نقش مدیریت و هماهنگی کارشناسان مختلف، از نظر ارزشیابی زیست محیطی و نیز ارزشیابی کلی طرح راهسازی، اهمیت بسیار پیدا می‌کند.

### ۵.۲. واری و تعیین محدوده

بررسی اطلاعات موجود در مطالعات انجام شده پیشین، نقش مهمی در ارزشیابی زیست محیطی دارد. هرگاه ارزشیابی زیست محیطی راهبردی (استراتژیک) قبلاً انجام پذیرفته باشد، می‌توان

از آن بهره جست. به طور معمول، در ارزشیابی راهبردی سیاست‌ها، راهبردها، نقشه‌ها، و برنامه‌های عملیاتی مورد توجه قرار می‌گیرد و اثرهای زیست محیطی یک طرح خاص مورد نظر نیست. در واقع، ارزشیابی راهبردی معطوف و ناظر بر ارزشیابی کلی اثر شبکه حمل و نقل بر محیط زیست است. حتی در مواردی که برنامه راهبردی رسمی موجود نباشد، گاه در مرحله شناسایی طرح، تحلیل زیست محیطی مقدماتی انجام می‌پذیرد. این گونه اطلاعات باید گردآوری و بررسی شود؛ زیرا موجب صرفه‌جویی در وقت و منابع خواهد شد.

نخستین مرحله ارزشیابی زیست محیطی، واری و تصمیم‌گیری درباره انجام دادن و یا ندادن ارزشیابی زیست محیطی جامع است. هرگاه نیاز به بررسی و ارزشیابی جامع نباشد، باز هم باید نوعی از تحلیل زیست محیطی انجام پذیرد و این تحلیل، باید به تناسب مقیاس طرح راه و پیامدهای زیست محیطی احتمالی آن صورت گیرد. در همه حال، باید تکالیفی که قانون و مقررات سازمان حفاظت محیط زیست مشخص کرده است، مورد عمل قرار گیرد. واری و تصمیم‌گیری درباره چگونگی بررسی مسائل زیست محیطی، مستلزم رایزنی با دستگاه‌های مسؤول از قبیل وزارت راه و ترابری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و سازمان حفاظت محیط زیست است.

- تعیین محدوده مورد بررسی زیست محیطی، به موازات و یا به فوریت پس از پایان مرحله واری انجام می‌پذیرد. محدوده، شامل شناسایی مهمترین مسائل زیست محیطی مرتبط به طرح است. برای نمونه، هرگاه در نظر باشد که برای ساخت راه جدید از زمین منطقه حفاظت شده و یا از زمین نزدیک به آن استفاده شود، به احتمال زیاد، پیامد اکولوژیکی به همراه خواهد داشت. حال، هرگاه در نظر باشد که راه کمربندی تعریض گردد، پیامد آن آلوده شدن هوای محلی است. چنانچه محدوده مورد بررسی به خوبی مشخص شود، ارزشیابی زیست محیطی به آسانی پیش خواهد رفت و نیازی به آن نخواهد بود که گروه مسؤول ارزشیابی، وقت زیادی برای مسائل زیست محیطی به نسبت بی‌اهمیت، تخصیص دهد. به این منظور، بهتر است از آغاز تمام کارشناسان و دستگاه‌های مربوط، در امر واری و تعیین محدوده شرکت داده شوند. به سخن دیگر، بهتر است که مسائل در مراحل اولیه مورد بحث و رایزنی قرار گیرد تا به این ترتیب مانع کار در مراحل بعدی نگردد. طبیعی است که گروه مسؤول ارزشیابی زیست محیطی، نباید تمام مسائل را به تفصیل مورد بررسی و ارزشیابی قرار دهد و بهتر است که با عنایت به محدوده تعیین شده، بیشترین توجه خود را به مسائل مهم معطوف دارد. به این منظور، باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- همکاری و هماهنگی میان کارشناسان زیست محیطی برحسب نوع تخصص، در ارتباط با طرح و محل اجرای آن؛
- رایزنی با تمام دستگاه‌های مرتبط با مسائل محیط زیست؛
- تنظیم برنامه کار برای ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی؛
- تعریف معیار «تعیین اهمیت» پیامدهای زیست محیطی؛
- پیشنهاد روش‌ها و تکنیک‌های ارزشیابی مسائل زیست محیطی (برای نمونه: ارزشیابی پشت میزی، مدل‌سازی و یا بررسی‌های میدانی در محل)؛
- زمان‌بندی و ترتیب رایزنی‌ها و یا مشارکت دادن دیگران در ارزشیابی.

### ۵.۳. ارزشیابی گزینه پایه

پس از واری و تعیین محدوده، مرحله بعدی تنظیم و ارائه یک تصویر کامل از محیطی است که ساخت راه می‌تواند بر آن تأثیر گذارد. این عمل را «ارزشیابی گزینه پایه» می‌خوانند و مستلزم گردآوری اطلاعات درباره «منابع عمده زیست محیطی و اجتماعی» است. فارغ از طرح راه، وضع موجود در گزینه پایه می‌تواند در معرض تغییرات حاصل از رویدادهای طبیعی و روند امور و یا فعالیت‌های انسانی قرار گیرد. از این رو، باید وضع در شرایط بدون اجرای طرح نیز بررسی و پیش‌بینی گردد. پیش‌بینی تغییرات در شرایط بدون اجرای طرح به ویژه از این دیدگاه حائز اهمیت است که ممکن است طرح مورد نظر تا چند سال دیگر به مرحله اجرا در نیاید. منابع اطلاعاتی گزینه پایه زیست محیطی شامل موارد زیر است:

- نقشه‌های توپوگرافیک؛
- نقشه‌های وضعیت گیاهان و رستنی‌ها؛
- عکس‌های هوایی؛
- گزارش‌های علمی و فنی؛
- اطلاعات و داده‌های فنی، اجتماعی، جمعیت‌شناسی، و اقتصادی دستگاه دولتی مرکزی و منطقه‌ای؛
- سازمان‌های تحقیقاتی غیردولتی؛
- رایزنی با ساکنان محل و متخصصان.

جدول ۱۴.۶. پیامدهای مهم زیست محیطی طرح‌های راهسازی

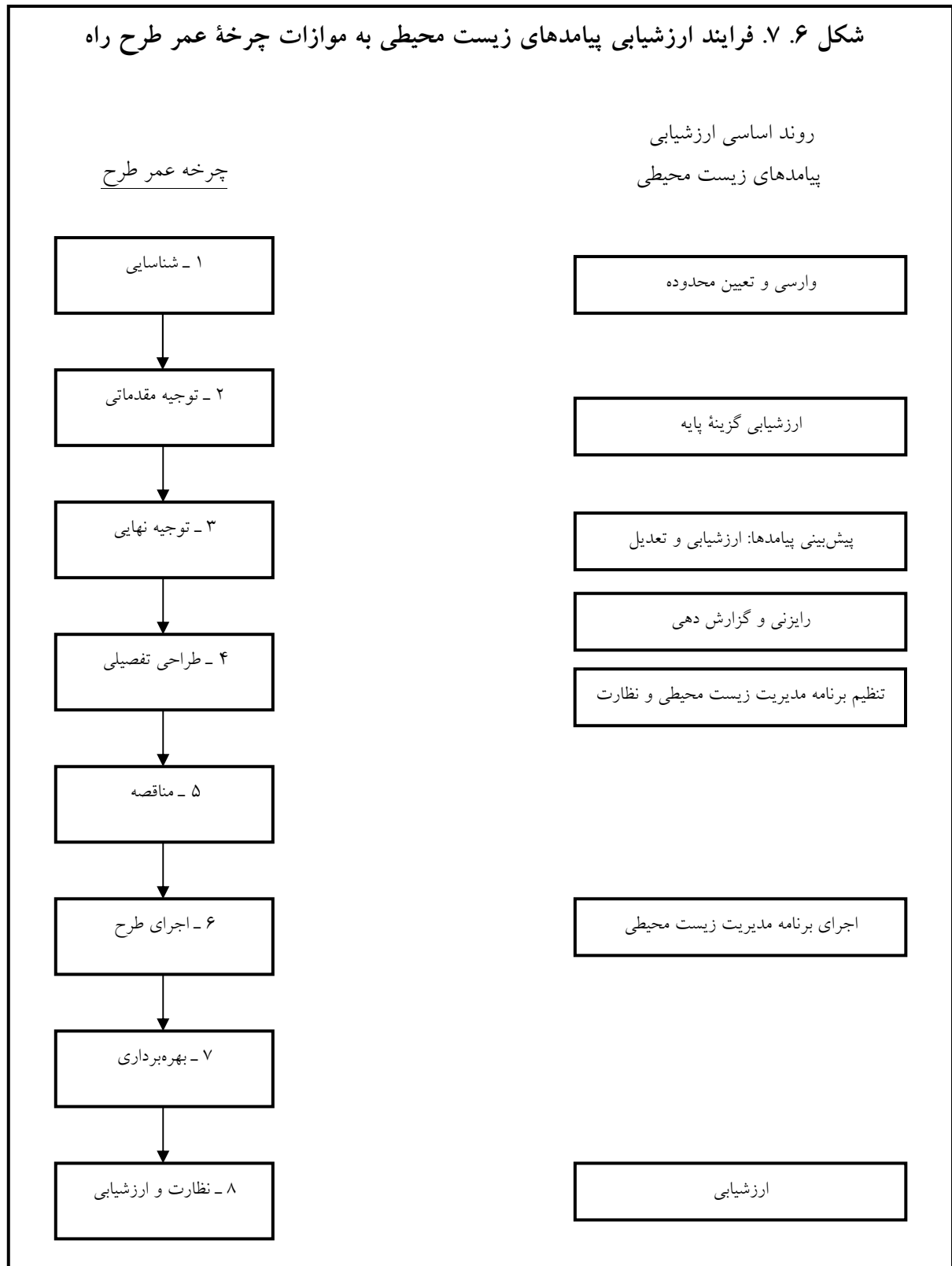
مراحل چرخه عمر طرح					شرح پیامد
تعمیر و نگهداری	بهره‌برداری از راه	طرح‌های وابسته و تغییر کاربری زمین	در مرحله اجرای طرح	پیش از اجرای طرح	
برای نمونه، رویه مجدد، زهکشی، دیوار حائل و تعمیر پل	برای نمونه، تصادف رانندگی، ترافیک	برای نمونه، توسعه ساخت مسکن و توسعه فعالیت‌های صنعتی و تجاری	برای نمونه، کارهای خاکی، آماده‌سازی زمین، زهکشی، استفاده از ماشین‌آلات سنگین راهسازی، اردوی کارگران	برای نمونه، منابع مصالح، گودال قرضه، استخراج سنگ	
●	▲	▲	▲	▲	آلودگی منابع آب
●	●	▲	▲	▲	آلودگی خاک
●	▲	▲	▲	●	آلودگی هوای محلی
●	▲	▲	●	●	آلودگی هوای منطقه
●	●	▲	▲	▲	آسیب به چشم‌انداز، منابع طبیعی و زباله‌سازی
●	○	▲	▲	●	آسیب به اکوسیستم
○	○	▲	▲	▲	آسیب به میراث فرهنگی
●	▲	●	▲	▲	آلودگی صوتی
●	●	○	▲	●	گسیختگی اجتماعی
○	○	▲	▲	●	پیامد حاصل از تملیک زمین و اسکان مجدد

○ = بدون پیامد

● = پیامد بالقوه جزئی

▲ = پیامد بالقوه عمده

شکل ۶.۷. فرایند ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی به موازات چرخه عمر طرح راه



به عنوان بخشی از برنامه‌ریزی مطالعه زیست محیطی، باید اطمینان حاصل شود که گروه مسؤول مطالعه، بررسی‌ها و پژوهش‌های اضافی مورد نیاز برای تکمیل اطلاعات گزینه پایه را مشخص و تعیین کرده است. یادآور می‌شود که برخی از بررسی‌های زیست محیطی باید در زمان‌های خاصی از سال انجام پذیرد و یا در صورت اقتضا، تکرار گردد. گروه مسؤول باید سال انجام ارزشیابی‌های زیست محیطی بعدی را مشخص و تعیین کند. این سال‌ها باید با رایزنی با گروه مسؤول طراحی فنی طرح، انتخاب شود. به طور معمول این ارزشیابی یک بار در سال آغاز بهره‌برداری و یک بار دیگر ۱۰ سال پس از آغاز بهره‌برداری از راه انجام می‌پذیرد.

هرگاه اطلاعات لازم و کلیدی درباره منابع زیست محیطی مربوط در اختیار نباشد، باید بررسی‌های جدیدی در این باره انجام پذیرد. گردآوری داده‌ها و اطلاعات پایه زیست محیطی، کاری زمان‌بر است و از این رو، باید آن را محدود به مجموعه اطلاعاتی کرد که بیشترین ارتباط را با موضوع مطروحه دارد؛ یعنی آن دست از منابع مهم و اساسی محیطی و اجتماعی که راه مورد نظر بیشترین اثر را بر روی آنها خواهد داشت.

در تعیین گزینه پایه زیست محیطی، مسأله ابعاد مکانی مطالعه، یکی از ملاحظات اساسی است. اطلاعات درباره برخی از پیامدها را می‌توان از نظر مکانی در گستره جغرافیایی راه و یا به سخن دیگر، در مسیر آن به دست آورد؛ ولی ماهیت برخی پیامدها اقتضا دارد که برای گردآوری اطلاعات و داده‌های پایه، محدوده‌های جغرافیایی دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد. برای نمونه، پیامد طرح راه بر آلودگی آب زیرزمینی، کیلومترها دورتر از منشأ آلودگی بروز خواهد کرد.

#### ۴.۵. پیش‌بینی پیامدها، ارزشیابی و اقدام‌های تعدیلی

پیش‌بینی پیامد و ارزشیابی، مستلزم ملاحظه گزینه پایه زیست محیطی در پرتو تغییرات حاصل از اجرای طرح راه است. پیش‌بینی و ارزشیابی باید به هنگام انجام پذیرد تا به عنوان یک داده اساسی در مرحله مقایسه فنی و اقتصادی گزینه‌های مختلف طرح راهسازی، مورد استفاده قرار گیرد. پیش‌بینی و ارزشیابی باید در مورد همه موضوع‌های زیست محیطی که راه بر آن اثر می‌گذارد، انجام یابد. موضوع‌های مطروحه شامل موارد زیر است:

- |                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| - منابع آب      | - آکو سیستم       |
| - خاک           | - میراث فرهنگی    |
| - هوای محلی     | - صوت و ارتعاش    |
| - هوای منطقه‌ای | - گسیختگی اجتماعی |

- چشم‌انداز، منابع طبیعی و زباله‌سازی -  
- تملیک زمین و اسکان مجدد -  
مسأله ارتباط متقابل بین موضوع‌های یادشده نیز دارای اهمیت است. برای نمونه، باید معلوم شود که پیامدهای زیست محیطی در چه هنگامی بر یک جامعه خاص تأثیر می‌گذارد. خواننده می‌تواند برای آگاهی بیشتر درباره موضوع‌های پیشگفته، به ده جدول متناظر موضوع مطروحه در پایان این فصل مراجعه کند.

شیوه‌های گوناگونی برای پیش‌بینی پیامدها و ارزشیابی مسائل زیست محیطی مانند: مدلسازی؛ نقشه‌برداری / سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی؛ و روش‌های تحلیل کیفی، در دسترس است. در جدول‌های پایان فصل، از شیوه‌های یادشده به طور خلاصه و برحسب موضوع مورد بررسی نام برده شده است. برای مشخص کردن پیامدها در قبال پارامترهای مختلف، باید از شیوه مناسب استفاده شود و مسائل زیر را در نظر داشت:

- آیا پیامد منفی یا مثبت است؟
  - میزان پیامد در موارد ممکن به صورت کمی تعیین شود؟
  - زمان‌بندی با عنایت به چرخه عمر طرح (نگاه کنید به جدول ۱۴.۶) و نیز برحسب ماه و فصل؛
  - آیا پیامد دائمی یا موقت است و اثرهای حاصل تا چه مدت باقی خواهد ماند؛
  - آیا پیامد از نظر ماهیت مستقیم یا غیرمستقیم است؛
  - آیا امکان از میان رفتن خود به خود پیامد وجود دارد؛
  - آیا پیامد در ارتباط با سایر طرح‌ها اثر تجمعی دارد (برای نمونه احداث ساختمان‌های تجاری و مسکونی در نزدیکی راه در مجموع تأثیر بسیار مهمی بر زندگی آبریان محل خواهد داشت).
- پس از مشخص شدن پیامدهای بالقوه طرح، باید اهمیت آنها مورد ملاحظه قرار گیرد. منظور از «اهمیت» در این مبحث، میزان و ویژگی‌های پیامد و حساسیت محیط زیست و جامعه دریافت کننده در قبال آن است. تعیین اهمیت، بخش مهمی از ارزشیابی زیست محیطی را تشکیل می‌دهد و باید از آغاز فرایند ارزشیابی مورد توجه قرار گیرد. هرگاه پیش‌بینی شود که هیچ پیامد مهمی وجود نخواهد داشت، باید آن را به روشنی در «گزارش پیامد زیست محیطی» بیان کرد و توضیح داد. می‌توان با استفاده از «معیارهای اهمیت» که در سایر طرح‌ها و یا در مقیاس ملی و منطقه‌ای تدوین شده است، برای تعریف دقیق «اهمیت» در طرح مورد نظر استفاده کرد.

ارزشیابی زیست محیطی یک فرایند کنشگر (فعال) است و هدف آن یاری رساندن به بهبود ماهیت و طراحی طرح مورد نظر می‌باشد. به این منظور باید کوشید که با کاربرد روش پیش‌بینی و

ارزشیابی، شیوه اجتناب و کاهش و یا تصحیح پیامدها، مشخص و تعیین شود. رویکرد مرجح آن است که با انتخاب یک گزینه و یا طراحی جایگزین، از پیامدهای نامطلوب اجتناب گردد. در مواردی که اجتناب از پیامد میسر نیست، رویکرد مرجح آن است که اثر زیان‌آور پیامد کاهش یابد و یا تصحیح شود. این شیوه عمل را «تعدیل پیامد» می‌خوانند. تعدیل را می‌توان با شیوه‌های زیر انجام داد:

- تغییر طراحی و یا تغییر روش‌های ساخت و ساز و یا تغییر نگهداری و بهره‌برداری؛  
- اجرای تدبیرهای اضافی به منظور حفظ محیط فیزیکی، زیستی، و اجتماعی و نیز افرادی که طرح بر آنها اثر نامطلوب می‌گذارد.

در مواردی که اقدام‌های تعدیلی میسر نباشد، باید کوشید با اقدام‌های دیگر تا آنجا که ممکن است پیامدهای نامطلوب را جبران کرد. در مواردی، به دلیل غیرقابل جانشین بودن مظاهر زیست محیطی - برای نمونه زیستگاه‌های منحصر به فرد حیات وحش و یا آثار باستانی - اقدام جبرانی مقدر نخواهد بود.

تدابیر تعدیلی و جبرانی باید واقع‌بینانه و نیز با عنایت به هزینه‌های مربوط، قابل تحقق باشد. از این رو، تدابیر و اقدام‌های تعدیلی و جبرانی باید با دقت تمام بررسی و توجیه شود و گزارش توجیه آن به عنوان بخشی از ارزشیابی زیست محیطی و نیز ارزشیابی کل طرح راه منظور گردد. حتی با در دست داشتن داده‌های کامل درباره گزینه پایه زیست محیطی و نیز در اختیار داشتن طرحی که به خوبی طراحی و تعریف شده است، باز هم ارزشیابی زیست محیطی مستلزم پیش‌بینی‌هایی متکی بر متغیرهای فراوان است. در این مورد نیز، همواره عامل بی‌اطمینانی نسبت به پیش‌بینی پیامدها و تدابیر تعدیلی، وجود خواهد داشت. از این رو، اعتبار ارزشیابی زیست محیطی منوط به آن است که تمام حوزه‌های بی‌اطمینانی شناسایی گردد و به عنوان بخشی از گزارش ارزشیابی زیست محیطی، گزارش شود. به طور کلی موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- گروه مسؤول ارزشیابی زیست محیطی باید پیامدهای غیرمهم را، حتی اگر بعد به کنار گذارده شود، مورد ملاحظه قرار دهد و گزارش کند؛

- گروه مسؤول ارزشیابی زیست محیطی باید برای پیدا کردن راه‌هایی برای اجتناب و یا کاهش پیامدها - با استفاده از امکان انتخاب از میان گزینه‌ها و تغییر طراحی طرح - از خلاقیت لازم برخوردار باشد.

- گروه مسؤول ارزشیابی زیست محیطی، در موارد پیشنهاد اقدام اضافی برای تعدیل پیامدها، باید هزینه اجرا و نگهداری را بررسی و توجیه کند.



- برای اعتبار بخشیدن به ارزشیابی انجام شده، باید بی‌اطمینانی احتمالی نسبت به پیش‌بینی انجام شده، به روشنی مشخص و گزارش شود.

## ۵.۵. تنظیم برنامه مدیریت زیست محیطی

در غالب موارد، اجرای کارهای تعدیلی و نظارت بر پیامدها، حلقه‌های ضعیف ارزشیابی زیست محیطی را تشکیل می‌دهد. از این رو، برای از بین بردن این نقطه ضعف، از «برنامه مدیریت زیست محیطی» به عنوان سازوکاری عمده برای ایجاد پیوستگی میان تدوین / ارزشیابی طرح، طراحی تفصیلی، اجرا، و بهره‌برداری و نگهداری استفاده می‌شود. از «برنامه مدیریت زیست محیطی» با نام‌های «برنامه عمل زیست محیطی» و یا «برنامه مدیریت ساخت» و یا «برنامه حفاظت محیط زیست» نیز یاد می‌شود. به هر روی باید توجه داشت که:

- برنامه مدیریت زیست محیطی مهمترین محصول ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی طرح است و گروه مسؤل طرح باید در طی مرحله ساخت و اجرا آن را به عنوان یک سند زنده تلقی کند؛

- برای صرفه‌جویی در وقت و منابع، باید کوشید از سیستم‌های نظارت زیست محیطی و داده‌ها و اطلاعاتی که از سوی دستگاه‌های دیگر گردآوری شده - برای نمونه سازمان حفاظت محیط زیست - استفاده شود.

برنامه مدیریت زیست محیطی باید همزمان با پایان یافتن ارزشیابی پیامدها، تدوین شود و به عنوان فصلی از گزارش پیامدهای زیست محیطی تهیه گردد و در پی آن، در زمان‌های کلیدی خاص در مرحله پیش از اجرا و نیز در مرحله اجرا، مورد بازبینی قرار گیرد و به روز درآید. سرانجام این که به هنگام تحویل طرح به کارفرما نیز باید «برنامه مدیریت زیست محیطی» در دوره بهره‌برداری و نگهداری از راه» تنظیم شود و به کارفرما تحویل گردد.

محتوای برنامه مدیریت زیست محیطی، مکمل سایر اسناد طرح خواهد بود و شامل نقشه‌ها و ترسیم‌های مرتبط به اقدام‌های تعدیلی می‌شود. عوامل عمده تشکیل دهنده برنامه مدیریت زیست محیطی به شرح زیر است:

- فهرستی شامل تمام فعالیت‌ها و پیامدهای مرتبط به طرح، برحسب مرحله ساخت، بهره‌برداری و نگهداری؛

- فهرستی از سازمان‌های مشارکت کننده و مسؤلیت‌های آنان؛

- جزئیات و تفصیل اقدام‌های تعدیلی و تصحیحی در ارتباط با: فعالیت‌ها و پیامدها در دوره ساخت و اجرا؛ و فعالیت‌ها و پیامدها در دوره بهره‌برداری و نگهداری؛
  - جدول زمان‌بندی روشن درباره گزارش‌دهی، شامل این که چه گزارشی، به چه کسی، و در چه زمانی داده شود؛
  - برآورد هزینه برحسب هزینه سرمایه‌ای و هزینه جاری شامل هزینه اجرای برنامه مدیریت زیست محیطی.
- اقدام‌های نظارتی می‌تواند به دو شکل زیر انجام پذیرد:
- نظارت بر تطابق، به این معنی که اطمینان حاصل شود اقدام‌های تعدیلی به همان صورت تفاهم شده به مرحله اجرا در خواهد آمد؛
  - نظارت / ارزشیابی به منظور آگاهی از حدود درستی پیش‌بینی‌های انجام پذیرفته در ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی. این ارزشیابی می‌تواند پایه شناسایی اقدام‌های تعدیلی بعدی را فراهم آورد و یا آن که تجربه‌های به دست آمده، در طرح‌های آینده مورد استفاده قرار گیرد.

## ۵.۶. ارزش‌گذاری هزینه و فایده زیست محیطی

تعیین ارزش پولی پیامدهای زیست محیطی طرح در تمام موارد، شاید امکان پذیر نباشد؛ ولی باید کوشید که هزینه و فایده ناشی از مسائل زیست محیطی در حد امکان، به طور شفاف در گزارش توجیه طرح منعکس شود.

برای ارزش‌گذاری هزینه و فایده زیست محیطی، می‌توان از چهار روش کلی استفاده کرد:

(الف) - قیمت بازار؛ (ب) - هزینه جانشینی؛ (ج) - بازارهای جانشین؛ (د) - بررسی‌های خاص. برای محاسبه پیامدهای زیست محیطی طرح، می‌توان از الگوبرداری انتقالی، یعنی استنتاج از روابط داده و ستانده و ارزش‌گذاری‌هایی که در سایر مطالعات و تجربه‌ها حاصل شده است، استفاده کرد.

در مواردی که خسارت زیست محیطی طرح موجبات کاهش بهره‌وری را فراهم می‌آورد، برای ارزش‌گذاری پیامدهای حاصل از آن، از قیمت بازار استفاده می‌شود. برای ارزش‌گذاری خسارت حاصل از فرسایش زمین، نابودی جنگل، آلودگی آب، و آلودگی هوا از قیمت بازار استفاده می‌شود. به این منظور نخست ارتباط فیزیکی یا بوم‌شناختی بین خسارت زیست محیطی و پیامد آن، بر میزان محصول و یا سلامت افراد برآورد می‌شود و سپس، با اعمال قیمت‌های بازار، ارزش پولی آن تعیین می‌گردد. می‌توان از طریق برآورد درآمد از دست رفته افراد به دلیل بیماری و یا مرگ زودرس، رفاه

از دست رفته ناشی از خطرات زیست محیطی بر سلامت را، برحسب پول اندازه‌گیری و برآورد کرد. البته این نوع برآوردها، تنها معطوف به از دست دادن درآمد است و از این رو، برآورد جامعی نیست. گاه مردم و مؤسسات، برای پیشگیری و یا جبران خسارت حاصل از تخریب زیست محیطی متحمل هزینه‌های خاصی می‌شوند. هر چند که این هزینه‌ها نشان دهنده کل پیامدهای تخریبی زیست محیطی طرح نیست ولی به هر حال، می‌توان با محاسبه این هزینه‌ها، مجموع آن را به عنوان خسارت ناشی از تخریب زیست محیطی طرح، منظور کرد. برای نمونه، هنگامی که به دلیل اجرای طرح، آب آلوده می‌شود، کارخانه‌های پایین دست برای فراهم آوردن آب مورد نیاز، اقدام به حفر چاه می‌کنند و یا خانواده‌ها، آب مورد نیاز را از فروشندگان دوره‌گرد خریداری می‌کنند؛ در این حالت، با برآورد هزینه حفر چاه و خرید آب، می‌توان خسارت زیست محیطی را حساب کرد. از طریق برآورد هزینه کود شیمیایی مورد نیاز برای تغذیه خاک، می‌توان هزینه فرسایش خاک و کاهش باروری آن را برآورد کرد.

گاه می‌توان از طریق تأثیر طرح بر سایر بازارها، به ویژه تأثیر آن بر ارزش ساختمان و دستمزد، آثار تخریب زیست محیطی آن را برآورد کرد. برای نمونه، هوای پاکیزه به طور ناآشکار بر بازار ساختمان تأثیر می‌گذارد؛ زیرا خریداران به هنگام خرید خانه و ساختمان، همیشه وضعیت آب و هوا را به عنوان یکی از شرایط مهم در نظر می‌گیرند.

می‌توان از طریق مستقیم و پرسش، از نظر و ارزشی که مردم نسبت به تغییرات زیست محیطی و یا منابع طبیعی قائل هستند، آگاه شد. این روش، به ویژه در مواردی که نتوان از طریق بازار، میزان خسارت را برآورد کرد و یا هنگامی که مردم برای منابع طبیعی و زیست محیطی که از آن استفاده نمی‌کنند نیز، ارزش خاص قائلند، کاربرد دارد. برای برآورد و تعیین نظر مردم درباره ارزش خوشایندی مناظر طبیعی و حفظ حیات وحش و نیز میل به پرداخت آنان برای دستیابی آسانتر به آب پاکیزه و بهداشت بیشتر، می‌توان از روش اخیر استفاده کرد.

## **۵.۷. رایزنی و گزارش‌دهی**

رایزنی و گزارش‌دهی عمده در مرحله پایانی ارزشیابی و به هنگام تصمیم‌گیری در مورد طرح ارائه می‌شود؛ ولی به هر روی، به منظور بهبود ارزشیابی و پرهیز از تغییرات پرهزینه احتمالی در طراحی و اقدام‌های تعدیلی ضروری، بهتر است از مراحل آغازین مطالعه با دست اندرکاران و ذینفعان، رایزنی‌های لازم انجام پذیرد. به طور کلی، رایزنی در مراحل زیر بیشتر مفید واقع خواهد شد.

- در مرحله تعیین محدوده به منظور شناسایی منابع اطلاعات پایه زیست محیطی و پیامدهای بالقوه مهم؛
  - در مرحله ارزشیابی پیامدها و تعیین اقدام‌های تعدیلی؛
  - در مرحله انتشار گزارش پیامدهای زیست محیطی؛
  - در مرحله طراحی نهایی فنی.
- به طور معمول، رایزنی‌ها با دستگاه‌ها و افراد زیر انجام می‌پذیرد:
- دستگاه‌های دولتی مربوط؛
  - مؤلفان و طراحان طرح؛
  - مقامات محلی؛
  - انجمن‌های محلی؛
  - سازمان‌های غیردولتی؛
  - نمایندگان جوامع مختلف؛
  - ساکنان محلی.
- گزارش پیامد زیست محیطی، یکی از گزارش‌های مهم است و از این رو، شکل و ترتیب انتشار آن باید با سایر سندهای طرح هماهنگ گردد. گزارش پیامد زیست محیطی به طور کلی در برگیرنده موضوع‌های زیر است:
- یک خلاصه غیرفنی به زبان ساده؛
  - روش‌ها و مسائل، از جمله معرفی گروه ارزشیابی زیست محیطی و آگاهی بخشیدن درباره چارچوب سیاست‌ها، مسائل حقوقی و اداری؛
  - تشریح طرح و ضرورت آن؛
  - تشریح گزینه پایه زیست محیطی؛
  - بحث درباره راه‌حل‌ها و طراحی‌های مختلف؛
  - پیامدهای زیست محیطی پیش‌بینی شده (در این سرفصل می‌توان درباره اقدام‌های تعدیلی مورد نظر توضیح داد)؛
  - رایزنی‌های انجام شده؛
  - برنامه مدیریت زیست محیطی شامل چگونگی نظارت‌های مورد نظر.

## ۵.۸. جدول‌های مربوط به پیامدهای زیست محیطی

در این قسمت، برای آگاهی بیشتر ده جدول درباره ده پیامد زیست محیطی طرح راهسازی ارائه شده است. طبیعی است که اطلاعات ارائه شده جامعیت ندارد؛ زیرا طیف پیامدهای زیست محیطی در مورد هر طرح می‌تواند با عنایت به ماهیت طرح و شیوه اجرای آن، با سایر طرح‌ها فرق داشته باشد. در هر یک از جدول‌ها، خلاصه‌ای از چهار مسأله زیر به عنوان سرآغازی برای بررسی‌های بیشتر بعدی، ارائه شده است:

- داده‌های پایه زیست محیطی؛

- شیوه‌های ارزشیابی،

- نوع و نمونه‌هایی از پیامدها؛

- تدبیرهای اجتناب و تعدیل.

یادآور می‌شود که عددهای درج شده در داخل پرانتز، به شرح زیر اشاره به مرحله بروز پیامد

دارد:

(۱) = مرحله پیش از اجرای طرح؛

(۲) = مرحله اجرای طرح؛

(۳) = طرح‌های مرتبط و تغییرات کاربری زمین؛

(۴) = بهره‌برداری از راه؛

(۵) = نگهداری راه.

## جدول ۶.۱۵. آلودگی منابع آب

### داده‌های پایه زیست محیطی

- مکان آب‌های سطحی (رودخانه، جویبار، دریاچه، آبگیر) و مصارف آن (مصرف به وسیله انسان، حیوان، شیلات)؛
- مکان منابع آب‌های زیرزمینی شامل چاه؛
- شناسایی محدوده جغرافیایی حوزه زهکش؛
- شناسایی منطقه زهکش؛
- شرایط زمین شناختی؛
- دامنه دشت‌های سیل گیر فصلی؛
- نزدیکی به سایر منابع آلاینده آب (برای نمونه مراکز صنعتی، کشاورزی)؛
- پیش‌بینی جریان ترافیک و ترکیب آن.

### شیوه‌های ارزشیابی

- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی؛
- مدل‌سازی کامپیوتری آب‌های سطحی و زیرزمینی.

### تدابیرهای اجتناب و تعدیل

### نمونه

### نوع پیامد

- |                                                                                           |                                                                  |                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| - طراحی بر مبنای وضع طبیعت.                                                               | - تغییر زهکشی منجر به فرسایش خاک (۲ و ۵).                        | - تغییر جریان آب سطحی.             |
| - تغییر گذر از روی مسیر آب.                                                               | - طراحی آبرو و پل (۲ و ۵).                                       | - تغییر جریانات آب زیرزمینی.       |
| - تغییر مسیر در مواردی که تغییر شبکه آب زیرزمینی برای انسان و حیوان و گیاه خطر آفرین است. | - گیاهان می‌شود (۲ و ۵).                                         | - کاهش کیفیت آب (سطحی و زیرزمینی). |
| - تدبیرهای ایمنی راه.                                                                     | - آلودگی عمده حاصل از واژگون شدن تانکرهای حامل مواد شیمیایی (۴). |                                    |
| - سیستم‌های مرمت باتلاق.                                                                  | - آلودگی موقت به دلیل آسیب‌رسانی خاک (۲ و ۵).                    |                                    |
| - استفاده از مصالح سنگدانه‌ای و بدون خاک نرم.                                             |                                                                  |                                    |
| - استفاده از لای‌گیر و مجرای نفوذی.                                                       |                                                                  |                                    |

## جدول ۶.۱۶. آلودگی خاک

<u>داده‌های پایه زیست محیطی</u>		
- شرایط جغرافیایی؛		
- شیب.		
<u>شیوه‌های ارزشیابی</u>		
- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی؛		
- مدل‌سازی کامپیوتری آب‌های سطحی و زیرزمینی.		
<u>نوع پیامد</u>	<u>نمونه</u>	<u>تدابیرهای اجتناب و تعدیل</u>
- از دست دادن خاک حاصلخیز.	- استفاده از سطح زمین برای راه و توقفگاه و تقاطع (۲).	- تعیین مسیر به ترتیبی که از زمین حاصلخیز کمتر استفاده شود.
- فرسایش خاک.	- متراکم شدن خاک به دلیل استفاده از ماشین‌آلات سنگین در دوره ساخت (۲ و ۵).	- واریسی مسیر به ترتیبی که میان خاکبرداری و خاکریزی توازن به وجود آید و از ایجاد مواد زائد پیشگیری شود.
- پاکسازی کنار راه از رستنی‌ها که منجر به فرسایش خاک می‌شود (۲ و ۵).	- افزایش ناپایداری شیب به دلیل برش‌ها و خاکریزها (۲ و ۵).	- کاشت گیاهان در ناحیه آسیب دیده.
- آلودگی خاک.	- پاکسازی کنار راه از رستنی‌ها که منجر به فرسایش خاک می‌شود (۲ و ۵).	- تخلیه مواد زائد در یک سوی جاده (۲).
- آلودگی خاک.	- آلوده شدن زمین در دوره ساخت راه (۲).	- پیشگیری از آلوده شدن، و از بین بردن آلودگی.
- نشست عمده مواد آلاینده برای مثال واژگون شدن تانکر حامل مواد شیمیایی.	- نشست عمده مواد آلاینده برای مثال واژگون شدن تانکر حامل مواد شیمیایی.	- طراحی سیستم‌های زهکشی راه.

## جدول ۶.۱۷. آلودگی هوای محلی

<u>داده‌های پایه زیست محیطی</u>
- تراکم و چگونگی توزیع جمعیت در معرض آلودگی؛
- شناسایی جمعیت آسیب پذیر، برای نمونه آموزشگاه‌ها، بیمارستان‌ها و غیره؛
- میزان آلودگی در سطح محل / منطقه برحسب سرچشمه آن؛
- جا به جایی ترافیک: تعداد، سرعت، و ترکیب ترافیک؛
- نوع و کیفیت سوخت وسایل نقلیه؛
- جهت باد، حرارت، و شرایط هوای حاکم بر محل؛
- توپوگرافی محل؛
- پیکربندی‌های راه و تقاطع؛
- میزان راه‌های روکش نشده.

## دنباله جدول ۶. ۱۷. آلودگی هوای محلی

### شیوه‌های ارزشیابی

- محاسبه / مدل‌سازی آلودگی بر پایه عوامل آلاینده؛

- مدل‌سازی پخش آلودگی هوا؛

- اندازه‌گیری میدانی کیفیت هوا؛

- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی.

### تدابیرهای اجتناب و تعدیل

- انتخاب مسیرهایی برای دوری‌گزینی از مراکز تراکم جمعیت شامل آموزشگاه‌ها، محل سکونت و محل کار.  
- مدیریت جابه‌جایی ترافیک به منظور کاهش تراکم.

### نمونه

- پیامدهای بالقوه مضر بر تندرستی از قبیل بیماری‌های تنفسی، عروقی و قلبی مانند آسم، برونشیت و تورم عضوی (۴).  
- از بین بردن رستنی‌های محلی (۴).

### نوع پیامد

- اکسید نیتروژن.

- پیامدهای بالقوه مضر بر تندرستی از قبیل بیماری‌های چرکی چشم، بینی و گلو (۴).

- هیدروکربن‌ها.

- اجتناب از شیب‌ها و پیچ‌های تند که موجبات کاهش و افزایش سرعت و در نتیجه ایجاد و پخش آلاینده بیشتری را فراهم می‌آورد.

- پیامدهای بالقوه مضر بر تندرستی از قبیل کاهش اکسیژن خون که منجر به سردرد و تشدید بیماری‌های عروقی و قلبی می‌شود (۴).

- منوکسید کربن.

- استفاده و تبعیت از وضع طبیعی زمین به منظور برخورداری بیشتر از گیاهان کنار راه و نیز کاشت گیاه در کنار راه.

- پیامدهای بالقوه مضر بر تندرستی از قبیل تشدید بیماری‌های تنفسی شامل آسم، برونشیت، تورم عضوی (۴).

- دی اکسید سولفور.

- پیامدهای بالقوه مضر بر تندرستی از قبیل حساسیت تنفسی و چشمی (۴).

- گرد و خاک راه‌های روکش نشده.

- پیامدهای بالقوه مضر بر تندرستی از قبیل اختلال‌های عصبی، کم‌خونی و آسیب به کارکرد ذهنی (۴).

- سرب.



## جدول ۶. ۱۸. آلودگی هوای منطقه

### داده‌های پایه زیست محیطی

- تراکم و توزیع جمعیت در معرض آلودگی؛
- میزان آلودگی در سطح ملی / منطقه‌ای برحسب سرچشمه آلودگی؛
- جا به جایی ترافیک: تعداد، سرعت، و ترکیب ترافیک؛
- نوع و کیفیت سوخت؛
- جهت باد، حرارت، و شرایط هوای حاکم بر منطقه؛
- مسائل خاص جغرافیایی: ساحل، دره و غیره؛
- انتقال آلودگی از محل‌های مجاور؛
- توپوگرافی؛
- میزان راه‌های روکش نشده.

### شیوه‌های ارزشیابی

- محاسبه / مدل‌سازی آلودگی برپایه عوامل آلودگی؛
- مدل‌سازی پراکندگی آلودگی به منظور تعیین تراکم آلودگی؛
- اندازه‌گیری میدانی کیفیت هوا؛
- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی.

### تدابیرهای اجتناب و تعدیل

- مدیریت ترافیک به منظور کاهش تراکم.
- اجتناب از شیب‌ها و پیچ‌های تند که موجب افزایش و کاهش سرعت و در نتیجه آلودگی بیشتر می‌شود.

### نمونه

- پخش گازهای گلخانه‌ای (به ویژه  $CO_2$ ) - مصرف سوخت فسیلی (۲ و ۴).
- اوزون (ترکیب حاصل از اثرهای بالقوه مضر بر سلامتی (۲ و ۴).
- هیدرو کربن‌ها و منوکسید نیتروژن - آسیب به محصول کشاورزی (۴).
- نور و آفتاب. - تغییر امکان دید و تأثیر بر توریسم (۴).
- آسیب به مواد و پارچه (۴).

## جدول ۶. ۱۹. آسیب به چشم‌انداز، منابع طبیعی و زباله سازی

### داده‌های پایه زیست محیطی

- نقشه‌ها و سایر اطلاعات درباره گیاهان، توپوگرافی؛ ویژگی‌های شهری / روستایی، معماری‌های برجسته، و محل‌های تفریحی؛
- عکس‌های هوایی / ماهواره‌ای؛
- منابع مصالح مورد نیاز ساخت راه؛
- بازیابی و دورریزی زباله.

### شیوه‌های ارزشیابی

- بررسی‌های میدانی و عکسبرداری؛
- ویژگی‌های چشم‌انداز؛
- ارزشیابی چشم‌انداز؛
- ارزشیابی پیامدهای دیداری (بصری)؛
- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی.

تدابیرهای اجتناب و تعدیل	نمونه	نوع پیامد
- تعیین مسیرهای عمودی و افقی برپایه برجستگی‌های طبیعی.	- از بین رفتن گیاهان / جنگل زدایی (۲ و ۳).	- تغییر برجستگی‌های طبیعی و ریخت شناسی چشم‌انداز.
- استفاده مناسب از تونل‌ها و پل‌ها.	- خاکریزی و خاکبرداری گسترده در زمین شیب‌دار(۲).	
- استفاده از کارهای خاکی و کاشت گیاهان برای تطبیق وضع راه با چشم‌انداز طبیعی.		
- استفاده از طراحی هندسی سطح بالا برای هماهنگی با ویژگی‌های فنی بومی.	- زیربنای راه موجب چشم‌آزاری و از بین بردن جاذبه توریستی می‌شود.	- مزاحمت دیداری (بصری) و از بین رفتن ویژگی روستا / شهر.
- کوشش برای استفاده از مصالح بومی برای نگهداری راه.	- استفاده و انبار کردن مصالح گران قیمت برای نگهداری راه که در منطقه به آسانی در دسترس قرار نمی‌گیرد.	- مصرف منابع طبیعی و ایجاد زباله.
- بازیابی / استفاده دوباره از مصالح در موارد ممکن و کوشش برای استفاده با صرفه از مصالح اضافه در نقاط دیگر طرح یا در جامعه محلی.	- دسترسی قرار نمی‌گیرد.	
- طراحی‌راه با توقفگاه‌های کم‌تر استفاده از حفاظ برای کاهش امکان ایجاد زباله دانی.	- ایجاد زباله.	
	- دسترسی‌راه به کوهپایه که مسأله زباله‌دان شدن را فراهم می‌آورد.	

## جدول ۶. ۲۰. آسیب به اکوسیستم

### داده‌های پایه زیست محیطی

- مکان زیستگاه‌های مهم شامل مناطق حفاظت شده؛
- طبقه‌بندی اکوسیستم برحسب نوع و حساسیت؛
- عکس‌های هوایی / ماهواره‌ای.

### شیوه‌های ارزشیابی

- بررسی اکولوژیکی میدانی و تعیین مشخصات؛
- شناسایی نوع یا گروه‌های شاخص؛
- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی؛
- مدل‌سازی اکولوژیکی.

### تدابیرهای اجتناب و تعدیل

- کوشش برای دوری از اکوسیستم حساس به هنگام انتخاب مسیر.
- برپایی حفاظ به منظور محدود کردن آسیب به هنگام ساخت و نگهداری راه.
- کاشتن گیاه در کناره راه با استفاده از گیاهان بومی.
- استفاده از پل برای کمینه کردن اثر نامطلوب بر زیستگاه آبزیان.
- روگذر و زیرگذر برای عبور حیوانات.
- افزایش دالان‌های عبور حیوانات و ایجاد حوزه‌های حایل در پیرامون زیستگاه حساس.
- نگهداری مناسب مواد سوختی و مواد شیمیایی در دوره ساخت راه.
- استفاده از دستگاه‌های سنجش آلودگی آب به عنوان بخشی از برنامه ساخت راه.

### نمونه

- از بین رفتن زیستگاه خاکزیان از قبیل مرغزار و جنگل (۱ و ۲ و ۳ و ۵).
- از بین رفتن زیستگاه آبزیان از قبیل تالاب، رودخانه و دریاچه (۱ و ۲ و ۳ و ۵).
- از دست رفتن ارتباط میان اجزای مرتبط اکوسیستم و به خطر افتادن حیات وحش (۲).
- ریختن مواد سوختی و شیمیایی به روی کوره راه‌های موجود و آلودن زیستگاه‌های نزدیک آن (۲ و ۴ و ۵).

### نوع پیامد

- تباهی و یا از بین رفتن زیستگاه.
- چند پارچه شدن زیستگاه.
- آلودگی اکوسیستم

### دنباله جدول ۶. ۲۰. آسیب به اکوسیستم

نوع پیامد	نمونه	تدابیرهای اجتناب و تعدیل
- دسترسی به زیستگاه‌های حساس.	- افزایش آسیب به گیاهان و جانوران و چوب بری و شکار غیرقانونی (۴).	- در نظر گرفتن توقفگاه‌های محدودتر به هنگام طراحی، درختکاری و ساختن آبروهای عریض در کناره راه.
- استفاده از زیستگاه‌های کناره راه برای کشاورزی یا ساخت مغازه یا مسکن (۴).	- انتقال بیماری به گیاهان و جانوران (۴).	- پیش‌بینی جایگاه معینی برای فعالیت مغازه و مسکن.
- خطر آتش سوزی (۴).	- ایجاد حوزة‌های حایل پیرامون زیستگاه‌های حفاظت شده.	- اطلاع‌رسانی و ایجاد موانع برای فرونشانی آتش در محل توقفگاه‌ها.

### جدول ۶. ۲۱. آسیب به میراث فرهنگی

نوع پیامد	نمونه	تدابیرهای اجتناب و تعدیل
- مکان ساختمان‌ها و سایر آثار تاریخی؛ نتایج حاصل از کاوش‌ها و حفاری‌ها در مناطق نزدیک؛ عکسبرداری هوایی و ماهواره‌ای؛ منابع رده دوم از قبیل نقشه‌های تاریخی و نوشته‌های تاریخ‌نگاران؛ جزئیات مکان‌های توریستی.	- بررسی‌های سریع میدانی؛ کاوش‌ها و تحقیقات باستان‌شناسی؛ کاوش‌های تاریخی و مردم‌شناسی؛ سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی.	- گزینش مسیر راه به ترتیبی که از مناطق مهم تاریخی دور باشد.
- آسیب رسیدن و یا از بین رفتن ساختمان‌ها و آثار هنری تاریخی.	- تخریب آثار هنری به هنگام پاکسازی و آماده سازی زمین (۱ و ۲ و ۴).	- اقدام‌هایی از قبیل تثبیت خاک و بازسازی بنا.
		- کاوش و بررسی و انتقال آثار هنری به موزه‌ها.

## دنباله جدول ۶. ۲۱. آسیب به میراث فرهنگی

نوع پیامد	نمونه	تدابیرهای اجتناب و تعدیل
- زیرپا گذاردن حقوق سنتی مورد عمل درباره بهره‌برداری از زمین.	- ساخت راه، رقابت برای دستیابی به زمین‌های کشاورزی، منابع معدنی و چوب جنگلی را افزایش می‌بخشد (۱ و ۲ و ۴).	- اقدام برای حمایت و حفظ حقوق سنتی شیوه استفاده از زمین. - فراهم آوردن امکان دسترسی به آموزش و بهداشت بومیان به عنوان یک اقدام جبرانی. - طراحی راه‌ها با توقفگاه‌های کمتر، درختکاری در کنار راه و نیز ساخت آبروهای عریض برای کاستن از دسترسی‌های نامطلوب افراد.

## جدول ۶. ۲۲. آلودگی صوتی و ارتعاش

داده‌های پایه زیست محیطی		
- تراکم و توزیع جمعیت در معرض آلودگی؛ - نوع رویه راه؛ - شمار وسایل نقلیه، سرعت، و ترکیب ترافیک؛ - جهت باد، حرارت، و شرایط هوای حاکم بر محل؛ - توپوگرافی و وجود ساختمان / حائل در کنار راه.		
شیوه‌های ارزشیابی		
- اندازه‌گیری صدا؛ - مدل‌سازی / پیش‌بینی میزان صدا؛ - تعیین چارچوب تأثیرگذاری صدا.		
نوع پیامد	نمونه	تدابیرهای اجتناب و تعدیل
- صدای وسیله نقلیه و صدای راه / تایر.	- تأثیر بر سلامت انسان (۲ و ۵). - ناراحتی و اختلال در خوابیدن (۱ و ۲ و ۴ و ۵). - زیرپا گذاردن مقررات استاندارد مربوط به صدا (۱ و ۲ و ۴ و ۵). - برآشفتن حیات وحش.	- مسیر راه فاصله‌اش از بیمارستان‌ها، سکونت‌گاه، آموزشگاه زیادتر شود. - نوع رویه‌ای انتخاب شود که صدای اصطکاک تایر و راه را کاهش دهد. - احداث حایل‌های صدا. - پرداخت برای دو جداره کردن پنجره ساختمان‌های مجاور راه.
- ارتعاش.	- آسیب سازه‌ای به ساختمان‌های نزدیک به راه (۴).	- تغییر مسیر راه، طراحی و شیوه‌های ساخت راه.

## جدول ۶. ۲۳. گسیختگی اجتماعی

### داده‌های پایه اجتماعی

- محل شبکه حمل و نقل و موارد استفاده آن (جا به جایی نهاده و برداشت کشاورزی، ارائه خدمات، بازاریابی)؛
- دلایل گسیختگی (عوامل فیزیکی، روانشناسی، اقتصادی، و اجتماعی و نیز مسائل مربوط به دسترسی)؛
- مؤثر بودن تدابیر تعدیل پیامدها بر گسیختگی جوامع محلی.

### شیوه‌های ارزشیابی

- گفتگو با گروه ذینفع، مصاحبه با افراد مطلع، ارزشیابی، مشارکت مردم مرتبط با موضوع، پرسشنامه از خانوارها؛
- بررسی‌های مبدأ و مقصد ترافیک.

نوع پیامد	نمونه	تدابیرهای اجتناب و تعدیل
- فیزیکی.	- زیربناهایی که مانع جا به جایی پیاده‌ها می‌شود، چگونگی طراحی فیزیکی راه که مانع دسترسی می‌شود (۳ و ۴).	- اقدام‌های مهندسی: گذر از روی راه، زیرگذر، پل‌های گذر عابر، خدمات حمل و نقل.
- روانشناسی.	- ساخت ناخوشایند، ترس از جنایت، بیم از ایمنی و امنیت شخصی (۲ و ۴).	- رعایت تدابیر ساخت و نگهداری: تأمین روشنایی، نظافت، ولوازم‌راه (برای نمونه ایستگاه اتوبوس).
- اقتصادی.	- مشکلات مالی برای دسترسی به حمل و نقل، پیامد کلی اقتصادی بر خانوارها و فعالیت بازرگانی (۴).	- پرداخت یارانه بابت خدمات حمل و نقل. پشتیبانی نهادی از نگهداری راه و فراهم آوردن امکان اشتغال بر پایه ساخت کارگر طلب.
- اجتماعی.	- تقسیم جامعه به دلیل تملیک زمین و جابه جایی و یا به خاطر زیربنای فنی راه (۲ و ۴). - تأثیر بر ارتباطات و مراودات جامعه، موانع اجتماعی، تک افتادگی، فقر و محرومیت اجتماعی (۲ و ۴).	- فراهم آوردن امکان مشارکت جامعه ذینفع در تمام مراحل شناسایی و مطالعه توجیه طرح به منظور کمینه کردن پیامدهای منفی و استفاده از همگامی مردم.

## جدول ۶.۲۴. پیامد حاصل از تملیک زمین و اسکان مجدد

### داده‌های پایه اجتماعی

- مشخصات جمعیتی که جابه‌جا خواهد شد: حقوق بهره‌برداری از زمین، اقدام‌های مربوط به تملیک، قدرت بالقوه کسب درآمد، سن و جنسیت؛
- مشخصات زمین مورد تملیک: ارزش، مالکیت، محصول، درختان، ساخت و سازهایی که باید بابت آن خسارت پرداخت شود.

### شیوه‌های ارزشیابی

- ارزشیابی پیامدهای اجتماعی و تحلیل هزینه و فایده.

<u>نوع پیامد</u>	<u>نمونه</u>	<u>تدابیرهای اجتناب و تعدیل</u>
- جا به جایی در پی تملیک زمین (۱ و ۲).	- از دست دادن زمین‌های کشاورزی یا سایر انواع زمین.	- اجتناب یا کمینه کردن پیامد در موارد ممکن.
- از دست دادن خانه و محل کسب.	- از دست دادن درخت، محصول و گیاهان چندساله.	- مشورت با افراد متأثر از طرح و آگاه ساختن آنها از برنامه اسکان مجدد.
- از دست دادن درآمد و کار.	- از دست دادن درخت، محصول و گیاهان چندساله.	- جبران خسارت‌های وارد شده. - یاری رساندن به افراد جا به جا شده و از جمله خوش‌نشینان و افراد آسیب‌پذیر.
- از دست دادن اجتماع و منابع مشترک.	- از دست دادن درآمد و کار.	- تنظیم برنامه‌ای برای فراهم آوردن امکان اشتغال برای افراد جا به جا شده.
- مهاجرت از روستا به شهر.	- از دست دادن درآمد و کار.	- تنظیم برنامه جا به جایی با استفاده از اطلاعات مربوط به اجتماعی که قرار است جا به جا شود.





## ارزشیابی اقتصادی طرح

### مقدمه

ارزشیابی اقتصادی در واقع فرایند تحلیل و مقایسه هزینه و فایده یک طرح به منظور تصمیم‌گیری درباره اجرا کردن و یا نکردن آن است. هدف از ارزشیابی اقتصادی طرح یاری رساندن به تصمیم‌گیران برای اخذ تصمیم آگاهانه و منطقی درباره طرح است. از این رو، تحلیل اقتصادی و گزینش معیار سنجش طرح باید به شیوه‌ای انجام پذیرد که:

- امکان استفاده کارآمدتر از منابع فراهم آید؛
  - پیامدهای طرح از نظر زیست محیطی بازتاب یابد؛
  - شیوه تحلیل و کاربرد معیار سنجش از نظر رویکرد؛ یکدست و استوار باشد تا اطمینان حاصل شود که در تمام موارد از استاندارد مشترکی استفاده خواهد شد؛
  - ساز و کاری (مکانیسمی) برای تصمیم‌گیری غیرمتمرکز فراهم آید؛
  - محاسبه و کاربرد معیار سنجش ساده و آسان باشد؛
  - با کاربرد معیار سنجش، اطمینان حاصل گردد که برای تحقق فایده ناشی از طرح، از کم هزینه‌ترین وسیله و روش استفاده خواهد شد؛
  - با کاربرد معیار سنجش مورد نظر، بتوان گزینه‌های مختلف یک طرح و یا طرح‌های مختلف را با هم مقایسه نمود و بهترین آنها را انتخاب کرد؛
  - با کاربرد معیار سنجش، بتوان فایده خالص اقتصادی طرح را با یک رقم واحد نشان داد.
- در فصل‌های پیشین به ترتیب درباره ارتباط طرح با برنامه عمرانی، مشخص کردن مفاهیم اقتصادی مورد نظر برای تحلیل اقتصادی طرح، پیش‌بینی و برآورد تقاضا و نیاز، شناسایی و تعیین

گزینه‌های مختلف، برآورد هزینه‌های مالی (شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری)، شناسایی هزینه و فایده طرح و چگونگی تعیین قیمت‌های اقتصادی، و سرانجام برآورد هزینه و فایده اقتصادی طرح توضیح داده شد. با در دست داشتن اطلاعات و ارقام حاصل از بررسی عوامل پیشگفته می‌توان فایده خالص اقتصادی طرح را برپایه مقایسه هزینه و فایده طرح محاسبه و تعیین کرد. در این فصل درباره معیار سنجش و گزینش طرح و چگونگی کاربرد آنها و در پی آن درباره آزمون حساسیت نتیجه طرح نسبت به تغییر احتمالی برآوردهای اساسی، توضیح داده خواهد شد.

افزون بر آن در پایان فصل، چهار پیوست آورده شده است. سه پیوست آن مربوط به سه مورد پژوهشی درباره تحلیل و ارزشیابی اقتصادی سه طرح است. پیوست چهارم، «فهرست واری» برای کنترل گزارش توجیه طرح‌های راهسازی است.

## ۱. تنظیم صورت گردش هزینه و فایده طرح

برای مقایسه هزینه و فایده و تحلیل کارایی اقتصادی طرح، باید صورت خلاصه هزینه و فایده طرح برپایه توضیحاتی که در فصل ششم بیان شد، تنظیم شود. در صورت یادشده، هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری راه برپایه قیمت‌های اقتصادی و برحسب سال تحقق آنها، به عنوان هزینه طرح منظور می‌گردد. فایده طرح بر مبنای کاهش هزینه‌های عملیاتی (شامل صرفه‌جویی در وقت)؛ نگهداری؛ و تصادف‌ها در مقایسه با گزینه پایه (ادامه وضع موجود) و برپایه قیمت‌های اقتصادی و برحسب سال‌های عمر طرح منظور می‌شود.

باید به خاطر داشت که فایده طرح از میزان و نوع ترافیک (عادی، جذب شده از سایر راه‌ها و ایجاد شده) و نیز نوع وسایل نقلیه (سواری، اتوبوس، کامیون) تأثیر می‌پذیرد. هزینه‌های کمی و قابل تقویم به پول ناشی از اثرهای طرح بر محیط زیست نیز باید در این صورت بیاید. مانده ارزش دارایی‌های طرح در پایان دوره عمر آن نیز به عنوان یک فایده در سال پایانی، در صورت گردش هزینه و فایده به حساب گرفته می‌شود.

صورت مورد گفتگو، تصویر کلی از گردش هزینه و فایده اقتصادی طرح، به تفکیک سال و برای دوره عمر طرح در اختیار قرار می‌دهد. مابه‌التفاوت هزینه و فایده در هر سال، نشان دهنده فایده (یا هزینه) خالص طرح در آن سال است. هرگاه تمام هزینه‌ها و فایده‌های طرح در یکسال معین تحقق می‌یافت، مقایسه این دو با یکدیگر و تعیین کل فایده خالص طرح، کار آسان و ساده‌ای بود. ولی همان گونه که به طور معمول این جدول‌ها نشان می‌دهد، هزینه و فایده در سال‌های مختلف روی می‌دهد و به طور کلی هزینه‌ها در سال‌های نخست، بیش از فایده طرح است (نگاه کنید به:

جدول پ.۳. ۱ پیوست سه همین فصل). شیوه مورد عمل برای قابل مقایسه کردن ارقام هزینه و فایده سال‌های مختلف با یکدیگر، استفاده از روش تنزیل است.

## ۲. روش تنزیل

با استفاده از روش تنزیل می‌توان ارزش یک سکه را در زمان‌های مختلف با هم قابل مقایسه کرد. به طور کلی، دریافت یک سکه در زمان کنونی، این امکان را فراهم می‌آورد که مصرف کنونی افزایش یابد؛ حال آن که دریافت یک سکه در زمان آینده، تنها می‌تواند امکان مصرف در آن زمان را افزایش دهد. از این رو، دریافت یک سکه در زمان کنونی، ارزش بیشتری از دریافت یک سکه در زمان آینده دارد. حتی اگر یک سکه در آینده قدرت خرید کنونی را نیز دارا باشد، باز هم از دید دارنده سکه با به تعویق افکندن مصرف، ارزش سکه آتی کمتر از ارزش کنونی آن خواهد بود. در مقوله ارزشیابی اقتصادی، کاهش ارزش زمانی پول در طول مدت، ارتباطی به تورم ندارد، بلکه تنها مربوط به تعویق افکندن مصرف است.

دریافت سود از مبالغ سپرده گذاری شده در بانک، در واقع جبران کاهش ارزش زمانی پول است؛ زیرا این سپرده گذاری مستلزم به تعویق افکندن مصرف است. برای جبران این مسأله، انتظار دارنده سکه آن است که مبلغی اضافی بابت هر سکه سپرده گذاری شده دریافت دارد تا بتواند با استفاده از آن، مصرف آتی را افزایش دهد. از این رو، هرگاه فردی پولی را با نرخ ۵ درصد در بانک سپرده گذاری کند، به طور ناآشکار (ضمنی) اعلام می‌دارد که از نظر او، ۱/۰۵ سکه در یک سال بعد، برابر با یک سکه در زمان کنونی است. بر همین روال، هرگاه فردی یک سکه را به مدت ۵ سال و با نرخ ۵ درصد براساس بهره مرکب سپرده گذاری کند، پس از ۵ سال مبلغ ۱/۲۸ سکه دریافت خواهد کرد. مفهوم این عمل به صورت ناآشکار (ضمنی) آن است که از نظر سپرده گذار یادشده، ۱/۲۸ سکه در ۵ سال بعد برابر با یک سکه در زمان کنونی است.

تنزیل، عکس عمل پیش‌گفته است. در این روش، پرسش آن است که ارزش مبلغ ۱/۲۸ سکه‌ای که پس از ۵ سال به دست می‌آید، در زمان کنونی چیست؟ پاسخ به این پرسش بستگی به نرخ سود مورد انتظار دارد. هرگاه سود مورد انتظار ۵ درصد در سال باشد، در این صورت ارزش ۱/۲۸ سکه‌ای که ۵ سال بعد به دست آید برابر با یک سکه در زمان کنونی است. مفهوم دیگر این سخن آن است که ۰/۷۸ سکه کنونی، برابر با یک سکه در آینده است ( $0/78 = 1/28 \div 1$ ).

## ۱.۲. شیوه محاسبه تنزیل

شیوه محاسبه تنزیل، ساده و درست معکوس محاسبه بهره مرکب است و در سال‌های اخیر، بخشی از برنامه کامپیوتری صفحه گسترده (Microsoft Excel) را تشکیل می‌دهد. در این قسمت، درباره چگونگی محاسبه بهره مرکب و تنزیل توضیح داده می‌شود.

فرض کنید که مبلغ ۱۰۰ سکه در یک بانک سوئیس با نرخ ۱۰ درصد در سال و برای مدت ۵ سال با بهره مرکب سپرده گذاری شده است. در جدول (۱.۷) مانده حساب سپرده و بهره تعلق گرفته به آن در پایان هر یک از ۵ سال، نشان داده شده است. در این مثال، نخست بهره مربوط به هر سال محاسبه شده و سپس با اضافه کردن بهره آن سال به مانده مبلغ سپرده در آغاز سال، مانده سپرده در پایان هر سال به دست آمده است و این کار برای مدت دوره (۵ سال) تکرار شده است و سرانجام برپایه آن معلوم شده است که مبلغ سپرده گذاری برپایه نرخ ۱۰ درصد، در پایان دوره ۵ سال، برابر با ۱۶۱/۰۵ سکه خواهد بود.

### جدول ۱.۷. محاسبه انباشت بهره طی ۵ سال

(مبالغ به سکه)

سال	سپرده در آغاز سال	ضریب بهره	بهره سالانه	سپرده در پایان سال
۱	۱۰۰	۱/۱۰	۱۰	۱۱۰
۲	۱۱۰	۱/۱۰	۱۱	۱۲۱
۳	۱۲۱	۱/۱۰	۱۲/۱۰	۱۳۳/۱۰
۴	۱۳۳/۱۰	۱/۱۰	۱۳/۳۱	۱۴۶/۴۱
۵	۱۴۶/۴۱	۱/۱۰	۱۴/۶۴	۱۶۱/۰۵

راه دیگر محاسبه میزان سپرده در پایان سال استفاده از فرمول زیر است:

$$S = A(1+r)^n \quad (\text{فرمول ۱.۷})$$

$S$  = میزان سپرده در پایان دوره؛

$A$  = میزان سپرده در آغاز دوره؛

$r$  = نرخ بهره؛

$n$  = شمار دوره (سال).

با استفاده از فرمول یادشده، میزان سپرده در پایان دوره به شرح زیر است:

$$S = 100 (1 + 0/10)^5 = 100 \times 1/61.05 = 161/05 \quad \text{سکه}$$

عبارت  $(1+r)^n$  در فرمول (۱.۷) را «ضریب بهره مرکب» می‌خوانند.

محاسبه تنزیل، معکوس محاسبه بهره مرکب است. برای نمونه، در محاسبات تنزیلی پرسش این است که: هرگاه نرخ بهره مورد نظر برابر ۱۰ درصد باشد، مبلغ ۱۶۱/۰۵ سکه‌ای که ۵ سال دیگر عاید خواهد شد، در زمان کنونی چه ارزشی دارا خواهد بود؟ برای پاسخ به این مسأله، نخست باید مبلغ پایان دوره یعنی ۱۶۱/۰۵ سکه، بر ضریب بهره یعنی ۱/۱۰ تقسیم شود:

$$161/05 \div 1/1 = 146/41 \quad \text{میزان سپرده در پایان سال ۴}$$

این کار باید همچنان برای ۴ سال دیگر ادامه یابد تا ارزش مبلغ یادشده در زمان کنونی به دست آید. از این رو، روشن می‌شود که چرا ارزش تنزیل شده به زمان کنونی را، ارزش کنونی می‌خوانند. در محاسبات تنزیلی، نرخ مورد استفاده برای تعیین ارزش کنونی را «نرخ تنزیل» می‌خوانند. فرمول تنزیل به شرح زیر است:

$$A = S \left( \frac{1}{(1+r)^n} \right) \quad \text{(فرمول ۲.۷)}$$

$A$  = ارزش کنونی؛

$S$  = ارزش در سال مربوط؛

$r$  = نرخ تنزیل؛

$n$  = شمار دوره (سال).

عبارت  $\left( \frac{1}{(1+r)^n} \right)$  در فرمول (۲.۷) را «ضریب تنزیل» می‌خوانند.

با استفاده از فرمول بالا، ارزش کنونی ۱۶۱/۰۵ سکه‌ای که ۵ سال دیگر عاید خواهد شد، به

شرح زیر خواهد بود:

$$A = 161/05 \left[ \frac{1}{(1+0/10)^5} \right] = 161/05 \times 0/621 = 100 \quad \text{سکه}$$

## ۲.۲. شیوه‌های مقایسه هزینه و فایده برپایه روش تنزیل

با استفاده از روش تنزیل، می‌توان هزینه و فایده طرح را با هم مقایسه کرد و فایده خالص

اقتصادی آن را با یک رقم نشان داد. به این منظور می‌توان از یک یا چند ضابطه زیر استفاده کرد:

- ارزش خالص کنونی؛

- نرخ بازده اقتصادی؛

- نرخ بازده سال نخست؛

- ارزش معادل سالانه.

اکنون در بندهای زیر به ترتیب درباره ضابطه‌های یادشده توضیح داده خواهد شد.

### ۳. ضابطه ارزش خالص کنونی

ارزش خالص کنونی ضابطه‌ای برای تعیین فایده خالص طرح در طول دوره مورد بررسی است. به این منظور، هزینه و فایده حاصل از طرح در طول دوره، با نرخ مشخصی به زمان کنونی تنزیل می‌شود. جمع جبری هزینه و فایده تنزیل شده، نشان دهنده ارزش خالص کنونی است. فرمول محاسبه ارزش خالص کنونی به شرح زیر است:

$$NPV = B_o - C_o + \frac{B_1 - C_1}{1+r} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} \quad (\text{فرمول ۳.۷})$$

$$= \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

$NPV$  = ارزش خالص کنونی؛

$B_t$  = فایده در سال  $t$ ؛

$C_t$  = هزینه در سال  $t$ ؛

$r$  = نرخ تنزیل؛

$n$  = شمار سال‌های دوره بررسی.

همان گونه که پیش از این اشاره شد، عبارت  $\left( \frac{1}{(1+r)^t} \right)$  «ضریب تنزیل سال  $t$ » خوانده

می‌شود.

برپایه ضابطه ارزش خالص کنونی، هرگاه ارزش خالص کنونی طرح مثبت باشد، آن طرح پذیرفته می‌شود. رتبه‌بندی طرح‌ها برپایه قدر مطلق ارزش خالص کنونی آنها تعیین می‌گردد. ضابطه مورد گفتگو، تمام شرایط یک ضابطه مطلوب را داراست؛ زیرا فایده خالص اقتصادی طرح را با یک رقم واحد نشان می‌دهد و بر مبنای آن می‌توان طرح‌ها و یا گزینه‌های مختلف یک طرح را با هم مقایسه کرد و بهترین آنها را انتخاب نمود. افزون بر آن، ضابطه یادشده در مورد تمام سرمایه‌گذاری‌ها قابل اعمال است و شیوه محاسبه آن نیز آسان می‌باشد. از این رو، ضابطه ارزش خالص کنونی به عنوان ضابطه اصلی پذیرش و یا مردود شمردن طرح و نیز رتبه‌بندی طرح‌های پذیرفته شده، در نظر گرفته شده است و کاربرد سایر ضابطه‌ها جنبه ارائه اطلاعات بیشتر را دارد.

هرگاه مجموع ارزش کنونی هزینه طرح و نیز مجموع ارزش کنونی فایده طرح به طور جداگانه محاسبه شود آنها را به صورت زیر نشان می‌دهند:

$$PVC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (\text{فرمول ۴.۷})$$

$$PVB = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} \quad (\text{فرمول ۵.۷})$$

$PVC$  = مجموع ارزش کنونی هزینه؛

$PVB$  = مجموع ارزش کنونی فایده؛

$C_t$  = هزینه در سال  $t$ ؛

$B_t$  = فایده در سال  $t$ ؛

$r$  = نرخ تنزیل؛

$n$  = شمار سال‌های دوره بررسی.

در این حالت، ارزش خالص کنونی طرح به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$NPV = PVB - PVC \quad (\text{فرمول ۶.۷})$$

در جدول (پ.۱.۱) پیوست یک و نیز جدول (پ.۳.۱) پیوست سه همین فصل، ارزش خالص کنونی برپایه فرمول (۶.۷) محاسبه شده است. همان گونه که دیده می‌شود، در محاسبه ارزش خالص کنونی مسأله دوره بررسی؛ سال پایه محاسبه ارزش کنونی؛ و نرخ تنزیل، حائز اهمیت است. در اینجا به ترتیب و به کوتاهی درباره هر یک توضیح داده می‌شود.

### ۳.۱. دوره بررسی و مانده ارزش راه در پایان دوره

همان گونه که در بند ۹ فصل چهارم بیان شد، برای تحلیل اقتصادی طرح‌های راهسازی و تعیین ارزش خالص کنونی آنها، باید یک دوره بررسی به عنوان عمر طرح مورد نظر انتخاب شود. یکی از ملاحظات اساسی برای گزینش دوره بررسی، امکان پیش‌بینی هزینه و فایده طرح برای این دوره است. هرچه دوره انتخاب شده طولانی‌تر باشد، به همان نسبت برآورد ترافیک و هزینه و فایده مربوط به طرح دشوارتر و غیرقابل اتکا خواهد بود. از این رو، مدت ۲۰ سال به عنوان دوره بررسی یا عمر طرح در نظر گرفته می‌شود. واقعیت آن است که عمر مفید برخی ارکان طرح، از قبیل رویه راه، بسیار کوتاهتر و عمر مفید برخی دیگر از ارکان طرح از قبیل سازه‌های عمده، بسیار طولانی‌تر از ۲۰ سال است.

می‌توان گفت که با عنایت به قابل تأمل بودن پیش‌بینی هزینه و فایده طرح در فراسوی ۲۰ سال، و نیز تأثیر قابل توجه عامل تنزیل از دیدگاه کاهش قدر مطلق ارقام سال‌های دورتر، انتخاب ۲۰ سال به عنوان دوره بررسی، منطقی و پذیرفتنی است.

هرگاه ۲۰ سال به عنوان دوره بررسی در نظر گرفته شود، بیشتر ارکان راه در پایان دوره، دارای ارزش قابل توجهی خواهند بود. این ارزش را «ارزش باقیمانده راه در پایان دوره» می‌خوانند و آن را به عنوان فایده در سال پایانی دوره طرح منظور می‌کنند. از این رو، باید مانده ارزش اقتصادی ارکان راه در پایان دوره، برآورد و تعیین شود. پیداست که نمی‌توان تسهیلات باقیمانده در پایان دوره را در بازار به فروش رساند؛ اما این تسهیلات از دیدگاه امکان استفاده از آنها در فراسوی ۲۰ سال، فایده و یا صرفه‌جویی اضافی را فراهم می‌آورد.

برای نمونه، فرض کنید دوره بررسی راه جدیدی که قرار است ساخته شود، ۲۰ سال در نظر گرفته شده است. هرگاه بر مبنای بررسی‌ها، قرار باشد به دلیل تغییر مسیر راه و یا استفاده از خط‌آهن به جای راه، دیگر در پایان دوره از این راه استفاده نشود، می‌توان تصور کرد که به جز استفاده احتمالی از بخشی از آن به منظورهای دیگر، راه مورد گفتگو در آن زمان ارزش دیگری نخواهد داشت. اما از سوی دیگر، هرگاه همان گونه که معمول است، قرار باشد پس از ۲۰ سال نیز راه همچنان مورد استفاده قرار گیرد، وجود راه ساخته شده کنونی در آن زمان به این معنی خواهد بود که نیازی برای سرمایه‌گذاری جدید برای ساخت راه نخواهد بود. یا هرگاه بر همین روال، پیش‌بینی شود که در ۲۰ سال بعد، بهره‌برداری از راه ادامه یابد، اما در آن زمان به دلیل افزایش ترافیک خط‌های عبور آن از دو به چهار افزایش یابد، در این صورت دیگر نیازی نخواهد بود که در آن زمان هزینه کامل ساخت یک راه چهار خطه جدید تحمل شود؛ زیرا وجود راه دو خطه، معادل ارزش باقیمانده آن، موجبات صرفه‌جویی در ساخت راه چهار خطه را فراهم می‌آورد.

روش معمول تعیین ارزش اقتصادی ارکان مختلف راه در پایان دوره، برآورد ارزش هر یک از آنها برحسب درصدی از هزینه اصلی ساخت آنهاست. در جدول (۲.۷) نمونه‌ای از این برآورد براساس دوره ۲۰ سال، آورده شده است.

مفهوم جدول (۲.۷) آن است که در سال پایانی دوره ۲۰ سال، ارزش زمین معادل همان ارزشی است که در برآورد هزینه‌های اقتصادی برای آن تعیین شده است. ارزش سازه‌های عمده با عنایت به عمر فیزیکی آنها برابر با ۶۰ درصد ارزش برآورد شده کلی آنها خواهد بود و به همین ترتیب تا به آخر. پیش‌بینی شده است که رویه راه هر ۷ سال یک بار تجدید آسفالت شود و از این



رو، در سال ۲۰ یعنی در سال پایانی دوره، باقیمانده ارزش آخرین تجدید آسفالتی که در سال ۱۴ انجام خواهد شد برابر یک هفتم و یا به سخن دیگر، ۱۴ درصد ارزش آن در نظر گرفته شده است.

### جدول ۲.۷. ارزش باقیمانده راه در پایان دوره ۲۰ سال

ارکان راه	درصد باقیمانده ارزش
مطالعات مهندسی و توجیه طرح	۰
زمین	۱۰۰
سازه‌های عمده	۶۰
تسطیح و زهکشی	۵۰
اساس و زیراساس	۴۰
رویه راه	۱۴

### ۲.۳. تعیین سال پایه

در محاسبات تنزیلی برای محاسبه ارزش کنونی، سال آغاز عملیات ساخت راه به عنوان سال پایه، یا به سخن دیگر سال صفر تعیین می‌شود. هزینه‌هایی که در سال صفر بابت ساخت راه تحمل می‌شود به هیچ روی تنزیل نخواهد شد. هزینه‌هایی که در سال یک انجام می‌پذیرد برپایه دوره یک سال و هزینه‌های سال دو برپایه دوره ۲ سال و همین طور تا به آخر تنزیل می‌شود. هزینه‌های مطالعه و طراحی که پیش از آغاز عملیات ساخت راه، یعنی پیش از سال صفر انجام یافته است (سال‌های ۱- و ۲- و پیش از آن)، با استفاده از ضریب بهره مرکب یعنی  $(1+r)^t$  به سال صفر برگردانده می‌شود. از آنجا که دوره عمر طرح راه از سالی آغاز می‌شود که ساخت راه به پایان رسیده است از این رو، شمار سال‌هایی که تنزیل درباره آنها اعمال می‌شود، بیشتر از سال‌های عمر طرح است. برای نمونه، هرگاه دوره ساخت راه ۴ سال و عمر آن ۲۰ سال در نظر گرفته شود، دوره تنزیل برابر ۲۳ سال خواهد بود؛ به این معنی که در سال صفر (سال آغاز ساخت راه)، هزینه‌های سرمایه‌گذاری تنزیل نخواهد شد و در سال‌های ۱، ۲، ۳ هزینه‌های سرمایه‌گذاری و از سال ۴ تا سال ۲۳ نیز هزینه و فایده هر یک از سال‌ها (یا تفاضل آنها)، مورد تنزیل قرار می‌گیرد.

### ۳.۳. نرخ تنزیل

نرخ تنزیل از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی تعیین می‌شود. تا زمانی که نرخ دیگری از سوی این سازمان اعلام نشده است، از نرخ ۱۲ درصد به عنوان نرخ تنزیل معیار (نرخ بازده مورد انتظار)، در محاسبات مربوط استفاده خواهد شد.

### ۴. نرخ بازده اقتصادی

نرخ بازده اقتصادی در واقع نرخ تنزیلی است که جمع ارزش کنونی فایده طرح را با جمع ارزش کنونی هزینه آن برابر می‌کند. به سخن دیگر، نرخ بازده اقتصادی، نرخ تنزیلی است که برپایه آن، ارزش خالص کنونی طرح برابر با صفر می‌شود و با فرمول زیر نشان داده می‌شود:

$$ERR = B_0 - C_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (\text{فرمول ۷.۷})$$

$$= \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

$ERR$  = نرخ بازده اقتصادی؛

$B_t$  = فایده در سال  $t$ ؛

$C_t$  = هزینه در سال  $t$ ؛

$r$  = نرخ تنزیل؛

$n$  = شمار سال‌های دوره بررسی.

پس از تعیین نرخ بازده اقتصادی، آن را با «نرخ تنزیل معیار» یعنی نرخ بازده اقتصادی مورد انتظار، مقایسه می‌کنند. هرگاه نرخ بازده بیش از نرخ تنزیل معیار باشد، طرح پذیرفته خواهد شد و در غیر این صورت طرح مردود شمرده می‌شود. در ستون‌های ۱۲ و ۱۳ جدول (پ.۳.۱) پیوست سه همین فصل، محاسبه نرخ بازده اقتصادی نشان داده شده است. رتبه‌بندی طرح‌ها و یا گزینه‌های یک طرح، برحسب بیشتر بودن قدر مطلق نرخ بازده آنهاست.

برای محاسبه نرخ بازده طرح باید با استفاده از روش آزمون و خطا و کاربرد نرخ‌های تنزیل متفاوت آن قدر هزینه و فایده طرح را تنزیل کرد تا در نهایت امر با نرخ تنزیل خاصی، ارزش کنونی فایده طرح با ارزش کنونی هزینه آن برابر شود. با استفاده از کامپیوتر و برنامه صفحه گسترده از قبیل (Microsoft Excel)، این محاسبات با سرعت بسیار انجام می‌پذیرد.

## ۵. موارد کاربرد ضابطه‌های ارزش خالص کنونی و نرخ بازده اقتصادی

در تحلیل اقتصادی طرح‌های راهسازی از دو ضابطه ارزش خالص کنونی و نرخ بازده اقتصادی در موارد مختلف استفاده می‌شود که در چند بند زیر به ترتیب دربارهٔ مهمترین آنها توضیح داده می‌شود.

### ۵.۱. تصمیم دربارهٔ پذیرفتن یا نپذیرفتن طرح

همان گونه که پیش از این اشاره شد، طرحی از نظر اقتصادی موجه است که ارزش خالص کنونی آن مثبت باشد. محاسبه نرخ بازده اقتصادی طرح به منظور ارائه اطلاعات بیشتر انجام می‌پذیرد. نرخ بازده اقتصادی هر طرحی که برپایه نرخ تنزیل معیار، دارای ارزش خالص مثبت است، بدون تردید بیش از نرخ بازده مورد انتظار (نرخ تنزیل معیار) خواهد بود. به طور خلاصه، هرگاه رابطه زیر برقرار باشد، طرح پذیرفته خواهد شد:

$$NPV > 0$$

و

$$ERR > r$$

$$NPV = \text{ارزش خالص کنونی؛}$$

$$ERR = \text{نرخ بازده اقتصادی؛}$$

$$r = \text{نرخ تنزیل معیار.}$$

### ۵.۲. گزینش گزینه بهینه

تحلیل و ارزشیابی اقتصادی طرح شامل انتخاب از میان گزینه‌های مختلف است. در طرح‌های راهسازی، گزینه‌های مختلف پیش رو قرار می‌گیرد که در فصل چهارم دربارهٔ آنها توضیح داده شد. گزینه‌های عمده به شرح زیر است:

- انتخاب از میان مسیرهای مختلف؛
- انتخاب از میان راه‌حل‌های مختلف مهندسی مانند استفاده از تونل یا پل؛
- انتخاب از میان روش‌های مختلف بهبود حمل و نقل، برای نمونه انتخاب از میان سرمایه‌گذاری برای ساخت راه و یا بهبود نظام نگهداری راه‌های موجود؛
- انتخاب طرح‌ها برای منظور کردن آنها در برنامه عملیاتی بخش راه.

در این موارد، پرسش تنها آن نیست که آیا طرح از نظر اقتصادی موجه است، بلکه افزون بر آن، باید اطمینان حاصل شود که بهترین گزینه موجود نیز هست. هرگاه دو یا چند گزینه، از نوع سرمایه‌گذاری‌هایی باشند که در مرحله نخست سرمایه‌گذاری انجام می‌پذیرد و در سال‌های پس از آن جریان فایده خالص سالانه آنها همواره مثبت است، برای تعیین و انتخاب بهترین گزینه به شرح زیر عمل می‌شود:

- ارزش خالص کنونی طرح (A) با ارزش خالص کنونی طرح (B) مقایسه می‌گردد.

- بازده اقتصادی مازاد سرمایه‌گذاری طرح (B) نسبت به طرح (A) محاسبه می‌شود.

هرگاه دو یا چند گزینه از نوع سرمایه‌گذاری‌هایی باشند که نخست سرمایه‌گذاری (جریان منفی) و سپس فایده خالص سالانه (جریان مثبت) و باز در پی آن سرمایه‌گذاری (جریان منفی) داشته باشند، به دلیل آن که این گونه جریان هزینه و فایده بیش از یک نرخ بازده خواهد داشت، به شرح زیر عمل خواهد شد:

- ارزش خالص کنونی طرح (A) با ارزش خالص کنونی طرح (B) مقایسه می‌گردد.

برای مقایسه گزینه‌ها، گزینه‌ای که کمترین هزینه سرمایه‌گذاری را دارد به عنوان مبنای مقایسه در نظر گرفته می‌شود و پس از آن گزینه‌های دیگر برحسب افزایش هزینه سرمایه‌گذاری‌شان با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

### جدول ۳.۷. مقایسه چهار گزینه برپایه ارزش خالص کنونی و نرخ بازده اقتصادی

(مبالغ به هزار سکه)

نرخ بازده اقتصادی	ارزش خالص کنونی	گردش هزینه و فایده سالانه							گزینه فنی	
		۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰		
۱۸/۸	۲۰۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰	-۱۲۰۰۰	A
۱۹/۹	۴۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۶۰۰۰	-۲۰۰۰۰	B
۱۶/۶	۳۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰	-۲۹۰۰۰	C
۱۴/۹	۱۸۰۰	۸۸۰۰	۸۸۰۰	۸۸۰۰	۸۸۰۰	۸۸۰۰	۸۸۰۰	۸۸۰۰	-۳۲۶۰۰	D

در جدول (۳.۷)، چهار گزینه فنی به عنوان نمونه با هم مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. در این مثال نرخ تنزیل معیار ۱۳ درصد فرض شده است. همان گونه که دیده می‌شود برپایه نرخ ۱۳ درصد تمام گزینه‌ها قابل پذیرش است؛ زیرا ارزش خالص کنونی همه آنها مثبت و نرخ بازده اقتصادی‌شان بیش از ۱۳ درصد است. گزینه (B) مطلوب‌ترین آنهاست؛ زیرا بالاترین ارزش خالص کنونی را

داراست. گزینه (D) در مرتبه آخر قرار دارد؛ زیرا ارزش خالص کنونی آن کمتر از سایر گزینه‌هاست. توجه خواهد شد که هرگاه سایر گزینه‌ها مورد ملاحظه قرار نمی‌گرفت، گزینه (D) علیرغم آن که فایده خالص اقتصادی، در مقایسه با سایر گزینه‌ها در آخرین مرتبه قرار گرفته، انتخاب می‌شد. هنگام مقایسه این گونه گزینه‌ها با یکدیگر، بهتر است که بازده نهایی و یا به سخن دیگر، بازده سرمایه‌گذاری اضافی هر گزینه نسبت به گزینه دیگر برپایه ارزش خالص کنونی و یا نرخ بازده اقتصادی نیز محاسبه شود. این محاسبه در جدول (۴.۷) ارائه شده است.

#### جدول ۴.۷. محاسبه بازده نهایی گزینه‌های مورد بررسی

(مبالغ به هزار سکه)

گزینه فنی	گردش مازاد هزینه و فایده سالانه							ارزش خالص کنونی	نرخ بازده اقتصادی
	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶		
B-A	-۸۰۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	۲۱/۶
C-B	-۹۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	-۱۰۰۰	۸/۹
D-C	-۳۶۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰	-۴۱۶	۸

در مثال مطرحه، گزینه (A) از نظر هزینه سرمایه‌گذاری ارزان‌ترین گزینه‌هاست، اما همان گونه که در جدول‌های (۳.۷) و (۴.۷) دیده می‌شود، می‌توان با تحمل ۸ میلیون سکه سرمایه‌گذاری اضافی، گزینه (B) را انتخاب کرد و فایده سالانه را ۲/۵ میلیون سکه افزایش داد و از این رو، ارزش خالص کنونی طرح را دو برابر کرد و آن را از ۲ میلیون سکه به ۴ میلیون سکه افزایش داد. در مورد گزینه (C) مسأله برعکس است؛ زیرا در این گزینه هزینه سرمایه‌گذاری نسبت به گزینه (B) ۹ میلیون سکه افزایش می‌یابد ولی فایده سالانه آن تنها ۲ میلیون سکه بیش از گزینه (B) است و ارزش خالص کنونی فایده حاصل از سرمایه‌گذاری اضافی نیز منفی است. در گزینه (D)، میزان سرمایه‌گذاری ۳/۶ میلیون سکه و فایده سالانه آن ۰/۸ میلیون سکه بیش از گزینه (C) است و ارزش خالص کنونی فایده حاصل از سرمایه‌گذاری اضافی آن نیز منفی است. از آنجا که ضابطه اصلی انتخاب، ارزش خالص کنونی است از این رو، گزینه (C) و (D)، به دلیل منفی بودن ارزش خالص کنونی فایده حاصل از سرمایه‌گذاری اضافی؛ و گزینه (A) به دلیل کمتر بودن ارزش خالص کنونی فایده آن در مقایسه با گزینه (B) مردود شناخته می‌شود و گزینه (B) انتخاب می‌گردد.

از مثال بالا، قاعده کلی زیر استنتاج می‌شود:

«هرگاه با چند گزینه رو به رو باشیم که گزینه‌ها نسبت به هم دارای سرمایه‌گذاری اضافی باشند، گزینه‌ای انتخاب خواهد شد که سرمایه‌گذاری اضافی آن دارای بیشترین ارزش خالص کنونی است.»

### ۵.۳. تعیین زمان بهینه آغاز اجرای طرح

تعیین زمان آغاز اجرای طرح راهسازی یکی از تصمیمات مهم است و در هر طرحی باید مورد تحلیل قرار گیرد. نمی‌توان تنها به دلیل آن که فایده طرح بیش از هزینه آن است، به فوریت آن را به مرحله اجرا درآورد. تعویق اجرای طرح می‌تواند موجبات تغییر نمای هزینه و فایده و از این رو، فایده خالص کنونی آن را فراهم آورد. هرگاه نمای هزینه و فایده تغییر نیابد و تنها اجرای طرح به تعویق افتد، زمان اجرای طرح مسأله‌ای ایجاد نمی‌کند؛ زیرا تنها ارزش کنونی هزینه و فایده آن به تناسب ضریب تنزیل مورد نظر تغییر خواهد کرد. برای نمونه، هرگاه نرخ تنزیل برابر ۲۰ درصد در نظر گرفته شود و برپایه آن فایده کنونی طرح برابر با ۱۲ میلیون سکه و هزینه کنونی آن برابر با ۶ میلیون باشد، با به تعویق افکندن اجرای آن به مدت یک سال، ارزش کنونی هزینه و فایده و نیز ارزش خالص کنونی طرح به یک نسبت کاهش می‌یابد. در این گونه موارد، هرچه طرح زودتر به مرحله اجرا درآید، ارزش خالص کنونی آن نیز به همان نسبت بالاتر خواهد بود.

از سوی دیگر، هرگاه نمای هزینه یا فایده طرح به دلیل تعویق اجرای آن تغییر یابد، مسأله زمان آغاز اجرای طرح دارای اهمیت خواهد بود. برای روشن شدن مطلب فرض نمایم طرحی طبق جدول (۵.۷) دارای عمر عملیاتی برابر با ۴ سال (از سال ۲ تا سال ۶) و مدت اجرای آن دو سال (سال صفر و سال ۱) است و فایده آن از سال ۲ به بعد تحقق خواهد یافت.

فرض کنید که تعویق اجرای طرح به مدت یک سال، تنها موجب عقب انداختن هزینه به مدت یک سال شود و فایده ناخالص بدون تغییر باقی بماند. در این حالت، نمای فایده خالص به صورت ردیف آخر بخش دوم جدول (۵.۷) در خواهد آمد. در واقع، با به تعویق افکندن اجرای طرح، فایده ۲ سال از دست خواهد رفت اما به جای آن در سال ۶ فایده‌ای برابر با ۸ میلیون سکه به دست خواهد آمد. ارزش خالص کنونی جریان فایده خالص جدید (ردیف آخر جدول ۵.۷) برپایه نرخ تنزیل ۱۲ درصد برابر با ۱۱/۴ میلیون سکه خواهد شد و نشان دهنده آن است که بهتر است اجرای طرح به مدت یک سال به تعویق افتد.

## جدول ۵.۷. به تعویق افکندن اجرای طرح

(مبالغ به میلیون سکه)

سال	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶
فایده	۰	۰	۲	۷	۷	۸	۰
هزینه	-۳	-۲	-۱	-۱	-۱	-۱	۰
فایده خالص	-۳	-۲	۱	۶	۶	۷	۰
پس از به تعویق افکندن:							
فایده	۰	۰	۰	۷	۷	۸	۸
هزینه	۰	-۳	-۲	-۱	-۱	-۱	-۱
فایده خالص	۰	-۳	-۲	۶	۶	۷	۷

تفاوت بین دو مثال پیشگفته در آن است که در مثال نخست، تنها جریان هزینه و فایده طرح یک سال به تعویق افتاد؛ حال آن که در مثال دوم، تعویق اجرای طرح موجب تغییر نمای جریان فایده خالص طرح شد. زمان بهینه آغاز اجرای طرح، سالی است که موجبات بیشینه (حداکثر) شدن فایده خالص کنونی طرح را فراهم می‌آورد. بهترین راه برای شناسایی سال مورد بحث آن است که تأثیر تأخیر اجرای طرح به طور سال به سال بررسی گردد تا سرانجام سال بهینه اجرای آن معلوم شود. باید توجه داشت که در هر دو مثال بالا، ارزش خالص کنونی طرح براساس سال پایه همسان، یعنی سال صفر محاسبه شده است. در تمام موارد باید فایده خالص کنونی بر مبنای سال پایه یکسان محاسبه و تعیین شود.

## ۵.۴. نرخ بازده سال نخست

در مراحل نخستین تحلیل طرح و به ویژه در مورد مقایسه گزینه‌های مختلف، برای اجتناب از بررسی‌های تفصیلی، می‌توان از نرخ بازده سال نخست به منظور تعیین سال بهینه آغاز اجرای طرح استفاده نمود. به این منظور از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$FYRR = \frac{PVB_1}{PVIC} \cdot 100 \quad (\text{فرمول ۷.۸})$$

$FYRR$  = نرخ بازده سال نخست بهره‌برداری از راه؛

$PVB_1$  = ارزش کنونی فایده سال نخست بهره‌برداری از راه؛

$PVIC$  = ارزش کنونی هزینه سرمایه‌گذاری راه.

در این روش هرگاه نرخ بازده سال نخست بیش از نرخ تنزیل معیار، یعنی نرخ بازده مورد نظر باشد، زمان اجرای طرح برپایه پیش‌بینی اولیه آن خواهد بود؛ اما هرگاه نرخ بازده سال نخست کمتر از نرخ تنزیل معیار باشد، باید اجرای طرح به تعویق افتد. برای تعیین سال آغاز اجرای بهینه، لازم خواهد بود همین بازده برای سال‌های بعد محاسبه شود.

یادآور می‌شود که روش مورد گفتگو، تنها به بازده یکسال نظر دارد و گردش هزینه و فایده در سال‌های بعد از نظر دور می‌ماند و از این رو، معیاری ابتدایی و ناپروورده است و از آن می‌توان تنها در مراحل آغازین تحلیل طرح و در مقایسه گزینه‌های اولیه استفاده کرد. در مرحله نهایی تحلیل کامل طرح، باید همان گونه که پیش از این گفته شد از ضابطه ارزش خالص کنونی دوره کامل بررسی استفاده نمود.

## ۶. ضابطه ارزش معادل سالانه

در روند تدوین و تألیف طرح‌های راهسازی، گاه مسأله انتخاب از میان گزینه‌هایی پیش می‌آید که ضابطه انتخاب از میان آنها، «کمترین هزینه اقتصادی» است. برای نمونه می‌توان از انتخاب ماشین‌آلات و تجهیزات برای تعمیر و نگهداری راه نام برد. از نظر کلی این ماشین‌آلات و تجهیزات هر یک کار مورد نظر را انجام می‌دهد اما از نظر قیمت، طول عمر، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، با یکدیگر فرق دارد.

مؤلفان طرح در این مورد و موارد مشابه، برای گزینش از میان گزینه‌های مختلف پیش رو، نیاز به ضابطه‌ای دارند که با ضوابط پیشگفته هماهنگ باشد؛ به این معنی که مسأله ارزش زمانی فایده حاصل از صرفه‌جویی در هزینه‌ها رعایت شود تا برپایه آن گزینه‌ای انتخاب گردد که کمترین هزینه را داراست.

قیمت یا به سخن دیگر، هزینه خرید ماشین‌آلات و تجهیزات نمی‌تواند به تنهایی مبنای داوری قرار گیرد؛ زیرا افزون بر هزینه خرید، هزینه بهره‌برداری و نگهداری این دارایی‌ها نیز باید مورد توجه قرار گیرد. دیگر این که، به دلیل تفاوت احتمالی طول عمر دارایی‌ها و نیز تفاوت گردش هزینه نگهداری و تعمیرات هر یک از این دارایی‌ها با دیگری، نمی‌توان هزینه خرید ماشین‌آلات را به طور مستقیم با هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالانه آنها جمع کرد و برپایه آن تصمیم گرفت.

به منظور مقایسه این ارقام با یکدیگر و تعیین گزینه‌ای که کمترین هزینه را در بردارد، باید «ارزش معادل سالانه» هر یک از گزینه‌ها برپایه ارزش کنونی آنها مشخص شود. اکنون نخست درباره



مفهوم «ارزش معادل سالانه» توضیح داده خواهد شد و در پی آن، نمونه‌ای دربارهٔ چگونگی محاسبه آن مطرح می‌شود.

### ۶.۱. مفهوم ارزش معادل سالانه

فرض کنید در نظر است ماشین‌آلاتی با هزینه ۱۰ میلیون سکه که هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالانه آن در جدول (۶.۷) آمده است با گزینه دیگری مقایسه شود. همان گونه که دیده می‌شود، هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالانه این ماشین‌آلات در سال‌های مختلف با یکدیگر فرق دارد. عمر این دارایی ۵ سال، نرخ تنزیل معیار برابر با ۶ درصد است. ارزش کنونی هزینه بهره‌برداری و نگهداری سالانه ماشین‌آلات یادشده نیز در جدول پیشگفته نشان داده شده است.

### جدول ۶.۷. ارزش کنونی هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

(مبالغ به هزار سکه)

سال	هزینه بهره‌برداری و نگهداری	ضریب تنزیل ۶ درصد	ارزش کنونی
۱	۳۱۷۰	۰/۹۴۴	۲۹۹۲
۲	۲۹۱۰	۰/۸۹۰	۲۵۹۰
۳	۲۶۵۰	۰/۸۴۰	۲۲۲۶
۴	۲۳۹۰	۰/۷۹۲	۱۸۹۳
۵	۲۱۳۰	۰/۷۴۷	۱۵۹۱
جمع	-	۴/۲۱۳	۱۱۲۹۲

حاصل تقسیم مجموع ارزش کنونی هزینه‌های سالانه بهره‌برداری و نگهداری یعنی ۱۱۲۹۲ هزار سکه بر مجموع ضریب‌های تنزیل سال‌های یک تا پنج، یعنی ۴/۲۱۳ که برابر ۲۶۸۰ هزار سکه می‌شود نشان دهنده ارزش معادل سالانه این هزینه‌هاست. با این عمل، گردش نقدی نابرابر هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری سالانه، تبدیل به اقساط برابر سالانه می‌شود و از این رو، می‌توان آن را با ارزش معادل سالانه هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری گزینه‌های دیگر مقایسه کرد.

برای محاسبه ارزش معادل سالانه، می‌توان از روش دیگری نیز استفاده کرد. در این روش نخست جمع ارزش کنونی گردش نابرابر سالانه تعیین می‌شود. پس از آن با استفاده از فرمول «بازیافت سرمایه»، ارزش معادل سالانه آن به دست می‌آید. فرمول بازیافت سرمایه به شرح زیر است:

$$A = P \left( \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right) \quad (\text{فرمول ۷.۹})$$

$A$  = اقساط برابر سالانه (ارزش معادل سالانه)؛

$P$  = مبلغ کنونی (جمع ارزش کنونی گردش نقدی نابرابر)؛

$r$  = نرخ تنزیل؛

$n$  = دوره به سال.

در این مثال، مبلغ کنونی برابر با ۱۱۲۹۲ هزار سکه، نرخ تنزیل برابر با ۶ درصد و دوره برابر

با ۵ سال است و از این رو خواهیم داشت:

$$A = 11292 \left[ \frac{\dot{y}/\dot{y} ( + \dot{y}/\dot{y} )}{( + \dot{y}/\dot{y} ) - } \right] = 11292 \times 0.2374 = 2680 \quad \text{هزار سکه}$$

در مورد تعیین ارزش معادل سالانه دارایی‌ها، هرگاه این دارایی‌ها دارای ارزش باقیمانده در

پایان دوره نباشد، می‌توان آن را با استفاده از فرمول (۷.۹) محاسبه کرد. اما هرگاه دارایی در پایان

دوره دارای ارزش باقیمانده باشد، باید برای تعیین ارزش معادل سالانه آن از فرمول زیر استفاده کرد:

$$A = (P - L) \left( \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right) + Lr \quad (\text{فرمول ۷.۱۰})$$

$A$  = اقساط برابر سالانه (ارزش معادل سالانه دارایی)؛

$P$  = مبلغ کنونی (ارزش اولیه دارایی)؛

$L$  = ارزش باقیمانده دارایی در آخر دوره؛

$r$  = نرخ تنزیل؛

$n$  = دوره به سال.

## ۲.۶. چگونگی مقایسه گزینه‌ها برپایه ضابطه ارزش معادل سالانه

برای مقایسه دارایی‌هایی که دارای قیمت، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و عمرهای

مختلف هستند، باید ارزش معادل سالانه قیمت دارایی و ارزش معادل سالانه هزینه‌های بهره‌برداری و

نگهداری هر گزینه تعیین و با هم جمع شود و آنگاه مجموع ارزش معادل سالانه هر گزینه، با مقدار

همانند آن در گزینه دیگر، مقایسه گردد و هر کدام که کمتر بود انتخاب شود.

اکنون به منظور نشان دادن شیوه محاسبه و مقایسه گزینه‌های مختلف، مثال جامعی که

اطلاعات مربوط به آن در جدول (۷.۷) ارائه شده است، مورد بحث قرار می‌گیرد. در این مثال، نرخ

تنزیل معیار برابر ۱۵ درصد فرض شده است. ضرایب «بازیافت سرمایه» و نیز «ضرایب تنزیل» با

عنایت به نرخ تنزیل و سال مربوط با کاربرد فرمول‌های مورد اشاره پیشین محاسبه شده و در اینجا مورد استفاده قرار گرفته است.

برای مقایسه دو گزینه مورد بحث باید مراحل آینده به ترتیب طی شود.

**یک -** نخست ارزش معادل سالانه هزینه مربوط به خرید ماشین‌آلات، با استفاده از فرمول (۷.۱۰) به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{گزینه یک} \quad \text{هزار سکه} \quad ۶۸۷۱ = (۲۵۰۰ \times ۰/۱۵) + ۰/۲۹۸ \times (۲۵۰۰) - ۲۴۳۰۰$$

$$\text{گزینه دو} \quad \text{هزار سکه} \quad ۵۸۵۳ = (۳۵۰۰ \times ۰/۱۵) + ۰/۲۴۰ \times (۳۵۰۰ - ۲۵۷۰۰)$$

**جدول ۷.۷. اطلاعات مربوط به دو گزینه**

(مبالغ به هزار سکه)

گزینه دو	گزینه یک	شرح
۲۵۷۰۰	۲۴۳۰۰	هزینه خرید
۱۲۷۰۰	۱۳۴۵۰	هزینه بهره‌برداری سالانه
هزینه نگهداری در این گزینه ثابت و سالانه برابر با ۱۵۰۰ است	سال یک ۱۰۰۰	هزینه نگهداری
	سال دو ۱۲۰۰	
	سال سه ۱۴۰۰	
	سال چهار ۱۷۵۰	
	سال پنج ۲۰۰۰	
۷ سال	۵ سال	عمر ماشین‌آلات
۳۵۰۰	۲۵۰۰	ارزش باقیمانده در پایان دوره

**دو -** در مرحله بعد، باید هزینه معادل سالانه بهره‌برداری از ماشین‌آلات تعیین شود. در این مثال چون هزینه بهره‌برداری در هر دو گزینه سالانه ثابت است، نیازی به محاسبه وجود ندارد و می‌توان از خود این ارقام استفاده کرد.

**سه -** در این مرحله، باید هزینه معادل سالانه نگهداری از ماشین‌آلات محاسبه شود. برای محاسبه هزینه معادل سالانه گزینه یک، همان گونه که پیش از این بیان شد، نخست باید مجموع ارزش کنونی هزینه‌های نگهداری را به شرح جدول (۷.۸) برآورد کرد.

### جدول ۸.۷. محاسبه ارزش کنونی هزینه‌های نگهداری

(مبالغ به هزار سکه)

سال	هزینه نگهداری	ضریب تنزیل	ارزش کنونی
۱	۱۰۰۰	۰/۸۷۰	۸۷۰
۲	۱۲۰۰	۰/۷۵۶	۹۰۷
۳	۱۴۰۰	۰/۶۵۸	۹۲۱
۴	۱۷۵۰	۰/۵۷۲	۱۰۰۱
۵	۲۰۰۰	۰/۴۹۷	۹۹۴
جمع			۴۶۹۳

با استفاده از ضریب بازیافت سرمایه براساس مدت ۵ سال و نرخ ۱۵ درصد، ارزش معادل سالانه هزینه نگهداری گزینه یک به شرح زیر حساب می‌شود:

$$\text{ارزش معادل سالانه} = ۴۶۹۳ \times ۰/۲۹۸ = ۱۳۹۸ \text{ هزار سکه}$$

چون هزینه نگهداری ماشین‌آلات گزینه دو ثابت و سالانه برابر با ۱۵۰۰ هزار سکه است از این رو، نیازی به محاسبه ارزش معادل سالانه نیست و رقم یادشده نشان دهنده آن است.

**چهار -** مجموع هزینه معادل سالانه هر یک از گزینه‌ها محاسبه می‌شود و آنگاه، این دو هزینه با یکدیگر مورد مقایسه قرار می‌گیرند. این مقایسه در جدول (۹.۷) انجام شده است.

### جدول ۹.۷. مقایسه دو گزینه برپایه هزینه معادل سالانه

(مبالغ به هزار سکه)

شرح	گزینه یک	گزینه دو
هزینه خرید ماشین‌آلات	۶۸۷۱	۵۸۵۳
هزینه بهره‌برداری	۱۳۴۵۰	۱۲۷۰۰
هزینه نگهداری	۱۳۹۸	۱۵۰۰
جمع هزینه معادل سالانه	۲۱۷۱۹	۲۰۰۵۳

جدول (۷. ۹) امکان مقایسه دو گزینه را برپایه هزینه معادل سالانه آنها فراهم می‌آورد. با توجه به مبلغ هزینه‌ها، پیداست که گزینه دو به دلیل کمتر بودن هزینه سالانه آن نسبت به گزینه یک، انتخاب می‌شود.

## ۷. تحلیل بی‌اطمینانی

تاکنون بحث درباره ارزشیابی و تحلیل اقتصادی طرح بر این فرض استوار بود که تمام اطلاعات مربوط به سال‌های آینده کامل و درست است. هرگونه تحلیل و تصمیم‌گیری در مورد ظرفیت راه، هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه نگهداری، هزینه عملیاتی، فایده، نرخ تنزیل، دوره عمر طرح، و غیره نتیجه منطقی این فرض است که نسبت به تحولات آتی، آگاهی کامل وجود دارد. با توجه به این اطلاعات و آگاهی‌هاست که طرحی پذیرفته و یا مردود شناخته می‌شود و یا این که مورد تعدیل و اصلاح قرار می‌گیرد.

اما باید توجه داشت که در عمل، درباره تحولات آتی همواره بی‌اطمینانی و تردید وجود دارد. به ندرت ممکن است رویدادهای آتی با پیش‌بینی‌های قبلی تطبیق یابد. مؤلفین طرح و تصمیم‌گیران باید واقع‌بین باشند. هر تصمیم کنونی مبتنی بر یک سلسله فرض در مورد تحولات سیاسی و اجتماعی، توسعه تکنولوژی و قیمت منابع مورد نیاز و فایده طرح در آینده است. چون به طور معمول در اکثر موارد پیش‌بینی وضع آینده براساس اطلاعات ناقص درباره شرایط اقتصادی انجام می‌شود، تردید و بی‌اطمینانی نسبت به برآوردها فزونی می‌یابد؛ حتی کاربرد و استفاده از آخرین فنون پیشرفته پیش‌بینی اقتصادی نمی‌تواند بی‌اطمینانی نسبت به بسیاری از عوامل مؤثر بر فایده اقتصادی طرح را از میان ببرد.

در همه تصمیم‌های مربوط به طرح، عامل تردید کم و بیش جلوه‌گر می‌شود. تصمیم‌گیران در هنگام بررسی و سنجش مطلوبیت طرح (خودآگاه و یا ناخودآگاه)، عناصر بی‌اطمینانی موجود در طرح را ارزیابی می‌کنند و آن را به ریسک‌های شناخته شده تبدیل می‌نمایند و آنگاه با توجه به امکان تحقق این ریسک‌ها در مورد پذیرش یا رد طرح تصمیم می‌گیرند.

همان گونه که اشاره شد، همواره پیش‌بینی وضع آتی با تردید و بی‌اطمینانی رو به روست. از این رو، نمی‌توان تنها براساس ارزش خالص کنونی و نرخ بازده اقتصادی طرح و بدون در نظر گرفتن درجه اطمینان به آمار و ارقام و اطلاعاتی که مبانی محاسبه فایده خالص اقتصادی طرح را تشکیل می‌دهد، طرح را به درستی مورد سنجش و گزینش قرار داد.

با وجود برنامه‌ریزی جامع در کشور و التزام دولت به پیروی از آن، درجه بی‌اطمینانی تا مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد، ولی حتی در این حالت نیز مشکل بی‌اطمینانی کاملاً از بین نمی‌رود.

مؤلفین می‌توانند با در نظر گرفتن تردید و بی‌اطمینانی ناظر بر طرح، به ویژه با توجه به عواملی که بیشترین تأثیر را بر فایده خالص اقتصادی طرح می‌گذارد و دیگر ملاحظات، مطلوب‌ترین پیشنهاد را به تصمیم‌گیران ارائه دهند.

## ۱.۷. منشأ و علت‌های بی‌اطمینانی

هر عامل متغیر که در محاسبه فایده خالص اقتصادی طرح وارد می‌شود، می‌تواند منشأ بروز تردید و بی‌اطمینانی باشد. بدیهی است، برخی از متغیرها از این نظر تأثیر بیشتر دارند. متغیرهایی مانند پیش‌بینی ترافیک، هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه‌های نگهداری و یا فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه‌های عملیاتی، منشأ مشترک بروز بی‌اطمینانی در تحلیل طرح است. افزون بر آن، در برنامه‌ریزی طرح، عامل زمان یکی از مسائل اساسی است و از این رو، زمان‌بندی طرح و درجه اطمینان به تحقق برنامه طبق زمان پیش‌بینی شده، در تحلیل طرح نقش مهم و حیاتی دارد. به هر حال، یکی از وظیفه‌های خطیر مؤلفین طرح، تعیین متغیرهای مهم از نظر بی‌اطمینانی، و بررسی و تحلیل و تشخیص اثر آنها بر فایده خالص اقتصادی طرح مورد نظر است.

مؤلفین طرح باید بین تردید ناظر بر متغیرهای خود طرح و بی‌اطمینانی ناظر بر محیطی که طرح در آن اجرا می‌شود، تفاوت بگذارند؛ هر چند این دو در عمل در یک جهت تأثیر می‌گذارد. مهمترین دلایل بروز تردید و بی‌اطمینانی به شرح زیر است.

**تورم** - در اثر تورم، قیمت بسیاری از اقلام طرح در طی زمان افزایش می‌یابد و افزون بر تغییر قدر مطلق قیمت‌ها، موجبات تغییرات نسبی آنها را نیز فراهم می‌آورد. البته، قیمت‌ها به دلایل دیگری نیز در طی زمان بالا و پایین می‌رود.

**تغییر تکنولوژی** - علی‌الاصول، کمیت و کیفیت منابع مورد نیاز طرح با توجه به سطح تکنولوژی کنونی برآورد می‌شود؛ حال آن که احتمال دارد در آینده با ایجاد تکنولوژی جدید، برآوردهای کنونی تغییر یابد.

**بهره‌برداری از ظرفیت ایجاد شده** - همواره این احتمال وجود دارد که به دلیل برآورد اشتباه ترافیک سال‌های آینده، ظرفیت ایجاد شده براساس نرخ پیش‌بینی شده در مطالعه توجیهی طرح مورد بهره‌برداری قرار نگیرد و در نتیجه، فایده حاصل از صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی و نگهداری با برآورد انجام شده منطبق نخواهد بود.

**اشتباه در برآوردها** - بسیار دیده شده است که سرمایه‌گذاری مورد نیاز و دوره اجرای طرح، کمتر از واقع برآورد شده است و در عمل، مقدار هزینه سرمایه‌گذاری در زمان اجرا به طور قابل

ملاحظه‌ای بیش از پیش‌بینی گزارش توجیه طرح شده است و در نهایت تأثیر منفی شدیدی بر فایده خالص اقتصادی طرح گذارده است.

عوامل یادشده، موجبات فراهم آوردن ریسک و بی‌اطمینانی می‌شود. به طور کلی، دو لغت ریسک و بی‌اطمینانی مفاهیم جداگانه‌ای دارند ولی تأثیر آنها بر فایده خالص اقتصادی طرح یکسان است. ریسک به وضعی گفته می‌شود که توزیع و یا احتمال تحقق رویدادها بنا به تجربه‌های گذشته معلوم است و می‌توان کم و بیش با دقت لازم آنها را در محاسبات منظور کرد. لغت بی‌اطمینانی ناظر بر رویدادهایی است که امکان وقوع و یا تحقق آنها معلوم و مشخص نیست. به سخن دیگر، ریسک یک بی‌اطمینانی قابل اندازه‌گیری است، حال آن که بی‌اطمینانی، یک ریسک غیر قابل اندازه‌گیری است.

به هر حال، برخی از دلایل بروز تردید و بی‌اطمینانی، برای مثال تغییرات تکنولوژی، از گستره کنترل مؤلفین طرح خارج است؛ ولی برخی دیگر را می‌توان با پیش گرفتن راهکارهای درست، پیش‌بینی و مهار کرد. با پیش‌بینی‌های لازم برای تعدیل و کاهش بروز بی‌اطمینانی، می‌توان درجه ریسک طرح‌ها را کاهش داد. راه دیگر گریز از ریسک آن است که طرح‌های با ریسک کمتر جایگزین طرح‌های با ریسک بیشتر شود. به هر حال، گرفتن چنین تصمیمی نیز چندان آسان نیست؛ زیرا چه بسا ممکن است طرح پرریسک‌تر از جاذبه و مطلوبیت زیادتری برخوردار باشد. با توجه به طرح مربوط و برحسب مورد، گاه باید ریسک انجام آن را قبول کرد؛ زیرا طرح مورد نظر از هر نقطه نظر می‌تواند جذاب و مطلوب باشد. هدف از تحلیل بی‌اطمینانی، حذف ریسک‌های احتمالی نیست؛ بلکه گزینش ریسک‌های قابل قبول است. تنها راه حذف و از بین بردن ریسک، در واقع هیچ کاری نکردن است که این خود بزرگترین ریسک و خطر می‌باشد.

با توجه به مطالب یادشده، اکنون به ترتیب درباره شیوه‌های بررسی بی‌اطمینانی و ریسک و منظور داشتن آن در محاسبات، توضیح داده می‌شود.

## ۲.۷. تحلیل حساسیت

نخستین شیوه برای تحلیل بی‌اطمینانی، استفاده از تحلیل حساسیت است. در این روش، کوشش بر آن است که تأثیر تغییر عوامل متغیر همچون هزینه منابع، هزینه نگهداری، هزینه‌های عملیاتی بر فایده اقتصادی طرح، تعیین و مشخص شود. برای مثال، طیف تغییرات احتمالی فایده خالص سالانه مشخص می‌شود و سپس تأثیر آن بر فایده اقتصادی طرح محاسبه می‌گردد. مؤلف طرح می‌تواند براساس این محاسبات، در واقع اهمیت نسبی هر یک از متغیرها بر فایده اقتصادی طرح را

مشخص کند. از این رو، هدف از تحلیل حساسیت، تعیین متغیرهایی است که بیشترین تأثیر را بر فایده اقتصادی طرح می‌گذارد. براساس تحلیل حساسیت، می‌توان نتایج تغییر یک متغیر، برای مثال تغییر هزینه ساخت راه را بر فایده اقتصادی آن محاسبه کرد.

### ۱.۲.۷. تحلیل حساسیت ارزش خالص کنونی

همان گونه که پیش از این بیان شد، ضابطه قابل قبول برای تعیین فایده خالص اقتصادی طرح باید ارزش زمانی هزینه و فایده را در نظر گیرد و توضیح داده شده است که به این منظور باید از ضابطه ارزش خالص کنونی اقتصادی و ضابطه نرخ بازده اقتصادی استفاده کرد. ارزش خالص کنونی به چهار متغیر اصلی، یعنی میزان سرمایه‌گذاری، گردش هزینه و فایده سالانه (شامل فایده خالص سالانه)، عمر طرح و نرخ تنزیل معیار بستگی دارد. برای تعیین حساسیت ارزش خالص کنونی، باید دید که تغییر هر یک از متغیرها، چه تأثیری بر میزان ارزش خالص کنونی طرح یا نرخ بازده اقتصادی آن خواهد گذارد. به طور کلی، در گزارش توجیه طرح، واقع‌بینانه‌ترین ارقام درج می‌شود و محاسبات براساس آن انجام می‌گیرد. اکنون برای تشریح شیوه تعیین حساسیت طرح فرض کنید که ارزش خالص کنونی یک طرح براساس واقع‌بینانه‌ترین ارقام به شرح جدول (۱۰.۷) است.

### جدول ۱۰.۷. ارزش خالص کنونی طرح براساس ارقام واقع‌بینانه

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۳۶۵	+۱۳۴۰۲
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۶۰۰	+۴۵۱۶۳
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۶۹۰۶

عمر این طرح ۲۰ سال است و سرمایه‌گذاری به تمامی در سال صفر انجام می‌شود. گردش هزینه و فایده سالانه این طرح در تمام مدت ۲۰ سال یکسان است از این رو، با توجه به نرخ تنزیل معیار که برابر ۸ درصد است، ضریب تنزیل برپایه ۲۰ سال، محاسبه و در جدول پیش‌گفته منظور شده است. برای تعیین تأثیر تغییر میزان سرمایه‌گذاری بر ارزش خالص کنونی طرح، فرض کنید که



میزان سرمایه‌گذاری ۵ درصد افزایش یابد و بالغ بر ۶۸۲۱ هزار سکه شود. در این صورت، ارزش خالص کنونی طرح به شرح جدول (۱۱.۷) خواهد بود.

### جدول ۱۱.۷. ارزش خالص کنونی طرح براساس تغییر میزان سرمایه‌گذاری

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۸۲۱	-۶۸۲۱
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۳۶۵	+۱۳۴۰۲
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۶۰۰	+۴۵۱۶۳
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۶۵۸۱

ملاحظه می‌شود که ۵ درصد افزایش هزینه سرمایه‌گذاری موجب شده است که ارزش خالص کنونی این طرح نیز ۵ درصد کاهش یابد و به سخن دیگر، به ازای یک درصد افزایش سرمایه‌گذاری، ارزش خالص کنونی طرح یک درصد کاهش یافته است. اکنون فرض کنید که به جای سرمایه‌گذاری، فایده سالانه طرح معادل ۵ درصد کاهش یابد و بالغ بر ۴۳۷۰ هزار سکه شود. ارزش خالص کنونی طرح، با فرض اخیر به شرح جدول (۱۲.۷) خواهد بود.

### جدول ۱۲.۷. ارزش خالص کنونی طرح براساس تغییر فایده سالانه

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۱۳۵	+۱۱۱۴۴
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۳۷۰	+۴۲۹۰۵
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۴۶۴۸

جدول (۷. ۱۲) نشان می‌دهد که ۵ درصد کاهش دریافت‌های سالانه باعث شده است که ارزش خالص کنونی طرح معادل ۳۳ درصد کاهش یابد. به سخن دیگر، یک درصد کاهش دریافت‌های سالانه موجبات آن را فراهم می‌آورد که ارزش خالص کنونی طرح معادل ۶/۶ درصد کاهش یابد. به این ترتیب، اگر فایده سالانه ۱۵ درصد کاهش یابد، ارزش خالص کنونی طرح برابر با صفر خواهد شد.

حال فرض کنید که به جای کاهش فایده طرح، هزینه سالانه طرح ۵ درصد افزایش یابد. ارزش خالص کنونی طرح با فرض اخیر به شرح جدول (۷. ۱۳) خواهد بود.

### جدول ۷. ۱۳. ارزش خالص کنونی طرح براساس تغییر هزینه سالانه

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۲۰۳	+۱۱۸۱۱
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۶۰۰	+۴۵۱۶۳
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۳۹۷	-۳۳۳۵۲
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۵۳۱۵

ملاحظه می‌شود که ۵ درصد افزایش هزینه سالانه موجب شده است که ارزش خالص کنونی طرح معادل ۲۳ درصد کاهش یابد. یعنی در واقع، یک درصد افزایش هزینه سالانه باعث می‌شود که ارزش خالص کنونی طرح معادل ۴/۶ درصد کاهش یابد و هرگاه هزینه‌های سالانه طرح ۲۲ درصد افزایش یابد، ارزش خالص کنونی طرح برابر با صفر می‌شود.

برای تعیین حساسیت ارزش خالص کنونی طرح نسبت به عمر تعیین شده، فرض کنید که عمر طرح ۵ درصد کمتر از واقع پیش‌بینی شده است و به جای ۲۰ سال برابر با ۱۹ سال باشد. در این شرایط، ضریب تنزیل اقساط مساوی، به جای ۲۰ سال، برای ۱۹ سال محاسبه شده است که برابر عدد ۹/۶۰۴ می‌باشد و بر مبنای آن، محاسبات به شرح جدول زیر انجام می‌گیرد. توجه خواهند کرد که در این فرض تمام ارقام براساس گزارش توجیهی طرح است و تنها عمر آن تغییر می‌کند از این رو، نرخ تنزیل نیز همان ۸ درصد است.

## جدول ۱۴.۷. ارزش خالص کنونی براساس تغییر عمر طرح

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه گذاری	۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۶۰۴	+۱۳۶۵	+۱۳۱۰۹
۱.۲	فایده سالانه	۹/۶۰۴	+۴۶۰۰	+۴۴۱۷۸
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۶۰۴	-۳۲۳۵	-۳۱۰۶۹
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۶۶۱۳

جدول (۱۴.۷) نشان می دهد که با کاهش ۵ درصد از عمر طرح، ارزش خالص کنونی آن حدود ۴ درصد کاهش یافته است. به سخن دیگر به ازای هر یک درصد کاهش عمر طرح، ارزش خالص کنونی آن معادل ۰/۸ درصد کاهش می یابد.

با توجه به این محاسبات، معلوم می شود که طرح مورد بحث، بیشترین حساسیت را در مرحله اول نسبت به تغییرات فایده و در مرحله دوم نسبت به تغییرات هزینه دارد. به عبارت دیگر، هر گونه تغییر ارقام یادشده موجبات تغییرات عمده ارزش خالص کنونی طرح را فراهم می آورد. برای پرهیز از نتایج ناخوش آیند تغییرات یادشده به طور معمول باید محاسبات و مفروضات مربوط به این ارقام دوباره مورد بررسی قرار گیرد و تا حد امکان اطمینان حاصل شود که ارقام و آمار صحیح می باشد و محاسبات با دقت و صحت لازم انجام گرفته است. پس از حصول اطمینان، باید در گزارش توجیهی برای آگاهی تصمیم گیر، موضوع به صراحت منعکس شود. برای کمک به تصمیم گیران، بهتر است که ارزش خالص کنونی طرح براساس سه برآورد واقع بینانه، بدبینانه و خوش بینانه متغیرهای عمده و مؤثر طرح، حساب شود و به آنان ارائه گردد. با عنایت به مثال مطروحه، برای مثال می توان افزون بر ارزش خالص کنونی طرح براساس ارقام واقع بینانه، دو مورد دیگر را به شرح آتی ارائه کرد.

(۱) فرض بدبینانه

در این مورد فرض می‌شود که هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه سالانه هر یک ۵ درصد افزایش یابد و فایده سالانه طرح ۵ درصد کاهش یابد. لازم به یادآوری است که انتخاب ۵ درصد صرفاً به عنوان مثال است و در مورد هر طرح، فرض خوش بینانه و بدبینانه باید بنا به مورد و تجربه و نظر کارشناسی و اوضاع و احوال خاص ناظر بر طرح تعیین شود.

به هر حال، توجه خواهد شد که به طور کلی در برآورد بدبینانه، تمام متغیرهای مهم و مؤثر به عنوان آمار و اطلاعات مورد نیاز محاسبه ارزش خالص کنونی طرح در نظر گرفته می‌شود. محاسبات مربوط در جدول (۱۵.۷) منعکس شده است.

### جدول ۱۵.۷. ارزش خالص کنونی طرح براساس ارقام بدبینانه

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۸۲۱	+۶۸۲۱
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۹۷۳	+۹۵۵۳
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۳۷۰	+۴۲۹۰۵
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۳۹۷	-۳۳۳۵۲
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۲۷۳۲

ملاحظه می‌شود که در این مثال، با وجود در نظر گرفتن بدترین برآوردها، باز هم ارزش خالص کنونی طرح مثبت است و براساس نرخ تنزیل معیار، برابر با ۲۷۳۲ هزار سکه شده است.

#### (۲) فرض خوش بینانه

در این مورد فرض شده است که تنها فایده سالانه معادل ۵ درصد افزایش یابد اما سایر متغیرها برپایه برآورد واقع بینانه در نظر گرفته شده است. ارزش خالص کنونی طرح به شرح جدول (۱۶.۷) است.

### جدول ۱۶.۷. ارزش خالص کنونی طرح براساس ارقام خوش بینانه

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۵۹۵	+۱۵۶۶۰

۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۸۳۰	+۴۷۴۲۱
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۹۱۶۴

با توجه به جدول (۷. ۱۶)، ارزش خالص کنونی طرح براساس فرض خوش بینانه برابر با ۹۱۶۴ هزار سکه می‌شود. تصمیم‌گیر، حال با توجه به هر سه فرض مطروحه مطمئن است که به طور کلی از این طرح فایده خالص اقتصادی عاید خواهد شد ولی از این که کدام یک از سه ارزش خالص کنونی احتمال تحقق بیشتری خواهد داشت، بی‌اطلاع است. در واقع طیف یا دامنه تحقق ارزش خالص کنونی از طریق تحلیل حساسیت مشخص می‌شود ولی برای تعیین احتمال تحقق هر یک از سه مورد موصوف باید از تحلیل احتمالات استفاده کرد.

### ۷.۳. تحلیل احتمالات

منظور از احتمال، تعیین نسبت درصد تحقق یک رویداد به مجموع رویدادهای مختلف قابل پیش‌بینی است. برای مثال، هرگاه یک سکه را به هوا بیاندازیم دو نتیجه محتمل به بار می‌آورد؛ (۱) روی «شیر» سکه به دست آید و (۲) روی «خط» سکه حاصل شود. از این رو، به هوا انداختن سکه دو رویداد را در بردارد. هر بار که سکه به هوا انداخته می‌شود، احتمال تحقق یکی از رویداد یادشده وجود دارد از این رو، احتمال تحقق هر یک از رویدادها برابر با  $0.5$  و یا  $50\%$  درصد نسبت به مجموع رویدادهای قابل تحقق است.

به طور معمول، احتمال را با اعداد بین صفر و یک، و یا به صورت درصد و بین صفر تا صد در صد بیان می‌کنند. احتمال صفر به آن معنی است که رویداد به هیچ وجه قابل تحقق نیست و احتمال یک و یا صد در صد، نشان دهنده تحقق قطعی رویداد و اطمینان کامل به حصول آن است. از این رو، احتمال تحقق هر رویداد بین یک و صفر قرار دارد و جمع احتمال تحقق یک رویداد و احتمال عدم تحقق آن همواره برابر با یک (یا صد در صد) خواهد بود.

ضریب احتمال تحقق رویدادها براساس تجارب گذشته و نظر کارشناسی تعیین می‌شود. در مقوله ارزشیابی و سنجش و گزینش طرح‌های راهسازی، تعیین ضریب احتمال تحقق رویدادها، برای مثال تغییر احتمالی هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های عملیاتی، نگهداری، مدت عمر طرح و غیره باید با کسب نظر تمام کارشناسان تجربه اندوخته، مدیران و مجریان طرح و اوضاع و احوال و شرایط ناظر بر فعالیت‌های آتی طرح، تعیین شود. تعیین ضریب احتمال جنبه ذهنی و تجربی دارد از این رو،

در صورت امکان باید کوشید که نظر افراد صاحب نظر و به ویژه کارشناسان را دربارهٔ برآوردهای انجام شده جویا شد و براساس آن ضرایب احتمال تحقق رویدادها را در محاسبات تحلیل احتمالات منظور کرد.

### ۱.۳.۷. ارزش منتظره

برای تعیین ارزش منتظرهٔ یک رویداد، نخست باید طیف احتمالات رویداد مشخص شود. برای مثال، در مبحث پیشین فرض شد که هزینهٔ سرمایه‌گذاری طرح یا برابر با ۶۴۹۶ هزار سکه و یا این که برابر با ۶۸۲۱ هزار سکه خواهد بود. از این رو، طیف رویداد مورد نظر با دو احتمال روبرو است. پس از تعیین شمار احتمالات، باید ضریب احتمال تحقق هر یک از آنها تعیین شود. فرض کنید که احتمال تحقق ۶۴۹۶ هزار سکه برابر با ۰/۹ و احتمال تحقق ۶۸۲۱ هزار سکه معادل با ۰/۱ است. پس از تعیین ضریب تحقق هر احتمال، باید آن را در احتمال مربوط به شرح زیر ضرب کرد:

$$۶۴۹۶ \times ۰/۹ = ۵۸۴۶$$

$$۶۸۲۱ \times ۰/۱ = ۶۸۲$$

مجموع دو حاصل ضرب یادشده، یعنی (۵۸۴۶ + ۶۸۲) نشان می‌دهد که ارزش منتظره سرمایه‌گذاری برابر با ۶۵۲۸ هزار سکه است. به سخن دیگر، ضریب تحقق هر احتمال نشان دهنده وزن آن است و به این ترتیب میانگین وزنی احتمالات مختلف تحقق یک رویداد در واقع ارزش منتظره و یا به سخن دیگر، محتمل‌ترین امکان تحقق آن رویداد را تعیین می‌کند.

هرگاه بخواهیم محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح پیشین را محاسبه کنیم، نخست باید ارزش منتظره هر یک از اقلام تشکیل دهنده آن را مشخص کنیم. ارزش منتظره سرمایه‌گذاری به شرح بالا محاسبه شد، حال به ترتیب ارزش منتظره سایر اقلام حساب خواهد شد.

#### یک - ارزش منتظرهٔ فایدهٔ سالانه

ضریب تحقق ۴۶۰۰ هزار سکه برابر با ۰/۷ و ضریب تحقق ۴۸۳۰ هزار سکه برابر با ۰/۲ و ضریب تحقق ۴۳۷۰ هزار سکه برابر با ۰/۱ پیش‌بینی می‌شود. از این رو، ارزش منتظرهٔ فایدهٔ سالانه طرح به شرح زیر خواهد بود.

$$۴۶۰۰ \times ۰/۷ = ۳۲۲۰ \quad \text{هزار سکه}$$

$$۴۸۳۰ \times ۰/۲ = ۹۶۶ \quad \text{هزار سکه}$$

$$۴۳۷۰ \times ۰/۱ = ۴۳۷ \quad \text{هزار سکه}$$

$$۳۲۲۰ + ۹۶۶ + ۴۳۷ = ۴۶۲۳ \quad \text{هزار سکه ارزش منتظره فایدهٔ سالانه}$$

**دو - ارزش منتظره هزینه سالانه**

ضریب تحقق ۳۲۳۵ هزار سکه برابر با ۰/۸ و ضریب تحقق ۳۳۹۷ هزار سکه برابر با ۰/۲ پیش‌بینی می‌شود. به این ترتیب، ارزش منتظره هزینه سالانه به شرح زیر است:

$$\text{هزار سکه} \quad ۳۲۳۵ \times ۰/۸ = ۲۵۸۸$$

$$\text{هزار سکه} \quad ۳۳۹۷ \times ۰/۲ = ۶۷۹$$

$$\text{هزار سکه ارزش منتظره هزینه سالانه} \quad ۲۵۸۸ + ۶۷۹ = ۳۲۶۷$$

حال می‌توان با استفاده از ارزش منتظره اقلام مختلف طرح، ارزش خالص کنونی منتظره و یا به عبارت دیگر محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح را به شرح زیر حساب کرد.

**جدول ۱۷.۷. محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح**

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۶۵۲۸	-۶۵۲۸
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۳۵۶	+۱۳۳۱۴
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۴۶۲۳	+۴۵۳۸۹
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۲۶۷	-۳۲۰۷۵
۳	محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی	-	-	+۶۷۸۶

با توجه به محاسبات اخیر، تصمیم‌گیر می‌داند که محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح برابر با ۶۷۸۶ هزار سکه است. مؤلفین طرح می‌توانند برای کمک به تصمیم‌گیر، محاسبه محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح را به شیوه دیگری انجام دهند و درصد تحقق هر یک از احتمالات را برای او مشخص کنند تا به این ترتیب، تصمیم‌گیر با آگاهی بیشتر درباره طرح اتخاذ تصمیم کند. در مبحث بعدی این شیوه محاسبه مورد بحث قرار می‌گیرد.

**۲.۳.۷. محاسبه محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح**

با توجه به مفروضات مطروحه در مبحث پیشین، مقادیر مختلف متغیرهای طرح و همچنین احتمال تحقق هر یک از آنها به شرح جدول (۱۸.۷) است.

جدول ۱۸.۷. مقادیر احتمالی و احتمال هر یک از آنها

(مبالغ به هزار سکه)

سرمایه‌گذاری		هزینه سالانه		فایده سالانه	
احتمال	مبلغ	احتمال	مبلغ	احتمال	مبلغ
۰/۹	۶۴۹۶	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۷	۴۶۰۰
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۲	۴۸۳۰
-	-	-	-	۰/۱	۴۳۷۰

براساس قانون احتمالات، حاصل ضرب رویدادهای محتمل هر یک از متغیرها، مجموع ترکیب احتمالات چند متغیر مستقل را تعیین می‌کند. در مثال مطروحه، سرمایه‌گذاری با ۲ احتمال، هزینه سالانه با ۲ احتمال، فایده سالانه با ۳ احتمال روبرو است؛ از این رو، مجموع احتمالات مختلف حاصل از ترکیب این سه متغیر، برابر با  $(۲ \times ۲ \times ۳)$  تعداد ۱۲ احتمال به شرح جدول (۱۹.۷) است.

جدول ۱۹.۷. مجموع ترکیب احتمالات طرح

(ارقام به هزار سکه)

سرمایه‌گذاری		هزینه سالانه		فایده سالانه		ردیف
احتمال	مبلغ	احتمال	مبلغ	احتمال	مبلغ	
۰/۹	۶۴۹۶	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۷	۴۶۰۰	۱
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۷	۴۶۰۰	۲
۰/۹	۶۴۹۶	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۷	۴۶۰۰	۳
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۷	۴۶۰۰	۴
۰/۹	۶۴۹۶	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۲	۴۸۳۰	۵
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۲	۴۸۳۰	۶
۰/۹	۶۴۹۶	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۲	۴۸۳۰	۷
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۲	۴۸۳۰	۸



۰/۹	۶۴۹۶	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۱	۴۳۷۰	۹
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۸	۳۲۳۵	۰/۱	۴۳۷۰	۱۰
۰/۹	۶۴۹۶	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۱	۴۳۷۰	۱۱
۰/۱	۶۸۲۱	۰/۲	۳۳۹۷	۰/۱	۴۳۷۰	۱۲

در واقع ترکیب احتمالات مختلف سرمایه‌گذاری و هزینه و فایده سالانه در مجموع ۱۲ گردش هزینه و فایده مختلف به وجود می‌آورد و باید ارزش خالص کنونی هر یک از آنها محاسبه شود. در جدول (۷. ۲۰)، محاسبات مربوط به ۱۲ گردش هزینه و فایده یادشده انجام شده است. باید توجه داشت که هر یک از احتمال‌های موصوف، طول عمرشان برابر با طول عمر طرح است و از این رو، ارزش خالص کنونی هر یک از آنها، براساس ۲۰ سال محاسبه شده است.

حال با ترکیب جدول‌های (۷. ۱۹) و (۷. ۲۰) می‌توان محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح را براساس ارقام درج شده در جدول (۷. ۲۱) محاسبه کرد. همان گونه که در ستون (۷) جدول (۷. ۲۱) ملاحظه می‌شود، ارزش خالص کنونی هر یک از گردش‌های هزینه و فایده محتمل طرح در این ستون درج شده است و احتمال تحقق آن نیز در ستون (۸) منظور گردیده است. بنا به قانون احتمالات، حاصل ضرب ضرایب احتمال متغیرهای مبنای محاسبه ارزش خالص کنونی در یکدیگر، احتمال تحقق ارزش خالص کنونی را مشخص می‌کند. برای مثال، چون احتمال تحقق فایده سالانه در ردیف یک جدول برابر ۰/۷ و احتمال تحقق هزینه سالانه در همین ردیف معادل ۰/۸ و احتمال تحقق هزینه سرمایه‌گذاری مربوط در این ردیف نیز برابر با ۰/۹ است از این رو، احتمال تحقق ارزش خالص کنونی که بر مبنای ارقام ردیف یک محاسبه شده است، برابر با  $۰/۷ \times ۰/۸ \times ۰/۹$  یعنی ۰/۵۰۴ می‌شود که این رقم در ردیف یک زیر ستون (۸) درج شده است.

حاصل ضرب ارزش خالص کنونی در ضریب احتمال تحقق آن؛ یعنی حاصل ضرب رقم منظور شده در زیر ستون (۷)، در رقم منظور شده در زیر ستون (۸)، در واقع ارزش منتظره آن را نشان می‌دهد. برای مثال، ارزش منتظره حاصل از محاسبه ارزش خالص کنونی گردش هزینه و فایده ردیف یک جدول یادشده برابر با  $۶۹۰۶$  هزار سکه  $\times ۰/۵۰۴ = ۳۴۸۱$ ، هزار سکه می‌شود.

مجموع ارزش منتظره ۱۲ گردش نقدی منظور شده در جدول (۷. ۲۱)، برابر با ۶۷۸۱ هزار سکه می‌شود و در واقع این مبلغ محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح است. همان گونه که در ردیف آخر ستون (۸) جدول یادشده ملاحظه می‌شود، مجموع احتمال تحقق تمامی احتمالات برابر با یک است. در این شیوه محاسبه، افزون بر تعیین ارزش خالص کنونی، ضریب احتمال تحقق هر یک از آنها نیز مشخص خواهد شد. برای مثال، با توجه به جدول، ملاحظه می‌شود که احتمال تحقق

۹۱۶۴ هزار سکه ارزش خالص کنونی (ردیف ۵ جدول)، برابر با ۰/۱۴۴ و یا به عبارت دیگر، برابر با ۱۴/۴ درصد است.



جدول ۷.۲۰. ارزش خالص کنونی ۱۲ احتمال مختلف طرح

(مبالغ به هزار سکه)

گردش هزینه و فایده احتمالات شماره ۱ تا ۶												ضریب تنزیل ۸ درصد
احتمال شماره ۶		احتمال شماره ۵		احتمال شماره ۴		احتمال شماره ۳		احتمال شماره ۲		احتمال شماره ۱		
ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	
-۶۸۲۱	-۶۸۲۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶	-۶۸۲۱	-۶۸۲۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶	-۶۸۲۱	-۶۸۲۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶	۱
+۴۷۴۲۱	+۴۸۳۰	+۴۷۴۲۱	+۴۸۳۰	+۴۵۱۶۳	+۴۶۰۰	+۴۵۱۶۳	+۴۶۰۰	+۴۵۱۶۳	+۴۶۰۰	+۴۵۱۶۳	+۴۶۰۰	۹/۸۱۸
-۳۱۷۶۱	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱	-۳۲۳۵	-۳۳۳۵۲	-۳۳۹۷	-۳۳۳۵۲	-۳۳۹۷	-۳۱۷۶۱	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱	-۳۲۳۵	۹/۸۱۸
+۸۸۳۹	-	+۹۱۶۴	-	+۴۹۹۰	-	+۵۳۱۵	-	+۶۵۸۱	-	+۶۹۰۶	-	ارزش خالص کنونی

دنباله جدول ۷.۲۰. ارزش خالص کنونی ۱۲ احتمال مختلف طرح

(مبالغ به هزار سکه)

گردش هزینه و فایده احتمالات شماره ۷ تا ۱۲												ضریب تنزیل ۸ درصد
احتمال شماره ۱۲		احتمال شماره ۱۱		احتمال شماره ۱۰		احتمال شماره ۹		احتمال شماره ۸		احتمال شماره ۷		
ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی	گردش هزینه و فایده	
-۶۸۲۱	-۶۸۲۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶	-۶۸۲۱	-۶۸۲۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶	-۶۸۲۱	-۶۸۲۱	-۶۴۹۶	-۶۴۹۶	۱
+۴۲۹۰۵	+۴۳۷۰	+۴۲۹۰۵	+۴۳۷۰	+۴۲۹۰۵	+۴۳۷۰	+۴۲۹۰۵	+۴۳۷۰	+۴۷۴۲۱	+۴۸۳۰	+۴۷۴۲۱	+۴۸۳۰	۹/۸۱۸
-۳۳۳۵۲	-۳۳۹۷	-۳۳۳۵۲	-۳۳۹۷	-۳۱۷۶۱	-۳۲۳۵	-۳۱۷۶۱	-۳۲۳۵	-۳۳۳۵۲	-۳۳۹۷	-۳۳۳۵۲	-۳۳۹۷	۹/۸۱۸
+۲۷۳۲	-	+۳۰۵۷	-	+۴۳۲۳	-	+۴۶۴۸	-	+۷۲۴۸	-	+۷۵۷۳	-	ارزش خالص کنونی



حال می‌توان با استفاده از اطلاعات درج شده در جدول (۷.۲۱)، جدول (۷.۲۲) را تنظیم کرد که به موجب آن ارزش خالص کنونی به ترتیب از کمترین مقدار تا بیشترین زیر هم قرار گیرند و درصد تحقق هر یک نیز در کنار آن درج شود.

### جدول ۷.۲۲. احتمالات مختلف ارزش خالص کنونی طرح

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	ارزش خالص کنونی محتمل (۱)	درصد احتمال تحقق (۲)	جمع تراکمی درصد احتمال تحقق (۳)
۱	۲۷۳۲	۰/۲	۱۰۰
۲	۳۰۵۷	۱/۸	۹۹/۸
۳	۴۳۲۳	۰/۸	۹۸
۴	۴۶۴۸	۷/۲	۹۷/۲
۵	۴۹۹۰	۱/۴	۹۰
۶	۵۳۱۵	۱۲/۶	۸۸/۶
۷	۶۵۸۱	۵/۶	۷۶
۸	۶۹۰۶	۵۰/۴	۷۰/۴
۹	۷۲۴۸	۰/۴	۲۰
۱۰	۷۵۷۳	۳/۶	۱۹/۶
۱۱	۸۸۳۹	۱/۶	۱۶
۱۲	۹۱۶۴	۱۴/۴	۱۴/۴

ستون یک جدول (۷.۲۲) در واقع همان ستون (۷) جدول (۷.۲۱) است. ستون (۲) جدول نیز برابر با ستون (۸) جدول یاد شده است؛ با این تفاوت که احتمال تحقق رویداد در اینجا به صورت درصد بیان شده است. ستون (۳) جدول اخیر، جمع تراکمی درصد احتمال تحقق از پایین به بالا است. ارقام درج شده در ستون (۳)، نشان دهنده حداقل درصد تحقق ارزش خالص کنونی متناظر با خود است. برای مثال، جمع تراکمی درصد احتمال تحقق منظور در ردیف (۵)، نشان می‌دهد که ارزش خالص کنونی طرح به احتمال ۹۰ درصد حداقل برابر با ۴۹۹۰ هزار سکه و یا بیشتر از آن خواهد شد و رقم منظور شده در ردیف (۹) و زیر ستون (۳)، گویای آن است که به احتمال ۲۰ درصد، ارزش خالص کنونی، حداقل برابر با ۷۲۴۸ هزار سکه و یا بیشتر از آن خواهد بود. این نوع

تحلیل به تصمیم‌گیری یاری فراوان می‌رساند و در صورت نبود آن، احتمالاً تصمیم‌گیر به دلیل ناآگاهی ممکن است به خلاف علاقه و سلیقه خودداوری و اتخاذ تصمیم کند. برای روشن شدن مطلب به مثال زیر توجه کنید.

فرض کنید که گزینه دیگری مطرح است که هزینه سرمایه‌گذاری اولیه آن برابر با ۷۵۰۰ هزار سکه و هزینه سالانه آن معادل ۳۳۹۷ هزار سکه و فایده سالانه آن برابر با ۵۰۰۰ هزار سکه است. عمر این گزینه نیز همچون طرح اصلی برابر با ۲۰ سال است، از این رو، ارزش خالص کنونی آن براساس نرخ تنزیل معیار، یعنی ۸ درصد به شرح جدول (۲۳.۷) خواهد بود.

### جدول ۲۳.۷. ارزش خالص کنونی گزینه طرح

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	شرح	ضریب تنزیل ۸ درصد	گردش هزینه و فایده	ارزش کنونی
۱	هزینه سرمایه‌گذاری	۱	-۷۵۰۰	-۷۵۰۰
۲	گردش فایده خالص سالانه	۹/۸۱۸	+۱۶۰۳	+۱۵۷۳۸
۱.۲	فایده سالانه	۹/۸۱۸	+۵۰۰۰	+۴۹۰۹۰
۲.۲	هزینه سالانه	۹/۸۱۸	-۳۳۹۷	-۳۳۳۵۲
۳	ارزش خالص کنونی	-	-	+۸۲۳۸

در صورت مقایسه ارزش خالص کنونی طرح اصلی (جدول ۱۰.۷) که بالغ بر ۶۹۰۶ هزار سکه است با ارزش خالص کنونی گزینه یادشده، بدون تردید باید این گزینه را انتخاب کرد؛ زیرا ۱۳۳۲ هزار سکه بیش از طرح اصلی است.

این مقایسه نشان می‌دهد که بدون تحلیل احتمالات، به طور معمول تصمیم‌گیر گزینه اخیر را انتخاب خواهد کرد. حال فرض کنید که احتمال تحقق ارقام گزینه مطروحه به شرح جدول (۲۴.۷) است.

برای محاسبه ارزش منتظره محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی طرح، ارزش خالص کنونی هر یک از احتمالات، یک به یک محاسبه شده و در جدول (۲۵.۷) منظور گردیده است. همان گونه که در جدول اخیر ملاحظه می‌شود، ارزش منتظره محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی گزینه طرح معادل با مبلغ ۷۵۳۹ هزار سکه است که با مقایسه با مبلغ متناظر طرح اصلی که بالغ بر ۶۷۳۸ هزار سکه است، معادل ۸۰۱ هزار سکه زیادتر می‌باشد و بر این اساس نیز بر طرح اصلی مزیت دارد.

### جدول ۲۴.۷. مقادیر احتمالی و احتمال هر یک از آنها

(مبالغ به هزار سکه)

هزینه سرمایه‌گذاری		هزینه سالانه		فایده سالانه	
احتمال	مبلغ	احتمال	مبلغ	احتمال	مبلغ
۰/۸	۷۵۰۰	۰/۹	۳۳۹۷	۰/۶	۵۰۰۰
۰/۲	۷۰۰۰	۰/۱	۳۲۳۵	۰/۲	۵۷۳۰
-	-	-	-	۰/۲	۳۶۸۰

حال با استفاده از اطلاعات درج شده در جدول (۲۵.۷)، احتمالات مختلف ارزش خالص کنونی گزینه طرح را به شرح جدول (۲۶.۷) تنظیم می‌کنیم.

جدول (۲۶.۷) نشان می‌دهد که به احتمال ۸۰ درصد، ارزش خالص کنونی گزینه طرح حداقل برابر با ۸۲۳۸ هزار سکه و یا بیشتر از آن خواهد بود؛ ولی به احتمال ۲۰ درصد نیز ممکن است ارزش خالص کنونی آن منفی شود.

با ارائه این نوع تحلیل به تصمیم‌گیران، هر تصمیم‌گیری می‌تواند آگاهانه‌تر نسبت به انتخاب طرح و یا گزینه آن اظهارنظر کند. نمی‌توان انتظار داشت که تصمیم‌گیران مختلف و یا به سخن دیگر مدیران گوناگون، به یک شیوه نسبت به طرح و گزینه آن برخورد کنند و برای مثال گزینه طرح مورد بحث را به دلیل بیشتر بودن ارزش خالص کنونی آن انتخاب نمایند؛ زیرا با وجود بیشتر بودن ارزش متظره محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی، از سوی دیگر به احتمال ۲۰ درصد، ریسک منفی شدن ارزش خالص کنونی این گزینه نیز وجود دارد.

به طور معمول روحیه مدیران، شرایط موجود، تجربه‌های گذشته و به ویژه گرایش به خطرپذیری و یا گریز از آن، بر تصمیمات آنان تأثیر می‌گذارد. برای مثال، هرگاه تصمیم‌گیران محافظه کار باشند و علاقه چندانی به پذیرفتن ریسک نداشته باشند، شاید طرح اصلی را که ارزش خالص کنونی آن کمتر است ولی با خطر منفی شدن روبرو نیست، انتخاب کنند.

به هر حال، همواره تصمیم‌گیری در مورد طرح و یا گزینه‌های مختلف آن، براساس تحلیل‌های پیش‌گفته و تعیین یک مجموعه محتمل و اطلاع از درصد امکان تحقق آنها، به مراتب آگاهانه‌تر و مطمئن‌تر از هنگامی است که تنها مبتنی بر یک برآورد انجام می‌پذیرد.





## جدول ۷.۲۶. احتمالات مختلف ارزش خالص کنونی طرح

(مبالغ به هزار سکه)

ردیف	ارزش خالص کنونی محتمل (۱)	درصد احتمال تحقق (۲)	جمع تراکمی درصد احتمال تحقق (۳)
۱	-۴۷۲۲	۱۴/۴	۱۰۰
۲	-۴۲۲۲	۳/۶	۸۵/۶
۳	-۳۱۳۱	۱/۶	۸۲
۴	-۲۶۳۱	۰/۴	۸۰/۴
۵	+۸۲۳۸	۴۳/۲	۸۰
۶	+۸۷۳۸	۱۰/۸	۳۶/۸
۷	+۹۸۲۹	۴/۸	۲۶
۸	+۱۰۳۲۹	۱/۲	۲۱/۲
۹	+۱۵۴۰۵	۱۴/۴	۲۰
۱۰	+۱۵۹۰۵	۳/۶	۵/۶
۱۱	+۱۶۹۹۶	۱/۶	۲
۱۲	+۱۷۴۹۶	۰/۴	۰/۴

## ۴.۷. شیوه کاهش ریسک

به طور کلی، بهترین شیوه پرهیز از ریسک‌های حاصل از برآوردهای اشتباه آن است که مطالعات فنی و بررسی تقاضا و پیش‌بینی هزینه و فایده طرح با جامعیت و دقت کامل صورت گیرد. اما به هر تقدیر، حتی با تمام کوشش‌ها، گاه مشکلات پیش‌بینی نشده بروز می‌کند. از این رو، توصیه می‌شود پس از برآورد واقع‌بینانه و شاید گاه بدبینانه، حدود ۱۰ درصد به عنوان هزینه موارد پیش‌بینی نشده به برآورد هزینه سرمایه‌گذاری و هزینه تعمیر و نگهداری اضافه شود.

## ۵.۷. تشریح پیامدهای غیر قابل اندازه‌گیری طرح

طرح راه، افزون بر هزینه و فایده کمیت پذیر و قابل تقویم به پول، پیامدهایی چون: تحکیم وحدت ملی، بهبود اداره امور کشور، تأثیر بر امور دفاعی کشور، ایجاد بوستان (پارک) و تفرجگاه، توسعه اجتماعی و فرهنگی، شکوفایی توانایی کارآفرینی و مانند آن دارد که کمیت پذیر و قابل تقویم به پول نیست. از این رو، همیشه باید فایده و هزینه احتمالی کمیت ناپذیر طرح به صورت تشریحی

در گزارش توجیه فنی و اقتصادی آن بیان شود. این ملاحظات، به ویژه در مواردی که گزینه‌ها از نظر فایده خالص اقتصادی با یکدیگر برابر هستند، به تصمیم‌گیران برای انتخاب از میان آنها یاری می‌رساند.

### **۶.۷. انتخاب بهترین گزینه**

پس از انجام تمام بررسی‌ها و منظور داشتن بی‌اطمینانی و ریسک در محاسبات؛ و نیز با عنایت به پیامدهای غیرقابل اندازه‌گیری طرح، تصمیم‌گیران در موقعیتی قرار می‌گیرند که بتوانند درباره پذیرفتن و یا نپذیرفتن طرح تصمیم‌گیری نمایند.







## مورد پژوهی آسفالت کردن یک راه شوسه

### ۱. طرح پیشنهادی و هزینه‌های آن

در حال حاضر راه شوسه‌ای به طول ۲۰ میل دو شهر را به یکدیگر متصل می‌کند. راه وضع به نسبت خوبی دارد ولی عرض آن تنها ۲۴ فوت است و دارای شیب‌های متعدد بیش از ۸ درصد و سه پیچ تند می‌باشد. در سال ۲۰۰۶، ترافیک این راه به طور متوسط در حدود ۳۵۰ وسیله نقلیه در روز بوده است. تراکمی در راه وجود ندارد جز آن که تابستان‌ها گاه گرد و خاک موجب می‌شود که وسایل نقلیه‌ای که از این راه عبور می‌کنند فاصله قابل ملاحظه‌ای بین یکدیگر حفظ کنند و از این رو، عبور و مرور مشکل می‌گردد. با این وجود تقریباً همیشه اتوبوس‌ها و کامیون‌ها می‌توانند به طور متوسط با سرعتی معادل ۳۰ میل در ساعت و سواری‌ها با سرعتی معادل ۳۵ میل در ساعت حرکت کنند. خط آهن در این مسیر وجود ندارد.

اداره راه در نظر دارد که راه را به عرض ۲۴ فوت آسفالت کند و بستر آن را تا ۳۲ فوت تعریض نماید و چند اصلاح جزئی در مسیر به عمل آورد. انتظار می‌رود که کار در اوایل سال ۲۰۰۷ آغاز و تا پایان سال به انجام برسد. هزینه این کار معادل ۱/۶۵ میلیون سکه در هر میل (برپایه قیمت‌های اقتصادی) برآورد شده و نیاز ارزی براساس نرخ اقتصادی تبدیل ارز (۱/۷۵) برابر نرخ رسمی) معادل ۶۰۰،۰۰۰ سکه و مجموع هزینه اقتصادی در هر میل برابر با ۲/۱ میلیون سکه می‌گردد. بدین سان هزینه سرمایه‌ای این طرح برای بیست میل، برابر با ۴۲ میلیون سکه است (ستون ۱ جدول پ.۱.۱).

هزینه‌های سالانه نگهداری هر میل از راه آسفالت در حدود ۱۲۶۰۰ سکه برآورد شده است و معادل ۱۹ درصد آن را نیاز ارزی تشکیل می‌دهد و بدین ترتیب هزینه اقتصادی در هر میل ۱۵۰۰۰ سکه و ۰/۳ میلیون سکه برای تمامی ۲۰ میل راه برآورد شده است (ستون ۲ جدول پ.۱.۱). راه مورد نظر باید هر پنج سال آسفالت مجدد و اساسی شود که هزینه اقتصادی آن برابر با ۱/۵ میلیون سکه برآورد شده است. عمر اقتصادی طرح در حدود ۲۰ سال برآورد شده و پس از آن هیچگونه ارزش اسقاطی نخواهد داشت (واحد پول کشور فرضی سکه است و هر صد زریک برابر با یک سکه است).

جدول پ ۱.۱. مقایسه هزینه و فایده آسفالت یک راه شوسه

(مبالغ به میلیون سکه)

سال	هزینه			فایده			ارزش کنونی		نرخ بازده سرمایه‌گذاری	
	هزینه سرمایه‌ای	هزینه نگهداری راه آسفالت	کل هزینه	کاهش هزینه وسایل نقلیه	هزینه نگهداری حذف شده	کل فایده	بانرخ ۱۲ درصد تنزیل شده		بانرخ ۱۴ درصد تنزیل شده	
							فایده	هزینه	فایده	هزینه
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
۲۰۰۷	۴۲	-	۴۲	-	-	-	۴۲	-	۴۲	-
۲۰۰۸	-	۰/۳	۰/۳	۲/۳	۰/۲	۲/۵	۰/۳	۲/۲	۰/۳	۲/۲
۲۰۰۹	-	۰/۳	۰/۳	۲/۶	۰/۲	۲/۸	۰/۲	۲/۲	۰/۲	۲/۱
۲۰۱۰	-	۰/۳	۰/۳	۳	۰/۲	۳/۲	۰/۲	۲/۳	۰/۲	۲/۲
۲۰۱۱	-	۰/۳	۰/۳	۳/۳	۰/۳	۳/۶	۰/۲	۲/۳	۰/۲	۲/۱
۲۰۱۲	-	۱/۵	۱/۵	۳/۸	۰/۳	۴/۱	۰/۹	۲/۳	۰/۸	۲/۱
۲۰۱۳	-	۰/۳	۰/۳	۴/۱	۰/۴	۴/۵	۰/۲	۲/۳	۰/۱	۲
۲۰۱۴	-	۰/۳	۰/۳	۵/۸	۰/۴	۶/۲	۰/۱	۲/۸	۰/۱	۲/۵
۲۰۱۵	-	۰/۳	۰/۳	۶/۵	۰/۴	۶/۹	۰/۱	۲/۸	۰/۱	۲/۴
۲۰۱۶	-	۰/۳	۰/۳	۷/۱	۰/۴	۷/۵	۰/۱	۲/۷	۰/۱	۲/۳
۲۰۱۷	-	۱/۵	۱/۵	۷/۹	۰/۴	۸/۳	۰/۵	۲/۷	۰/۴	۲/۲
۲۰۱۸	-	۰/۳	۰/۳	۸/۷	۰/۴	۹/۱	۰/۱	۲/۶	۰/۱	۲/۲
۲۰۱۹	-	۰/۳	۰/۳	۱۲/۱	۰/۴	۱۲/۵	۰/۱	۳/۲	۰/۱	۲/۶
۲۰۲۰	-	۰/۳	۰/۳	۱۳/۱	۰/۴	۱۳/۵	۰/۱	۳/۱	۰/۱	۲/۵
۲۰۲۱	-	۰/۳	۰/۳	۱۴/۲	۰/۴	۱۴/۶	۰/۱	۳	۰/۱	۲/۳
۲۰۲۲	-	۱/۵	۱/۵	۱۵/۳	۰/۴	۱۵/۷	۰/۳	۲/۹	۰/۲	۲/۲
۲۰۲۳	-	۰/۳	۰/۳	۱۶/۵	۰/۵	۱۶/۵	*	۲/۸	*	۲/۱
۲۰۲۴	-	۰/۳	۰/۳	۱۷/۸	۰/۵	۱۸/۳	*	۲/۷	*	۲
۲۰۲۵	-	۰/۳	۰/۳	۱۹/۳	۰/۵	۱۹/۸	۰/۱	۲/۶	۰/۱	۱/۹
۲۰۲۶	-	۰/۳	۰/۳	۲۰/۸	۰/۵	۲۱/۳	*	۲/۵	*	۱/۸
۲۰۲۷	-	۰/۳	۰/۳	۲۲/۵	۰/۵	۲۳	۰/۱	۲/۴	*	۱/۷
جمع کل										
							۴۵/۷	۵۲/۴	۴۵/۲	۴۳/۴

ارزش خالص کنونی = ۶/۷ میلیون سکه

\* در این سال‌ها، هزینه‌های تنزیل شده به طور قابل توجهی کمتر از ۰/۱ است از این رو، تنها در برخی سال‌ها، ۰/۱ به حساب آمده است.



برای ارزیابی اقتصادی این طرح باید هزینه‌های سرمایه‌گذاری و نگهداری راه آسفالت با فایده حاصل از صرفه‌جویی هزینه بهره‌برداری و سائط نقلیه و نیز صرفه‌جویی حاصل از هزینه‌های نگهداری راه شوسه، مقایسه شود.

## ۲. ترافیک

ترافیک متوسط روزانه در این راه در سال ۲۰۰۶ بالغ بر ۳۵۰ وسیله نقلیه بوده است که از این میان کامیون‌ها ۲۲۰، اتوبوس‌ها ۴۰ و سواری ۹۰ وسیله را تشکیل می‌دادند. در سال‌های اخیر ترافیک کامیون و اتوبوس به میزان ۱۲ درصد در سال، و ترافیک سواری ۱۵ درصد در سال افزایش یافته است. با در نظر گرفتن رشد ترافیک در گذشته، و نیز توسعه احتمالی صنعتی و کشاورزی ناحیه و مرحله کنونی صنعت حمل و نقل جاده‌ای، برآورد می‌شود که در پنج سال نخست عمر طرح مورد نظر، ترافیک کامیون‌ها و اتوبوس‌ها همچنان با نرخ ۱۲ درصد در سال و در پنج سال دوم به مقدار ۱۰ درصد در سال و در ده سال آخر طرح با نرخ سالانه ۸ درصد افزایش یابد. نرخ رشد سالانه سواری‌ها به ترتیب ۱۵، ۱۲ و ۹ درصد برآورد شده است.

افزون بر رشد عادی ترافیک، انتظار می‌رود که با آسفالت راه، ترافیک جدیدی نیز به وجود آید. برای نمونه، حمل و نقل بهتر امکان گسترش بازار فرآورده‌های لبنی و میوه‌ها را در ناحیه مزبور به وجود می‌آورد. مروری بر این گونه امکانات و توسعه ترافیک در طرح‌های مشابه که در نواحی مجاور به مرحله اجرا در آمده است، نشان می‌دهد که ترافیک جدید در طی سه سال نخست به ترتیب در حدود ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد ترکیب ترافیک عادی خواهد بود. هیچگونه ترافیک تغییر مسیر یافته به این راه پیش‌بینی نمی‌شود.

بنابراین مفروضات، پیش‌بینی ترافیک آینده در سال‌های انتخاب شده به شرح جدول (پ.۲.۲) است.

جدول پ.۲.۲. برآورد میزان ترافیک در طرح مورد نظر

جمع	سواری		اتوبوس		کامیون		سال
	ترافیک جدید	ترافیک عادی	ترافیک جدید	ترافیک عادی	ترافیک جدید	ترافیک عادی	
۳۵۰	-	۹۰	-	۴۰	-	۲۲۰	۲۰۰۶
۴۸۰	۱۰	۱۱۰	۵	۵۰	۳۰	۲۷۵	۲۰۰۸
۵۶۵	۲۰	۱۲۵	۱۰	۵۵	۴۵	۳۱۰	۲۰۱۰
۶۷۰	۳۰	۱۴۵	۱۵	۶۵	۷۰	۳۴۵	۲۰۱۱
۹۶۰	۴۵	۲۲۰	۲۰	۹۰	۱۰۰	۴۸۵	۲۰۱۴
۱۵۷۵	۸۰	۳۸۵	۳۰	۱۴۰	۱۶۰	۷۸۰	۲۰۱۹
۳۳۳۵	۱۷۵	۸۴۰	۶۰	۲۸۰	۳۲۰	۱۶۶۰	۲۰۲۸

با ترافیکی به تعداد ۳۳۰۰ وسیله نقلیه در روز در سال ۲۰۲۸، انتظار نمی‌رود که تراکمی بر روی راه آسفالته پیش بیاید، گرچه پس از آن نیز باز هم ممکن است اصلاحات جدید موجه به نظر برسد.

### ۳. فایده طرح

فایده طرح آسفالت کردن راه شامل موارد زیر است:

- کاهش هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه؛
- حذف هزینه‌های نگهداری از راه شوسه.

#### ۳.۱. کاهش هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه

خلاصه مطالعاتی که درباره هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه بر روی راه‌های شوسه و آسفالته برحسب وسیله نقلیه - میل انجام گرفته، در جدول (پ. ۱. ۳) درج شده است. هزینه‌های مزبور برپایه قیمت‌های اقتصادی و جزء ارزی آن نیز براساس نرخ اقتصادی تبدیل ارز برآورد شده است. این هزینه‌ها همچنین با این پیش فرض برآورد شده است که آسفالت و اصلاحات جزئی در مسیر جاده موجب افزایش میانگین سرعت کامیون و اتوبوس از ۳۰ به ۴۰ میل در ساعت، و سواری از ۳۵ به ۴۵ میل در ساعت می‌گردد.

جدول پ. ۱. ۳. مقایسه هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه شوسه با راه آسفالت

سواری		اتوبوس		کامیون		اقدام هزینه
شوسه	آسفالت	شوسه	آسفالت	شوسه	آسفالت	
۱۹/۵	۱۷/۷	۲۷/۳	۲۱/۶	۲۷/۳	۲۱/۳	سوخت و روغن
۱۰/۲	۴/۵	۴۸/۶	۲۱/۹	۴۸/۶	۲۱/۹	فرسودگی تایر
۳۶/۶	۲۸/۵	۷۸	۵۲/۲	۵۴	۳۶/۳	استهلاک
۲۷	۲۱	۴۲	۳۰	۳۰	۲۱	سود سرمایه
۱۰/۵	۷/۸	۶۳/۳	۳۹/۹	۴۴/۷	۲۸/۲	هزینه نگهداری
-	-	۱۶/۲	۱۲	۱۶/۲	۱۲	دستمزدها
۱۰۳/۸	۷۹/۵	۲۷۵/۴	۱۷۷/۶	۲۲۰/۸	۱۴۰/۷	جمع
۲۴/۳		۹۷/۸		۸۰/۱		فایده

به این ترتیب فایده حاصل از ترافیک عادی برای هر کامیون در یک میل در حدود ۸۰ زریک، برای هر اتوبوس در یک میل ۹۸ زریک و برای سواری در یک میل ۲۴ زریک خواهد بود. فایده حاصل از ترافیک جدید، نصف فایده حاصل از ترافیک عادی در نظر گرفته شده است. کل فایده‌ای که از کاهش هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه در سال اول پس از اجرای طرح (۲۰۰۸) به دست می‌آید، به شرح زیر است:

(مبالغ جمع به میلیون سکه)

#### ترافیک عادی

$$\begin{aligned} & 275 \text{ کامیون} \times 20 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 80 \text{ زریک} = 1/61 \\ & 50 \text{ اتوبوس} \times 20 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 98 \text{ زریک} = 0/36 \\ & 110 \text{ سواری} \times 20 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 24 \text{ زریک} = 0/19 \\ \hline & \text{جمع} = 2/16 \end{aligned}$$

#### ترافیک جدید

$$\begin{aligned} & 30 \text{ کامیون} \times 20 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 40 \text{ زریک} = 0/09 \\ & 5 \text{ اتوبوس} \times 20 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 49 \text{ زریک} = 0/02 \\ & 10 \text{ سواری} \times 20 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 12 \text{ زریک} = 0/01 \\ \hline & \text{جمع} = 0/12 \\ \hline & \text{جمع کل} = 2/28 \end{aligned}$$

راه آسفالته توانایی تحمل ترافیک آینده را بدون تراکم چشم‌گیری خواهد داشت، ولی هرگاه راه به همان صورت شوسه باقی بماند بر تراکم آن به طور روزافزونی اضافه خواهد شد. برآورد می‌شود افزایش تراکم موجب آن خواهد شد که هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه پس از سال ۲۰۱۴، یعنی زمانی که میانگین ترافیک روزانه به بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه بالغ خواهد شد، حدود ۸ درصد افزایش یابد و پس از ۲۰۱۹ که متوسط ترافیک روزانه در حدود ۱۷۰۰ وسیله نقلیه خواهد بود ۱۲ درصد دیگر افزایش یابد. در مورد کامیون‌ها این بررسی نشان می‌دهد که هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در هر میل از ۲۲۱ زریک به ۲۳۹ و سپس به ۲۶۸ زریک افزایش خواهد یافت؛ و فایده هر واحد نیز از ۸۰ زریک به ۹۸ و سپس به ۱۲۷ زریک افزایش می‌یابد. در مورد اتوبوس، فایده هر واحد از ۹۸ زریک به ۱۱۹ و پس از آن به ۱۵۵ زریک افزایش می‌یابد و برای سواری از ۲۴ زریک به ۳۳ و در پی آن به ۴۶ زریک افزایش خواهد یافت.

رشد فایده به موازات رشد ترافیک و به صورت کاهش هزینه وسایل نقلیه، در ستون چهارم جدول (پ.ا.۱) نشان داده شده است.

### ۲.۳. هزینه‌های نگهداری راه شوسه

انتظار نمی‌رود که هزینه‌های نگهداری راه آسفالته به همراه افزایش ترافیک به طور چشم‌گیری افزایش یابد؛ در حالی که برآورد می‌شود که هزینه‌های نگهداری راه شوسه به سرعت با رشد ترافیک افزایش یابد. در سال‌های اخیر، هزینه نگهداری راه شوسه براساس نرخ اقتصادی تبدیل ارز، در هر میل در حدود ۹۰۰۰ سکه بوده است؛ لیکن تجربه نشان می‌دهد که این عدد به موازات افزایش ترافیک، به شدت افزایش خواهد یافت. با در نظر گرفتن عواملی چون نوع خاک و آب و هوا، برآورد می‌شود که هزینه‌های نگهداری در هر میل، از ۱۰۰۰۰ سکه در سال ۲۰۰۸ به ۲۰۰۰۰ سکه در سال ۲۰۱۳ و ۲۵۰۰۰ سکه در سال ۲۰۲۳ افزایش خواهد یافت. در ستون ۵ جدول (پ.ا.۱) این هزینه‌ها برای جاده ۲۰ میلی ارائه شده‌اند.

هر چند هزینه‌های نگهداری راه آسفالته در سال‌های نخستین از هزینه‌های نگهداری راه شوسه بیشتر است ولی در سال ۲۰۱۳ این وضع معکوس خواهد شد. به هر حال، فایده حاصل از کاهش هزینه‌های نگهداری، بسیار ناچیز است و می‌توان در ارزیابی این طرح از آن صرف‌نظر نمود.

### ۳.۳. فایده‌های دیگر

در این تحلیل صرفه‌جویی در وقت برای وسایل نقلیه (شامل رانندگان کامیون‌ها و اتوبوس‌ها) مورد نظر بوده ولیکن به موضوع صرفه‌جویی در وقت مسافران یا بار توجهی نشده است. این صرفه‌جویی در مورد سفر کامیون و اتوبوس بالغ بر ده دقیقه می‌گردد و در مورد سواری به هفت دقیقه می‌رسد. برای آن که بدانیم که آیا وقت مسافران را نیز در این تحلیل به حساب آوریم یا خیر، باید بدانیم که زمان اضافی به دست آمده صرف کار و یا فراغت می‌گردد یا این وقت اضافی تنها به بیکاری می‌افزاید. با توجه به بیکاری و اشتغال ناقص زیادی که در ناحیه مزبور به چشم می‌خورد، جای تردید است که مسافران مایل به پرداخت چیزی در قبال صرفه‌جویی در وقت باشند. از این رو، با این فرض که کل ارزش وقت تمام مسافران در هر اتوبوس در هر ساعت ۱۲ سکه و در هر سواری ۷/۵ سکه باشد، و برای ترافیک جدید نیز نصف این ارقام در نظر گرفته شود، ارزش فایده‌ای که از وقت صرفه‌جویی شده به دست می‌آید در سال ۲۰۱۳ در حدود ۸۷۰۰۰ سکه برای مسافران اتوبوس‌ها و ۱۴۴۰۰۰ سکه برای مسافران سواری و در مجموع ۲۳۱۰۰۰ سکه خواهد شد. این عدد

تنها ۵ درصد از فایده آن سال را تشکیل می‌دهد. فایده حاصل از حمل بار برابر با ۱۶۵۰۰۰ سکه یا در حدود ۳ درصد کل فایده است. بدین سان منظور داشتن این فایده که تا این حد مبتنی بر نظر صرف است در توجیه طرح نقشی نخواهد داشت.

آسفالت کردن راه ممکن است به دلیل هموار کردن راه، از بین بردن گرد و خاک در فصل‌های خشک، و تسهیل عبور و مرور و غیره موجبات راحتی رانندگان و مسافران را فراهم آورد. در سال ساخت راه ممکن است همراه با آسفالت شدن بخش‌هایی از راه، فایده دیگری نیز به دلیل استفاده از بخش آسفالت شده جدید به دست آید؛ ولی به هر جهت این فایده کم و بیش خنثی خواهد شد، زیرا عملیات آسفالت کردن ممکن است تا حدی در امر عبور و مرور اختلال ایجاد کند. فایده حاصل از ترافیک جدید نیز ممکن است دست بالا و یا دست پایین برآورد شود؛ زیرا این فایده، در حدود نیمی از فایده هر واحد ترافیک عادی در نظر گرفته شده است. به نظر می‌رسد که حاشیه اشتباه در این تحلیل ناچیز باشد؛ زیرا حتی اگر فایده نصف یا دو برابر برآورد فعلی گردد، باز هم نقش قابل ملاحظه‌ای در نتیجه‌گیری‌های بنیادی نخواهد داشت. در این باره در بند ۴ توضیح بیشتری داده شده است.

## ۴. مقایسه هزینه و فایده

### ۴.۱. نتیجه

همان گونه که در ستون‌های ۷ و ۸ جدول (پ. ۱. ۱) دیده می‌شود، فایده طرح آسفالت راه، در طول عمر اقتصادی آن ۶/۷ میلیون سکه از هزینه‌های آن بیشتر است. با استفاده از نرخ تنزیل ۱۲ درصد، نسبت هزینه بر فایده در حدود ۱:۱/۱۵ و نرخ بازده سرمایه‌گذاری اندکی کمتر از ۱۴ درصد است از این رو این طرح موجه است.

### ۴.۲. حساسیت نتیجه

نتیجه حاصل شده به تغییرات هزینه‌های سرمایه‌ای طرح حساس است. برای نمونه هرگاه هزینه‌های سرمایه‌ای ۲۰ درصد بیشتر از مقدار برآورد شود، ارزش خالص کنونی طرح از ۶/۷ میلیون سکه مثبت به مقدار منفی ۱/۵ میلیون تقلیل می‌یابد، از این رو لازم خواهد شد که یا طرح را تا زمانی که ترافیک بیشتر شود به تعویق افکند و یا استانداردهای طراحی پایین آورده شود. از این رو، تصویب نهایی طرح موکول به واریسی و تأیید مجدد هزینه‌های سرمایه‌ای خواهد بود.

برآورد هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه را می‌توان بر مبنای اندازه‌گیری‌های فیزیکی و تجربیات گذشته در سایر راه‌ها انجام داد تا دامنه اشتباه محدود شود. از سوی دیگر، پیش‌بینی ترافیک با بی‌اطمینانی زیادتری رو به روست. هرگاه نرخ افزایش ترافیک ۲۵ درصد کمتر از مقدار پیش‌بینی شده باشد، ارزش خالص کنونی طرح منفی خواهد شد و احتمالاً اجرای آن باید به تأخیر افتد. نتیجه ارزیابی طرح نسبت به برآورد مقدار ترافیک جدید حساس نیست زیرا مقدار آن کمتر از یک دهم کل فایده‌تزیل شده را تشکیل می‌دهد. به همین ترتیب، همان گونه که در بند ۳ نیز نشان داده شد، این ارزیابی به مفروضات هزینه‌های نگهداری حساس نیست.

## مورد پژوهی تعریض سطح آسفالت راه

### ۱. طرح پیشنهادی و هزینه‌های آن

در یک کشور فرضی، سطح آسفالت قسمت قابل توجهی از شبکه راه‌های بین شهرها دارای عرضی کمتر از ۱۸ فوت و غالباً ۱۲ فوت است. وزارت راه در نظر دارد دستورالعمل زمان‌بندی بهینه تعریض راه‌های موجود از ۱۲ فوت به ۲۰ فوت را برپایه ترافیک، تنظیم و به اداره‌های راه ابلاغ کند. مطالعه کنونی به این منظور انجام شده است. با آن که در کشورهای توسعه یافته استاندارد عرض آسفالت یک راه دو خطه ۲۴ فوت است، ولی عرض ۲۰ فوت نیز برای آن که کامیون‌ها و اتوبوس‌ها بتوانند بدون خارج شدن از سطح آسفالت راه، از کنار هم به راحتی بگذرند، کفایت می‌کند. هر چند به نظر می‌رسد که ظرفیت راه آسفالتی به عرض ۲۴ فوت به مراتب بیشتر از جاده‌ای با ۲۰ فوت عرض باشد، ولی این تفاوت با توجه به حجم ترافیک موجود در کشورهای در حال توسعه و آنچه که مورد نظر این مطالعه است اهمیت چندانی ندارد.

بسیاری از راه‌های موجود دارای بستری به عرض ۳۲ فوت هستند که ۱۲ فوت آن دارای سطح مفروش آسفالته است. از این رو طرح تعریض سطح آسفالت راه به حد بیست فوت پیشنهاد شده است. افزون بر آن، تعریض یا جا به جا کردن برخی زه‌کشی‌ها و اصلاحات جزئی نیز ضرورت می‌یابد. هزینه اقتصادی یک طرح معمولی تعریض راه در هر میل ۷۵۰,۰۰۰ سکه برآورد می‌شود که شامل ۶۰۰,۰۰۰ سکه بابت تعریض سطح آسفالت و ۱۵۰,۰۰۰ سکه برای اصلاح راه و اقلام متفرقه است. این برآورد برپایه قیمت‌های اقتصادی و با استفاده از نرخ اقتصادی تبدیل ارز (برای واردات قیر) محاسبه شده است. نرخ اقتصادی تبدیل ارز ۱/۷۵ برابر نرخ رسمی است. عمر اقتصادی این سرمایه‌گذاری ۱۰ سال برآورد شده است. پول جاری کشور مورد نظر «سکه» و هر سکه برابر ۱۰۰ «زریک» است.

### ۲. ترافیک

به منظور تعیین زمان‌بندی بهینه تعریض سطح آسفالت راه، در جدول (پ. ۲. ۱) برآورد فایده و هزینه ترافیکی با حجم بین ۲۴۴ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز ارائه شده است. ترافیک در راه‌های با

جدول پ.۲.۱. تعریض سطح آسفالت راه

(مبالغ به هزار سکه)

ارزش کنونی فایده				فایده سالانه			ترافیک
تنزیل با نرخ ۸ درصد	تنزیل با نرخ ۱۲ درصد			کل فایده	تغییرات هزینه نگهداری	کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه	میانگین شمار وسایل نقلیه در روز
(۸) د	(۷) ج	(۶) ب	(۵) الف	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
-	-	-	-	۱۳/۲	-۲/۷	۱۵/۹	۲۴۴
-	-	-	-	۱۷/۷	-۲/۴	۲۰/۱	۲۶۴
-	-	-	-	۱۹/۵	-۲/۴	۲۱/۹	۲۸۶
-	۲۲/۵	-	-	۲۵/۲	-۲/۴	۲۷/۶	۳۱۴
۳۲/۲	۲۷/۷	-	-	۳۴/۸	-۲/۴	۳۷/۲	۳۴۰
۳۸/۱	۳۱/۶	۳۹/۶	-	۴۴/۴	-۲/۱	۴۶/۵	۳۶۹
۴۳/۶	۳۴/۹	۴۳/۸	۴۹	۵۴/۹	-۲/۱	۵۷	۴۰۰
۵۰/۷	۳۹/۱	۴۹/۱	۵۵	۶۹	-۲/۱	۷۱/۱	۴۳۲
۶۱/۳	۴۵/۶	۵۷/۲	۶۴/۱	۹۰	-۱/۸	۹۱/۸	۴۶۶
۶۸/۴	۴۹/۱	۶۱/۶	۶۹/۱	۱۰۸/۶	-۱/۸	۱۱۰/۴	۵۰۴
۷۸/۷	۵۴/۵	۶۸/۴	۷۶/۵	۱۳۵	-۱/۸	۱۳۶/۸	۵۴۴
۸۹/۶	۵۹/۹	۷۵	۸۴/۱	۱۶۵/۹	-۱/۵	۱۶۷/۴	۵۸۱
۱۰۰/۴	۶۴/۶	۸۱/۱	۹۰/۷	۲۰۰/۷	-۱/۲	۲۰۱/۹	۶۳۶
۱۱۷/۸	-	۹۱/۸	۱۰۲/۸	۲۵۴/۴	-۰/۹	۲۵۵/۳	۶۸۶
-	-	۱۰۱/۵	۱۱۳/۸	۳۱۵/۳	-۰/۶	۳۱۵/۹	۷۴۰
-	-	-	۱۲۴	۳۸۵/۲	-۰/۳	۳۸۵/۵	۸۰۰
-	-	-	-	۴۷۰/۷	-	۴۷۰/۷	۸۶۰
-	-	-	-	۵۷۸/۷	-	۵۷۸/۷	۹۲۷
-	-	-	-	۷۱۲/۲	+۰/۳	۷۱۱/۹	۱۰۰۰
۶۸۰/۸	۴۲۹/۵	۶۶۹/۱	۸۲۹/۱				جمع

الف - جریان فایده با ۴۰۰ وسیله نقلیه در روز آغاز می‌شود.  
 ب - جریان فایده با ۳۶۹ وسیله نقلیه در روز آغاز می‌شود.  
 ج - جریان فایده با ۳۱۴ وسیله نقلیه در روز آغاز می‌شود.  
 د - جریان فایده با ۳۴۰ وسیله نقلیه در روز آغاز می‌شود.



سطح آسفالت ۱۲ فوتی، در طیف ترافیک یادشده قرار می‌گیرد. ترکیب وسایل نقلیه‌ای که به طور معمول از این راه عبور می‌کنند به ترتیب زیر است:

کامیون	۵۰ درصد
اتوبوس	۳۰ درصد
سواری	۲۰ درصد
کل	<u>۱۰۰ درصد</u>

برآورد می‌شود که ترافیک در طول عمر ۱۰ ساله طرح، سالانه در حدود ۷/۵ درصد افزایش یابد؛ یعنی در عرض ده سال به تقریب دو برابر گردد. در جدول (پ.۲.۲) برآورد ترافیک آتی به تفکیک نوع وسیله نقلیه برای ترافیکی که حجم آن بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ وسیله نقلیه در روز است، نشان داده شده است.

جدول پ.۲.۲. برآورد ترافیک (وسیله نقلیه در روز)

کامیون	اتوبوس	سواری	جمع
۲۰۰	۱۲۰	۸۰	۴۰۰
۲۱۶	۱۳۰	۸۶	۴۳۲
۲۳۴	۱۴۰	۹۲	۴۶۶
۲۵۲	۱۵۱	۱۰۰	۵۰۴
۲۷۲	۱۶۴	۱۰۸	۵۴۴
۲۹۶	۱۷۶	۱۱۶	۵۸۸
۳۲۰	۱۹۰	۱۲۶	۶۳۶
۳۴۴	۲۰۶	۱۳۶	۶۸۶
۳۷۰	۲۲۲	۱۴۸	۷۴۰
۴۰۰	۲۴۰	۱۶۰	۸۰۰

### ۳. فایده طرح

فایده تعریض سطح آسفالت راه شامل کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه و کاهش هزینه‌های نگهداری راه است. با این حال به طوری که بعد ملاحظه خواهد شد، هزینه‌های نگهداری راه با آسفالت عریض‌تر، تنها وقتی کمتر خواهد بود که ترافیک روزانه از ۹۰۰ وسیله نقلیه بیشتر شود و از

این رو، وقتی ترافیکی در سطحی پایین‌تر از ۹۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، این فایده وجود نخواهد داشت.

### ۱.۳. کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه

بررسی‌ها نشان داده است که در کشور مورد نظر در راه آسفالتی به عرض ۲۰ فوت و با ترافیکی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز، هزینه بهره‌برداری انواع وسایل نقلیه (کامیون، اتوبوس، سواری)، بدون تغییر باقی می‌ماند. حال آن که در راه با سطح آسفالت ۱۲ فوت، وسایل نقلیه‌ای که از کنار یکدیگر عبور می‌کنند باید از سطح آسفالت راه خارج شوند و مقداری از راه را به روی سطح خاکی شانه راه طی کنند تا دوباره به سطح آسفالت باز گردند. مقدار زمانی که یک وسیله نقلیه بدین ترتیب بر روی شانه خاکی راه صرف می‌کند، تابعی از حجم ترافیک است. هرگاه حجم ترافیک ۱۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، وسایل نقلیه به ندرت مجبور به ترک آسفالت راه خواهند شد و از این رو، هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه کم و بیش همانند همین هزینه در راه آسفالتی با عرض ۲۰ فوت است.

به هر روی، به موازات افزایش ترافیک، مدتی که بر روی شانه خاکی راه طی می‌شود نیز افزایش می‌یابد و مطالعات گوناگون نشان داده است که هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه بر روی راه‌های با عرض آسفالت ۱۲ فوت، در صورتی که حجم ترافیک ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز باشد، تقریباً برابر با هزینه بهره‌برداری بر روی راه‌های خاکی است و به طور کلی، با افزایش ترافیک، هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه نیز به تدریج افزایش می‌یابد و هزینه راه آسفالت به هزینه بهره‌برداری در راه خاکی نزدیک می‌شود. در ستون‌های ۲ و ۴ و ۶ جدول (پ.۲. ۳) برآورد هزینه بهره‌برداری انواع وسایل نقلیه در راه با عرض آسفالت ۱۲ فوت، برحسب میزان ترافیک نشان داده شده است.

از سوی دیگر، همان‌گونه که در بالا اشاره شد، هزینه بهره‌برداری انواع وسایل نقلیه (کامیون، اتوبوس، سواری) در راه آسفالت با عرض ۲۰ فوت و با ترافیکی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز، ثابت است؛ به این معنی که هرگاه هزینه بهره‌برداری کامیون - میل در یک روز در راه یاد شده با ترافیکی برابر ۱۰۰ وسیله نقلیه در روز، برابر ۱۴۱ سکه باشد، با ترافیکی برابر با ۸۰۰ وسیله نقلیه در روز نیز همان ۱۴۱ سکه باقی می‌ماند.

جدول پ.۲.۳. هزینه و فایده وسیله نقلیه - میل در روز بر حسب زیریک

میانگین وزنی فایده	سواری		اتوبوس		کامیون		شمار وسایل نقلیه در روز
	فایده	هزینه	فایده	هزینه	فایده	هزینه	
(۸)	(۷)	(۶)	(۵)	(۴)	(۳)	(۲)	(۱)
۰	۰	۸۱	۰	۱۷۷	۰	۱۴۱	۱۰۰
۱۰	۳	۸۴	۱۲	۱۸۹	۱۲	۱۵۳	۲۰۰
۲۳	۶	۸۷	۲۷	۲۰۴	۲۷	۱۶۸	۳۰۰
۳۹	۱۲	۹۳	۴۸	۲۲۵	۴۵	۱۸۶	۴۰۰
۵۹	۱۸	۹۹	۷۵	۲۵۲	۶۶	۲۰۷	۵۰۰
۸۱	۲۴	۱۰۵	۱۰۵	۲۸۲	۹۰	۲۳۱	۶۰۰
۱۰۶	۳۰	۱۱۱	۱۳۸	۳۱۵	۱۱۷	۲۵۱	۷۰۰
۱۳۳	۳۶	۱۱۷	۱۷۴	۳۵۱	۱۴۷	۲۸۱	۸۰۰
۱۶۲	۴۲	۱۲۳	۲۱۳	۳۹۰	۱۸۰	۳۲۱	۹۰۰
۱۹۶	۵۱	۱۳۲	۲۵۵	۴۳۲	۲۱۹	۳۶۰	۱۰۰۰

حال، با تعریض آسفالت راه از ۱۲ فوت به ۲۰ فوت، در واقع هزینه اضافی ناشی از افزایش ترافیک در راه ۱۲ فوت، صرفه‌جویی خواهد شد. میزان صرفه‌جویی هزینه که نشان دهنده فایده حاصل از طرح است برحسب میزان ترافیک در ستون‌های ۳ و ۵ و ۷ جدول (پ.۲.۳) نشان داده شده است. در واقع، مابه‌التفاوت هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه ۱۲ فوت با هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه ۲۰ فوت، نشان دهنده فایده ناشی از تعریض سطح آسفالت راه خواهد بود.

برای نمونه، هزینه بهره‌برداری یک کامیون در راهی با ۲۰ فوت عرض آسفالت و ترافیکی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز برابر با ۱۴۱ زیریک است ولی در راهی با عرض ۱۲ فوت آسفالت و ترافیکی برابر با ۲۰۰ وسیله نقلیه در روز، به ۱۵۳ زیریک افزایش می‌یابد. از این رو، فایده ناشی از تعریض آسفالت راه به ازای هر کامیون - میل، برابر با ۱۲ زیریک است که در ستون ۳ جدول (پ.۲.۳) نشان داده شده است. در ستون ۸ جدول یادشده، میانگین وزنی فایده ناشی از مجموع وسایل نقلیه در روز برپایه سطوح مختلف ترافیک، به نمایش در آمده است. وزن فایده برپایه شمار هر یک از انواع وسایل نقلیه در ترکیب ترافیک تعیین شده است.

برای محاسبه فایده سالانه طرح، باید واحد فایده‌ای که به شیوه پیشگفته تعیین شده است در شمار ترافیک و ۳۶۵ روز ضرب شود. برای نمونه، به منظور تعیین فایده چهار سال نخست طرحی که ترافیک سال یکم آن برابر با ۴۰۰ وسیله نقلیه در روز است، محاسبات به شرح زیر انجام می‌گیرد؛ یادآور می‌شود که فایده مرتبط به شمار ترافیکی که بین ارقام ترافیک پیش‌بینی شده (جدول پ.۲.۳) قرار گرفته است از طریق درون‌یابی تعیین شده است.

سال یکم:  $400 \times 365 \times \text{روز} \times 39 \text{ زیریک} = 57000$  سکه

سال دوم:  $432 \times 365 \times \text{روز} \times 45 \text{ زیریک} = 71000$  سکه

سال سوم:  $466 \times 365 \times \text{روز} \times 54 \text{ زیریک} = 91800$  سکه

سال چهارم:  $504 \times 365 \times \text{روز} \times 60 \text{ زیریک} = 110400$  سکه

### ۲.۳. تغییر هزینه‌های نگهداری

میانگین سالانه هزینه‌های نگهداری یک میل راه آسفالت به عرض ۲۰ فوت، براساس قیمت‌های اقتصادی و استفاده از نرخ اقتصادی تبدیل ارز، برابر با ۹۳۰۰ سکه است. پیش‌بینی می‌شود که تا سطح ۸۰۰ وسیله نقلیه در روز، علی‌رغم افزایش ترافیک، هزینه نگهداری تقریباً ثابت باقی بماند و پس از آن، همان گونه که در جدول (پ.۲.۴) نشان داده شده است به تدریج افزایش یابد.

از سوی دیگر، میانگین هزینه سالانه نگهداری یک راه آسفالت به عرض ۱۲ فوت به صورت مستقیم و به موازات افزایش ترافیک تغییر می‌یابد. برای نمونه، برآورد شده است که هزینه نگهداری یک میل راه در سطح ترافیک ۲۰۰ وسیله نقلیه در روز در حدود ۶۶۰۰ سکه باشد، لیکن با افزایش ترافیک به سطح ۴۰۰ وسیله نقلیه به ۷۲۰۰ سکه و در سطح ترافیک ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز به ۱۰۲۰۰ سکه افزایش یابد. تفاوت هزینه سالانه نگهداری یک میل راه آسفالت به عرض ۱۲ فوت و راهی با عرض ۲۰ فوت در جدول (پ.۲.۴) نشان داده شده است.

جدول پ.۲.۴. مقایسه هزینه نگهداری راه با عرض ۱۲ فوت با راه با عرض ۲۰ فوت  
برحسب هزار سکه

شمار وسایل نقلیه در روز	هزینه نگهداری راه آسفالت به عرض ۲۰ فوت	هزینه نگهداری راه آسفالت به عرض ۱۲ فوت	فایده (+) یا هزینه (-) جاده آسفالت به عرض ۲۰ فوت
۲۰۰	۹/۳	۶/۶	-۲/۷
۳۰۰	۹/۳	۶/۹	-۲/۴
۴۰۰	۹/۳	۷/۲	-۲/۱
۵۰۰	۹/۳	۷/۵	-۱/۸
۶۰۰	۹/۳	۷/۸	-۱/۵
۷۰۰	۹/۳	۸/۴	-۰/۹
۸۰۰	۹/۳	۹	-۰/۳
۹۰۰	۹/۶	۹/۶	۰
۱۰۰۰	۹/۹	۱۰/۲	+۰/۳

هزینه و یا فایده حاصل از تفاوت‌های هزینه نگهداری در ستون ۳ جدول (پ.۲.۱) نشان داده شده است. هزینه و فایده سطوح ترافیکی که بین ارقام ترافیک منظور شده در جدول (پ.۲.۳) قرار گرفته، از طریق میان‌یابی محاسبه شده و در جدول (پ.۲.۱) درج شده است. کل فایده حاصل از کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه و هزینه‌های نگهداری در ستون ۴ جدول (پ.۲.۱) ارائه شده است.

## ۴. مقایسه هزینه و فایده

### ۴.۱. نتیجه

همان گونه که در جمع ستون ۵ جدول (پ.۲. ۱) مشاهده می‌شود، ارزش خالص کنونی فایده طرح برپایه ترافیکی برابر با ۴۰۰ وسیله نقلیه در روز و با استفاده از نرخ تنزیل ۱۲ درصد، به ازای هر میل برابر با ۸۲۹،۰۰۰ سکه است. در جمع ستون ۶ جدول پیشگفته دیده می‌شود که هرگاه میزان ترافیک در سال پایه، ۳۶۹ وسیله نقلیه در روز باشد، فایده برابر با ۶۶۹،۰۰۰ سکه خواهد بود. از آنجا که هزینه آسفالت هر میل برابر با ۷۵۰،۰۰۰ سکه برآورد شده است، طرح هنگامی قابل توجیه خواهد بود که میزان ترافیک در سال پایه به حدود ۳۸۰ تا ۳۹۰ وسیله نقلیه در روز برسد. به سخن دیگر، نرخ بازده سرمایه‌گذاری با چنین ترافیکی برابر با ۱۲ درصد، خواهد بود.

### ۴.۲. حساسیت نتیجه

منظور از ارائه این مورد پژوهی آن است که چگونگی برقراری یک استاندارد کلی برای تعریض سطح آسفالت راه نشان داده شود. این استاندارد خاص نسبت به شماری از عوامل حساس است.

یکی از ملاحظات مهم در این زمینه، هزینه آسفالت کردن راه است. همان گونه که در جمع ستون ۶ جدول (پ.۲. ۱) نشان داده شده است، هرگاه بتوان راه را با هزینه‌ای برابر با ۶۷۰،۰۰۰ سکه بابت هر میل آسفالت کرد، طرح را می‌توان زمانی که ترافیک در سال پایه برابر با ۳۶۹ وسیله نقلیه در روز است اجرا کرد. جمع ستون ۷ نشان می‌دهد که هرگاه هزینه آسفالت هر میل راه برابر با ۴۳۰،۰۰۰ باشد، طرح آسفالت کردن راه برپایه ترافیکی شامل ۳۱۴ وسیله نقلیه در روز موجه خواهد بود.

نرخ تنزیل مورد استفاده نیز در نتیجه‌گیری مؤثر است. همان گونه که در جمع ستون ۸ جدول (پ.۲. ۱) دیده می‌شود، هرگاه هزینه آسفالت یک میل ۶۸۱،۰۰۰ سکه و نرخ بازده مورد نظر وزارت راه نیز برابر با ۸ درصد باشد، طرح تعریض آسفالت با ترافیک ۳۴۰ وسیله نقلیه در روز موجه خواهد بود. به سخن دیگر، تفاوت بازده ۸ تا ۱۲ درصد ناشی از تفاوت ترافیک ۲۶ وسیله نقلیه در روز است. از آنجا که رشد سالانه ترافیک در این سطح، در حدود ۲۵ الی ۳۰ وسیله نقلیه در روز است از این رو، هرگاه در نظر باشد به جای ۸ درصد، ۱۲ درصد بازده حاصل شود، باید اجرای طرح را کمی بیش از یک سال به تعویق انداخت.

ترکیب ترافیک و رشد فرضی آن نیز در نتیجه مؤثر واقع می‌شود. از آنجا که فایده حاصل از یک سواری تنها یک چهارم فایده حاصل از یک کامیون و یا اتوبوس است از این رو، هرگاه نسبت

سواری در ترکیب ترافیک بزرگتر شود، زمان توجیه طرح تعریض آسفالت راه به تعویق خواهد افتاد. از سوی دیگر، در این مطالعه توجهی به ترافیک وسایل نقلیه غیرموتوری نشده، و باید توجه داشت که در اغلب کشورهای در حال توسعه این ترافیک چشم‌گیر است. این گونه ترافیک کندرو به طور جدی جریان ترافیک موتوری را مختل می‌سازد و گاه یا پرداخت جداگانه به موضوع را مطرح می‌کند یا تعریض آسفالت راه به عرض ۲۴ فوت به جای ۲۰ فوت باید مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه مطالعه، به وضع شانه‌های راه نیز بستگی دارد. در این مورد پژوهی، شرایط شانه‌های راه مشابه راه خاکی در نظر گرفته شده است. کیفیت راه‌های خاکی نیز ممکن است بسته به شرایط آب و هوا، خاک و غیره به مقدار زیادی تفاوت کند. این شرایط را باید در به کار بردن استاندارد پیشنهادی برای یک راه به خصوص نیز در نظر گرفت.

در این مطالعه ارزش وقت مسافران و بار مورد توجه قرار نگرفته است. از آنجا که ممکن است میانگین سرعت وسایل نقلیه بر روی جاده آسفالت به عرض ۲۰ فوت در ساعت ۵ میل بیشتر از راهی با عرض ۱۲ فوت باشد، این امر تفاوت‌هایی به وجود خواهد آورد؛ ولی باید توجه کرد که در کشورهای در حال توسعه در نظر گرفتن این تفاوت در ارزش وقت در هر حد قابل قبولی، باز هم بسیار اندک خواهد بود.





## مورد پژوهی ساخت یک راه اصلی

### ۱. طرح پیشنهادی

یک شهر بندری با جمعیتی بالغ بر ۲ میلیون نفر به وسیله خط آهن ۱۱۰ میلی و یک راه آسفالت به طول ۱۲۰ میل به شهری با جمعیتی در حدود ۵۰۰،۰۰۰ نفر ارتباط دارد. راه مزبور یک خطه و دارای ۱۲ فوت عرض و سطح آسفالت بد و نامناسب است و در برخی نقاط نیز آسفالت آن از بین رفته است. از آنجا که این راه با توجه به میزان ترافیک موجود طرح ریزی نشده و همچنین به علت آن که مقداری از خاکریزهای آن آبگیر است، نگهداری از آن بسیار گران تمام می شود. اداره راه، ساخت راه جدیدی را بین این دو شهر پیشنهاد کرده است. راه مزبور آسفالت و دارای دو خط، هر یک به عرض ۱۲ فوت خواهد بود و شانه های آن به عرض ۱۰ فوت با شن پوشیده خواهد شد. حریم راه نیز ۲۲۰ فوت در نظر گرفته شده تا در صورت افزایش ترافیک، دو خط دیگر بدان افزوده شود. نقاط دسترسی به راه محدود خواهد بود و سرعت تعیین شده برای عبور از راه ۷۰ میل در ساعت خواهد بود. وسایل نقلیه مال رو و کندرو مجاز به استفاده از راه نیستند و باید از راه موجود و یا راهی که پیمانکار جهت ساخت راه در کنار آبروی زهکشی به وجود خواهد آورد، استفاده کنند. استانداردهای هندسی نوین و معیارهای طراحی در سراسر راه مورد استفاده قرار خواهد گرفت. گزینه اصلاح راه موجود به جای ساخت راه جدید نیز مورد توجه قرار گرفت، لیکن راه جدید تنها ۹۰ میل طول خواهد داشت و مسافت سفر را ۳۰ میل کوتاه تر خواهد کرد و افزون بر آن اصلاح وضعیت غرقابی خاکریز راه موجود، هزینه گزافی در بر خواهد داشت.

### ۲. هزینه طرح

هزینه های مالی ساخت یک میل راه برابر با  $\frac{3}{6}$  میلیون سکه و هزینه ساخت ۹۰ میل برابر با ۳۲۴ میلیون سکه برآورد شده است. ۱۶۲ میلیون سکه از هزینه یادشده را هزینه ارزی تشکیل می دهد. نرخ تبدیل اقتصادی ارز  $\frac{1}{75}$  برابر نرخ رسمی تبدیل ارز است. از این رو، هزینه ساخت برپایه ارز برابر است با:

$$324 - 162 + (162 \times 1/75) = 446 \quad \text{میلیون سکه}$$

جدول پ.۳.۱. مقایسه هزینه و فایده ساخت راه جدید

(مبالغ به میلیون سکه)

سال	هزینه			فایده (کاهش هزینه‌های بهره‌برداری)						ارزش کنونی		نرخ بازده سرمایه‌گذاری
	سرمایه‌ای	نگهداری	جمع	ترافیک جذب شده از راه کنونی	ترافیک ایجاد شده	ترافیک جذب شده از راه آهن	جمع ترافیک در راه جدید	ترافیک در راه کنونی	نرخ تنزیل ۱۲ درصد		نرخ تنزیل ۱۷ درصد	
									فایده	هزینه	فایده	هزینه
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)	(۱۲)
صفر	۱۲۰	-	۱۲۰	-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰	-
۱	۱۵۰	-	۱۵۰	-	-	-	-	-	-	-	۱۲۸/۲۵	-
۲	۱۳۸	-	۱۳۸	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۹/۹۹	-
۳	-	۱/۶۲	۱/۶۲	۴۱/۵۵	۱/۰۴	۰/۱۷	۴۲/۷۶	۰/۴۳	۴۳/۱۹	۱/۱۵	۳۰/۷۵	۱/۰۱
۴	-	۱/۶۵	۱/۶۵	۴۶/۴۷	۱/۸۰	۰/۱۸	۴۸/۴۵	۰/۴۵	۴۸/۹۰	۱/۰۵	۳۱/۱۰	۰/۸۸
۵	-	۱/۶۸	۱/۶۸	۵۲/۰۲	۲/۵۵	۰/۲۱	۵۴/۷۸	۰/۴۵	۵۵/۲۳	۰/۹۵	۳۱/۳۲	۰/۷۷
۶	-	۱/۷۱	۱/۷۱	۵۸/۲۳	۲/۸۵	۰/۲۱	۶۱/۲۹	۰/۴۸	۶۱/۷۷	۰/۸۷	۳۱/۳۲	۰/۶۷
۷	-	۱/۷۴	۱/۷۴	۶۵/۱۹	۳/۱۸	۰/۲۴	۶۸/۶۱	۰/۵۱	۶۹/۱۲	۰/۷۹	۳۱/۲۴	۰/۵۸
۸	-	۱۰/۷۷	۱۰/۷۷	۷۶/۵۰	۳/۶۶	۰/۲۴	۸۰/۴۰	۰/۵۴	۸۰/۹۴	۴/۳۵	۳۲/۷۰	۳/۰۷
۹	-	۱/۸۰	۱/۸۰	۸۲/۸۰	۳/۹۶	۰/۲۴	۸۷	۰/۵۷	۸۷/۵۷	۰/۶۵	۳۱/۶۱	۰/۴۴
۱۰	-	۱/۸۳	۱/۸۳	۸۹/۴۰	۴/۲۶	۰/۲۴	۹۳/۹۰	۰/۶۰	۹۴/۵۰	۰/۵۹	۳۰/۴۳	۰/۳۸
۱۱	-	۱/۸۶	۱/۸۶	۹۶/۹۰	۴/۵۹	۰/۲۷	۱۰۱/۴۶	۰/۶۳	۱۰۲/۰۹	۰/۵۳	۲۹/۳۰	۰/۳۳
۱۲	-	۱/۸۹	۱/۸۹	۱۰۴/۳۱	۴/۹۵	۰/۲۷	۱۰۹/۵۳	۰/۶۶	۱۱۰/۱۹	۰/۴۹	۲۸/۳۲	۰/۲۹
۱۳	-	۱/۹۲	۱/۹۲	۱۰۹/۶۵	۵/۳۴	۰/۳۰	۱۱۵/۲۹	۰/۶۹	۱۱۵/۹۸	۰/۴۴	۲۶/۵۶	۰/۲۵
۱۴	-	۱۰/۹۵	۱۰/۹۵	۱۱۸/۵۰	۵/۷۶	۰/۳۰	۱۲۴/۵۶	۰/۷۲	۱۲۵/۲۸	۲/۲۴	۲۵/۶۸	۱/۲۲
۱۵	-	۱/۹۸	۱/۹۸	۱۲۷/۹۸	۶/۲۱	۰/۳۰	۱۳۴/۴۹	۰/۷۵	۱۳۵/۲۴	۰/۳۶	۲۴/۷۵	۰/۱۹
۱۶	-	۲/۰۱	۲/۰۱	۱۳۸/۲۱	۶/۶۹	۰/۳۳	۱۴۵/۲۳	۰/۷۸	۱۴۶/۰۱	۰/۳۳	۲۳/۸۰	۰/۱۶

دنباله جدول پ.۳.۱. مقایسه هزینه و فایده ساخت راه جدید

(مبالغ به میلیون سکه)

سال	هزینه			فایده (کاهش هزینه‌های بهره‌برداری)						ارزش کنونی		نرخ بازده سرمایه‌گذاری		
	سرمایه‌ای	نگهداری	جمع	ترافیک جذب شده از راه کنونی	ترافیک ایجاد شده	ترافیک جذب شده از راه آهن	جمع ترافیک در راه جدید	ترافیک در راه کنونی	نرخ تنزیل ۱۲ درصد		نرخ تنزیل ۱۷ درصد			
									فایده	هزینه	فایده	هزینه		
									(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)
۱۷	-	۲/۰۴	۲/۰۴	۱۷۱	۸/۲۵	۰/۳۳	۱۷۹/۵۸	۰/۸۱	۱۸۰/۳۹	۰/۳۰	۲۶/۳۴	۰/۱۴	۱۲/۴۵	
۱۸	-	۲/۰۷	۲/۰۷	۱۸۰/۹۰	۸/۷۰	۰/۳۶	۱۸۹/۹۶	۰/۸۷	۱۹۰/۸۳	۰/۲۷	۲۴/۸۱	۰/۱۲	۱۱/۲۶	
۱۹	-	۲/۱۰	۲/۱۰	۱۹۱/۴۰	۹	۰/۳۶	۲۰۰/۷۶	۰/۹۰	۲۰۱/۶۶	۰/۲۴	۲۳/۳۹	۰/۱۱	۱۰/۲۸	
۲۰	-	۱۱/۱۳	۱۱/۱۳	۲۰۲/۸۰	۹/۵۴	۰/۳۹	۲۱۲/۸۳	۰/۹۶	۲۱۳/۶۹	۱/۱۶	۲۲/۲۲	۰/۴۸	۹/۱۹	
۲۱	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۲۰	۲۱/۰۶	۰/۰۸	۸/۳۸	
۲۲	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۱۸	۱۸/۷۹	۰/۰۷	۷/۲۵	
۲۳	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۱۶	۱۶/۷۵	۰/۰۶	۶/۱۱	
۲۴	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۱۴	۱۴/۹۵	۰/۰۵	۵/۲۱	
۲۵	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۱۳	۱۳/۳۶	۰/۰۴	۴/۵۳	
۲۶	-	۱۱/۱۶	۱۱/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۵۹	۱۲	۰/۱۹	۳/۸۵	
۲۷	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۱۰	۱۰/۶۴	۰/۰۳	۳/۱۷	
۲۸	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۰۹	۹/۵۱	۰/۰۳	۲/۷۲	
۲۹	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۰۸	۸/۳۸	۰/۰۲	۲/۴۹	
۳۰	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۰۷	۷/۴۷	۰/۰۲	۲/۰۴	
۳۱	-	۲/۱۶	۲/۱۶	۲۱۴/۹۵	۱۰/۱۱	۰/۳۹	۲۲۵/۴۵	۰/۹۹	۲۲۶/۴۴	۰/۰۶	۶/۷۹	۰/۰۲	۱/۸۱	
	جمع										۶۴۵/۳۵	۳۸۲/۵۰	۳۶۰/۸۳	۳۶۸/۶۹

یادداشت: تفاوت ستون ۱۰ و ستون ۱۱، نشان دهنده ارزش خالص کنونی طرح راه و برابر با ۲۶۲/۸۵ میلیون سکه است.

یعنی ۱۲۲ میلیون سکه بیش از هزینه مالی آن است. حقوق و عوارض گمرکی و سایر مالیات‌ها بالغ بر ۳۸ میلیون سکه می‌شود و باید از کل هزینه‌ها کسر گردد و در نتیجه کل هزینه‌های اقتصادی بالغ بر ۴۰۸ میلیون سکه خواهد شد. با آن که برخی از نیروی انسانی مشغول در ساخت راه غیرماهر خواهند بود و در غیر این صورت بیکار خواهند بود ولی هیچگونه تعدیلی از این بابت انجام نمی‌گیرد زیرا که رقم آن بسیار ناچیز برآورده شده است.

انتظار می‌رود که ساخت طرح سه سال به طول انجامد (نگاه کنید به: ستون ۱ جدول پ.۳.۱). هزینه‌های سالانه نگهداری راه برابر با ۱۸۰۰۰ سکه برای هر میل و ۱/۶۲ میلیون سکه برای کل طرح برآورد شده است. بخش ارزی هزینه نگهداری یادشده برابر با ۳۱۴،۰۰۰ سکه برآورد می‌شود. از این رو، برپایه نرخ اقتصادی تبدیل ارز، کل هزینه اقتصادی نگهداری راه در هر سال به شرح زیر خواهد بود:

$$\text{میلیون سکه} \quad 1/855 = (1/75 \times 314) + 0/314 - 1/62$$

از سوی دیگر، حدود ۳۰ درصد، یعنی ۴۸۰،۰۰۰ سکه از هزینه‌های مالی نگهداری، مربوط به نیروی کار ساده می‌شود که در غیر این صورت قسمت عمده‌شان بیکار می‌مانند. دستمزد اقتصادی نیروی کار ساده معادل ۵۰ درصد دستمزد واقعی پرداختی به آنها برآورد شده است و از این رو، هزینه نگهداری اقتصادی معادل ۲۴۰،۰۰۰ سکه کاهش می‌پذیرد و به ۱،۶۱۵،۰۰۰ می‌رسد.

فرض شده است که این هزینه به تدریج همراه با رشد ترافیک (تا سال ۲۱) و نیز افزایش هزینه اقتصادی نیروی کار، به علت افزایش فرصت‌های اشتغال در منطقه، بیشتر شود. افزون بر آن، آسفالت مجدد راه با هزینه اقتصادی ۹ میلیون سکه هر ۶ سال یک بار ضروری است. هزینه نگهداری برای ۳۰ سال یعنی عمر اقتصادی طرح برآورده شده است، و ارزش اسقاطی برای راه در نظر گرفته نشده است. (نگاه کنید به: ستون ۲ جدول پ.۳.۱).

### ۳. ترافیک

میانگین ترافیک روزانه در راه کنونی در سال‌های گذشته بالغ بر ۶۰۰ وسیله نقلیه شامل: ۳۵۰ کامیون، ۲۲۰ سواری و ۳۰ اتوبوس بوده است. برآورد می‌شود که ۳ سال پیش از آغاز اجرای راه جدید، ترافیک سواری و کامیون سالانه ۱۲ درصد و ترافیک اتوبوس ۱۰ درصد افزایش یابد، یعنی شمار کامیون ۶۱۵، سواری ۳۸۵، اتوبوس ۵۰ و در کل برابر با ۱۰۵۰ وسیله نقلیه گردد. در این پیش‌بینی، رشد ترافیک در سال‌های اخیر، توسعه احتمالی کشاورزی و صنعت در منطقه و موقعیت کنونی صنعت حمل و نقل جاده‌ای در نظر گرفته شده است.

جدول پ.۳.۲. برآورد ترافیک روزانه در راه جدید

کل وسایل نقلیه	سواری			اتوبوس				کامیون				سال
	جمع سواری	جدید	جذب شده از راه کنونی	جمع اتوبوس	جدید	جذب شده از راه آهن	جذب شده از راه کنونی	جمع کامیون	جدید	جذب شده از راه آهن	جذب شده از راه کنونی	
۱۰۹۵	۳۹۰	۳۵	۳۵۵	۵۵	۵	۵	۴۵	۶۵۰	۵۵	۳۰	۵۶۵	۳
۱۲۷۵	۴۵۵	۶۰	۳۹۵	۶۰	۵	۵	۵۰	۷۶۰	۹۵	۳۰	۶۳۵	۴
۱۴۸۵	۵۳۰	۹۰	۴۴۰	۷۰	۱۰	۵	۵۵	۸۸۵	۱۴۰	۳۵	۷۱۰	۵
۱۶۴۵	۵۸۵	۱۰۰	۴۸۵	۷۵	۱۰	۵	۶۰	۹۸۵	۱۵۵	۳۵	۷۹۵	۶
۱۸۰۵	۶۴۵	۱۱۰	۵۳۵	۸۰	۱۰	۵	۶۵	۱۰۸۰	۱۷۰	۳۵	۸۷۵	۷
۳۸۲۰	۱۵۲۰	۲۶۰	۱۲۶۰	۱۶۰	۲۰	۱۰	۱۳۰	۲۱۴۰	۳۴۰	۵۰	۱۷۵۰	۱۶
۴۹۵۵	۲۰۶۵	۳۵۰	۱۷۱۵	۲۰۰	۲۵	۱۰	۱۶۵	۲۶۹۰	۴۳۰	۵۵	۲۲۰۵	۲۱
۴۹۵۵	۲۰۶۵	۳۵۰	۱۷۱۵	۲۰۰	۲۵	۱۰	۱۶۵	۲۶۹۰	۴۳۰	۵۵	۲۲۰۵	۳۱

ترافیک در راه جدید از سه منبع جریان می‌گیرد؛ ترافیکی که از راه کنونی به راه جدید جذب می‌شود، ترافیکی که از خط آهنی که به موازات آن قرار دارد منحرف می‌شود، و ترافیکی که به واسطه کاهش هزینه‌های حمل و نقل به تازگی به وجود خواهد آمد.

مطالعه مبدأ و مقصد ترافیک موجود نشان می‌دهد که ۹۲ درصد از آن به راه جدید تغییر مسیر خواهد داد و ۸ درصد ترافیک محلی است که در راه کنونی باقی خواهد ماند. این بدان معنی است که از ۱۰۵۰ وسیله نقلیه ترافیک روزانه راه کنونی ۹۶۵ وسیله نقلیه به راه جدید منتقل خواهد شد (نگاه کنید به: جدول پ.۳.۲). برپایه عوامل یادشده و با عنایت به بی‌اطمینانی نسبت به آینده دور، افزایش ترافیک سالانه به صورت درصد، به ترتیب زیر برآورد شده است:

سال	کامیون	اتوبوس	سواری
۳-۶	۱۲	۱۰	۱۱
۷-۱۶	۸	۸	۱۰
۱۷-۲۱	۶	۶	۸

برای پس از سال ۲۱ افزایش ترافیک پیش‌بینی نشده است زیرا در آن سال ظرفیت راه که در حدود ۵۰۰۰ وسیله نقلیه است، تکمیل می‌شود و سرمایه‌گذاری جدید می‌تواند مطرح شود (نگاه کنید به: جدول پ.۳.۲).

افزون بر ترافیکی که از راه کنونی منتقل می‌شود، مطالعات انجام گرفته درباره شمار و مقدار حمل مسافر و بار پرارزش توسط راه‌آهن، نشان می‌دهد که مقداری از این ترافیک نیز به راه جدید منتقل خواهد شد. اشکالات عمده برآورد یادشده ناشی از آن است که تعرفه‌های حمل و نقل، به درستی کل هزینه‌های توزیع را منعکس نمی‌کند، و نیز از آنجا که تعرفه راه‌آهن برای کالاهای پرارزش بیش از هزینه‌هاست، راه‌آهن می‌تواند تا حدودی برای مقابله با این رقابت روزافزون، به کاهش نرخ‌ها دست بزند. با در نظر گرفتن این عوامل، برآورد می‌شود که ترافیکی که از راه‌آهن به طرف راه تغییر مسیر می‌دهد در سال ۳ روزانه بالغ بر ۴۰ کامیون و ۵ اتوبوس شود. از آنجا که مسافرانی که در این منطقه از راه‌آهن استفاده می‌کنند، در غیر این صورت به اتوبوس روی خواهند آورد از این رو، هیچگونه پیش‌بینی بابت افزایش شمار سواری‌ها انجام نگرفته است. برآورد می‌شود که ترافیکی که از راه‌آهن جذب می‌گردد، با توجه به رشد آهسته‌تر آن، معادل نیمی از نرخ رشد ترافیک منحرف از راه کنونی، افزایش یابد (نگاه کنید به: جدول پ.۳.۲).

سرانجام، انتظار می‌رود که کاهش هزینه حمل و نقل در راه جدید موجب ایجاد ترافیک جدید شود. براساس مطالعات صنعتی و کشاورزی و با توجه به تجربه‌ای که از طرح‌های مشابه در موارد

دیگر به دست آمده است، برآورد می‌شود که ترافیک جدید در سال اول در حدود ۱۰ درصد ترافیک منحرف از راه کنونی، در سال دوم ۱۵ درصد و در سال سوم ۲۰ درصد بشود و از آن پس نیز با همان نرخ ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی افزایش خواهد یافت.

#### ۴. فایده طرح

فایده طرح شامل موارد زیر است:

- کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه جدید؛
  - کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه‌ای که در راه کنونی باقی می‌مانند؛
  - صرفه‌جویی در زمان مسافرت افراد و بار.
- احتمال می‌رود که هزینه نگهداری راه کنونی نیز اندکی تقلیل یابد لیکن چون فایده حاصل از آن جزئی است، در محاسبات منظور نشده است.

#### ۴.۱. کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه جدید

##### ۴.۱.۱. ترافیکی که از راه کنونی تغییر مسیر می‌دهد

همان گونه که در بالا نشان داده شد در سال ۳، ترافیک روزانه در راه کنونی برابر با ۱۰۵۰ وسیله نقلیه در روز است و در نتیجه ازدحام قابل توجهی در راه به وجود می‌آید. بر روی یک راه دوطرفه و یک خطه، هر زمان که دو وسیله نقلیه مقابل بخواهند از کنار هم بگذرند باید هر دو سرعت خود را کم کنند و یکی یا هر دو از شانه‌های راه استفاده نمایند تا عبور امکان پذیر باشد. به همین ترتیب در سبقت گرفتن از اتومبیل دیگر نیز باید از شانه راه استفاده کرد. از این رو، مدت کنونی مسافرت بین دو شهر با سواری (با سرعت ۳۲ میل در ساعت) تقریباً چهار ساعت و برای کامیون و اتوبوس (با سرعت ۲۴ میل در ساعت) ۵ ساعت می‌شود. در راه کوتاه‌تر جدید این مدت به دو ساعت با سواری (با سرعت ۵۰ میل در ساعت) و تقریباً دو ساعت و ربع با کامیون و اتوبوس (با سرعت ۴۰ میل در ساعت) می‌رسد.

مطالعاتی که در مورد بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه کنونی و راه جدید انجام گرفته است هزینه‌ها را برای هر وسیله نقلیه در هر میل به شرح جدول (پ.۳.۳) نشان می‌دهد. هزینه‌ها و از جمله هزینه‌های ارزی برحسب قیمت‌های اقتصادی منظور شده است.

فایده هر واحد از ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی بدین ترتیب در هر میل ۷۲ زیریک برای کامیون و اتوبوس و ۲۱ زیریک برای سواری است. افزون بر آن، این واقعیت که فاصله بین دو

شهر به مقدار ۳۰ میل کوتاه‌تر می‌شود نیز به سود ترافیک است. بدینسان فایده حاصل از این ترافیک تغییر مسیر یافته در سال ۴ به شرح زیر است:

جدول پ.۳.۳. هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه کنونی و راه جدید (برحسب زیریک)

سواری		کامیون و اتوبوس		اقلام هزینه
راه جدید	راه کنونی	راه جدید	راه کنونی	
۱۸	۲۱	۵۱	۶۰	سوخت و روغن
۶	۹	۲۴	۳۶	فرسودگی تایر
۳۰	۳۶	۶۶	۸۱	استهلاک
۱۸	۲۴	۳۳	۳۹	سود سرمایه
۶	۹	۵۱	۷۵	نگهداری
-	-	۱۵	۲۱	دستمزدها
۷۸	۹۹	۲۴۰	۳۱۲	جمع
۲۱		۷۲		فایده

فایده حاصل از فاصله کوتاه‌تر:

(ارقام به میلیون سکه)

$$۵۶۵ \text{ کامیون} \times ۳۰ \text{ میل} \times ۳۶۵ \text{ روز} \times ۳۱۲ \text{ زیریک} = ۱۹/۳$$

$$۴۵ \text{ اتوبوس} \times ۳۰ \text{ میل} \times ۳۶۵ \text{ روز} \times ۳۱۲ \text{ زیریک} = ۱/۵۳$$

$$۳۵۵ \text{ سواری} \times ۳۰ \text{ میل} \times ۳۶۵ \text{ روز} \times ۹۹ \text{ زیریک} = ۳/۸۵$$

$$\text{جمع} = ۲۴/۶۸$$

فایده حاصل از استانداردهای طراحی بالاتر:

$$۵۶۵ \text{ کامیون} \times ۹۰ \text{ میل} \times ۳۶۵ \text{ روز} \times ۷۲ \text{ زیریک} = ۱۳/۳۶$$

$$۴۵ \text{ اتوبوس} \times ۹۰ \text{ میل} \times ۳۶۵ \text{ روز} \times ۷۲ \text{ زیریک} = ۱/۰۶$$

$$۳۵۵ \text{ سواری} \times ۹۰ \text{ میل} \times ۳۶۵ \text{ روز} \times ۲۱ \text{ زیریک} = ۲/۴۵$$

$$\text{جمع} = ۱۶/۸۷$$

$$\text{جمع کل} = \underline{\underline{۴۱/۵۵}}$$



به این ترتیب از ۴۱/۶ میلیون سکه کل فایده ناشی از ترافیک تغییر مسیر داده، ۲۴/۷ میلیون سکه یا حدود ۶۰ درصد آن مربوط به فاصله کوتاه‌تر و معادل ۱۶/۹ میلیون یا ۴۰ درصد آن به خاطر استانداردهای بالاتر طراحی راه جدید است.

در حالی که راه جدید قادر است ترافیک آینده را بدون ازدحام قابل توجهی تحمل کند، در راه کنونی مسئله ازدحام به طور روزافزونی جنبه جدی پیدا می‌کند. از این رو، برآورد می‌شود که هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه از سال ۳ به بعد که میانگین تعداد ترافیک به حدود ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز خواهد رسید ۵ درصد و از سال ۱۶ به بعد که میانگین تعداد ترافیک به ۴۰۰۰ وسیله نقلیه در روز خواهد رسید، ۵ درصد دیگر نیز افزایش یابد. این ازدحام موجب می‌شود که هزینه بهره‌برداری کامیون و اتوبوس از ۳۱۲ زریک به ۳۲۸ زریک و در پی آن به ۳۴۴ زریک افزایش یابد و از این رو، فایده یک واحد، از ۷۲ زریک نخست به ۸۸ زریک و سپس به ۱۰۴ زریک افزایش یابد. در مورد سواری، فایده هر واحد، از ۲۱ زریک نخست به ۲۶ زریک و در پی آن به ۳۱ زریک افزایش می‌یابد. فایده ناشی از ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی، در ستون ۴ جدول (پ.۳. ۱) نشان داده شده است.

#### ۲.۱.۴. ترافیک جدید

برآورد شده که فایده هر واحد ترافیک ایجاد شده، نیمی از فایده هر واحد ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی است. افزون بر آن، فرض شده بیش از نیمی از ترافیک جدید به دلیل فاصله کوتاه‌تر و بقیه آن به دلیل استانداردهای طراحی بالاتر جذب راه جدید خواهد شد. این فرض کم و بیش با نسبت فایده حاصل از فایده ناشی از فاصله کوتاه‌تر و نیز نسبت فایده ناشی از استاندارد طراحی بهتر، به کل فایده ناشی از ترافیک تغییر مسیر داده که در صفحه قبل محاسبه شده منطبق است. بدین ترتیب در سال ۳، فایده ناشی از ترافیک جدید برابر است با:

(ارقام به میلیون سکه)

فایده حاصل از فاصله کوتاه‌تر:

$$\begin{aligned} 30 \text{ کامیون} \times 30 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 156 \text{ سکه} &= 0.51 \\ 3 \text{ اتوبوس} \times 30 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 156 \text{ سکه} &= 0.05 \\ 20 \text{ سواری} \times 30 \text{ میل} \times 365 \text{ روز} \times 49/5 \text{ سکه} &= 0.11 \end{aligned}$$

جمع ۰/۶۷

فایده حاصل از استانداردهای طراحی بالاتر:

۰/۳۰ =	۲۵ کامیون × ۹۰ میل × ۳۶۵ روز × ۳۶ سکه
۰/۰۲ =	۲ اتوبوس × ۹۰ میل × ۳۶۵ روز × ۳۶ سکه
۰/۰۵ =	۱۵ سواری × ۹۰ میل × ۳۶۵ روز × ۱۰/۵ سکه
۰/۳۷	جمع
۱/۰۴	جمع کل

فایده ناشی از ایجاد ترافیک در راه جدید در ستون ۵ جدول (پ.۳.۱)، نشان داده شده است.

#### ۳.۱.۴. ترافیک تغییر مسیر یافته از راه آهن

برآورد فایده هر واحد ترافیکی که از راه آهن موازی راه، به سوی آن تغییر مسیر خواهد داد کار دشواری است؛ زیرا مقایسه صحیح هزینه‌های حمل و نقل جاده‌ای باید با هزینه‌های نهایی راه آهن انجام گیرد، و بیشتر این تغییر مسیر نه به دلیل هزینه‌های حمل و نقل کمتر بلکه به دلیل هزینه‌های کمتر توزیع و نیز به ویژه خدمات سریع‌تر و مطمئن‌تر صورت می‌گیرد. با در نظر گرفتن این عوامل، برآورد شده است که فایده ناشی از هر کامیون یا اتوبوس در یک میل در سال ۴، برابر با ۱۵ زریک، و کل فایده ناشی از کامیون‌ها حدود ۱۵۰ هزار سکه و کل فایده ناشی از اتوبوس‌ها حدود ۲۴ هزار سکه باشد. فایده ناشی از ترافیک تغییر مسیر یافته از راه آهن به راه جدید در ستون ۶ جدول (پ.۳.۱) نشان داده شده است.

#### ۴.۱.۴. خلاصه

کل فایده حاصل از کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه برای ترافیک راه جدید در سال ۳، به تفکیک نوع وسیله نقلیه، به شرح زیر خلاصه می‌گردد:

(ارقام به میلیون سکه)	
۳۳/۶۲	کامیون
۲/۶۸	اتوبوس
۶/۴۶	سواری
۴۲/۷۶	جمع

به این ترتیب در سال ۳، به تقریب، ۸۰ درصد فایده ناشی از صرفه‌جویی در هزینه‌ها، مربوط به کامیون‌ها می‌شود.

این فایده از نقطه نظر منشأ ترافیک به شرح زیر است:

(ارقام به میلیون سکه)

۴۱/۵۵ ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی

۱/۰۴ ترافیک جدید

۰/۱۷ ترافیک تغییر مسیر یافته از راه‌آهن

۴۲/۷۶ جمع

بدین ترتیب ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی ۹۷ درصد کل فایده را به خود تخصیص می‌دهد. در طول عمر طرح، فایده نسبی حاصل از ترافیکی که از راه‌آهن تغییر مسیر می‌دهد، به واسطه رشد کمتر ترافیک، تا حدودی کاهش خواهد یافت و از این رو ترافیکی که از راه کنونی جذب می‌شود همواره قسمت بسیار بزرگ فایده را به خود تخصیص خواهد داد. کل فایده ترافیک در راه جدید در ستون ۷ جدول (پ.۳.۱) نشان داده شده است.

## ۲.۴. کاهش هزینه بهره‌برداری وسایل نقلیه در راه کنونی

همان گونه که در آغاز بند ۴ بیان شد، راه کنونی در حال حاضر دچار ازدحام است. تغییر مسیر ۹۲ درصد از این ترافیک به سوی راه جدید موجب تقلیل ازدحام در راه کنونی خواهد شد و بدین سان به سود ترافیک محلی خواهد بود. برآورد شده است که در سال ۳، ترافیک محلی شامل: ۵۰ کامیون، ۵ اتوبوس و ۳۰ سواری و در جمع ۸۵ وسیله نقلیه موتوری در روز شود. انتظار این که هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه به مقدار ۵ درصد تقلیل یابد، معقول است و فایده حاصل در سال ۳، به شرح زیر خواهد بود:

(فایده به میلیون سکه)

۰/۳۳ = ۵۰ کامیون × ۱۲۰ میل × ۳۶۵ روز × ۱۵ زریک

۰/۰۳ = ۵ اتوبوس × ۱۲۰ میل × ۳۶۵ روز × ۱۵ زریک

۰/۰۷ = ۳۰ سواری × ۱۲۰ میل × ۳۶۵ روز × ۵ زریک

۰/۴۳ جمع

این فایده در ستون ۸ جدول (پ.۳.۱) نشان داده شده و انتظار می‌رود که به همراه افزایش بطنی ترافیک بر روی این راه، سالانه در حدود ۵ درصد افزایش یابد. کل فایده حاصل از کاهش هزینه بهره‌برداری از وسایل نقلیه در ستون ۹ جدول پیشگفته ارائه شده است.

### ۳.۴. صرفه‌جویی در وقت مسافران و بار

در این بررسی وقت صرفه‌جویی شده برای وسایل نقلیه (و همچنین رانندگان کامیون‌ها و اتوبوس‌ها) مورد نظر بوده است لیکن صرفه‌جویی در وقت مسافران و حمل بار به حساب نیامده است. همان گونه که در بند ۱ بیان شد، وقت صرفه‌جویی شده برای کامیون و اتوبوس بالغ بر دو ساعت و سه ربع و برای سواری دو ساعت است. وقت صرفه‌جویی شده ترافیکی که از راه‌آهن تغییر مسیر داده نیز به همین ترتیب است. در نظر گرفتن یا نگرفتن وقت مسافران به این بستگی دارد که از این وقت اضافی برای کار یا فراغت داوطلبانه استفاده خواهد شد و یا تنها به «بیکاری» می‌افزاید. با در نظر گرفتن بیکاری و اشتغال ناقصی که رواج دارد، جای تردید است که بیشتر مسافران حاضر به پرداخت مبلغی در قبال این صرفه‌جویی در وقت باشند.

با فرض این که ارزش وقت مسافران در هر ساعت، ۱۲ سکه برای مسافران اتوبوس و ۷/۵ سکه برای مسافران سواری باشد و برای ترافیک جدید نیز نصف این مقادیر در نظر گرفته شود در سال ۳، ارزش فایده ناشی از صرفه‌جویی در وقت مسافران اتوبوس‌ها در حدود ۶۰۰،۰۰۰ سکه و برای مسافران وسیله نقلیه سواری ۲،۰۲۵،۰۰۰ سکه و در جمع ۲،۶۲۵،۰۰۰ سکه می‌گردد و این مقدار تنها ۶ درصد از فایده آن سال را تشکیل می‌دهد. فایده حمل بار نیز در حدود ۲/۷ میلیون سکه با تقریباً ۶ درصد از کل فایده خواهد شد. از این رو به شمار آوردن فایده مزبور که بر گمان استوار است، تأثیری در توجیه بنیادی طرح نخواهد داشت.

کل فایده این طرح در سال ۳ را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

(ارقم به میلیون سکه)

کاهش هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه:

۴۲/۷۶	ترافیک راه جدید
۰/۴۳	ترافیک راه کنونی
۴۳/۱۹	جمع
۵/۳۳	صرفه‌جویی در وقت مسافران و بار
<u>۴۸/۵۲</u>	جمع کل

## ۵. مقایسه هزینه و فایده

### ۵.۱. نتیجه

همان گونه که در ستون‌های ۱۰ و ۱۱ جدول شماره (پ.۳.۱) نشان داده شده است، فایده طرح راه پیشنهادی در طول عمر اقتصادیش حدود ۲۶۳ میلیون سکه از هزینه‌هایش بیشتر می‌گردد؛ هزینه و فایده، هر دو با نرخ ۱۲ درصد تنزیل شده‌اند. نسبت هزینه‌ها به فایده تقریباً ۱:۱/۷ و نرخ بازده سرمایه‌گذاری اندکی بیش از ۱۷ درصد است (ستون ۱۲ و ۱۳ جدول پ.۳.۱). این ارقام مبین آنند که طرح به خوبی قابل توجیه است.

### ۵.۳. حساسیت نتیجه

از آنجایی که این طرح دارای ارزش خالص کنونی بالایی است، نتیجه مزبور به تغییرات هیچ عاملی، به تنهایی حساسیت خاصی ندارد. برای نمونه، هرگاه هزینه‌های سرمایه‌ای طرح ۲۵ درصد بیشتر از آنچه که برآورد شده است بشود، باز هم ارزش خالص کنونی آن ۱۷۱ میلیون سکه خواهد بود.

در محاسبه فایده، می‌توان برآوردهای مربوط به کاهش هزینه‌های بهره‌برداری وسایل نقلیه را بر اندازه‌گیری‌های فیزیکی و تجارب گذشته در راه‌های دیگر بنیان نهاد تا دامنه خطا چندان وسیع نباشد. از سوی دیگر، پیش‌بینی وضع ترافیک می‌تواند با تردید زیادتری رو به رو باشد. در مورد کنونی، در حدود ۹۰ درصد فایده، از ترافیک تغییر مسیر یافته از راه کنونی ناشی می‌شود. هرگاه تغییر مسیر اولیه ترافیک و یا نرخ رشد ترافیک از آنچه برآورد شده کمتر باشد به نحوی که فایده نیز ۲۵ درصد کمتر شود باز هم ارزش خالص کنونی برابر با ۱۰۲ میلیون سکه خواهد بود و این رقم نیز قابل توجه است. اگر هزینه طرح ۲۵ درصد بیشتر و فایده آن ۲۵ درصد کمتر از مقدار برآورد بشود، ارزش خالص کنونی طرح باز هم ۱۱ میلیون سکه خواهد بود و نرخ بازده آن نیز از ۱۲ درصد بیشتر خواهد شد و طرح تحت این شرایط، به احتمال بسیار قوی قابل توجیه است.

هرگاه عمر طرح از ۲۹ سال به ۲۰ سال کاهش یابد، حتی با فرض ارزش اسقاطی برابر با صفر، ارزش خالص کنونی اقتصادی طرح برابر با ۱۴۶ میلیون سکه و نرخ بازده سرمایه‌گذاری آن برابر با ۱۶ درصد خواهد بود. از این رو، نتیجه به دست آمده به مفروضات مربوط به عمر طرح نیز حساس نخواهد بود و طرح از هر نظر قابل توجیه است.



## فهرست واری گزارش توجیه طرح راهسازی

گزارش توجیه طرح شامل یک سلسله پاسخ درباره مسائل فنی آن و گردآوری و تحلیل و تدوین اطلاعات مورد نیاز مالی و اقتصادی در ارتباط با این مسائل، به منظور ارزشیابی و تصمیم‌گیری درباره پذیرفتن یا نپذیرفتن طرح است. در جدول (پ.۴.۱)، رئوس مطالبی که به طور معمول باید در گزارش توجیه طرح راهسازی مورد توجه قرار گیرد آورده شده است. این «فهرست واری» می‌تواند برای کنترل مطالبی که باید در گزارش منعکس شود، مورد استفاده گروه‌های زیر قرار گیرد:

- مهندسان مشاور مسئول مطالعه طرح؛

- کارشناسان دستگاه اجرایی؛

- کارشناسان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

به طور کلی، گزارش توجیه طرح راهسازی می‌تواند در چارچوب مطالب زیر تدوین شود:

**یک -** چکیده گزارش و نتیجه‌گیری

**دو -** تشریح مختصر طرح شامل:

- هدف؛

- نوع طرح؛

- مشخصات عمده؛

- ارتباط طرح با برنامه عمرانی بخش راه.

**سه -** ملاحظات مقدماتی شامل:

- پیشینه طرح؛

- شیوه اجرای طرح و تکنولوژی مورد استفاده؛

- توان مدیریتی، اداری و فنی لازم برای اجرای طرح.

**چهار -** ارزشیابی تقاضا شامل:

- در نظر گرفتن مسیرها، استانداردها، و وسایل حمل متفاوت؛

- میزان ترافیک کنونی و پیش‌بینی رشد آن؛

- ترافیک جذب شده (منحرف شده) و ایجاد شده.

**پنج -** طراحی فنی مقدماتی و برآورد هزینه‌ها شامل:

- طراحی فنی و برآورد هزینه ساخت و نگهداری برپایه قیمت‌های مالی و نیز قیمت‌های اقتصادی.

**شش -** ارزشیابی زیست محیطی

**هفت -** برآورد فایده طرح شامل:

- فایده حاصل از صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیاتی، برپایه قیمت‌های اقتصادی؛

- فایده حاصل از صرفه‌جویی در هزینه‌های نگهداری، برپایه قیمت‌های اقتصادی؛

- فایده حاصل از صرفه‌جویی در فوت وقت به هنگام سفر؛

- فایده حاصل از کاهش تصادف.

**هشت -** تحلیل اقتصادی شامل:

- تحلیل هزینه و فایده؛

- تحلیل بی‌اطمینانی.

فهرست واریسی گزارش توجیه طرح با توجه به مطالب این راهنما و توضیحات بالا، به شرح

جدول (پ.۴.۱)، تنظیم شده است.

جدول پ.۴.۱. فهرست واریسی گزارش توجیه طرح

انجام شده (+) یا انجام نشده (-)	تفصیل بررسی	موضوع بررسی	شرح
	<p>- تشریح محل راه موجود.</p> <p>- طول راه.</p> <p>- نوع راه (دو خطه، چهار خطه ...).</p> <p>- جزئیات ساخت (نوع روسازی، مشخصات لایه‌ها و ضخامت آنها، شمار سازه‌ها و غیره) و نیز توضیح درباره آزمایش‌های انجام شده.</p> <p>- شرایط سازه‌ها و تجهیزات راه (توصیف).</p>	<p>مشخصات فیزیکی</p>	<p>راه موجود</p>



دنباله جدول پ.۴. ۱. فهرست واری گزارش توجیه طرح

انجام شده (+) یا انجام نشده (-)	تفصیل بررسی	موضوع بررسی	شرح
	<p>- برآورد حجم متوسط روزانه یکسال ترافیک (AADT) در شرایط کنونی بر حسب نوع وسایل نقلیه (سواری، اتوبوس، کامیون). - تفکیک ترافیک بر حسب خط عبور (در صورت اقتضا). - مشخصات وسایل نقلیه (نوع، وزن ناخالص، معادل استاندارد بار محوری و غیره).</p>	ویژگی های ترافیک	
	<p>- توصیف فعالیت های نگهداری راه، در شرایط کنونی (نوع تعمیرات، دامنه تعمیرات، شمار تعمیرات و غیره). - هزینه تعمیرات بر پایه قیمت های اقتصادی (به تفکیک منابع عمده مورد نیاز) و توضیح درباره روش برآورد هزینه تعمیرات و مفروضات به عمل آمده.</p>	نظام نگهداری راه	راه موجود
	<p>- هزینه واحد و کل هزینه عملیاتی وسایل نقلیه در راه موجود (هزینه سوخت، قطعات، تعمیرات، فرسایش تایر... و هزینه های واحد هر یک)، بر پایه قیمت های اقتصادی. - هزینه تصادف ها در راه موجود (شمار تصادف های منجر به فوت، مصدومیت، و خسارت و هزینه هر یک). - توضیح درباره شیوه برآورد هزینه، منبع اطلاعاتی درباره هزینه و مفروضات به عمل آمده در هر یک از موارد یاد شده.</p>	هزینه کاربران (هزینه عملیاتی)	
	<p>- توضیحات کلی (راه جدید، بهسازی، تعمیر اساسی، رویه مجدد، بازسازی روسازی، تحکیم سازه ها و غیره). - طراحی (ضخامت، مشخصات مصالح و غیره)، مبانی طراحی، توضیح درباره روش های مورد استفاده و مفروضات به عمل آمده. - شمار و توضیح درباره گزینه ها (به تفصیل بالا). - هزینه های مالی اجرا و نگهداری به تفکیک اقلام عمده و نیز توضیح درباره برآورد هزینه، منبع اطلاعات مورد استفاده و مفروضات به عمل آمده (به تفکیک سال و هزینه های ارزی و ریالی). - هزینه گزینه های مورد ملاحظه به تفکیک و به همراه اطلاعات مربوط به ترافیک، هزینه های ساخت، نگهداری و کاربران و زیست محیطی.</p>	ماهیت طرح	طرح پیشنهادی

دنباله جدول پ.۴. ۱. فهرست واری‌ گزارش توجیه طرح

انجام شده (+) یا انجام نشده (-)	تفصیل بررسی	موضوع بررسی	شرح
	<p>- پیش‌بینی نرخ رشد ترافیک به تفکیک نوع وسایل نقلیه در هر یک از سال‌های دوره بررسی و توضیح درباره روش پیش‌بینی و برآورد و اطلاعات مورد استفاده و مفروضات به عمل آمده.</p> <p>- پیش‌بینی ترافیک معمولی به تفکیک هر یک از سال‌های دوره بررسی با استفاده از نرخ تعیین شده در بالا.</p> <p>- پیش‌بینی ترافیک جذب شده از سایر راه‌ها، به تفکیک هر یک از سال‌های دوره بررسی و توضیح درباره روش برآورد، نتایج بررسی مبدأ و مقصد و سایر اطلاعات و مفروضات.</p> <p>- پیش‌بینی ترافیک ایجاد شده (جدید) برای دوره مورد بررسی و توضیح درباره روش برآورد و اطلاعات و مفروضات.</p>	پیش‌بینی ترافیک	طرح پیشنهادی
	<p>- هزینه اقتصادی واحد و کل هزینه اقتصادی عملیاتی وسایل نقلیه، به تفکیک نوع وسایل نقلیه و هر یک از سال‌های دوره بررسی.</p> <p>- توضیح درباره روش برآورد هزینه‌ها، منابع اطلاعاتی و مفروضات به عمل آمده در هر مورد.</p>	هزینه کاربران	
	<p>- ارزشیابی پیامدهای زیست محیطی در ارتباط با محدوده طرح پیشنهادی و اقدام‌های تعدیلی و پیشگیرانه.</p> <p>- هزینه اقدام‌های اضافی تعدیلی زیست محیطی و توضیح درباره روش برآورد هزینه، منابع اطلاعاتی و مفروضات به عمل آمده در برنامه اجرایی زیست محیطی.</p>	مسائل زیست محیطی	
	<p>- توضیح درباره گزینه پایه براساس ادامه وضع موجود با عنایت به اقدام‌های ضروری و حداقلی برای بهره‌برداری از راه موجود در دوره مورد بررسی.</p>	تحلیل گزینه پایه	تحلیل طرح

دنباله جدول پ.۴. ۱. فهرست واری گزارش توجیه طرح

انجام شده (+) یا انجام نشده (-)	تفصیل بررسی	موضوع بررسی	شرح
	- پیش‌بینی و برآورد هزینه‌های اقتصادی: سرمایه‌گذاری؛ نگهداری؛ و عملیاتی وسایل نقلیه؛ به تفکیک نوع وسایل نقلیه و هر یک از سال‌های دوره بررسی، برای هر یک از گزینه‌ها به طور جداگانه.	تحلیل هزینه اقتصادی هر یک از گزینه‌ها	تحلیل طرح
	- مقایسه جداگانه هزینه پیش‌گفته هر یک از گزینه‌ها با هزینه نظیر آن در گزینه پایه و تعیین صرفه‌جویی که نشان دهنده فایده گزینه مربوط خواهد بود. - توضیح درباره هزینه و فایده غیر قابل تقویم به پول هر یک از گزینه‌ها.	تحلیل فایده اقتصادی هر یک از گزینه‌ها	
	- محاسبه و تعیین ارزش خالص کنونی اقتصادی هر یک از گزینه‌ها. - محاسبه و تعیین نرخ بازده اقتصادی هر یک از گزینه‌ها. - محاسبه و تعیین نرخ بازده سال نخست هر یک از گزینه‌ها.	تحلیل اقتصادی	
	- تحلیل حساسیت فایده خالص کنونی در برابر تغییر احتمالی میزان ترافیک، میزان سرمایه‌گذاری، میزان هزینه‌های عملیاتی. - تعیین محتمل‌ترین ارزش خالص کنونی اقتصادی.	تحلیل بی‌اطمینانی	





## واژه نامه

فارسی به انگلیسی

Ditch	آبروی کنار راه
Tread	آج تایر
Elevated Freeway	آزادراه فراتراز
Depressed Freeway	آزادراه فروتراز
At – Grade Freeway	آزادراه همتراز
Surface Treatment	آسفالت سطحی
Double Surface Treatment	آسفالت سطحی دولایه‌ای
Single Surface Treatment	آسفالت سطحی یک لایه‌ای
Porous Asphalt	آسفالت متخلخل
Switching Value	ارزش تغییر دهنده
Present Value	ارزش کنونی
Contingent Valuation	ارزش گذاری احتمالی
Expected Value	ارزش متظره
Template	الگو
AASHTO	انجمن مسؤولان راه و حمل و نقل ایالات امریکا
Seal Coat	اندود آب‌بند
Tack Coat	اندود سطحی
Fog Seal	اندود قیری بدون سنگدانه
Prime Coat	اندود نفوذی
Benchmark	انگپایه
With and Without Project	با اجرا و بدون اجرای طرح
Wetland	باتلاق
Bearing	بارپذیری

<b>Pallet</b>	بار کف
<b>Container</b>	بار گنج
<b>Axle Load</b>	بار محوری
<b>Travel Resistance</b>	بازدارندگی سفر
<b>Reconstruction</b>	بازسازی
<b>Road Section</b>	بخش راه
<b>Edge</b>	بر آسفالت راه
<b>Outcome</b>	برآیند
<b>Economic Base Survey</b>	بررسی اقتصادی پایه
<b>Default</b>	برگزیده (پیش فرض)
<b>Plan</b>	برنامه
<b>Perspective Plan</b>	برنامه دورنگر
<b>Planning</b>	برنامه‌ریزی
<b>Sectoral Planning</b>	برنامه‌ریزی بخشی
<b>Programming</b>	برنامه‌ریزی عملیاتی
<b>Program</b>	برنامه عملیاتی
<b>Pire</b>	بزرگراه
<b>Large Scale</b>	بزرگ مقیاس
<b>Stakeholders</b>	بهره‌مندان (ذینفعان)
<b>Productivity</b>	بهره‌وری
<b>Improvement</b>	بهبودی
<b>Bulky</b>	پر حجم
<b>Transfer Payment</b>	پرداخت انتقالی
<b>Flyover</b>	پل روگذر
<b>Surface Dressing</b>	پوشش سطحی
<b>Impact</b>	پیامد

<b>Externalities</b>	پیامدهای بیرونی
<b>Formation</b>	پیکربندی
<b>Link</b>	پیوند
<b>Regulatory Sign</b>	تابلوی تنظیم کننده
<b>Cost – Effectiveness Analysis</b>	تحلیل ثمربخشی هزینه
<b>Cost – Benefit Analysis</b>	تحلیل هزینه و فایده
<b>Traffic Assignment</b>	تخصیص ترافیک
<b>Over Lapping</b>	تداخل
<b>Average Annual Daily Traffic (AADT)</b>	ترافیک متوسط روزانه یک سال
<b>Average Annual Wokday Traffic (AAWT)</b>	ترافیک متوسط روزکاری یک سال
<b>Average Daily Traffic (ADT)</b>	ترافیک متوسط روزانه
<b>Average Wokday Traffic (AWT)</b>	ترافیک متوسط روزکاری
<b>Density</b>	تراکم
<b>Treatment</b>	ترمیم
<b>Rehabilitation</b>	تعمیر اساسی
<b>Scoping</b>	تعیین محدوده
<b>Deformation</b>	تغییر شکل
<b>Junction</b>	تقاطع
<b>Trip Distribution</b>	توزیع سفر
<b>Gross Output</b>	تولید ناخالص
<b>Blading</b>	تیغ انداختن
<b>Movement</b>	جابجایی
<b>Kerb</b>	جدول کنار راه
<b>Interrupted Flow</b>	جریان گسیخته
<b>Actual Resource Flow</b>	جریان منابع واقعی
<b>Uninterrupted Flow</b>	جریان ناگسیخته



Pot Hole	چاله
Topsoil	خاک رویه
Logistics	خدمات پشتیبانی
Fatigue	خستگی
Passing Lane	خط سبقت
Lane	خط عبور
Climbing Lane	خط کندرو
Data Processing	داده پردازش
Flood Plain	دشت سیلابی
Lead Time	دوره تکوین
Gestation Period	دوره شکل‌گیری
Slurry Seal	دوغاب قیری
Vision	دید
Land Slide	رانس زمین
Paved Road	راه روسازی شده
Unpaved Road	راه روسازی نشده
Course of Action	راه کار
Divided Roads	راه‌های جدا شده
Runoff	رواناب
Pavement	روسازی
Overlay	روکش
Recapping	روکش کامل تایلر
Guide Line	رهنمود
Drain	زهکش
Granular Subbase	زیراساس شنی یا سنگی
Sub – Sectors	زیربخش‌ها

Facility	زیربنا
Sheet Piling	سپر کوبی
Percentile Speed	سرعت صدک
Operating Speed	سرعت عملیاتی
Human Capital	سرمایه انسانی
Level of Service	سطح خدمت
Stone Pitching	سنگفرش کردن
Pavement Condition Index (PCI)	شاخص شرایط روسازی
Present Serviceability Index (PSI)	شاخص خدمت‌دهی کنونی
Drag	شن کشی
Rutting	شیاری شدن راه
Crossfall	شیب عرضی
Sustained Grades	شیب‌های طولانی
Spreadsheet	صفحه گسترده
Load Factor	ضریب بار
Conversion Factor	ضریب تبدیل
Overdesign	طراحی دست بالا
Underdesign	طراحی دست پایین
Users Charges	عوارض دریافتی از کاربران
Vertical Clearance	فاصله آزاد (ایمن) عمودی
Gap	فاصله آزاد بین دو وسیله نقلیه
Spacing	فاصله‌بندی
Haul Distance	فاصله حمل
Sight Distance	فاصله دید
Stopping Sight Distance	فاصله دید توقف
Overtaking Sight Distance	فاصله دید سبقت

<b>Erosion</b>	فرسایش
<b>Tread Wear</b>	فرسایش آج
<b>Checklist</b>	فهرست واریسی
<b>Road Segment</b>	قطعه راه
<b>Demand Price</b>	قیمت تقاضا
<b>Constant Price</b>	قیمت ثابت
<b>Current Price</b>	قیمت جاری
<b>World Price</b>	قیمت جهانی
<b>Supply Price</b>	قیمت عرضه
<b>Border Price</b>	قیمت مرزی
<b>Border Price Equivalent Value</b>	قیمت معادل مرز
<b>Viable</b>	کارآمد
<b>Economic Efficiency</b>	کارایی اقتصادی
<b>Users</b>	کاربران
<b>Market Failure</b>	کاستی بازار
<b>Nonmarket Failure</b>	کاستی غیرمرتبط به بازار
<b>Private Goods</b>	کالاهای خصوصی
<b>Capital Goods</b>	کالاهای سرمایه‌ای
<b>Public Goods</b>	کالاهای عمومی
<b>Intermediate Good</b>	کالای واسطه
<b>Subtractability</b>	کاهش پذیری
<b>Track</b>	کوره راه
<b>Traverse</b>	گذر کردن
<b>Camber</b>	گرده
<b>Base Case</b>	گزینه (وضع) پایه
<b>Alternatives</b>	گزینه‌ها

<b>Project Alternatives</b>	گزینه‌های طرح
<b>Incompatible Alternatives</b>	گزینه‌های ناسازگار
<b>Course</b>	لایه
<b>Binder Course</b>	لایه آستر
<b>Wearing Course</b>	لایه رویه
<b>Earth Slip</b>	لغزش خاک
<b>Patching</b>	لکه‌گیری
<b>Road Furniture</b>	لوازم راه
<b>Producer's Surplus</b>	مازاد تولیدکننده
<b>Consumer's Surplus</b>	مازاد مصرف کننده
<b>Trail</b>	مالرو
<b>Origin</b>	مبدأ
<b>Most Probable Value</b>	محتمل‌ترین ارزش
<b>Local</b>	محلی
<b>Speed Environment</b>	محیط ناظر بر سرعت
<b>Order of Magnitude</b>	مرتبه مقادیر
<b>External Cordon</b>	مرز حوزه ترافیکی بیرونی
<b>Cordon</b>	مرز محدوده مطالعه
<b>Milestone</b>	مسافت نما
<b>Multiple Route</b>	مسیرهای چندگانه
<b>Aggregate</b>	مصالح دانه‌ای
<b>Rolling Resistance</b>	مقاومت غلتشی
<b>Skid Resistance</b>	مقاومت لغزشی
<b>Destination</b>	مقصد
<b>Measure of Effectiveness</b>	مقیاس کارآمدی
<b>Incremental Inputs</b>	منابع افزاینده

Nonincremental Inputs	منابع غیرافزاینده
Nontraded Inputs	منابع غیر مبادلاتی
Traded Inputs	منابع مبادلاتی
Scarce Resources	منابع محدود
Carcass	منجید
Diversion Curves	منحنی‌های ترافیک تغییر مسیر داده
Excludability	منع پذیری
Balance of Trade	موازنه بازرگانی
Balance of Payments	موازنه پرداخت‌ها
Case Study	مورد پژوهی
Average Running Speed	میانگین سرعت رانندگی
Average Travel Speed	میانگین سرعت سفر
Roundabout	میدان
Willingness to Pay	میل به پرداخت
Roughness	ناهمواری
Ravelling	نخ نخ‌شدن
Rate of Return	نرخ بازده
Economic Rate of Return	نرخ بازده اقتصادی
Internal Rate of Return	نرخ بازده سرمایه‌گذاری
Equalizing Discount Rate	نرخ تنزیل برابرکننده
Service Flow Rate	نرخ جریان خدمت
Control	نظارت
Fund Control	نظارت مالی
Interzonal Transfers	نقل و انتقال‌های میان حوزه‌های ترافیکی
Labor Surplus	نیروی کار مازاد
Performing Unit	واحد اجرایی

<b>Screening</b>	وارسی کردن
<b>Calibrate</b>	واسنجی
<b>Target</b>	هدف کمی
<b>Objectives</b>	هدف‌های کلی
<b>Opportunity Cost</b>	هزینه امکانات از دست رفته
<b>Sunk Cost</b>	هزینه ریخته
<b>Operational Cost</b>	هزینه عملیاتی
<b>Transactions Cost</b>	هزینه داد و ستد
<b>All – or – Nothing</b>	همه یا هیچ



## واژه نامه

انگلیسی به فارسی

AASHTO	انجمن مسئولان راه و حمل و نقل ایالات امریکا
Actual Resource Flow	جریان منابع واقعی
Aggregate	مصالح دانه‌ای
All – or – Nothing	همه یا هیچ
Alternatives	گزینه‌ها
At – Grade Freeway	آزادراه همتراز
Average Running Speed	میانگین سرعت رانندگی
Average Travel Speed	میانگین سرعت سفر
Average Annual Daily Traffic (AADT)	ترافیک متوسط روزانه یک سال
Average Annual Wokday Traffic (AAWT)	ترافیک متوسط روزکاری یک سال
Average Daily Traffic (ADT)	ترافیک متوسط روزانه
Average Wokday Traffic (AWT)	ترافیک متوسط روزکاری
Axle Load	بار محوری
Balance of Payments	موازنه پرداخت‌ها
Balance of Trade	موازنه بازرگانی
Base Case	گزینه (وضع) پایه
Bearing	بارپذیری
Benchmark	انگپایه
Binder Course	لایه آستر
Blading	تیغ انداختن
Border Price	قیمت مرزی
Border Price Equivalent Value	قیمت معادل مرز
Bulky	پر حجم



Calibrate	واسنجی
Camber	گُردِه
Capital Goods	کالاهاى سرمایه‌ای
Carcass	منجید
Case Study	مورد پژوهی
Checklist	فهرست واریسی
Climbing Lane	خط کندرو
Constant Price	قیمت ثابت
Consumer's Surplus	مازاد مصرف کننده
Container	بار گُنج
Contingent Valuation	ارزش گذاری احتمالی
Control	نظارت
Conversion Factor	ضریب تبدیل
Cordon	مرز محدوده مطالعه
Cost – Benefit Analysis	تحلیل هزینه و فایده
Cost – Effectiveness Analysis	تحلیل ثمربخشی هزینه
Course	لایه
Course of Action	راه کار
Crossfall	شیب عرضی
Current Price	قیمت جاری
Data Processing	داده پردازى
Default	برگزیده (پیش فرض)
Deformation	تغییر شکل
Demand Price	قیمت تقاضا
Density	تراکم
Depressed Freeway	آزادراه فروتراز

<b>Destination</b>	مقصد
<b>Ditch</b>	آبروی کنار راه
<b>Diversion Curves</b>	منحنی‌های ترافیک تغییر مسیر داده
<b>Divided Roads</b>	راه‌های جدا شده
<b>Double Surface Treatment</b>	آسفالت سطحی دولایه‌ای
<b>Drain</b>	زهکش
<b>Drag</b>	شن کشی
<b>Earth Slip</b>	لغزش خاک
<b>Economic Base Survey</b>	بررسی اقتصادی پایه
<b>Economic Efficiency</b>	کارایی اقتصادی
<b>Economic Rate of Return</b>	نرخ بازده اقتصادی
<b>Edge</b>	بر آسفالت راه
<b>Elevated Freeway</b>	آزادراه فراتراز
<b>Equalizing Discount Rate</b>	نرخ تنزیل برابرکننده
<b>Erosion</b>	فرسایش
<b>Excludability</b>	منع پذیری
<b>Expected Value</b>	ارزش منتظره
<b>External Cordon</b>	مرز حوزه ترافیکی بیرونی
<b>Externalities</b>	پیامدهای بیرونی
<b>Facility</b>	زیربنا
<b>Fatigue</b>	خستگی
<b>Flood Plain</b>	دشت سیلابی
<b>Flyover</b>	پل روگذر
<b>Fog Seal</b>	اندود قیری بدون سنگدانه
<b>Formation</b>	پیکربندی
<b>Fund Control</b>	نظارت مالی

<b>Gap</b>	فاصله آزاد بین دو وسیله نقلیه
<b>Gestation Period</b>	دوره شکل‌گیری
<b>Granular Subbase</b>	زیراساس شنی یا سنگی
<b>Gross Output</b>	تولید ناخالص
<b>Guide Line</b>	رهنمود
<b>Haul Distance</b>	فاصله حمل
<b>Human Capital</b>	سرمایه انسانی
<b>Impact</b>	پیامد
<b>Improvement</b>	بهبودی
<b>Incompatible Alternatives</b>	گزینه‌های ناسازگار
<b>Incremental Inputs</b>	منابع افزاینده
<b>Intermediate Good</b>	کالای واسطه
<b>Internal Rate of Return</b>	نرخ بازده سرمایه‌گذاری
<b>Interrupted Flow</b>	جریان گسیخته
<b>Interzonal Transfers</b>	نقل و انتقال‌های میان حوزه‌های ترافیکی
<b>Junction</b>	تقاطع
<b>Kerb</b>	جدول کنار راه
<b>Labor Surplus</b>	نیروی کار مازاد
<b>Lane</b>	خط عبور
<b>Land Slide</b>	رانس زمین
<b>Large Scale</b>	بزرگ مقیاس
<b>Lead Time</b>	دوره تکوین
<b>Level of Service</b>	سطح خدمت
<b>Link</b>	پیوند
<b>Load Factor</b>	ضریب بار
<b>Local</b>	محلی

Logistics	خدمات پشتیبانی
Market Failure	کاستی بازار
Measure of Effectiveness	مقیاس کارآمدی
Milestone	مسافت نما
Most Probable Value	محتمل ترین ارزش
Movement	جابہ جایی
Multiple Route	مسیرهای چندگانه
Nonincremental Inputs	منابع غیرافزاینده
Nonmarket Failure	کاستی غیرمرتبط به بازار
Nontraded Inputs	منابع غیرمبادلاتی
Objectives	هدف‌های کلی
Operational Cost	هزینه عملیاتی
Operating Speed	سرعت عملیاتی
Opportunity Cost	هزینه امکانات از دست رفته
Order of Magnitude	مرتبہ مقادیر
Origin	مبدأ
Outcome	برآیند
Overdesign	طراحی دست بالا
Over Lapping	تداخل
Overlay	روکش
Overtaking Sight Distance	فاصله دید سبقت
Pallet	بار کف
Passing Lane	خط سبقت
Patching	لکه گیری
Percentile Speed	سرعت صدک
Performing Unit	واحد اجرایی

Perspective Plan	برنامه دورنگر
Paved Road	راه روسازی شده
Pavement	روسازی
Pavement Condition Index (PCI)	شاخص شرایط روسازی
Pire	بزرگراه
Plan	برنامه
Planning	برنامه‌ریزی
Porous Asphalt	آسفالت متخلخل
Pot Hole	چاله
Present Serviceability Index (PSI)	شاخص خدمت‌دهی کنونی
Present Value	ارزش کنونی
Prime Coat	اندود نفوذی
Private Goods	کالاهای خصوصی
Producer's Surplus	مازاد تولیدکننده
Productivity	بهره‌وری
Program	برنامه عملیاتی
Programming	برنامه‌ریزی عملیاتی
Project Alternatives	گزینه‌های طرح
Public Goods	کالاهای عمومی
Rate of Return	نرخ بازده
Ravelling	نخ نخ شدن
Recapping	روکش کامل تایلر
Reconstruction	بازسازی
Regulatory Sign	تابلوی تنظیم کننده
Rehabilitation	تعمیر اساسی
Road Furniture	لوازم راه

<b>Road Section</b>	بخش راه
<b>Road Segment</b>	قطعه راه
<b>Rolling Resistance</b>	مقاومت غلتشی
<b>Roughness</b>	ناهمواری
<b>Roundabout</b>	میدان
<b>Runoff</b>	رواناب
<b>Rutting</b>	شیاری شدن راه
<b>Scarce Resources</b>	منابع محدود
<b>Scoping</b>	تعیین محدوده
<b>Screening</b>	وارسی کردن
<b>Seal Coat</b>	اندود آب بند
<b>Sectoral Planning</b>	برنامه ریزی بخشی
<b>Service Flow Rate</b>	نرخ جریان خدمت
<b>Sheet Piling</b>	سپر کوبی
<b>Sight Distance</b>	فاصله دید
<b>Single Surface Treatment</b>	آسفالت سطحی یک لایه ای
<b>Skid Resistance</b>	مقاومت لغزشی
<b>Slurry Seal</b>	دوغاب قیری
<b>Spacing</b>	فاصله بندی
<b>Speed Environment</b>	محیط ناظر بر سرعت
<b>Spreadsheet</b>	صفحه گسترده
<b>Stakeholders</b>	بهره مندان (ذینفعان)
<b>Stone Pitching</b>	سنگفرش کردن
<b>Stopping Sight Distance</b>	فاصله دید توقف
<b>Sub – Sectors</b>	زیربخش ها
<b>Subtractability</b>	کاهش پذیری

<b>Sunk Cost</b>	هزینه ریخته
<b>Supply Price</b>	قیمت عرضه
<b>Surface Dressing</b>	پوشش سطحی
<b>Surface Treatment</b>	آسفالت سطحی
<b>Sustained Grades</b>	شیب‌های طولانی
<b>Switching Value</b>	ارزش تغییر دهنده
<b>Tack Coat</b>	اندود سطحی
<b>Target</b>	هدف کمی
<b>Template</b>	الگو
<b>Topsoil</b>	خاک رویه
<b>Track</b>	کوره راه
<b>Traded Input</b>	منابع مبادلاتی
<b>Traffic Assignment</b>	تخصیص ترافیک
<b>Trail</b>	مالرو
<b>Transactions Cost</b>	هزینه داد و ستد
<b>Transfer Payment</b>	پرداخت انتقالی
<b>Travel Resistance</b>	بازدارندگی سفر
<b>Traverse</b>	گذر کردن
<b>Tread</b>	آج تایر
<b>Tread Wear</b>	فرسایش آج
<b>Treatment</b>	ترمیم
<b>Trip Distribution</b>	توزیع سفر
<b>Underdesign</b>	طراحی دست پایین
<b>Uninterrupted Flow</b>	جریان ناگسیخته
<b>Unpaved Road</b>	راه روسازی نشده
<b>Users</b>	کاربران

<b>Users Charges</b>	عوارض دریافتی از کاربران
<b>Vertical Clearance</b>	فاصله آزاد (ایمن) عمودی
<b>Viable</b>	کارآمد
<b>Vision</b>	دید
<b>Wearing Course</b>	لایه رویه
<b>Wetland</b>	باتلاق
<b>Willingness to Pay</b>	میل به پرداخت
<b>With and Without Project</b>	با اجرا و بدون اجرای طرح
<b>World Price</b>	قیمت جهانی







## کتاب‌شناسی

- آدلر، هانس آ. ۱۳۵۶. *ارزشیابی اقتصادی طرح‌های حمل و نقل*. ترجمه فریبرز پاکزاد، مؤسسه برنامه‌ریزی ایران، تهران.
- آندرود، رابین تی. ۱۳۸۳. *طرح‌های مهندسی راه*. ترجمه دکتر جلیل شاهی و مهندس مجید اقبالی زارچ، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- بهبهانی، دکتر حمید. ۱۳۸۳. *راه‌سازی: طرح‌های مهندسی راه*. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- پاکزاد، فریبرز. ۱۳۷۲. *ارزشیابی اقتصادی طرح‌های سرمایه‌گذاری*. انتشارات هیرمند، تهران.
- پاکزاد، فریبرز. ۱۳۶۵. *مبانی سنجش و گزینش طرح‌های سرمایه‌گذاری*. سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی و اجتماعی و انتشارات، تهران.
- پورترفیلد، تی. اس. ۱۳۵۶. *تصمیمات سرمایه‌گذاری و هزینه سرمایه*. ترجمه فریبرز پاکزاد، مؤسسه برنامه‌ریزی ایران، تهران.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۱. *آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران*. نشریه شماره ۲۳۴. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها و مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه و ترابری، تهران.
- سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۷۵. *آیین‌نامه طرح‌های مهندسی راه‌ها*. نشریه شماره ۱۶۱. معاونت امور فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی و مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری، تهران.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۱. *راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح، جلد اول: مروری بر روش‌های تدوین گزارش توجیه طرح (تجربه جهانی)*. نشریه شماره ۳۱۲۱. معاونت امور فنی، دفتر نظارت و ارزیابی طرح‌ها، تهران.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۱. *راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح، جلد دوم: توجیه فنی، مالی، اقتصادی و اجتماعی*. نشریه شماره ۳۱۲۲. معاونت امور فنی، دفتر نظارت و ارزیابی طرح‌ها، تهران.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۱. *راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح، جلد سوم: مبانی تحلیل اقتصادی طرح‌های عمرانی*. معاونت امور فنی، دفتر نظارت و ارزیابی طرح‌ها، تهران.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۲. *مشخصات فنی عمومی راه*. نشریه شماره ۱۰۱. معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، تهران.

- شاهی، جلیل. ۱۳۸۳. *مهندسی ترافیک*. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- طباطبایی، امیرمحمد. ۱۳۸۳. *روسازی راه*. مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

Adler, Hans A. 1987. *Economic Appraisal of Transport Projects*. Published for the World Bank, Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.

Adler, Hans A. 1967. *Sector and Project Planning in Transportation*. World Bank, Washington DC, USA.

Allal, M. et al. 1977. *Manual on the Planning of Labour-Intensive Road Construction*. International Labour Office, Geneva, Switzerland.

Archondo-Callao, Rodrigo, Asif Faiz. 1994. *Estimating Vehicle Operating Costs*. World Bank Technical Paper No. 234, World Bank, Washington DC, USA.

Asian Development Bank. 2002. *Handbook for Integrating Risk Analysis in the Economic Analysis of Projects*. Asian Development Bank, Manila, Philippines.

Australian Transport Council. 2004. *National Guidelines for Transport System Management in Australia. Volume 1: Framework Overview*. Australian Transport Council, Canberra, Australia.

Australian Transport Council. 2004. *National Guidelines for Transport System Management in Australia. Volume 2: Project Appraisal*. Australian Transport Council, Canberra, Australia.

Australian Transport Council. 2004. *National Guidelines for Transport System Management in Australia. Volume 3: Foundation Material*. Australian Transport Council, Canberra, Australia.

Austrroads. 2001. *Austrroads Project Evaluation Compendium*. Austrroads, Sydney, Australia.

Austrroads. 2005. *Economic Evaluation of Road Investment Proposals: Harmonization of Non-Urban Road User Cost Models*. Austrroads, Sydney, Australia.

Austrroads. 2003. *Valuing Environmental and Other Externalities*. Austrroads, Sydney, Australia.

Belli, Pedro. et al. 2001. *Economic Analysis of Investment Operations: Analytical Tools and Practical Applications*. WBI, World Bank, Washington DC, USA.

Brockenbrough, Roger L. (Editor). 2003. *Highway Engineering Handbook: Building and Rehabilitating the Infrastructure*. McGraw-Hill, New York, USA.

Chesher, A.D., Harrison, R. 1987. *Vehicle Operating Costs: Evidence from Developing Countries*. World Bank Publications, John Hopkins Press, Baltimore, USA.

Common Wealth of Australia. 2006. *Handbook of Cost-Benefit Analysis*. Canberra, Australia.

Common Wealth of Australia. 2006. *Introduction to Cost-Benefit Analysis and Alternative Methodologies*. Canberra, Australia.

de Weille, Jan. 1966. *Quantification of Road User Savings*. World Bank Staff Occasional Paper No. 2, World Bank, Washington DC, USA.

Department For International Development (DFID). 2003. *Guidelines for Estimating of Road Crashes in Developing Countries*. TRL Limited, Crowthorne, UK.

Department For International Development (DFID). 2005. *Overseas Road Note 5: A Guide to Road Project Appraisal*. TRL Limited, Crowthorne, UK.

Department For International Development (DFID). 2003. *Road Maintenance Management for District Engineers*. TRL Limited, Crowthorne, UK.

Federal Highway Administration (FHWA). 2003. *Economic Analysis Primer*. Office of Asset Management, Washington DC, USA.

Federal Highway Administration (FHWA). 1998. *Procedural Guidelines for Highway Feasibility Studies*. FHWA, Washington DC, USA.

GEIPOT. 1982. *Research on the Interrelationships Between Costs of Highway Construction, Maintenance and Utilisation (TICR)*. Final Report. Brasilia, Brazil.

Georgi, H. 1973. *Cost-Benefit Analysis and Public Investment in Transport: A Survey*. Butter Worths, London, UK.

Gwilliam, K.M. 1997. *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport Projects. Infrastructure Note OT-5*. World Bank, Washington DC, USA.

Harberger, A.C. 1995. *Economic Project Evaluation: Some Lessons for the 1990s*. University of California, Los Angeles, USA.

Hide, H., et al. 1972. *The Kenya Road Transport Cost Study; Research on Vehicle Operating Costs*. TRRL Report LR672, Crowthorne. UK.

HM Treasury. 1997. *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*. HM Treasury, London, UK.

Humberger, Wolfgang S., et al. 1996. *Fundamentals of Traffic Engineering*. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, USA.

IRC. 1993. *Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India*. IRC Special Publications 20, Indian Road Congress, New Delhi, India.

IT Transport. 2001. *Appraisal of Investments in Improved Rural Access*. DFID Economist Guide, IT Transport, Ardington, UK.

Jacobes, G., et al. 2000. *Estimating Global Road Fatalities. TRL Report 445*. TRL Limited, Crowthorne, UK.

Kadigali, L.R., 2002. *Traffic Engineering and Transport Planning*. Khanna Publishers, Delhi, India.

Khisty, C. Jotin, B. Kent Lall. 2003. *Transportation Engineering: An Introduction*. Prentice-Hall of India, New Delhi, India.

Kutz, Myer, Editor. 2004. *Handbook of Transportation Engineering*. McGraw-Hill, New York, USA.

Land Transport NZ. 2005. *Project Evaluation, Volume 1 and Volume 2*. Land Transport New Zealand.

Larsen, H.J., et al. 2002. *Economic Evaluation of Pavement Maintenance*. Danish Road Institute, Denmark.

Litman, Todd. 2002. *Transportation Cost Analysis: Techniques, Estimates and Implications*. Victoria, Transport Policy Institute, Victoria, Canada.

McShane, William R., Roger P. Roess, Ellena S. Prassas. 1998. *Traffic Engineering*. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Meyer, John R., Mahlon R. Straszheim. 1971. *Techniques of Transport Planning: Pricing and Project Evaluation*. The Brookings Institution, Washington DC, USA.

Ministry of Transportation and Highways. 1992. *The Economic Appraisal of Highway Investments: A Guidebook*. British Columbia, Canada.

Morosiuk, G. and S.W. Abaynayka. 1982. *Vehicle Operating Cost in the Carribbean: An Experimental Study of Vehicle Performance*. TRRL Report 1056, Crowthorne, UK.

National Cooperative Highway Research Program. 2001. *Guidebook for Assessing the Social and Economic Effects of Transportation Projects*. Transportation Research Board, National Academy Press, Washington DC, USA.

Paterson, W.D.O. 1987. *The Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-III), Volume III, Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management*. Transportation Department, World Bank, Washington DC, USA.

Reutlinger, Shlomo. 1970. *Techniques for Project Appraisal Under Uncertainty*. World Bank, Washington DC, USA.

Robinson, Richard. 1987. *A View of Road Maintenance Economics and Policy in the Third World*. TRRL, Crowthorne, UK.

Robinson, R., D. Brooks, K. O'Sullivan. 1984. *Road Maintenance Projects: Reassessing Objectives*. Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

Squire, L., H.G. Van Dertak. 1975. *Economic Analysis of Projects*. World Bank, Washington DC, USA.

Transport Canada. 1994. *Guide To Benefit-Cost Analysis in Transport Canada*. TP11875E, Economic Evaluation Branch, Transport Canada.

Transportation Research Board (TRB). 2000. *Highway Capacity Manual*. National Research Council, TRB, Washington DC, USA.

Transport Research Laboratory (TRL). 2004. *A Guide to Axle Load Surveys and Traffic Counts for Determining Traffic Loading on Pavements*. Overseas Road Note 40, TRL Limited, Crowthorne, UK.

Transport Research Laboratory (TRL). 1995. *Costing Road Accidents in Developing Countries*. Overseas Road Note ORN10, Transport Research Laboratory, Crowthorne, UK.

United Nations. 1967. *Introduction to Transport Planning*. Economic Commission for Asia and the Far East, Bangkok, Thailand.

United Nations. 1975. *Guide to Highway Feasibility Studies*. Economic Commission for Asia and the Far East, Bangkok, Thailand.

Watanatada, T., et al. 1987<sub>a</sub>. *The Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-III): Vol. 1, Description of the HDM-III Model*. World Bank, Washington DC, USA.

Watanatada, T., et al. 1987. *The Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-III): Vol. 2, Vehicle Operating Costs, Evidence from Developing Countries*. World Bank, Washington DC, USA.

Watanatada, T., et al. 1987<sub>b</sub>. *Vehicle Speeds and Operating Costs: Models for Road Planning and Management*. World Bank, Washington DC, USA.

Weiss, Willard D. 1974. *Manual on Highway Project Appraisal in Developing Countries*. EDI, World Bank, Washington DC, USA.

Winfrey, Robert. 1969. *Economic Analysis for Highways*. International Textbook Company, Scranton, Pennsylvania, USA.

World Bank. 2004. ***Transport Note No. TRN-2: Economically Justified Levels of Road Works Expenditures on Unpaved Roads.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-5: A Framework for the Economic Evaluation of Transport Projects.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-6: When and How to Use NPV, IRR and Modified IRR.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-7: Risk and Uncertainly Analysis.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-8: Fiscal Impacts.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No TRN-11: Treatment of Induced Traffic.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-12: Demand Forecasting Errors.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-13: Treatment of Maintenance.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-15: Valuation of Time Savings.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-16: Valuation of Accident Reduction.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-18: Projects with a Very Long Life.*** World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2005. ***Transport Note No. TRN-21: Low Volume Rural Roads.*** World Bank, Washington DC, USA.