

# ارزیابی مالی - اقتصادی برقی کردن خطوط ریلی (مطالعه موردی: محور بافق - بندرعباس)

حسن زیاری<sup>۱</sup>، محسن اسداللهی<sup>۲</sup>، سید مهدی ابطحی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه علم و صنعت

۳- استادیار دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

## چکیده

ارزیابی پروژه های حمل و نقل اهمیت وافری در تخصیص منابع ملی دارد. به همان میزان که علمی بودن این ارزیابی می تواند سبب تحصیل حداکثر منافع شود، برخورد غیر علمی و سهل انگارانه باعث هدر رفتن سرمایه های ملی می گردد. در این مقاله الگویی جهت ارزیابی مالی - اقتصادی برقی کردن<sup>۳</sup> خطوط ریلی باری ارائه شده است. در این الگو تمامی هزینه ها و منافع که در طول عمر پروژه ایجاد می شود، در نظر گرفته شده است. برای مقایسه هزینه ها و منافع طرح از روش ارزش خالص فعلی<sup>۴</sup> استفاده شده است. به منظور ارزیابی الگوی ارائه شده، محور بافق - بندرعباس که یکی از خطوط با ترافیک باری می باشد به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد. نتایج نشان می دهد که ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی برقی کردن خط آهن بافق - بندرعباس به ترتیب برابر با ۱۸۹۲/۳۵ و ۱۲۰۶/۲ میلیون دلار می باشد که نشان می دهد این طرح هم از دیدگاه راه آهن و از دیدگاه ملی مقرون به صرفه است.

**کلید واژه:** ارزیابی مالی - اقتصادی، برقی کردن، ارزش خالص فعلی، بافق - بندرعباس.

## ۱- مقدمه

در کشورهای با جمعیت زیاد و ساختارهای اقتصادی پیچیده، حمل و نقل نقش حیاتی را ایفا می کند. از این رو باید سیستم های حمل و نقل قابل اطمینان و کارآمدی ایجاد شوند که با حداقل هزینه ما را به اهدافمان برسانند. در این میان راه آهن دارای نقشی اساسی در حمل و نقل داخلی می باشد که می تواند حجم ترافیک سنگینی را با کمترین آلودگی صوتی و آلودگی هوا جابجا کند [۱].

<sup>۱</sup> دانشیار ، h.ziari@iust.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشجو، ۰۹۱۳۲۶۷۹۵۵۴ ، asadollahi\_1361@yahoo.com

<sup>۳</sup> Electrification

<sup>۴</sup> Net Present Value

انرژی و حمل و نقل دو بخش زیربنایی بسیار مهم در اقتصاد کشورها محسوب می شوند. با توجه به بحران انرژی و مسأله نفت به عنوان اصلی ترین منبع انرژی مورد مصرف در دنیا، صرفه جویی در این زمینه و جایگزینی سوخت های دیگر از اهداف استراتژیک هر برنامه اقتصادی به شمار می آید [۲].

مقصود اساسی از ارزشیابی اقتصادی طرح ها، اندازه گیری هزینه و فایده اقتصادی آن از دیدگاهی مملکتی است، تا معلوم شود فایده خالص آن دست کم به اندازه سایر سرمایه گذاری های نهایی است. چه بسا این هزینه و فایده اساساً با هزینه و فایده مؤسسه بهره بردار متفاوت باشند [۳]. در ارزیابی مالی فقط تاثیرات مستقیم پروژه برای سرمایه گذار به صورت نقدی ارزیابی می شود و تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم برای دیگر بخش های جامعه مدنظر قرار نمی گیرد [۱].

در بخش حمل و نقل، بسیاری از پروژه ها علاوه بر مزایایی که برای سرمایه گذار دارند، دارای مزایایی برای سایر بخشها نیز هستند، از قبیل منافع برای استفاده کنندگان (بهبود کیفیت سرویس دهی) و منافع برای جامعه (کاهش هزینه های خارجی در سایر مدهای حمل و نقل، کاهش تصادفات)، که این تاثیرات در ساختار ارزیابی اقتصادی قرار می گیرد [۱].

در سال ۲۰۰۰ ارزیابی اقتصادی برقی کردن خط آهن کاریو-الکساندریا<sup>۱</sup> به طول ۲۰۸ کیلومتر صورت گرفته است. روش به کار رفته در این ارزیابی بر پایه مقایسه حالت دیزل-الکترونیک و برقی با استفاده از تحلیل هزینه-فایده بوده است. دوره ارزیابی برای طرح برقی کردن ۳۰ سال فرض شده است که شامل ۴ سال اجرای طرح و ۲۶ سال بهره برداری از آن می باشد. نتایج این ارزیابی نشان داد که بر اساس نرخ تنزیل ۱۰ درصد، میزان ارزش خالص فعلی اقتصادی طرح برابر با ۶۹۶/۹۶ میلیون یورو و نرخ بازده داخلی اقتصادی طرح برابر با ۱۶/۹ درصد می باشد که نشان دهنده اقتصادی بودن طرح از دیدگاه ملی است [۱].

در این مقاله الگویی جهت ارزیابی مالی-اقتصادی برقی کردن خطوط ریلی باری با استفاده از روش ارزش خالص فعلی ارائه می گردد.

## ۲- متدولوژی تحقیق

روند متعارف در مطالعه امکان سنجی پروژه های عمرانی، دربرگیرنده دو قسمت اصلی بررسی منافع (درآمدها) و هزینه هاست [۴]. از اینرو در انجام این تحقیق نیز ساختار مورد نظر در بررسی مسائل اقتصادی دنبال می گردد. روش به کار برده شده در ارزیابی طرح برقی کردن خطوط ریلی بر پایه مقایسه سیستم برقی و دیزل-الکترونیک می باشد. بدین لحاظ هزینه ها و منافع مهمی که برقی کردن سیستم حمل و نقل ریلی با ترافیک باری، چه از لحاظ مالی و چه از لحاظ اقتصادی به ارمغان می

<sup>1</sup> Cario-Alexandria

آورد مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته و سپس به کمک روش های اقتصاد مهندسی، جهت اجرا ارزیابی می شود.

دوره ارزیابی برای طرح برقی کردن ۳۰ سال فرض شده است که شامل ۴ سال اجرای طرح و ۲۶ سال بهره برداری از آن می باشد.

## ۱.۲- پیش بینی ترافیک

از مهم ترین بخش های پروژه های عمرانی به ویژه در پروژه های حمل و نقل، پیش بینی ترافیک در طول عمر پروژه می باشد، زیرا بخشی از هزینه ها و تمامی منافی که در اثر طرح های حمل و نقل حاصل می شوند به نوعی به ترافیک وابسته است. در واقع اولین گام برای ارزیابی طرح های حمل و نقلی، پیش بینی ترافیک است یعنی تعداد افرادی که در طول عمر پروژه از طرح استفاده می کنند و یا میزان باری که در طول عمر پروژه توسط سیستم حمل و نقل جابجا می شود.

برقی کردن راه آهن نیز که جزء طرح های حمل و نقل محسوب می شود از این قاعده مستثنی نیست. لذا قبل از ارزیابی برقی کردن راه آهن، میزان ترافیک باری و مسافری در طول عمر پروژه باید مشخص شود. به منظور برآورد حجم ترافیک سالهای آتی خط آهن موردنظر، باید تخمین مناسبی از حجم ترافیک موجود و متوسط درصد رشد سالیانه ترافیک خط آهن یادشده صورت پذیرد. پس از وارد کردن اطلاعات ترافیکی شامل حجم ترافیک در سال مبنای ارزیابی و همچنین رشد ترافیک در سالهای آتی، محاسبات ترافیکی در بخش محاسباتی انجام خواهند شد.

حجم ترافیک سال به سال افزایش می یابد و با پیش بینی نرخ رشد سالیانه ترافیک و داشتن مدت زمان عمر پروژه می توان از فرمول (۱) ترافیک افزایش یافته در سالهای طرح را محاسبه کرد.

$$T_i = T_1 * (1 + r)^i \quad (1)$$

که در آن  $T_1$  حجم ترافیک در سال اول،  $T_i$  حجم ترافیک در سال  $i$  ام و  $r$  نرخ رشد سالیانه ترافیک می باشد.

در پیش بینی ترافیک باید ظرفیت خط آهن نیز در نظر گرفته شود و براساس آن پیش بینی صورت گیرد. ظرفیت خطوط راه آهن برحسب تعداد زوج قطار باری تعریف می شود و از رابطه (۲) محاسبه می گردد.

$$N = \frac{1440 - n \times 60}{T} - \varepsilon(N_p + N_d) \quad (2)$$

که در آن  $N$  تعداد زوج قطار باری است که در یک شبانه روز مابین دو ایستگاه می توانند سیر کنند،  $n$  میزان ساعتی است که جهت مسدودی خط برای تعمیر و نگهداری آن در نظر گرفته می شود،  $T$  مدت زمان رفت و برگشت قطار بین دو ایستگاه می باشد که زمان پریود بلاک نامیده می شود،  $\varepsilon$  ضریبی است بزرگ تر از واحد که ضریب تردد نامیده می شود و علت به کار بردن این ضریب این است که قطارهای مسافری باعث برهم زدن نظم قطارها شده و باعث کاهش ظرفیت می گردند،  $N_p$  تعداد زوج قطارهای مسافری در روز و  $N_d$  تعداد زوج قطار عملیاتی در روز می باشد.

برای محاسبه ظرفیت یک خط ابتدا ظرفیت تمامی بلاک های آن خط به وسیله ی رابطه (۲) محاسبه می شود، آن گاه کمترین ظرفیت به عنوان ظرفیت خط در نظر گرفته می شود.

### ۲.۲- مطالعه هزینه ها

هزینه های برقی کردن خطوط ریلی عبارتند از [۵]:

- هزینه مطالعات
- هزینه خطوط انتقال فشارقوی
- هزینه پست های کشش و جداکننده
- هزینه شبکه بالاسری
- هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات ثابت
- هزینه اصلاح گاباری و سیستم علائم و ارتباطات
- هزینه خرید لکوموتیو برقی

تعداد لکوموتیوهای موردنیاز براساس ترافیک هر سال محاسبه می شود. در این تحقیق جهت محاسبه تعداد لکوموتیوها از روابط (۳) و (۴) استفاده شده است.

$$(N_{fel})_i = \frac{(T_{fe})_i \cdot S_f}{W_{fe} \cdot N_k \cdot d_{fe} \cdot A_e} \quad (۳)$$

$$(N_{pel})_i = \frac{(T_{pe})_i \cdot S_p}{C_{pe} \cdot 360 \cdot d_{pe} \cdot A_e} \quad (۴)$$

که در آن  $(N_{fel})_i$  تعداد لکوموتیوهای برقی باری موردنیاز در سال  $i$  ام،  $(N_{pel})_i$  تعداد لکوموتیوهای برقی مسافری موردنیاز در سال  $i$  ام،  $(T_{fe})_i$  ترافیک باری سال  $i$  ام در حالت برقی برحسب تناژناخالص،  $(T_{pe})_i$  ترافیک مسافری سال  $i$  ام در حالت برقی،  $S_f$  متوسط طول حمل بار برحسب کیلومتر،  $S_p$  متوسط طول حمل مسافر برحسب کیلومتر،  $W_{fe}$  وزن ناخالص قطار باری برقی برحسب تن،  $d_{fe}$  مسافت طی شده روزانه توسط لکوموتیو باری برقی برحسب کیلومتر،  $C_{pe}$  ظرفیت قطار مسافری برقی،  $d_{pe}$  مسافت طی شده روزانه توسط لکوموتیو مسافری برقی برحسب کیلومتر،  $A_e$  قابلیت دسترسی لکوموتیو برقی و  $N_k$  تعداد روزهای کاری در سال می باشد.

### ۲.۳- مطالعه منافع

در این بخش به بررسی منافع حاصل از برقی کردن خطوط ریلی باری از دو جنبه مالی و اقتصادی پرداخته خواهد شد و نحوه محاسبه آن ها تشریح می گردد.

#### ۲.۳.۱- صرفه جویی در مصرف سوخت لکوموتیوها

برای محاسبه صرفه جویی در مصرف سوخت لکوموتیوها، ابتدا هزینه مصرف گازوئیل و برق در دو حالت دیزل-الکترونیک و برقی به وسیله رابطه (۵) برآورد گردیده و سپس اختلاف قیمت تمام شده در حالت برقی نسبت به دیزل به عنوان صرفه جویی در مصرف سوخت در نظر گرفته می شود.

$$(X)_i = \frac{(T_f)_i \cdot S_f \cdot F_f \cdot P}{1000} + (T_p)_i \cdot S_p \cdot F_p \cdot P \quad (5)$$

که در این رابطه  $(X)_i$  هزینه مصرف سوخت در سال  $i$  ام،  $(T_f)_i$  ترافیک باری سال  $i$  ام بر حسب تناژ ناخالص،  $S_f$  متوسط فاصله حمل بار بر حسب کیلومتر،  $(T_p)_i$  ترافیک مسافری سال  $i$  ام،  $S_p$  متوسط فاصله حمل مسافر،  $F_f$  میزان مصرف سوخت به ازاء هر هزار تن- کیلومتر بار ناخالص،  $F_p$  میزان مصرف سوخت به ازاء هر نفر- کیلومتر،  $P$  در سیستم برقی قیمت هر کیلووات ساعت برق و در سیستم دیزل قیمت هر لیتر گازوئیل می باشد.

نکته ای که باید در نظر گرفته شود آن است که در ارزیابی اقتصادی باید از قیمت جهانی سوخت استفاده شود ولی در ارزیابی مالی از دیدگاه راه آهن باید از قیمت داخلی سوخت استفاده گردد.

### ۲.۳.۲- منفعت حاصل از لکوموتیوهای دیزل-الکتریک

با برقی شدن خط آهن، لکوموتیوهای دیزل-الکتریک موجود به خطوط آهن دیگر منتقل شده و در آنجا مشغول فعالیت می شوند و همچنین دیگر نیازی به خرید لکوموتیو جدید با توجه به رشد ترافیک در سال های بعد نمی باشد، بنابراین منفعت حاصل از لکوموتیوهای دیزل-الکتریک با محاسبه ارزش لکوموتیوهای دیزل موجود و لکوموتیوهای دیزلی که در طول عمر پروژه با توجه به رشد ترافیک باید خریداری شود، به دست می آید.

### ۲.۳.۳- صرفه جویی در هزینه تعمیر و نگهداری لکوموتیوها

به جهت کم بودن سیستم های مکانیکی در لکوموتیوهای برقی، هزینه ی تعمیر و نگهداری آن ها نسبت به لکوموتیوهای دیزل-الکتریک پایین تر است.

با توجه به این که در مفروضات ترافیکی هزینه ی تعمیر و نگهداری لکوموتیوها به ازاء هر لکوموتیو- کیلومتر بیان می شود، بر این اساس با در نظر گرفتن تعداد لکوموتیوهای دیزل-الکتریک و برقی پیش بینی شده و مسافت طی شده ی روزانه ی آن ها، هزینه ی تعمیر و نگهداری لکوموتیوها در دو حالت برقی و دیزل-الکتریک محاسبه شده و اختلاف آن ها به عنوان صرفه جویی در هزینه ی تعمیر و نگهداری لکوموتیوها برآورد می گردد.

در این تحقیق از روابط (۶) جهت محاسبه ی هزینه ی تعمیر و نگهداری لکوموتیوهای برقی و دیزل-الکتریک استفاده شده است.

$$(M)_i = m \cdot (N_f)_i \cdot d_f \cdot N_k + m \cdot (N_p)_i \cdot d_p \cdot 360 \quad (6)$$

که در این رابطه  $(M)_i$  هزینه ی تعمیر و نگهداری لکوموتیوها در سال  $i$  ام و  $m$  هزینه ی تعمیر و نگهداری لکوموتیوها به ازاء هر لکوموتیو- کیلومتر می باشد.

## ۴.۳.۲- منفعت حاصل از افزایش ظرفیت

یکی از مزایای عمده ی لکوموتیوهای برقی، امکان سیر با سرعت های بالا می باشد. افزایش سرعت از عواملی است که به طور مستقیم باعث افزایش ظرفیت یک مسیر می گردد، زیرا با افزایش سرعت، مقدار پارامتر  $T$  در رابطه (۲) که مدت زمان رفت و برگشت قطار بین دو ایستگاه می باشد کاهش یافته و ظرفیت مسیر افزایش می یابد.

افزایش ظرفیت هم از جنبه ی مالی و هم از جنبه ی اقتصادی دارای مزایایی می باشد. از دیدگاه مالی با افزایش ظرفیت میزان حمل بار و مسافر افزایش یافته و در نتیجه درآمد حاصل از حمل بار و مسافر نیز بیشتر می گردد. بنابراین درآمد حاصل از حمل بار اضافی سیستم برقی نسبت به دیزل به عنوان منفعت مالی برای راه آهن در نظر گرفته می شود. برای محاسبه منفعت مالی حاصل از افزایش ظرفیت از رابطه (۷) استفاده شده است.

$$(Q_e)_i = (T_i * S_f) * P_{fr} \quad (7)$$

که در آن  $Q_e$  منفعت مالی حاصل از افزایش ظرفیت،  $T_i$  اختلاف ترافیک باری در حالت برقی نسبت به دیزل بر حسب تناژ خالص و  $P_{fr}$  هزینه حمل یک تن- کیلومتر بار از طریق راه آهن می باشد.

از دیدگاه اقتصادی محاسبه ی منفعت حاصل از افزایش ظرفیت قدری مشکل است و به شرایط ترافیکی مسیر وابسته است. به علت بالا بودن سرعت سیر در حالت برقی، ظرفیت حمل بار نسبت به حالت دیزل بیشتر می شود. برقی نکردن خط آهن موردنظر باعث می گردد این میزان بار اضافی توسط سیستم حمل و نقل جاده ای حمل شود که این امر هزینه های مختلفی را بر جامعه تحمیل خواهد کرد. از مهمترین اقلام این هزینه ها خرید و بکارگیری وسایل نقلیه جاده ای می باشد. به عنوان مثال برای حمل بار بیشتر، کامیون بیشتری نیاز است و تامین کامیون بیشتر و بکارگیری آن، نیازمند استفاده بیشتر از منابع جامعه می باشد. این منابع جهت تامین هزینه هایی همچون هزینه خرید کامیون، هزینه نگهداری و تعمیرات آن، هزینه ساخت و نگهداری جاده و هزینه خساراتی است که این وسیله حمل و نقلی بر محیط وارد می کند (هزینه های ناشی از تصادفات ترافیکی و آلودگی محیط زیست). بنابراین یکی دیگر از منافع که برقی کردن راه آهن ایجاد می نماید کاهش در هزینه گونه های دیگر حمل و نقل است. برای تعیین میزان کاهش در هزینه های گونه های دیگر حمل و نقل، نیاز به تعیین هزینه های جابجایی حمل بار با سیستم حمل و نقل جاده ای می باشد.

به دلیل نبود یک مدل کالیبره برای کشور، از نتایج پایان نامه دکترا که توسط حسن ذوقی در مورد تعیین شاخص های هزینه ای در جابجایی مسافر بین شهری انجام شده، استفاده گردیده است. هزینه های سیستم حمل و نقل جاده ای عمدتاً شامل خرید یا اجاره وسیله نقلیه و همچنین هزینه های عملیاتی می شوند. هزینه های عملیاتی بخش حمل و نقل جاده ای را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود [۶]:

۱- هزینه لوازم تعویضی و مصرفی : این دسته از هزینه ها شامل لوازمی می باشند که در وسیله نقلیه به علت فرسایش و استهلاک، تعویض و یا به علت کارکرد مصرف می گردند.

۲- هزینه ی مصرف سوخت.

۳- هزینه تعمیرات و نگهداری جزئی و اساسی.

۴- هزینه بیمه، دستمزد راننده و کمک راننده.

۵- استهلاک سرمایه.

با توجه به مطالب فوق ابتدا هزینه حمل یک تن- کیلومتر بار توسط سیستم حمل و نقل جاده ای محاسبه شده و سپس با استفاده از رابطه (۸) منفعت حاصل از افزایش ظرفیت برآورد می گردد.

$$(Q_e)_i = (T_i * S_f) * ((Mh1 * P / (C_k * 100)) + Mh2 + Mh3 + Mh4 + Mh5) \quad (8)$$

که در آن  $Q_e$  منفعت اقتصادی ناشی از افزایش ظرفیت بر حسب میلیون دلار،  $T_i$  اختلاف ترافیک باری بین حالت برقی و دیزل در سال  $i$  ام بر حسب تناژ خالص،  $Mh1$  میزان مصرف سوخت کامیون در صد کیلومتر،  $C_k$  ظرفیت اشغال شده کامیون بر حسب تن،  $Mh2$  هزینه لوازم مصرفی کامیون برای حمل یک تن- کیلومتر بار،  $Mh3$  هزینه تعمیرات جزئی و اساسی کامیون برای حمل یک تن- کیلومتر بار،  $Mh4$  هزینه بیمه و دستمزد برای حمل یک تن- کیلومتر بار و  $Mh5$  هزینه استهلاک برای یک تن- کیلومتر بار می باشد.

#### ۲.۳.۵- ارزش مانده تجهیزات ثابت

ارزش مانده، ارزش اجزای سرمایه گذاری شده در پایان دوره طرح است. این ارزش بدلیل آن است که عمر بعضی از اجزاء پروژه از عمر مفید پروژه بیشتر است. با توجه به این که عمر مفید تجهیزات ثابت کشش برقی (پست های کشش و شبکه ی بالاسری) از عمر پروژه بیشتر می باشد، لذا باید ارزش مانده تجهیزات ثابت در پایان عمر پروژه به صورت درصدی از ارزش این تجهیزات در ابتدای پروژه مشخص شده و به منافع طرح اضافه گردد.

#### ۲.۳.۶- منفعت حاصل از کاهش آلودگی هوا

به علت کم بودن سیستم های مکانیکی در لکوموتیوهای برقی نسبت به لکوموتیوهای دیزل-الکتریک و همچنین مصرف کمتر روغن در لکوموتیوهای برقی، آلودگی حاصل از این لکوموتیوها در حد پایین می باشد. ولی اگر نیروگاه های برق از گازوئیل به عنوان سوخت استفاده کنند، آلودگی حاصل از نیروگاه ها را نیز باید به آلودگی لکوموتیوهای برقی اضافه کرد. این آلودگی ها شامل تولید گازهای دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن، منو کسید کربن و هیدروکربن ها می باشند.

با توجه به در دسترس نبودن آمار و اطلاعات مربوط به آلودگی هوا در کشور ایران، از نتایج یک تحقیق که توسط هارپر<sup>۱</sup> و همکارانش (۱۹۹۱) انجام شده، استفاده گردیده است. میزان آلودگی ناشی از لکوموتیو های برقی و دیزل در جدول (۱) آورده شده است.

<sup>1</sup> Harper et al

جدول ۱: میزان آلودگی لکوموتیو ها (گرم بر تن - کیلومتر ناخالص) [۷]

لکوموتیو برقی	لکوموتیو دیزل	نوع آلودگی
۶۸/۴	۹۲/۱	دی اکسید کربن
۰/۳۲	۰/۸۸	اکسید نیتروژن
۰/۰۳	۰/۶۲	منو کسید کربن
۰/۰۰۱	۰/۲۶	هیدروکربن ها

#### ۴.۲ - مقایسه هزینه ها و منافع

پس از شناسایی هزینه ها و منافع طرح و اندازه گیری آن ها، باید با استفاده از روش های اقتصاد مهندسی به مقایسه ی آن ها پرداخت. در این تحقیق جهت مقایسه هزینه ها و منافع طرح از روش ارزش خالص فعلی استفاده شده است.

روش ارزش خالص فعلی از مناسب ترین تکنیک های ارزیابی پروژه های سرمایه گذاری از جمله پروژه های راه و راه آهن است. ارزش خالص فعلی طرح معادل ارزش فعلی منافع ناشی از سرمایه گذاری منهای ارزش فعلی هزینه های عملیاتی و هزینه ی حفظ و نگهداری تجهیزات نهایی سرمایه گذاری اولیه است [۸].

در این روش کلیه منافع و هزینه های طرح با یک نرخ تنزیل مشخص به ارزش حال تبدیل می - شود. در این روش هم می توان منافع و هزینه های طرح را جداگانه به ارزش حال تبدیل نمود و هم می توان منافع خالص (منافع منهای هزینه ها) هر سال بخصوص را به ارزش حال تبدیل نمود [۸]. محاسبه ارزش خالص فعلی طرح، تبدیل ارزش آینده کلیه هزینه ها و منافع به ارزش فعلی در زمان حال یا مبدأ پروژه می باشد و طبق رابطه (۹) محاسبه می شود [۸].

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} \quad (9)$$

که در آن NPV ارزش خالص فعلی پروژه، r نرخ تنزیل<sup>۱</sup>، n سال مورد نظر، B<sub>n</sub> منافع حاصل از پروژه در زمان n، C<sub>n</sub> هزینه ی حاصل از پروژه در زمان n و N تعداد سالی است که هزینه ها و منافع پروژه محاسبه می شوند [۸].

زمانی طرح مورد قبول و تایید واقع می گردد و توجیه اقتصادی دارد که NPV > 0 و در غیر اینصورت (NPV < 0) طرح فاقد توجیه اقتصادی است. در بحث مربوط به مقایسه طرحها نیز طرحی که دارای ارزش فعلی خالص بیشتری باشد ارجح تر و در اولویت بالاتری قرار می گیرد [۸].

<sup>1</sup> Discount Rate



### ۳- ارزیابی برقی کردن محور بافق - بندرعباس

با توجه به تاریخچه خطوط برقی در ایران، محور بافق- بندرعباس به علت در اختیار بودن گزارش های مالی پروژه، ارقام مربوط به هزینه های مختلف آن و پاره ای آمار مورد نیاز، همچنین برخورداری این محور از ترافیک باری مناسب، برای ارزیابی و مطالعه موردی برگزیده شد.

#### ۱.۳- حجم ترافیک باری

اولین گام برای اندازه گیری فایده یک طرح برآورد استفاده ی آتی از آن است، یعنی برآورد ترافیک در طول عمر مفید آن. قبل از پیش بینی ترافیک، ظرفیت این محور باید مشخص شود. ظرفیت خطوط راه آهن بر اساس ظرفیت بلاک بحرانی مسیر مشخص می شود. بلاک بحرانی، بلاکی است که زمان سیر قطار در آن نسبت به سایر بلاک های مسیر بیشتر می باشد. بلاک بحرانی در محور بافق- بندرعباس، بلاک احمد آباد- میمند به طول ۵۵ کیلومتر می باشد که جمع زمان رفت و برگشت قطارهای دیزلی فعلی در آن ۱۶۸ دقیقه است که به عنوان زمان پیوند بلاک در نظر گرفته می شود.

با توجه به طول بلاک احمد آباد- میمند و زمان پیوند بلاک، سرعت متوسط قطارهای دیزل-الکتریک در این بلاک حدود ۴۰ کیلومتر بر ساعت به دست می آید. در این تحقیق فرض می شود که این سرعت در حالت برقی به ۷۰ کیلومتر بر ساعت افزایش یابد. با توجه به موارد فوق ظرفیت این محور با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شده است. نتایج محاسبات در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲: ظرفیت خط آهن بافق-بندرعباس

حالت	ظرفیت (میلیون تن)
برقی	۵۱/۵
دیزل	۲۰

با توجه به ظرفیت محاسبه شده و وضعیت حمل بار در این محور طی سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵، پیش بینی ترافیک در طول عمر پروژه در دو حالت برقی و دیزل-الکتریک صورت گرفته است.

#### ۲.۳- برآورد هزینه ها

با در نظر گرفتن استانداردها و پیش بینی های لازم برای این مسیر و با برآوردی که بر اساس این ملزومات صورت گرفته است، هزینه های مربوط به برقی کردن خط آهن بافق-بندرعباس به تفکیک در جدول (۳) ارائه شده است.

محاسبات ارزش خالص فعلی بر اساس نرخ تنزیل ۱۰ درصد صورت گرفته و سال ۱۳۸۸ به عنوان سال مبنای محاسبات در نظر گرفته شده است.

جدول ۳: هزینه های برقی کردن محور بافق-بندرعباس (میلیون دلار)

عنوان	قیمت ثابت سال مبنا	ارزش خالص فعلی
هزینه مطالعات	۱۱/۵	۱۱/۵
هزینه خطوط انتقال فشار قوی	۲۰	۱۶/۵۸
هزینه پست های کشش و جداکننده	۳۹/۵	۳۲/۷۴
هزینه شبکه بالاسری	۲۴۹/۸	۲۰۷/۰۷
هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات ثابت	۱۰۰/۵۲	۲۶/۶۱
هزینه اصلاح گاباری و سیستم علائم و ارتباطات	۶/۱۸	۵/۱۲
هزینه خرید لکوموتیو برقی	۵۰۴/۵	۲۷۱/۴۳
جمع	۹۳۲	۵۷۱/۰۵

### ۳.۳- برآورد منافع

منافع برقی کردن محور بافق-بندرعباس هم از دیدگاه راه آهن به عنوان یک بنگاه اقتصادی و هم از دیدگاه ملی مورد بررسی قرار گرفته و محاسبه شده است. ارزش خالص فعلی منافع حاصل از طرح در جداول (۴) آورده شده است.

جدول ۴: ارزش خالص فعلی منافع برقی کردن محور بافق-بندرعباس (میلیون دلار)

عنوان	منافع مالی	منافع اقتصادی
صرفه جویی در مصرف سوخت لکوموتیوها	-۱۰۰/۴۲	۱۳۶/۵۲
منفعت حاصل از لکوموتیوهای دیزل-الکتریک	۱۷۵/۵۴	۱۷۵/۵۴
صرفه جویی در هزینه تعمیر و نگهداری لکوموتیوها	۵۱/۷۸	۵۱/۷۸
منفعت حاصل از افزایش ظرفیت	۱۳۲۸/۷	۱۳۸۳/۲
ارزش مانده تاسیسات ثابت	۷/۸	۷/۸
منفعت حاصل از کاهش آلودگی هوا	۰	۲۲/۴
جمع	۱۴۶۳/۴	۱۷۷۷/۲۴

### ۴.۳- مقایسه هزینه ها و منافع

بر اساس محاسباتی که در بخشهای قبل صورت گرفت و بر اساس مقادیر محاسبه شده برای هزینه ها و منافع طرح، میزان ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی طرح به ترتیب برابر با ۸۹۲/۳۵ و

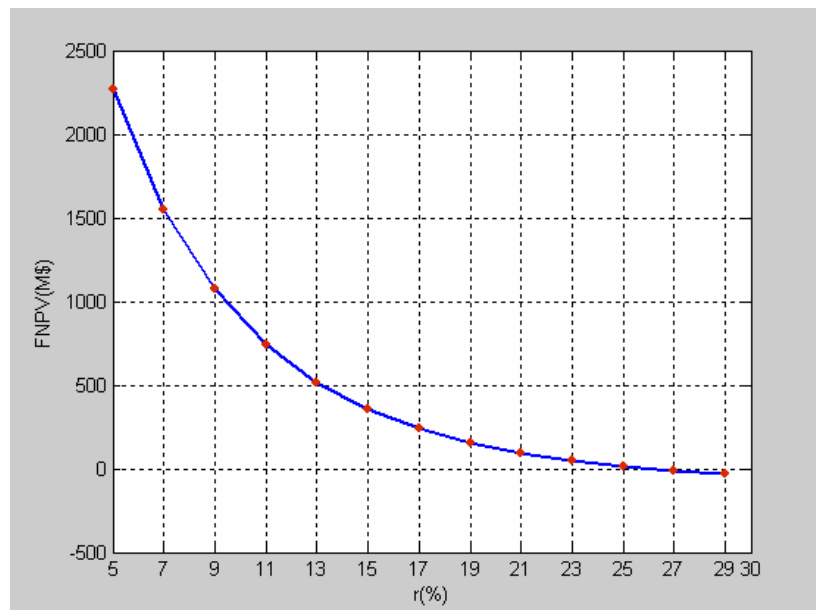
۱۲۰۶/۲ میلیون دلار می باشد. بنابراین این پروژه هم از دیدگاه راه آهن به عنوان یک بنگاه اقتصادی یک طرح سودآور می باشد و هم از دیدگاه ملی مقرون به صرفه خواهد بود.

#### ۴- آنالیز حساسیت<sup>۱</sup>

آنالیز حساسیت در واقع یک نوع بازنگری به ارزیابی اقتصادی است. به عبارت دیگر آنالیز حساسیت عبارت است از تکرار محاسبات یک فرآیند مالی و اقتصادی با تغییر دادن پارامترهای اصلی و مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از اطلاعات اولیه [۹].

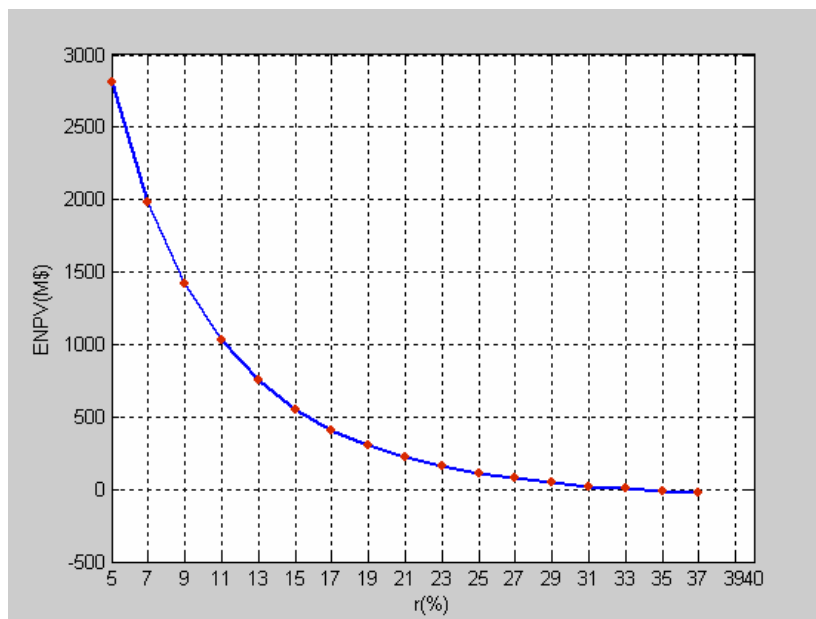
##### ۱.۴- نرخ تنزیل

در شکل های (۱) و (۲) روند تغییرات ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی طرح با تغییر نرخ تنزیل نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود مقدار ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی طرح با افزایش نرخ تنزیل، کاهش می یابد. دلیل این امر تفاوت زمانی هزینه ها و درآمدهاست. عمده هزینه ها در ابتدای دوره طرح انجام شده اند، حال آن که اغلب درآمدها به صورت سالانه و در طول عمر پروژه به دست آمده اند و به همین دلیل درآمدها از تغییرات نرخ تنزیل تاثیر بیشتری می پذیرند و سقوط شدیدتری خواهند داشت.



شکل ۱: روند تغییرات ارزش خالص فعلی مالی طرح با تغییرات نرخ تنزیل

<sup>1</sup> Sensitivity Analysis

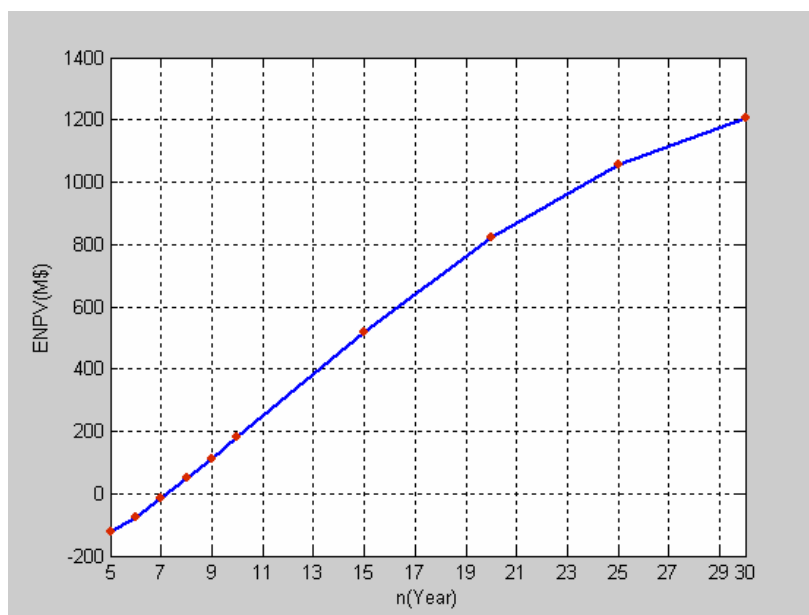


شکل ۲: روند تغییرات ارزش خالص فعلی اقتصادی طرح با تغییرات نرخ تنزیل

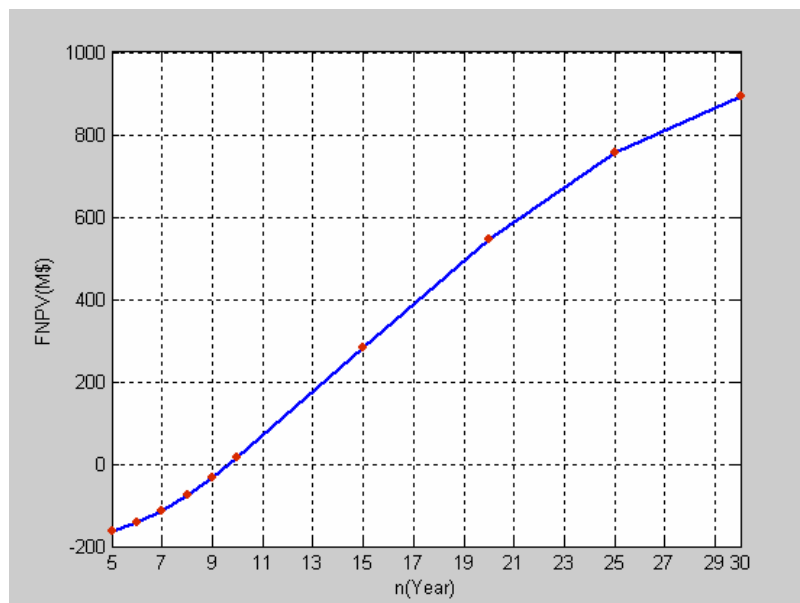
همانطور که ملاحظه می شود این پروژه در حالت مالی با نرخ تنزیل بیش از ۲۵/۷ درصد و در حالت اقتصادی با نرخ تنزیل بیش از ۳۳/۴ درصد مقرون به صرفه نخواهد بود.

#### ۲.۴- طول دوره طرح

روند تغییرات ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی طرح با تغییر طول دوره بهره برداری در شکل های (۳) و (۴)، نشان داده شده است.



شکل ۳: روند تغییرات ارزش خالص فعلی اقتصادی با طول دوره طرح



شکل ۴: روند تغییرات ارزش خالص فعلی مالی با طول دوره طرح

همانطور که از شکل های فوق مشخص است سوددهی مالی پروژه از سال دهم و سوددهی اقتصادی پروژه از سال هشتم آغاز می شود و با افزایش طول دوره طرح میزان ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی طرح افزایش می یابد.

## ۵- نتیجه گیری

۱- با توجه به ارزش خالص فعلی مالی و اقتصادی این طرح که به ترتیب برابر با ۸۹۲/۳۵ و ۱۲۰۶/۲ میلیون دلار می باشد، این سیستم هم از لحاظ ملی و هم از دیدگاه راه آهن، یک سیستم سودده است. لذا سازمان های مربوطه می توانند با پرداخت وام و تشویق سرمایه گذاری، قسمتی از هزینه های مربوطه را واگذار کنند و با این کار، هم در جهت خصوصی سازی و ایجاد رقابت، قدمی برداشته شده است و هم قسمت کمتری از بودجه عمومی مصرف می شود.

۲- آنالیز حساسیت انجام شده بر روی طول دوره ی طرح بیانگر آنست که هر چه طول دوره ی طرح افزایش یابد، نرخ بازده داخلی مالی و اقتصادی طرح افزایش می یابد و این بدان علت است که اغلب هزینه ها در ابتدای دوره ی طرح صورت می گیرد ولی منافع طرح در طول دوره ی بهره برداری از طرح ایجاد می شوند و هر چه دوره ی طرح افزایش یابد، منافع حاصل از طرح نیز افزایش می یابد.

۳- با توجه به ارزیابی انجام شده این نتیجه حاصل می شود که مهمترین منفعت حاصل از برقی کردن خطوط ریلی، چه از دیدگاه راه آهن و چه از دیدگاه ملی، منفعت حاصل از افزایش

ظرفیت می باشد و این نشان دهنده ی اهمیت تقاضا در مورد سیستم های حمل و نقلی می باشد و به نظر می رسد مهمترین پارامتر در ارزیابی برقی کردن خطوط ریلی، مساله ی تقاضا و ظرفیت باشد.

۴- با توجه به اینکه کشور ایران دچار تحریم های اقتصادی می باشد و این تحریم ها روز به روز افزایش می یابد و با توجه به اینکه مهمترین کشور تولیدکننده ی لکوموتیوهای دیزل-الکترونیک، کشور امریکا می باشد و به دلیل همین تحریم ها قادر به خرید لکوموتیوهای دیزل با کیفیت مناسب نمی باشیمو همچنین در تهیه ی قطعات برای لکوموتیوهای دیزل موجود نیز دچار مشکل هستیم، لذا توجه به برقی کردن خطوط ریلی در خطوط با ترافیک مناسب ضروری به نظر می رسد.

## ۶- مراجع

- 1-Fathy El-Sayed Al-Tony and Abdelkader Lashine, 2000, Cost-benefit analysis of railway electrification: case study for Cario-Alexandria railway line, Impact Assessment and Project Appraisal, Volume 18, number 4, pp 323-333.
- 2-Alan S.Drake., 2005, *Electrification of Transportation as a Respanse to Peaking of World Oil Production*, [http://www.lightrailnow.org/features/f\\_lrt\\_2005-02.htm](http://www.lightrailnow.org/features/f_lrt_2005-02.htm).
- ۳- معاونت امور فنی، دفتر ارزیابی و نظارت طرحها، ۱۳۸۱، راهنمای تهیه گزارش توجیه طرح، جلد اول: مروری بر روشهای تدوین گزارش توجیه طرح (تجربه جهانی)، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
- ۴- شرکت مهندسی مشاور مترا، ۱۳۸۰، چشم اندازهای صنعت ریلی سریع السیر، برگزیده مقالات سیستم حمل و نقل سریع السیر ریلی، گزارش ۳۷۶۶ الف.
- ۵- فرشاد، س.، ۱۳۸۳، بررسی فنی و اقتصادی برقی کردن راه آهن در ایران، جلد اول-اصول و مبانی بررسیها، راه آهن جمهوری اسلامی ایران.
- ۶- ذوقی، ح.، ۱۳۸۰، شناسایی و تعیین شاخص های هزینه ای در جابجایی مسافر بین شهری و تدوین مدل قیمت گذاری، رساله ی دکتری مهندسی عمران، دانشکده ی مهندسی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- 7-Liz Harper et al, 1991, Wrong side of the tracks? Impacts of road and rail transport on the Enviroment: a basis for discussion, Test report NO 100, England.
- ۸- ایران. وزارت راه و ترابری. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری.، ۱۳۸۴، بررسی عوامل موثر در ارزیابی و توجیه فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه های راه و راه آهن، وزارت راه و ترابری.
- ۹- اسکونژاد، م. م.، ۱۳۷۵، اقتصاد مهندسی (چاپ هفتم)، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.