

ارایه مدل ارزیابی فنی - اقتصادی احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها

محمود صفارزاده، دانشیار، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
علی خاکساری، استادیار، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
امیر فخر، کارشناس ارشد، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

E-mail: saffar_m@modares.ac.ir

چکیده

انتخاب بهینه مسیرهای مختلف راهی به ویژه آزادراهها و بزرگراهها که به عنوان شریانهای اصلی از دیدگاه کارشناسان نگرینته می شوند و علاوه بر این هزینه های هنگفت ناشی از ساخت پروژه های راهسازی، این سؤال پر اهمیت را که کدام یک از گزینه های آزادراه و یا بزرگراه سازی اقتصادی ترند، مطرح می کنند. در این مقاله به صورت نظری الگویی از اجزای هزینه های ناشی از احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها شامل هزینه های سازه ای، ترافیکی، کاربری، هزینه های مربوط به زمان سفر، تصادفات، عوارض و مصرف سوخت ارائه خواهد شد. منافع حاصل از احداث و بهره برداری از این دو گزینه (آزادراه و بزرگراه) به صورت جداگانه در مقایسه با جاده دو خطه سنجیده می شوند و سپس نتایج به دست آمده از تحلیل منفعت به هزینه (CBA)، بهترین گزینه را از نظر اقتصادی تعیین می کند. برای نیل به این هدف، الگوی فوق به کمک نرم افزار اکسل (Excel)، تهیه گردیده است که خروجی های آن در قالب یک مثال موردی به طور خلاصه ارایه خواهند شد. بررسی تأخیر در زمان ساخت پروژه ها، تغییرات سالیانه رشد ترافیک، تفاوت در هزینه های ساخت و مدت اجرای پروژه و نقش آن در اقتصادی بودن طرح از جمله ویژگی های این الگوست.

واژه های کلیدی: تحلیل سود به هزینه، آزادراه، بزرگراه، توابع هزینه، ارزیابی فنی - اقتصادی

۱. مقدمه

می تواند اقتصادی بودن باشد. رشد ترافیک همیشه عامل مهمی در ارتقاء کیفیت راهها بوده است. بهبود کیفیت راهها به ویژه راههای اصلی دو خطه به دو صورت امکان پذیر است. در حالت اول توسعه راه اصلی موجود به صورت دو سواره رو (جدا کردن خطوط رفت و برگشت) در محورهای شریانی خاص و حالت دوم حفظ راه موجود با شرایط فعلی آن و احداث یک آزادراه جدید حداقل چهار خطه است. این مقاله بر آن است تا الگویی برای انتخاب بهینه یکی از حالتهای ذکر شده فوق مبنی بر مشخصات فنی و اقتصادی ارایه کند.

شبکه های حمل و نقل، به ویژه حمل و نقل جاده ای، مراکز مختلف و عامل مهم توسعه، تجارت و ارتباط بین کشورهای منطقه و جهان را به یکدیگر پیوند می دهند. یک شبکه حمل و نقل جاده ای کارآمد می باید از مزایایی چون ارزانی، روانی، سرعت، امکان رسیدن بموقع و همخوانی با توسعه پایدار برخوردار باشد. گزینه نهایی با توجه به شرایط زمین، توپوگرافی، محدودیت های ترافیکی و زیست محیطی انتخاب می شود. در صورتی که بتوان ارزش پولی هزینه های مربوط به یک گزینه را تعیین کرد، معیار اصلی در انتخاب آن گزینه

۲. ادبیات موضوع

در بردارد. مقایسه منافع و هزینه ها برای گزینه های مختلف این مطالعه موردی در جدول ۲ انجام شده است.

جدول ۲. مقایسه نتایج ارزیابی اقتصادی گزینه های

مختلف (میلیون دلار) [4]

حالت (الف)	حالت (ب)	حالت (پ)	حالت (ت)	
۸۴۶	۷۳۲	۷۳۷	۴۸۱	ارزش فعلی خالص کل
۵۵۰	۴۴۷	۳۳۴	۲۲۵	ارزش فعلی خالص هزینه‌ها
۱/۵	۱/۶	۲/۲	۲/۱	نسبت سود به هزینه
۲۹۶	۲۸۵	۴۰۳	۲۵۶	سود خالص

محدودیت منابع در دسترس ایجاب می کند که انسان برای بهره برداری از آنها روش مناسبی انتخاب کرده و از امکانات موجود با برنامه ریزی صحیح استفاده بهینه بنماید. یکی از مهم ترین فرایندهای برنامه ریزی، ارزیابی چند گزینه مختلف برای دستیابی به یک هدف واحد است که به دنبال آن بهترین گزینه انتخاب شده و سایر گزینه ها کنار گذاشته می شوند. هر چه ارزش ریالی اجرای طرح ها افزایش یابد، اهمیت ارزیابی اقتصادی آنها نیز بیشتر می شود. برحسب تحقیقات وینفری [1]، سازمان همکاریهای اقتصادی و توسعه در پاریس OECD [2] و رایت [3]، هزینه های اصلی حمل و نقل در طبقه بندی های مختلف تقسیم می شوند که به طور خلاصه در جدول ۱ توضیح داده می شوند.

جدول ۱. رده بندی هزینه راهها [3]

مثال	طبقه بندی	
هزینه مشاوره و نظارت اداری	هزینه برنامه ریزی، طراحی و اداری	
عملیات خاکی، روسازی و حریم راه	هزینه سازه ای	
روسازی، جارو کشی و روشنایی	هزینه تعمیرات و عملکرد	
سوخت، لاستیک، استهلاک وسیله	هزینه عملکرد وسایل	هزینه کاربری
وسيله ساعت سفر کرده در واحد زمان	هزینه زمان سفر	
نرخ تصادفات بر واحد هزینه	هزینه تصادفات	
صدا، آلودگی هوا، خسارت لغزندگی جاده	هزینه محیطی، اجتماعی	

همان طور که در جدول ۲ دیده می شود، حالت (پ) با نسبت سود به هزینه بیشتر در اولویت تصمیم گیری قرار می گیرد. یک کار تحقیقاتی در کشور هند برای محاسبه زمان سفر در راهها انجام شده است. ارزش زمان معمولاً "پر هزینه ترین عامل در تعیین ارزیابی اقتصادی یک پروژه به شمار می آید. در این کار تحقیقاتی، ارزش زمان برای مسافران و خدومه در دو بخش اقتصادی برای شاغلین و افراد بیکار مورد بررسی قرار گرفته است. ارزش زمان سفر برای یک سواری ۱/۵ و برای یک اتوبوس ۵۳۸/۹ روپیه در ساعت در نظر گرفته شده است. همچنین برای کامیونت و کامیون این مبالغ ۶۷/۵ و ۷۰ روپیه در ساعت محاسبه شده اند [5].

روشهای بسیاری در ارزیابی اقتصادی پروژه های راهسازی در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرند، که مهم ترین آنها عبارتند از:

- ۱- روش سود به هزینه^۱
- ۲- روش هزینه واقعی^۲
- ۳- روش ارزیابی چند ضابطه ای^۳
- ۴- روش خطر پذیری-سود^۴
- ۵- روش ارزیابی اثرات محیطی^۵

ارزیابی اقتصادی گزینه های مختلف احداث راه همواره برای پروژه های مختلف در کشورهای گوناگون اهمیت داشته است. در مطالعه موردی Wisconsin هدف انتخاب چهار گزینه آزادراه، آزادراه- بزرگراه نوع ۱ و ۲ و راه چهار خطه مورد ارزیابی قرار گرفت. افزایش سود اقتصادی در این مطالعه شامل کاهش زمان سفر و هزینه های حمل و نقل و کاهش تصادفات بوده است [4].

در این مطالعه موردی ارزش زمان ۷ دلار در یک ساعت برای وسیله نقلیه شخصی و کاهش تصادفات مبتنی بر مطالعات انجام شده در اداره راه های امریکا برآورد شده اند. نتایج منافع مربوط به خودروها نشان می دهند که آزادراه بیشترین منافع را به علت کاهش زمان سفر و کاهش تصادفات در مقایسه با گزینه های دیگر

¹ Cost – Benefit Analysis (CBA)
² Cost Effectiveness Analysis (CEA)
³ Multi – Criteria Analysis (MCA)
⁴ Risk – Benefit Analysis (RBA)
⁵ Environmental Impact Assessment (EIA)

الگوی اقتصادی به کمک نرم افزار اکسل به صورت یک الگوی رایانه ای در آمده است.
پس از وارد شدن اطلاعات ورودی، پردازش اطلاعات در الگوریتم های مختلف دنبال می شود.
بخش های پردازش شامل الگوی ترافیکی، الگوی زمان سفر، الگوی تصادفات، الگوی مصرف سوخت و الگوی عوارض دریافتی هستند.

۳-۱-۱ الگوی ترافیکی

اولین گام در جهت اندازه گیری منافع یک طرح حمل و نقل، برآورد استفاده آتی از آنست، یعنی برآورد ترافیک در طول عمر مفید آن. برای برآورد حجم ترافیک در طول عمر مفید یک پروژه راهی، ابتدا می باید اطلاعات ترافیک اولیه مربوط به کریدور مورد مطالعه وجود داشته باشند.

به منظور برآورد حجم تردد سالهای آتی راه مورد بررسی که در واقع تعیین کننده لزوم تغییر شرایط موجود راه، عرض و تعداد خطوط عبوری مورد نیاز آن است باید تخمین مناسبی از حجم تردد موجود و متوسط درصد رشد سالیانه ترافیک جاده یاد شده صورت پذیرد.

پس از وارد کردن اطلاعات ترافیکی شامل AADT یا متوسط ترافیک روزانه در جاده دو خطه در سال مبنای ارزیابی و همچنین رشد ترافیک راه در سالهای آتی، محاسبات ترافیکی در بخش محاسباتی انجام خواهند شد.

تعداد وسایل نقلیه سال به سال افزایش می یابد و با پیش بینی نرخ رشد سالیانه ترافیک و داشتن مدت زمان عمر راه می توان از فرمول ۱، AADT افزایش یافته در سال طرح را محاسبه کرد:

$$AADT_{(t)} = AADT_{(1)} \times (1 + r)^t \quad (1)$$

که در آن:

$AADT_{(1)}$ = متوسط ترافیک روزانه در سال اول،

$AADT_{(t)}$ = متوسط ترافیک روزانه در سال t ام،

r = نرخ رشد سالیانه ترافیک، و

t = طول عمر طرح را نمایش می دهند.

برای ارزیابی فنی و اقتصادی احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها توجه به شاخص فنی - اقتصادی از اهم موارد بوده و لذا برای بررسی این شاخص که در تصمیم گیری نهایی مهم ترین عامل است، انتخاب روشی مناسب برای ارزیابی مورد نیاز است.
در این مقاله با استفاده از روش سود به هزینه، الگویی برای ارزیابی فنی - اقتصادی احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها ارایه شده است.

۳. ساختار الگو

اهدافی که از ساخت پروژه های راهسازی انتظار می روند و ملاک انتخاب بین گزینه های مختلف هستند، به سه بخش زیر تقسیم می شوند.

الف- کمینه بودن هزینه های سازه ای

ب- افزایش مشخصات عملکردی و بهره برداری

ج- افزایش نتایج حاصل از سرمایه گذاری اقتصادی

لذا می توان نمودار (الگوریتم) نشان داده شده در شکل ۱ را به عنوان اهداف مورد نظر تشکیل داد.

هدف از ارایه این نمودار شناخت هزینه های مربوط به احداث و بهره برداری از دو گزینه آزاد راه و بزرگراه سازی و عواید ناشی از ساخت هر کدام است که به صورت کاهش در هزینه ها ظاهر می شوند.

در نهایت انتخاب یکی از دو گزینه به عنوان کریدور برگزیده با توجه به روش BCA امکان پذیر خواهد بود.
بنابراین می توان به طور کلی ساختار اصلی این نمودار را به صورت نمایش داده شده در شکل ۲ ارایه کرد.

۳-۱ الگوی اقتصادی

هزینه های کلی مربوط به یک گزینه آزادراهی یا بزرگراهی در مقایسه با یک راه دو خطه موجود، با جمع همه اجزاء هزینه های پیشین به دست می آیند.

عدد نهایی که به روش سود به هزینه (BCA) نشان داده خواهد شد، اقتصادی ترین گزینه را معین می کند. همه محاسبات لازم به کمک نرم افزار اکسل (Excel) انجام شده اند که در ادامه، بخشهای مختلف آن شرح داده خواهند شد.



شکل ۱. اهداف الگوی ارزیابی فنی - اقتصادی احداث و بهره برداری آزادراه و بزرگراه

$Q_{1p} = \text{تراфик ساعت اوج در يك جهت بر حسب } (Veh/h)$
 $K = \text{درصد AADT كه در ساعت اوج روى مى دهد،}$
 $D = \text{توزيع جهتي ترافيك در ساعت اوج در يك جهت، و}$
 $AADT = \text{متوسط ترافيك روزانه.}$
 بر طبق مندرجات ذكر شده، حجم ساعت اوج در جهت مخالف از رابطه (۵) به دست مى آيد.

$$Q_{2p} = AADT \cdot K \cdot (1-D) \quad (5)$$

برای دوره غیر اوج، فرض می کنیم که حجم ترافیک در دو جهت یکسان است، و $D = 0.5$ ، پس حجم ترافیک یک جهت از رابطه (۶) به دست می آید.

$$Q_o = \frac{0.5 AADT \cdot (1 - H_p \cdot K)}{18 - H_p} \quad (6)$$

الف) تشکیل الگوی ترافیکی: آشتو توصیه می کند که ترافیک به طور جداگانه در دو دوره ساعت اوج^۱ و ساعت غیر اوج^۲ در نظر گرفته شود و ۱۸ ساعت از شبانه روز در محاسبات اقتصادی وارد شوند. [6]. اگر H_p تعداد ساعت اوج در روز باشد، بر طبق فرضیات آشتو در ۳۰۹ روز در سال دوره اوج اتفاق می افتد، تعداد کل ساعت اوج (H_{TP}) و تعداد ساعت غیر اوج (H_{TO}) در سال به ترتیب از روابط (۲) و (۳) به دست می آیند.

$$H_{TP} = 309 H_p \quad (2)$$

$$H_{TO} = 6570 - 309 H_p \quad (3)$$

برای تعیین حجم ساعت اوج، خواهیم داشت:

$$Q_{1p} = AADT \cdot K \cdot D \quad (4)$$

که در آن:

¹ Peak Hour

² Off-Peak Hour

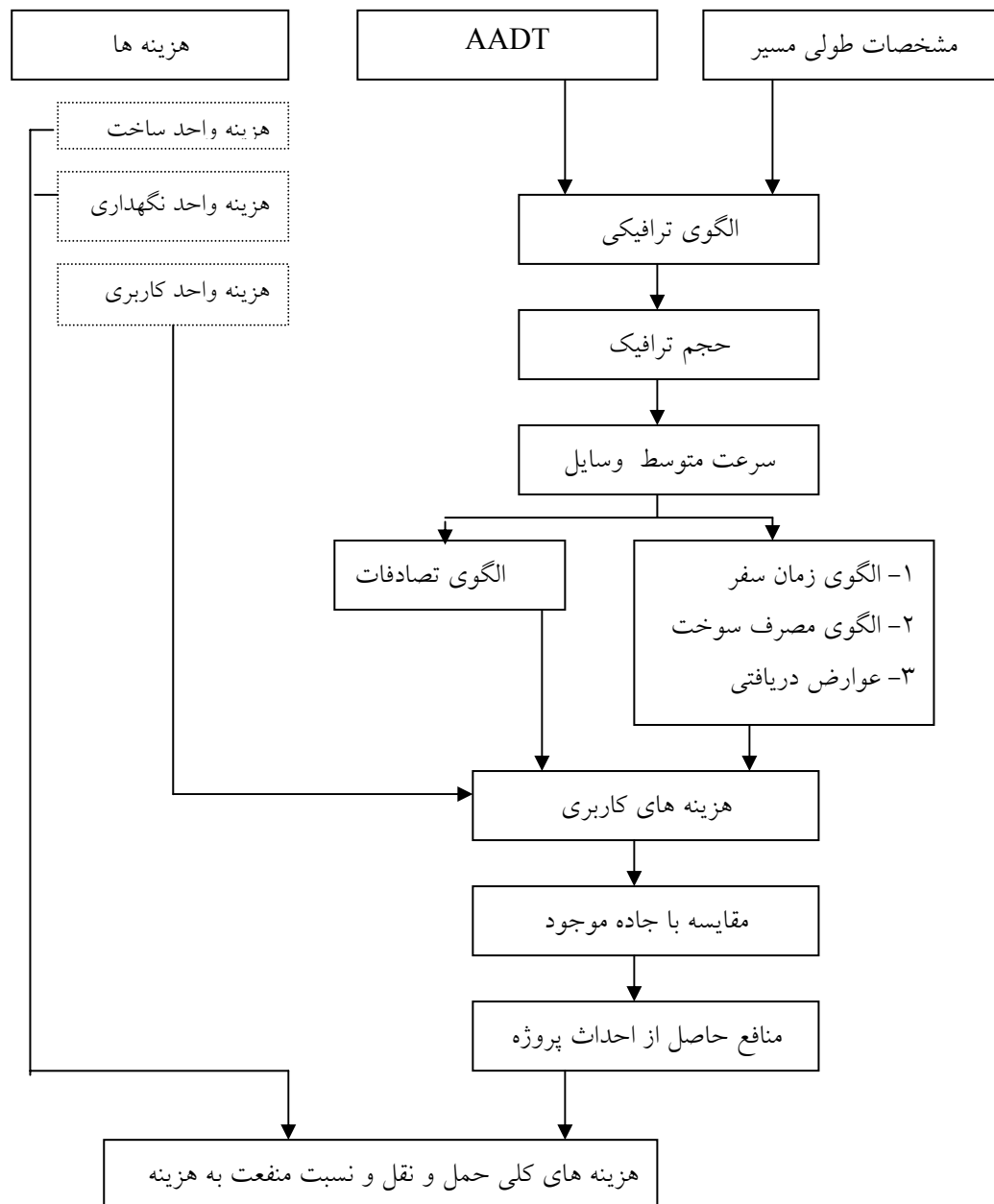
محاسبات در نظر گرفته می شود. حجم ساعت اوج در صبح و عصر با فرض مشابهت به دست می آید. پس از محاسبه متوسط ترافیک روزانه در سالهای متوالی عمر طرح و همچنین تبدیل متوسط ترافیک روزانه به ترافیک ساعتی در دو دوره اوج و غیر اوج محاسبات مربوط به پارامتر نرخ جریان را انجام می دهیم.

که در این روابط:

$$Q_{2p} = \text{حجم ترافیک ساعت اوج در جهت مخالف } (veh/h), \text{ و}$$

$$Q_0 = \text{حجم ترافیک ساعت غیر اوج } (veh/h).$$

اگر توزیع جهت برای دوره اوج در دسترس باشد، می توانیم حجم هر دو جهت را به دست آوریم. به علت نزدیک بودن حجم های دو جهت در ساعت غیراوج و با فرض تساوی



شکل ۲. ساختار نمودار ارزیابی فنی - اقتصادی

ارایه مدل ارزیابی فنی - اقتصادی احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها

برای مثال، در تعیین هزینه های زمان سفر، سرعت متوسط و طول مسیر مورد نیاز است که در کل تابعی از ویژگی های هندسی مسیرند. سرعت متوسط تابعی از جریان ساعتی ترافیک، توزیع جهتی، درصد وسایل نقلیه سنگین و شیب متوسط جاده است. بنابراین برای تعیین سرعت متوسط سفر از روابط مربوط به تعیین سرعت متوسط در آیین نامه ظرفیت راهها استفاده شده است. سرعت متوسط سفر در آزادراهها و بزرگراهها تابعی از سرعت جریان آزاد و نرخ جریان ترافیک است. معادلات مربوط به سرعت متوسط سفر (\bar{V}) در آزادراهها را می توان مطابق روابط زیر در دو دوره اوج و غیراوج ارائه کرد.

(۱۰)

$$70 < FFS \leq 75 \\ (3400 - 30FFS) < V \leq 2400$$

$$\bar{V} = 1.6(FFS - \left[(FFS - \frac{160}{3}) \left(\frac{V + 30FFS - 3400}{30FFS - 1000} \right)^{2.6} \right]) \quad (11)$$

$$55 \leq FFS \leq 70 \\ (3400 - 30FFS) < V \leq (1700 + 10FFS)$$

$$\bar{V} = 1.6(FFS - \left[\frac{1}{9}(7FFS - 340) \left(\frac{V + 30FFS - 3400}{40FFS - 1700} \right)^{2.6} \right]) \quad (12)$$

$$55 \leq FFS \leq 75 \\ V \leq (3400 - 30FFS) \\ \bar{V} = 1.6FFS$$

معادلات مربوط به سرعت سفر (\bar{V}) در بزرگراهها از روابط زیر به دست می آیند:

(۱۳)

$$55 < FFS \leq 60 \\ V > 1400$$

$$\bar{V} = 1.6(FFS - \left[\left(\frac{3}{10}FFS - 13 \right) \left(\frac{V - 1400}{28FFS - 880} \right)^{1.31} \right]) \quad (14)$$

$$50 < FFS \leq 55 \\ V > 1400$$

$$\bar{V} = 1.6(FFS - \left[\left(\frac{34}{205}FFS - \frac{219}{41} \right) \left(\frac{V - 1400}{\frac{171}{5}FFS - 1181} \right)^{1.31} \right])$$

ب) تعیین نرخ جریان و تبدیل جریان به معادل سواری

هزینه های کاربری به طور مستقیم به ساختار مسیر و در سطح بالاتری به پارامتر سرعت متوسط وسایل نقلیه وابسته اند. برای مثال هزینه زمان سفر و مصرف سوخت تابعی از این پارامتر است. مدل های زیادی برای تعیین سرعت متوسط ارائه شده اند. سرعت متوسط تابعی از جریان ساعتی ترافیک، توزیع جهتی، درصد وسایل نقلیه سنگین و شیب متوسط جاده است. لذا برای تعیین سرعت متوسط سفر از روابط تعیین سرعت متوسط در آیین نامه ظرفیت راهها استفاده شده است [۷].

دلیل استفاده از روابط مربوط به نرخ جریان ایجاد، ارتباط بین تغییرات سرعت در طول مسیر با مشخصات هندسی و شرایط ترافیکی مسیر بوده است. بنابراین نرخ جریان معادل سواری در دو دوره ساعت اوج و ساعت غیر اوج با فرض $f_p=1$ و $D=0.5$ از روابط زیر به دست می آید.

$$V_p = \frac{Q_p}{PHF \times N \times f_{HV}} \quad (7)$$

$$V_o = \frac{Q_o}{PHF \times N \times f_{HV}} \quad (8)$$

که در آن:

Q = حجم ساعتی بر حسب (Veh/h) که از روابط (۴ تا ۶) به دست می آید.

PHF = ضریب ساعت اوج،

N = تعداد خطوط عبور، و

f_{HV} = ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین

ضریب ساعت اوج از ۰/۸ تا ۰/۹۵ تغییر می کند. ضرایب ساعت اوج کمتر، از ویژگی راه های بین شهری است. f_{HV} با استفاده از فرایندی دو مرحله ای تعیین می شود. معادل سواری کامیون و اتوبوس (E_T) برای شرایط ترافیکی جاده تحت مطالعه تعیین می شود. اثر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک به ترکیب ترافیک و شرایط شیب بستگی دارد.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} \quad (9)$$

ج) تعیین سرعت متوسط سفر

در کنار ویژگی های هندسی مسیر مانند قوسها و طول مسیر، هزینه های کاربری و امتداد مسیر وابسته به سرعت متوسط سفرند.

(۱۵)

ρ = بردار هزینه (شامل ارزش زمانی وسایل نقلیه مختلف)،
 P = درصد وسایل نقلیه (که در آن P_{HT} ، P_{2T} ، P_B ، P_{MC} به ترتیب درصد وسایل نقلیه سبک، اتوبوس، کامیون دو محور و کامیون چند محور هستند.)،

Q_p = تعداد وسایل نقلیه در ساعت اوج در یک جهت (Veh/h)،

و

Q_{op} = تعداد وسایل نقلیه در ساعت غیر اوج در یک جهت (Veh/h)

$$45 < FFS \leq 50$$

$$V > 1400$$

$$\bar{V} = 1.6(FFS - \left[\left(\frac{10}{43} FFS - \frac{350}{43} \right) \left(\frac{V - 1400}{33FFS - 1050} \right)^{1.31} \right])$$

$$U \leq 1400$$

(۱۶)

$$\bar{V} = 1.6FFS$$

در معادلات فوق \bar{V} = سرعت متوسط سفر (Km/h)،

U = نرخ جریان معادل سواری (PC/h) ، و

FFS = سرعت جریان آزاد (مایل بر ساعت)

۳-۱-۲ الگوی زمان سفر

چون فرض کرده ایم که تمام وسایل نقلیه به معادل سواری تبدیل می شوند، بنابراین می توان برای ارزش واحدی زمان یا از ارزش زمانی وسیله نقلیه معادل استفاده کرد، یا با توجه به تعداد وسایل نقلیه مختلف مقدار ارزش واحدی زمان را به دست آورد. در الگوی ایجاد شده در نرم افزار اکسل، در مناطق دشت، تپه ماهور و کوهستان این فرمول جداگانه برای معادل سواری محاسبه شده و مجموع آن برای کل مسیر به دست می آید.

$$C_T^B = C_{TL}^B + C_{TR}^B + C_{TM}^B \quad (۱۹)$$

که در آن:

$$C_{TL}^B = \text{هزینه زمان سفر در منطقه دشت (در یک جهت)،}$$

$$C_{TR}^B = \text{هزینه زمان سفر در منطقه تپه ماهور (در یک جهت)،}$$

$$C_{TM}^B = \text{هزینه زمان سفر در منطقه کوهستانی (در یک جهت)، و}$$

$$C_T^B = \text{هزینه زمان سفر برای کل مسیر (در یک جهت).}$$

علت محاسبه جداگانه این مقادیر، به دلیل تأثیر توپوگرافی مسیر بر حرکت وسایل نقلیه و تأثیر آن در ارزیابی اقتصادی است.

ارزیابی فنی و اقتصادی طرحهای حمل و نقل هنگامی معنای واقعی خود را پیدا می کنند که محاسبه زمان سفر و کاهش اوقات تلف شده استفاده کنندگان از طرح در ارزیابی در نظر گرفته شوند. مطالعات اخیر در انگلستان نشان داده اند که مسافران ارزش صرفه جویی در وقت کاری خود را در حدود دستمزد خود و صرفه جویی در زمان فراغت را تقریباً یک سوم آن در نظر می گیرند. آشتو در تحقیقات سال ۱۹۹۴ ارزش زمان سفر را برای سواری ها و وسایل نقلیه متوسط حدود ۹ دلار و برای کامیونهای دو محوره و بیشتر از آن به ترتیب ۲۱ و ۲۵ دلار در ساعت در نظر گرفته است [8].

بنابراین، برای در نظر گرفتن ارزش صرفه جویی در زمان برای سالهای طول عمر پروژه خواهیم داشت [12]:

$$C_T^B(L_n, \bar{V}_p, \bar{V}_{op}) = [309 H_p \times (Q_p \cdot \frac{L_n}{V_p}) + \quad (۱۷)$$

$$(6570 - 309 H_p) \times (Q_{op} \cdot \frac{L_n}{V_{op}})] \cdot (\vec{P} \cdot \vec{\rho})$$

۳-۱-۳ الگوی مصرف سوخت

بر حسب تحقیقات آشتو [8]، Chesher و Harrison [9] و Watanatada [10]، در تحلیل اقتصادی راهها، هزینه های بهره برداری از وسایل شامل روغن، سوخت و استهلاک وسایل نقلیه است. آشتو ذکر کرده است که مصرف سوخت اصلی ترین بخش هزینه های بهره برداری از وسایل است و در اینجا فقط به آن پرداخته می شود. البته نمودارهای زیادی برای محاسبه هزینه های بهره برداری از وسایل توسط آشتو ارائه شده اند، ولی در الگوی تشکیل شده بوسیله اکسل استفاده از آنها مشکل است و بنابراین از فرمهای تابعی تخمین زده شده برای مصرف سوخت که تابعی از

$$P = \begin{bmatrix} P_{MC} \\ P_B \\ P_{2T} \\ P_{HT} \end{bmatrix} \quad (۱۸)$$

که در آن:

$$L_n = \text{طول مسیر (Km)}$$

$$\bar{V}_p = \text{سرعت متوسط ساعت اوج (Km/h)}$$

$$\bar{V}_{op} = \text{سرعت متوسط ساعت غیر اوج (Km/h)}$$

$$H_p = \text{تعداد ساعت اوج (h)}$$

نقلیه سبک، اتوبوس، کامیون دو محور و بیش از دو محور استفاده می شود.

$P =$ توزیع نسبی وسایل بر حسب درصد که قبلاً توضیح داده شده اند،

$V =$ سرعت وسایل نقلیه به کیلومتر در ساعت،

$R_s =$ متوسط سربلایی ها در جاده به واحد متر/ کیلومتر،

$R_d =$ متوسط سربلایی ها در جاده به واحد متر/ کیلومتر،

$GVW =$ وزن وسایل نقلیه به تن ، و

$PW =$ نسبت حجم (قدرت) موتور به وزن وسایل نقلیه.

بنابراین هزینه کل مصرف سوخت در مسیر، با توجه به ساعت اوج و غیر اوج در مسیر از رابطه زیر قابل محاسبه است [۱۲].

(۲۳)

$$C_F^B(\bar{G}, Ln, \bar{V}_p, \bar{V}_{op}) = 0.001 \times [309H_p \times (Q_p \cdot L_n) + (6570 - 309H_p) \times (Q_{op} \cdot L_n)] (\bar{P} \cdot \bar{F})$$

با فرض این که تمام وسایل نقلیه، سواری معادل باشند لذا $P_{HT} = P_{2T} = 0$ و تمام محاسبات برای سواری معادل انجام می شوند.

$$F(\bar{G}, \bar{V}) = U_g \cdot F_{MC}(\bar{G}, \bar{V}) \quad (24)$$

در الگوی ایجاد شده به وسیله نرم افزار اکسل، در مناطق دشت، تپه ماهور و کوهستان، فرمول مذکور جداگانه محاسبه شده و مجموع آن برای کل مسیر محاسبه می شود.

$$C_F^B = C_{FL}^B + C_{FR}^B + C_{FM}^B \quad (25)$$

که در آن:

$C_{FL}^B =$ هزینه مصرف سوخت در منطقه دشت (در یک جهت)،

$C_{FR}^B =$ هزینه مصرف سوخت در منطقه تپه ماهور (در یک جهت)،

$C_{FM}^B =$ هزینه مصرف سوخت در منطقه کوهستان (در یک جهت)، و

$C_F^B =$ هزینه مصرف سوخت برای کل مسیر (در یک جهت).

سرعت و شیب جاده اند، استفاده شده است. یکی از مهم ترین متغیرهای مؤثر در مصرف سوخت که رابطه مهمی نیز با مصرف سوخت دارد، سرعت متوسط وسایل نقلیه است. تابع مصرف سوخت برحسب متغیرهای آن، فرم ثابت و مشخصی دارد. تحقیقات زیادی در این زمینه در کشورهای مختلف انجام گردیده اند که در این مقاله حالت ایده آل تر آن برای استفاده در الگو انتخاب شده است. توجه شود از آنجایی که هدف، مقایسه بین دو گزینه است و در هر دو حالت از یک فرمول یکسان استفاده می شود، بنابراین خطای محاسبات به صفر می رسد. مانند الگوی زمان سفر، مصرف سوخت نیز در دو دوره ساعت اوج و ساعت غیر اوج و بر حسب منطقه بندی توپوگرافی مسیر محاسبه می شود و در نهایت هزینه کلی مصرف سوخت در مسیر، از مجموع این هزینه ها به دست می آید [11].

الف) خودرو سواری

(۲۰)

$$FL = (53/36 + \frac{498.67}{V} + 0/0058V^2 + 1/594R_s - 0/8539R_d) \times 1.08$$

ب) وسایل نقلیه باربری سنگین و اتوبوس

(۲۱)

$$FL = (-48/57 + 69/2\sqrt{GVW} + \frac{902.53}{V} + 0/0143V^2 + 4/362R_s - 1/834R_d - 2/396PW) \times 1.13$$

شیب متوسط مسیر به راحتی از تفاضل تراز نقطه انتهایی و ابتدایی مسیر، تقسیم بر طول مسیر به دست می آید. با در نظر گرفتن U_g و U_d ، که به ترتیب عبارتند از هزینه های واحد مصرف بنزین و گازوییل بر حسب ریال بر لیتر از رابطه زیر می توان مصرف سوخت را در مسیر محاسبه کرد.

$$F(\bar{G}, \bar{V}) = \begin{bmatrix} U_g \cdot F_{MC} \\ U_d \cdot F_B \\ U_d \cdot F_{2T} \\ U_d \cdot F_{HT} \end{bmatrix}, P = \begin{bmatrix} P_{MC} \\ P_B \\ P_{2T} \\ P_{HT} \end{bmatrix} \quad (22)$$

که در آن:

$F(\bar{G}, \bar{V}) =$ هزینه واحد سوخت در یک کیلومتر برای یک

وسيله (که در آن F_{HT} ، F_{2T} ، F_B ، F_{MC} به ترتیب برای وسایل

۳-۱-۴ الگوی تصادفات ترافیکی

تصادفات ترافیکی باعث آسیب های اقتصادی بسیاری می شوند و بنابراین به عنوان بخشی از هزینه های حمل و نقل در نظر گرفته می شوند. یک تصادف ممکن است در هر

نقطه ای از مسیر اتفاق بیفتد. هزینه تصادفات معمولاً با ضرب نرخ تصادفات در میانگین هزینه سوانح برای هر تصادف به دست می آید. از آنجایی که علل سوانح زیاد و پیچیده اند، ایجاد رابطه ای بین ساختار مسیر و نرخ سوانح کاری مشکل است. بنابراین به دلیل فقدان اطلاعات آزمایشی، هزینه های سوانح معمولاً به راههای جدید الاحداث منحصر می شوند. کاهش در هزینه سوانح به عنوان بخش اعظمی از منافع پروژه های راهسازی، وارد محاسبات ارزیابی اقتصادی می شود.

با فرض اطلاعات دقیق مربوط به سوانح و تصادفات در یک جاده، می توان هزینه های تصادفات آن جاده را در سالهای آتی به دست آورد [۱۲].

$$m_{1A} = \frac{m_1}{N} \quad (26)$$

$$m_{2A} = \frac{m_2}{N} \quad (27)$$

که در آن:

m_1, m_2 = به ترتیب تعداد کشته شدگان و مجروحین در راه تحت مطالعه بر حسب نفر در سال مینا،
 N = تعداد تصادفات راه تحت مطالعه بر حسب فقره،
 m_{1A} = نرخ کشته شدگان در هر سانحه، و
 m_{2A} = نرخ مجروحین در هر سانحه.

بنابراین با فرض این که در هر سانحه به طور متوسط ۱/۸ وسیله نقلیه درگیر باشند [۱۴] در نظر گرفتن خسارات وارده به جاده، سپرهای حفاظتی اطراف و یا مستحذات مجاور، در اینجا یک رقم ۱۰ درصدی از هزینه های پیشین بابت هزینه های مذکور اضافه می شود [۱۴]، بنابراین هزینه هر تصادف در سال مبنای محاسبات از رابطه (۲۸) به دست می آید.

$$C_A = 1.1[(m_{1A} \times C_1) + (m_{2A} \times C_2) + 1.8 C_V] \quad (28)$$

$$C_A = 1.1[\frac{m_1}{N} \times C_1 + \frac{m_2}{N} \times C_2 + 1.8 C_V]$$

که در آن:

$m_1, m_2, N, m_{1A}, m_{2A}$ مطابق توضیح پیشین هستند،

C_1 = هزینه پرداختی برای هر نفر کشته در اثر تصادف یا دیه مربوطه (میلیون ریال)،

C_2 = هزینه پرداختی برای هر نفر مجروح بر اثر تصادفات (میلیون ریال)،

C_V = متوسط هزینه وارد بر هر وسیله نقلیه در تصادف (میلیون ریال)، و

C_A = هزینه هر تصادف در سال مبنای محاسبات.

برای محاسبه هزینه تصادفات راه تحت مطالعه در سالهای عمر طرح، از رابطه (۲۹) خواهیم داشت:

(۲۹)

$$C_{At} = 0.001 \times 1.1 \times (1+r)^t \times [(\frac{m_1}{N}) \times C_1 \times (1+r_1)^t +$$

$$(\frac{m_2}{N}) \times C_2 \times (1+r_2)^t + 1.8 C_V (1+r_2)^t]$$

$$C_{At} = 0.001 \times 1.1 \times (1+r)^t \times [m_{1A} \times C_1 \times (1+r_1)^t +$$

$$m_{2A} \times C_2 \times (1+r_2)^t + 1.8 C_V (1+r_2)^t]$$

که در آن:

I_1 = نرخ رشد سالانه کشته شدگان،

I_2 = نرخ رشد سالانه مجروحین،

I_V = نرخ رشد سالانه تصادفات،

I = نرخ تورم هزینه ها،

C_{At} = کل هزینه تصادفات در سال t ام طرح.

با فرض $r_1 = r_2 = r_V = r'$ ، از رابطه بالا داریم:

$$C_{At} = 0.001 \times 1.1 \times (1+r)^t \times (1+r')^t \quad (30)$$

$$[m_{1A} \times C_1 + m_{2A} \times C_2 + 1.8 C_V]$$

در مورد مقایسه آمار تصادفات در جاده ها و آزادراهها اطلاعات دقیقی کسب نشد. باید توجه شود که تراز استانداردهای آزادراه از یک راه بازسازی شده و تعداد تقاطعات حذف شده در صورت احداث یک آزادراه جدید به مراتب کمتر است.

در سراسر دنیا به این نتیجه رسیده اند که ضریب تصادفات در بزرگراه ها ۳۰ تا ۴۰ درصد ضریب میانگین مجموع راههای هر کشور است [۱۲ و ۱۵]. لذا فرض را بر آن می گذاریم که با احداث آزادراه یا بزرگراه در مقایسه با جاده قدیم حدود ۶۵ درصد کاهش در هزینه تصادفات ایجاد و منافع آن در ارزیابی اقتصادی وارد شود. بنابراین منفعت حاصل از کاهش هزینه مذکور به صورت رابطه (۳۱) برآورد می شود.

سایر متغیرها قبلاً" توضیح داده شده اند.

$$B_{HFt} = 0/65 C_{At} \quad (31)$$

که در آن :

B_{HFt} = منفعت حاصل از احداث آزادراه یا بزرگراه در سال t ، و
 C_{At} = هزینه تصادفات در سال t م.

۲-۳ پارامتر نسبت منفعت به هزینه

تحلیل هزینه چرخه عمر (LCCA) یک ابزار اقتصادی مفید برای انتخاب بین گزینه های مختلف، جایی که سود گزینه های یک پروژه محتمل اساساً یکسان است محسوب می شود، هر چند در بسیاری از موارد، گزینه های مورد توجه یک موسسه ممکن است مزایای یکسانی را تولید نکنند.

به عنوان مثال، به هنگام بازسازی یک جاده، یک موسسه پیمانکار ممکن است کار بازسازی را صرفاً" روی جاده احداث شده یا افزودن خطوط عبوری جدید به آن مورد نظر قرار دهد.

تحلیل سود - هزینه (BCA) ابزار اقتصادی مناسبی است برای این گونه مواردی که سود چرخه عمر به همراه هزینه های چرخه عمر مورد توجه قرار دارند.

نتایج حاصله از هر یک از روشهای یاد شده فوق یکسان بوده و علت ترجیح یک روش بر روش دیگر، فقط از لحاظ راحتی و نشان دادن نتیجه، به طریق مورد نظر است.

در هر صورت، ارزیابی با استفاده از روش "تفاضل سود و هزینه" به علت فهم و راحتی بیشتر این روش، کاربرد بیشتری دارد [16,13].

$$NPV = \sum_{t=0}^T (B_t - C_t) \cdot (1+r)^{-t} \quad (34)$$

که در آن:

NPV = ارزش خالص فعلی،

B_t = سود سالیانه در سال t ،

C_t = هزینه سالیانه در سال t ، و

r = نرخ تنزیل اجتماعی.

به عنوان یک اصل NPV باید از صفر بزرگتر باشد. یکی دیگر از مسائل مهم، نرخ بازگشت سرمایه است که از رابطه زیر قابل استناد است.

$$\sum_{t=0}^T (B_t - C_t) \cdot (1+r)^{-t} = 0 \quad (35)$$

دومین عامل مهم نسبت سود به هزینه در تصمیم گیریهای اقتصادی است که با رابطه زیر نمایش داده می شود.

۳-۱-۵ الگوی عوارض راهها

چون پرداخت عوارض به طول مسیر بستگی داشته و سرعت وسایل تأثیری بر هزینه عوارض ندارد، لذا می توان سود حاصل از کسب عوارض را بر اساس نوع وسایل تعیین کرد. با در نظر گرفتن U_{MC} و U_B و U_{2T} و U_{HT} هزینه های واحد پرداختی عوارض به ترتیب برای سواری، اتوبوس، کامیون دو محور و کامیون با بیش از دو محور برحسب ریال بر کیلومتر را می توان از رابطه سود حاصل از دریافت عوارض در طول مسیر برای آزادراه به دست آورد.

یکی از تفاوت های ایجاد شده در کسب منافع این دو طرح، عوارض دریافتی برای آزادراه است.

$$T(L) = \begin{bmatrix} U_{MC} \\ U_B \\ U_{2T} \\ U_{HT} \end{bmatrix}, P = \begin{bmatrix} P_{MC} \\ P_B \\ P_{2T} \\ P_{HT} \end{bmatrix} \quad (32)$$

که در آن:

$T(L)$ = هزینه واحد پرداختی عوارض بر حسب نوع وسیله،

P = درصد توزیع وسایل نقلیه همانند توضیحات پیشین.

بنابراین سود حاصل از دریافت عوارض برای کل مسیر، با توجه به ساعت اوج و غیر اوج از رابطه زیر به دست می آید [۱۲].

$$C_{TOLL}^B(Ln) = [309 H_p \times (Q_p \cdot L_n) + (6570 - 309 H_p) \times (Q_{op} \cdot L_n)] \cdot (\vec{T} \cdot \vec{P}) \quad (33)$$

که در آن:

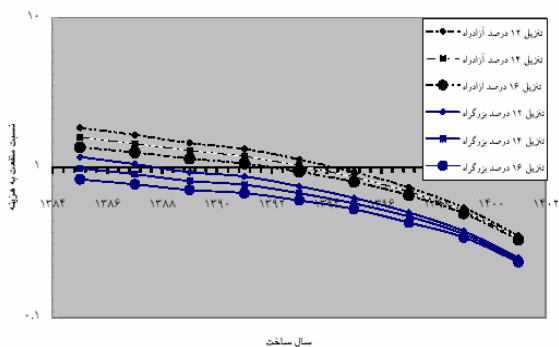
C_{TOLL}^B = سود حاصل از پرداخت عوارض برای کل مسیر (در یک جهت)،

جدول ۴. خلاصه محاسبات ارزیابی اقتصادی

آزادراه و بزرگراه برای طول عمر ۲۰ سال [۱۲]

بزرگراه			آزادراه			
۱۶	۱۴	۱۲	۱۶	۱۴	۱۲	نرخ تنزیل
۵۳۱/۴۳	۶۰۶/۱۴	۷۰۳/۹۴	۷۸۷/۷۸	۹۰۶/۵۴	۴۶/۱۰۶۳	جمع کل هزینه ها
۴۴۲/۷۳	۶۰۰/۴۳	۸۲۷/۴۰	۱۰۷۶/۴۵	۱۴۴۰/۴۸	۱۹۵۸/۲۰	جمع کل منافع
۰/۸۳۳	۰/۹۹۱	۱/۱۷۵	۱/۳۶۶	۱/۵۸۹	۱/۸۴۱	نسبت سود به هزینه
سال بازگشت سرمایه			سال بازگشت سرمایه			
۱۳۹۷-۱۳۹۸			۱۳۹۳-۱۳۹۴			

در جدول ۴ خلاصه نتایج بررسی مطالعه موردی با نرخ تنزیلهای مختلف برای دو گزینه آزادراه و بزرگراه با استفاده از مدل کامپیوتری ارایه شده اند. جزییات بیشتر جدول (۴) در فصل پنجم مرجع [۱۲] ذکر گردیده اند. همان طور که در جدول (۴) مشاهده می شود، پارامتر منفعت به هزینه برای نرخ های تنزیل مختلف و همچنین منافع و هزینه های تنزیل شده کل در عمر طرح پروژه در صورت ساخت آزادراه و یا بزرگراه نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل نشان می دهد که در مسیر تحت مطالعه، ساخت آزادراه از دو سواره کردن جاده موجود اقتصادی تر است، زیرا پارامتر نسبت سود به هزینه بیشتری را نشان می دهد و به علاوه بازگشت سرمایه آن به مراتب از بازگشت سرمایه مربوط به بزرگراه سریع تر اتفاق می افتد.



شکل ۳. تأخیر در سال ساخت و اثر آن بر نسبت منفعت به هزینه

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^T B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^T C_t (1+r)^{-t}} \quad (36)$$

به عنوان یک اصل $\frac{B}{C}$ باید از یک بزرگتر باشد، به طوری که مقدار یک به عنوان تصمیم گیری بی تفاوت نام گذاری می شود. پس از پردازش اطلاعات مربوط به منافع حاصل از احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها با توجه به الگوهای توضیح داده شده در ردیفهای پیشین و مقایسه هر یک از گزینه ها با راه موجود دو خطه در سالهای عمر طرح پروژه، این منافع با نرخ تنزیل r به قیمتهای سال مبنا تبدیل شده و پارامتر نسبت منفعت به هزینه به کمک روابط (۳۴) تا (۳۶) به دست می آید.

۴. ارزیابی مدل

گزینه ای که به عنوان مطالعه موردی برگزیده شده است، یک جاده دو خطه است که طرح بهسازی آن یا به عبارت دو سواره کردن و تبدیل آن به بزرگراه از لحاظ فنی و اقتصادی با احداث یک مسیر آزادراهی در مجاورت آن مورد ارزیابی قرار می گیرد. اطلاعات ورودی به اختصار در جدول (۳) ذکر شده اند.

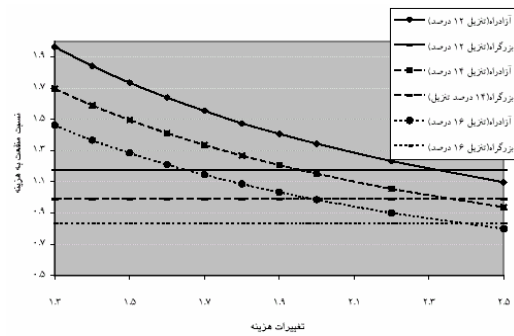
جدول ۳. پارامترهای ورودی مهم مثال موردی [۱۲]

ارزش	پارامتر ورودی
۱۳۸۲	سال مبنای ارزیابی اقتصادی
۱۳۸۵	سال شروع ساخت
۳ سال	مدت اجرای پروژه
۱۶٪	نرخ تورم - نرخ تنزیل
۲۰	طول عمر طرح
۷۰۰۰ ریال - ۱/۰۵٪	ارزش ساعتی هر وسیله / رشد در هر سال
۶۵۰ ریال - ۲۷/۷٪	ارزش واحد سوخت / رشد در هر سال
۱۳۲۲۲	متوسط ترافیک روزانه
۲۴/۷	درصد وسایل نقلیه سنگین
۴۱۰۱۷۳ میلیون ریال	متوسط هزینه ساخت بزرگراه
۴۲ میلیون ریال	متوسط هزینه هر تصادف در سال مبنا
۴۹ فقره	تعداد تصادفات
۱۴/۹٪	متوسط نرخ رشد تصادفات
(۱۸km-۳۳km-۵۱km)	طول مسیر (دشت، تپه ماهور، کوهستان)

مهم بیان شده اند و به کمک روابط ترافیکی و الگوهای تشکیل شده در این زمینه هماهنگی بین هزینه ها، منافع و ساختار مسیر برقرار شود. سپس با قرار دادن این معیارها در کنار یکدیگر و به کمک نرم افزار اکسل الگوی کلی به صورت یک برنامه رایانه ای طراحی شده درآید. این برنامه به گونه ای است که در هر زمان با وارد کردن مشخصات هزینه ای و هندسی مسیر و با توجه به محدودیتها و شرایط خاص، در هر زمان پاسخگوی این نیاز مهم باشد. امکان سنجی اقتصادی و فنی در مورد توسعه شبکه راهسازی کشور در مسیرهای شریانی خاص فعالیتی لازم و لاینقطع در سطح شبکه راههای کشور را می طلبد و در این برهه از زمان که از لحاظ بودجه، انرژی و زمان محدودیت وجود دارد، و علاوه بر این به علت زیاد بودن هزینه های راهسازی که معمولاً ارقام هنگفتی هستند، باید در نهایت دقت، روشی مناسب و منطبق با وضعیت کشور انتخاب گردد.

تحلیل اقتصادی قبل از هر چیز اطلاعات با ارزشی را برای برنامه ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری و راهبری زیر ساخت حمل و نقل فراهم می آورد. موثرترین شیوه برای دستیابی به این امر مهم، مقایسه سود و هزینه های پروژه حمل و نقل از طریق واحد استاندارد تنزیل یافته در خلال چرخه های عمر پروژه های مختلف است. دست اندرکاران نوعاً باید در زمینه تأمین و استقرار برخی مهارتها و روش های مورد نیاز برای تحلیل اقتصادی، سرمایه گذاری کنند. در عین حال، پس از استقرار فرایند تحلیل، نوعی یکپارچگی بین فرایند یاد شده و برنامه ریزی موجود، مسایل زیست محیطی و فعالیتهای مهندسی ایجاد می شود. در واقع، با پرداختن مستقیم به اموری چون اثر ظرفیت راهها بر ترافیک یا توجیه اجرای یک پروژه، با تحلیل اقتصادی می توان به شکل قابل ملاحظه ای از فشارهای کاری موسسات ذیربط در زمینه طراحی مناسب و دقیق پروژه ها کاست.

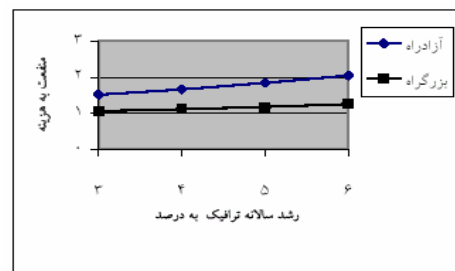
نتیجه گیری که اساس یک ارزیابی خوب اقتصادی است و در توجیه فنی - اقتصادی پروژه های راهسازی باید به آن توجه شود، وابستگی بین ساختار مسیر، شرایط ترافیکی و نقش آن در ارزیابی طرحهاست. مهم تر آن که، اولویت دهی به جاده هایی که امکان دو سواره رو کردن آنها وجود دارد و به علل مختلف نیازمند افزایش ظرفیت هستند باید مورد نظر قرار گیرد.



شکل ۴. نسبت منفعت به هزینه و تغییرات در هزینه ساخت

شکل ۳ اثرات تأخیر در سال ساخت پروژه و اثر آن بر نسبت منفعت به هزینه را نشان می دهد. همان طور که دیده میشود با افزایش تأخیر در زمان ساخت پروژه، پروژه توجیه اقتصادی کمتری خواهد داشت. در شکل ۴ نسبت سود به هزینه به صورت تابعی از تغییرات در هزینه ساخت آزادراه که نسبتی از هزینه بزرگراه فرض شده است و اثر آن بر توجیه پذیر بودن طرح نشان داده شده است. همان گونه که دیده می شود، اگر در این پروژه موردی هزینه ساخت آزادراه تا ۲/۴ برابر هزینه ساخت بزرگراه باشد، ساخت آزادراه اقتصادی تر است.

شکل ۵ تغییرات رشد سالیانه ترافیک و اثرات آن بر نسبت سود به هزینه را نمایش می دهد. همان طور که دیده می شود تغییرات رشد سالیانه ترافیک در تعیین اولویت دو گزینه آزادراه و بزرگراه نقشی ندارد. این شکل نشان می دهد که در صورت رشد ترافیک ۶ درصدی برای بزرگراه، اگر آزادراه رشد سالیانه ترافیک ۳ درصد یعنی نصف مقداری که برای بزرگراه در نظر گرفتیم را داشته باشد، باز هم ساخت آزادراه اقتصادی تر است.



شکل ۵. تغییر رشد سالانه ترافیک و

اثر آن بر نسبت منفعت به هزینه

۵. نتیجه گیری

در این تحقیق سعی گردیده با کمک معیارهای جداگانه برای اجزای هزینه ای مهم در راهسازی که برحسب پارامترهای فنی

10. Watanatada, T., Dhareshwar, A.M. and P. R. S. Rezende-lima, P.R.S. (1987) "Vehicle speeds and operating costs: Models for road planning and management", The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank, Washington, D.C.
11. Zaniewski, J. P. (1993) "Fuel consumption related to roadway characteristics", Transportation Research Record, 901, TRB, National Research Council, Washington D.C, 18-20.
۱۲. فخرو، امیر "ارائه الگوی ارزیابی فنی - اقتصادی احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها"، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران، راه و ترابری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۳.
13. Ben-Akiva, M., Hirsh, M. and Prashker, J. (1985) "Probabilistic and economic factors in highway geometric design", Transportation Science, Vol. 19, No.1, 38-57.
۱۴. آیتی، اسماعیل "تصادفات جاده ای ایران"، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۷۱.
۱۵. مهر آذین، هاشم، "مهندسی ترافیک"، نشر پندار، ۱۳۷۳.
۱۶. مسعودی، حیدرقلی "اقتصاد مهندسی - تجزیه و تحلیل اقتصادی پروژه ها"، دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
1. Winfrey.R. (1968) "Economic analysis for highways", International Text, Scraton, Pa.
2. Optimization of road alignment by the use of computers (1973) Organization of Economic Cooperation and Development (OECD), Paris. 1973.
3. Wright, P.H. (1996) "Highway Engineering", John Wiley & Sons, New York.
4. Weisbrod, G. and Beckwith, J. (1992) "Measuring economic development benefits for highway decision-making: The Wisconsin Case", Transportation Research Board Annual Meeting, 1990, and Transportation Quarterly, Vol.46, No.1,57-79.
5. Bennett, Christopher R. and Greenword, Ian D. (2000) "Modeling road user and environmental effects in HDM4", Highway Development and Management.
6. AASHTO (1977) "A manual on user benefit analysis of highway and bus-transit improvements", AASHTO, Washington, D.C.
7. "Highway capacity manual" (2000), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
8. AASHTO (1997) "A manual on user benefit analysis of highway and transit improvements", American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington, DC.
9. Chesher, A. and Harrison, R. (1987) "Vehicle operating costs- Evidence from development", The World Bank, Washington, D.C.

ارایه مدل ارزیابی فنی - اقتصادی احداث و بهره برداری از آزادراهها و بزرگراهها