



مقایسه نتایج تحلیل منفعت - هزینه با تحلیل چند معیاره در سرمایه گذاری در زمینه حمل و نقل شهری

علی منصور خاکی - دانشیار گروه راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران¹
سید مجتبی شفیع - دانشجوی دکتری راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران²

¹mkhaki@iust.ac.ir

²smojtaba_sh@yahoo.com

چکیده :

این تحقیق به مقایسه نتایج نتایج یک روش چند معیاره و تحلیل منفعت - هزینه که برای یک پروژه توسعه حمل و نقل ریلی شهری مورد استفاده قرار گرفت می پردازد. پس از انجام تحلیل ها نهایتاً مشخص شد که نتایج روش چند معیاره با نتایج مطرح شده در تحلیل هزینه-فایده مطابقت نداشته اما با تصمیم نهایی مسئولین هماهنگ است. یک نتیجه گیری مهم اهمیت ادغام دیگر جوانب، غیر از جوانب اقتصادی، در برآوردها جهت اتخاذ تصمیمات در موضوع حمل و نقل شهرهاست. این نمونه نشان میدهد چنانچه در تحلیلها از طیف گسترده تری از معیارهای غیراقتصادی استفاده گردد، بهتر میتوان از نتیجه آن دفاع کرد.

واژه های کلیدی : تحلیل چند معیاره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل هزینه - فایده، سرمایه گذاری در حمل و نقل.

1. مقدمه

از تحلیل منفعت - هزینه (BCA) بطور گسترده ای بصورت پشتیبان در فرآیند های اتخاذ تصمیم در موضوع حمل و نقل استفاده شده است. توجه به مواردی از متغیرهای غیر اقتصادی در تحلیل مانند آلودگی های زیست محیطی، تصادفات، مزاحمت های دیداری و غیره در کاربرد BCA ایجاد مشکل کرده اند. تصمیم گیری چند معیاره بعنوان جایگزینی برای BCA مطرح شده تا با این مشکلات مقابله کند. یکی از تکنیک های چند معیاره مشهور که در موارد متعددی استفاده شده است، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که توسط ساتی در اواخر دهه 1970 ارائه شد (ساتی، 1977).

AHP عبارت است از تجزیه مسئله ای که باید درباره آن تصمیم گیری شود به سلسله مراتبی از معیارهای اصلی، معیارهای فرعی، ویژگی ها و گزینه های حل مسئله. این سلسله مراتب با مجموعه ای از وزن ها ترکیب شده است. این وزن ها اهمیت نسبی اجزاء سلسله مراتب را منعکس کرده و نهایتاً به تصمیم گیرنده امکان جستجوی بهترین راه حل توافقی را می دهد.

هدف این تحقیق مقایسه نتایج مربوط به استفاده از BCA با نتایج حاصل از کاربرد AHP در فرآیند تصمیم گیری درباره یک سرمایه گذاری برای حمل و نقل شهری و با توجه به بعضی جوانبی است که در زمان ارزیابی اقتصادی مدنظر قرار نگرفتند. اطلاعات مربوط به پروژه و تأثیراتش در سطوح مختلف در اختیار برخی افراد قرار گرفت تا تغییر وزن ها با توجه به این حقیقت سنجیده شود.

نتایج نشان می دهد که لازم است دیگر جوانب، غیر از جوانب اقتصادی، در فرآیند تصمیم گیری ادغام شوند تا قابل دفاع باشد. علاوه براین، بایستی نظرات مردمی نیز صراحتاً در تصمیم گیری دخالت داده شوند، بخصوص زمانیکه مسئولین می توانند اطلاعات دقیق و بموقعی درباره پروژه ها در اختیار آنها قرار دهند.

این مقاله به ترتیب زیر ارائه شده است. پیش زمینه تئوریک مربوط به BCA و AHP در بخش 2، و تشریح پروژه تحت بررسی در بخش 3 مطرح گردیده اند. بخش 4 به نتایج اصلی بدست آمده از تحقیق اختصاص داده شده و بخش آخر نتیجه گیری نهایی را دربر می گیرد.

2. پیش زمینه تئوریک

هدف از ارزیابی های اجتماعی به حداکثر رساندن رفاه اجتماعی است. از این رو ارزیابی اجتماعی باید تمام متغیرهایی را که به رفاه کشور و جامعه مرتبط است مورد بررسی قرار دهد. بعنوان بخشی از یک فرآیند ارزیابی مزایا و معایب تصمیمات بایستی مشخص و ارزشیابی شوند. تعریف یک دوره ارزیابی و نیز یک نرخ بهره ضروری است، تا بتوان شاخص های بازدهی را محاسبه کرد. پروژه ای که شرایط خاصی از شاخص ها را پاسخگو باشد بعنوان پروژه منتخب برگزیده خواهد شد. تحلیل منفعت - هزینه



نمونه خوبی از کاربرد چهارچوب ارزیابی اقتصادی است که مقایسه پروژه های مختلف براساس واحد اندازه گیری یکسان را میسر می سازد (پیرس و ناش، 1981).

ارزیابی اقتصادی بعضی آیتم های خاص مانند مدت زمان سفر و مصرف سوخت بسیار ساده است و روش های زیادی برای اینکار ابداع شده است. اما برای بعضی آیتم ها مانند آلودگی صوتی، آلودگی هوا، مزاحمت دیداری و غیره که هیچ قیمت مشخصی ندارند، این ارزیابی سخت تر می شود. غالباً قضاوت های ارزشی درباره این ارزیابی ها وجود دارد که مسائل را پیچیده تر می کند (پیرس و ناش، 1981).

طی دهه اخیر، تکنیک هایی که شاید بتوانند ارزیابی موارد فاقد قیمت را برای تصمیم گیرنده میسر سازند پیشرفت چشمگیری داشته اند. بطور مثال روش ارزیابی احتمالی و تکنیک رجحان بیان شده (تینچ، 1995؛ بتمن و ویلیز، 1999؛ بتمن و دیگران، 2002؛ ریزی و اورتوزار، 2003). این پیشرفت ها سنجش میزان تمایل افراد به پرداخت هزینه نگهداری از محل های تفریحی و رفتن به آنجا، کاهش آلودگی هوا و کاهش ریسک تصادفات را امکان پذیر می سازد. ممکن است در آینده نتایج این برآوردها با نتایج BCA قدیمی ادغام شوند زیرا همگی آنها طبق یک واحد پولی مشترک سنجیده می شوند.

تمامی برآوردهای قبلی مربوط به ارزشیابی های ذهنی حاکی از آن است که برای ادغام آنها در چهارچوب ارزیابی اجتماعی شاید لازم باشد تعدیلاتی در آنها صورت گیرد. واضح است که بخاطر اطلاعات نادرست مردم، مشکلات توزیع درآمد بین افراد و بسیاری از خصوصیات شخصی ممکن است ارزیابی ذهنی را با ارزیابی اجتماعی متفاوت نماید (تینچ، 1995). یکی از مشکلاتی که گاهی در BCA مورد توجه قرار نگرفته ناشی از این واقعیت بوده و مربوط به مشارکت مردمی در فرآیند تصمیم گیری است. در این مورد ارزیابی چند معیاره (MCA) مناسب به نظر می رسد، زیرا این نوع ارزیابی امکان بررسی نظرات مردم درباره جوانب خاصی مانند اهمیت اجتماعی مواردی از قبیل مزاحمت دیداری را برای تصمیم گیرنده بوجود می آورد.

لازم به ذکر است که BCA خود در واقع یک روش MCA است. بطوریکه در قسمت های بعدی این تحقیق توضیح داده خواهد شد، تفاوت اصلی این دو، با توجه به رویکردهای مناسب MCA، در این است که BCA از ارزش های پولی بعنوان واحد گروه بندی استفاده می کند (خصوصی، عمومی و یا ترکیبی از آنها)، درحالیکه در MCA از مجموعه ای از وزن ها که براساس نظرات مردمی هستند استفاده می شود. این مردم می توانند شهروندان معمولی، کارشناسان و یا فعالان عرصه سیاست باشند.

2-1 - ارزیابی چند معیاره

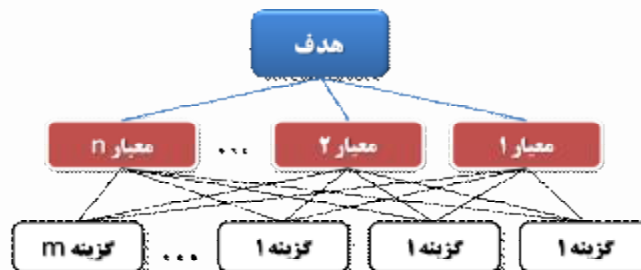
در زندگی واقعی یافتن مسئله که نیاز به تصمیم گیری داشته ولی فقط یک هدف را دنبال می کند کار مشکلی است. وقتی تعداد اهداف زیاد بوده و رابطه ای بین آنها وجود دارد تکنیک های چند معیاره مناسب اند. بنا به گفته زیونتز (نقل قول شده در تودلا، 1998) تکنیک های چند معیاره را می توان براساس ماهیت محدودیت های مشکلی که نیاز به تصمیم گیری دارد یعنی صریح یا غیر صریح بودن آن، و ماهیت نتایج یعنی قطعی یا تصادفی بودن آنها طبقه بندی کرد.

وقتیکه محدودیت ها صریح هستند، تحلیل چند معیاره یعنی انتخاب یک راهکار از بین گروهی از راهکارهای مشخص و محدود. تحلیل براساس مشخصه های هر یک از گزینه ها و نیز اهمیت معیارهای دخیل در فرآیند تصمیم گیری صورت خواهد گرفت. روش های زیادی وجود دارند که ممکن است برای این نوع مشکلات چند معیاره مجزا استفاده شوند: از جمله روش تئوری مطلوبیت چند شاخصه، روش های رتبه بندی Electre و Promethee و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی. این تحقیق روی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) متمرکز خواهد شد.

نمونه هایی از کاربردهای اخیر تحلیل چند معیاره در بخش حمل و نقل را می توان در نوشته های تیسامبولاس و میکروودیس (2000)، باومن و مول (2002) و یدلا و شرستا (2003) یافت.

2-2 - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

AHP توسط ساتی (1977) ارائه شد و شامل تجزیه یک فرآیند تصمیم گیری پیچیده به ساختاری سلسله مراتبی، مشابه ساختار یک درخت فرضی، می شود که دارای خانه ها، سطوح و ارتباطات بین سطوح است. هدف اصلی در بالای سلسله مراتب قرار می گیرد و معیارهای ثانویه در زیر این هدف جای خواهند گرفت. ممکن است معیارهای فرعی دیگری نیز در زیر این معیارها قرار گیرند. این تجزیه تا زمانیکه به سطح یکی قبل از آخرین مرتبه از سلسله مراتب برسیم ادامه خواهد یافت. در این سطح ویژگی هایی که فرآیند اتخاذ تصمیم را بطور جزئی تر و بهتر توضیح می دهند قرار می گیرند. سطح آخر شامل گزینه هایی است که تحت بررسی هستند (شکل 1).



شکل 1. سلسله مراتب هدف، معیارها و گزینه ها



برای ساخت این سلسله مراتب شاید نیاز به دخالت کارشناسان، تصمیم گیرندگان و مردم باشد. در زمان ساخت یک سلسله مراتب باید دقت کرد که از تکرار محاسبه ویژگی ها اجتناب شود. در این تحلیل باید مجموعه ای از وزن ها ساخته شود. این وزن ها اهمیت نسبی معیارها، معیارهای فرعی و ویژگی های یک خانه مشخص در سلسله مراتب را نشان می دهند. طبق روش اصلی ابداعی ساتی، این وزن ها از ماتریس های مقایسه جفتی که برای هر خانه از سلسله مراتب ترسیم می شوند بدست می آیند.

زمانیکه وزن ها بدست آمد، ساختار سلسله مراتبی طبق یک روش خاص جمع می شود. برای هر راهکار تحت بررسی، یک وزن نهایی وجود خواهد داشت. از این وزن های نهایی برای دسته بندی گزینه ها استفاده می شود.

2-3 - محاسبه وزن ها

روش اصلی ساتی برای محاسبه وزن ها براساس ماتریس مقایسه جفتی بود. این مقایسه اهمیت نسبی عواملی را که در یک خانه از سلسله مراتب قرار می گیرند بدست می دهد. این مقایسه بین عوامل را می توان توسط یک ماتریس مربعی، A نشان داد که ساختار آن به شکل زیر است :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

در حالتیکه :

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

و

$$a_{ii} = 1, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

ساتی (1990) استفاده از یک مقیاس 9 درجه ای را برای سنجش اهمیت نسبی بین عوامل پیشنهاد می کند. در این مقیاس، 1 به معنی اهمیت یکسان عوامل است، درحالیکه 9 نشان دهنده اهمیت بیشتر یکی از عوامل نسبت به عامل دیگر است .

این ماتریس پس از اینکه از طریق مصاحبه ای با مردم و تصمیم گیرندگان ساخته شد، با محاسبه یک بردار نرمال شده از وزن ها مطابقت داده می شود. برای هر خانه در سلسله مراتب یک بردار وزن ساخته می شود. ابعاد بردار برابر n و n تعداد عوامل موجود درخانه است. این وزن ها (W_i) را می توان





با استفاده از فرآیند نرمال سازی هر یک از ستون های ماتریس A، بطوریکه در معادله 2 نشان داده شده، محاسبه کرد (ساتی، 1990).

$$(2) \quad w_i = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

پس از اینکه وزن تمام خانه ها مشخص شد، با استفاده از یک روش برای هر گزینه تحت بررسی آنرا با حالت جمع شده درخت سلسله مراتبی مطابقت می دهند. این روش جمع کردن مشابه روشی است که برای جمع کردن درختان فرضی بکار رفته است.

AHP قدیمی ساتی بارها مورد انتقاد قرار گرفته است. یکی از این انتقادات مربوط به استفاده از مقیاس 9 درجه ای است (مورفی، 1993؛ دوود، 1995) و انتقادی دیگر مربوط به یک اصل بدیهی است مبنی بر اینکه وزن ویژگی ها با اطلاعاتی که مردم درباره دیگر راهکارهای در دست بررسی دارند تطابق ندارد (ویبر، 1997).

تودلا (1998) روشی را برای اصلاح با انتقاد دوم ارائه داد. در این روش تعیین یک تابع کاربردی برای هر خانه از سلسله مراتب، و استفاده از تکنیک های رجحان بیان شده یا آشکار برای ارزیابی این کاربردها، مطرح شده است.

2-4 - روش تابع کاربردی به منظور استخراج بردار وزن

تودلا (1998) روش دیگری را برای مقایسه جفتی به منظور ارزیابی بردار وزن در AHP پیشنهاد کرد. این روش عبارت است از تعیین یک تابع کاربردی برای هر خانه از سلسله مراتب. این تابع به عوامل خانه وابسته خواهد بود. این توابع را می توان با استفاده از اطلاعات رجحان بیان شده یا بصورت قطعی تخمین زد.

در یک خانه فرضی، یک تغییر نهائی در کاربرد خانه را می توان بعنوان مجموع وزنی تغییرات نهائی ویژگی های خانه بیان کرد. این وزنها به مطلوبیت نهائی ویژگی ها و مقدار آنها وابسته خواهد بود. جالب توجه است که آگاهی مردم در زمان بررسی مطلوبیت نهائی ویژگی آشکار می شود. برای یک

$$(3) \quad \omega_i = \frac{\alpha_i \cdot x_i}{\sum_i \alpha_i x_i}$$

درحالتیکه α_i برابر است با ضریب متغیر x_i در تابع کاربردی. باید توجه داشت که مقسوم علیه برابر است با مطلوبیت کل خانه. ضرایب را می توان با استفاده از اطلاعات رجحان بیان شده و یا بطور قطعی، بسته به موقعیت تحت بررسی، تخمین زد.



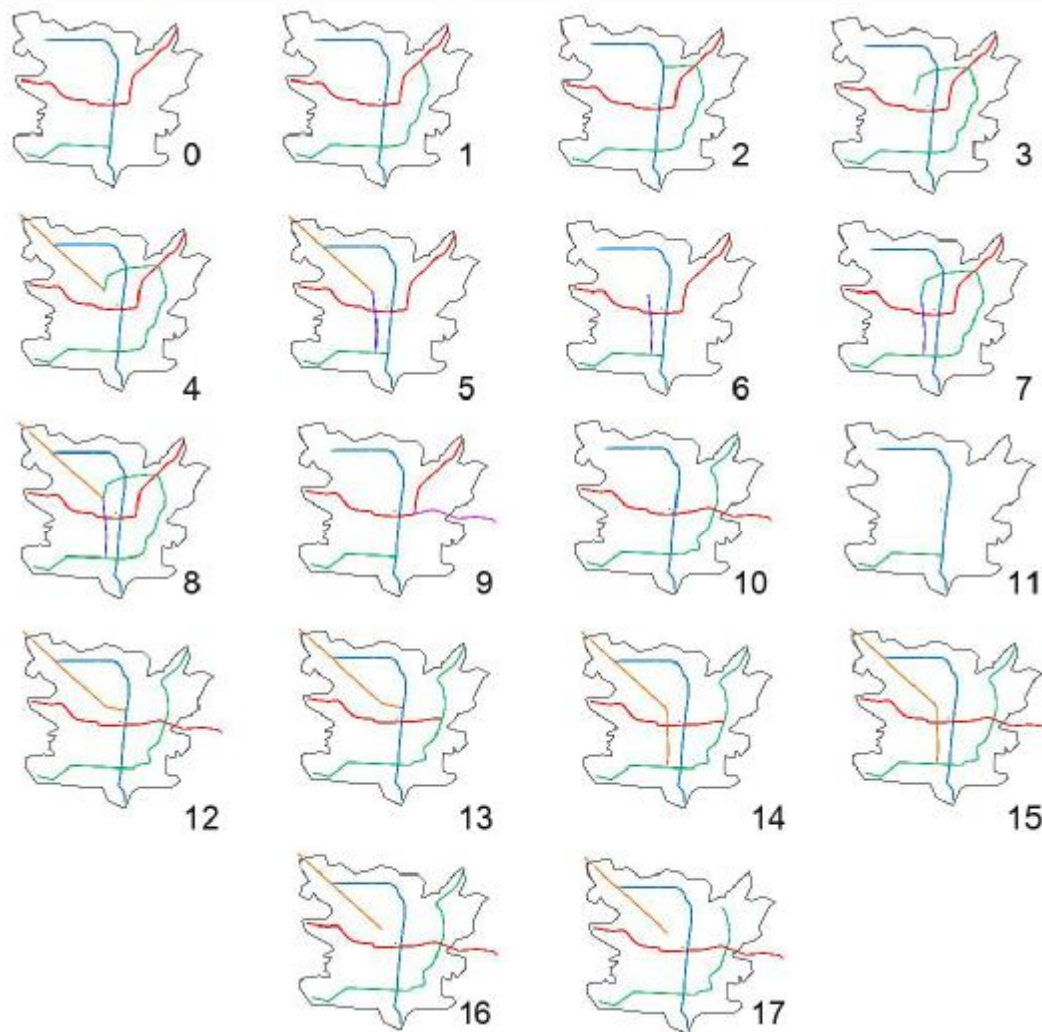
3. مورد مطالعاتی و اجرای آن

3-1- تشریح پروژه

پروژه مورد بررسی طرح توسعه شبکه ریلی شهر اصفهان است که پس از اتمام بخش اعظم عملیات اجرایی خط اول متروی این شهر بمنظور ادامه توسعه این شبکه حمل و نقل عمومی جهت ایجاد خطوط جدید در این شهر ارزیابی گردید. برای انجام این طرح دانشگاه صنعتی اصفهان با استفاده از نتایج مطالعات پیشین صورت گرفته توسط مشاورین ترافیکی قبلی، سناریوهای مختلفی با توجه به خروجی تحلیلهای انجام شده در نرم افزار EMM2 و دیگر ملاحظات اجرایی برای توسعه خطوط در 18 گزینه مختلف ارائه نمود که در شکل 2 نشان داده شده است.

برای ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه پیشنهادی جهت انتخاب معیارهای ارزیابی با استفاده از روش الفبایی (Lexicographic) معیارها به دو دسته شامل معیارهای اولیه و معیارهای اصلی تقسیم شدند. با توجه به شرایط خاص بافت تاریخی شهر اصفهان، حفظ آثار تاریخی و باستانی بعنوان معیار اولیه لحاظ گردیده و کلیه گزینه هایی که به نحوی موجب به خطر افتادن این آثار بوده اند حذف گردیدند. در گروه دوم معیارهای اصلی قرار گرفتند که با استفاده از نظرات تعدادی از کارشناسان و متخصصین در موضوع حمل و نقل شهری تعیین شدند.

پس از تعیین وزن معیارها و ارائه گزینه های پیشنهادی اطلاعات لازم برای هر معیار برای هر یک از گزینه ها با استفاده از داده های موجود و اجرای هر گزینه در نرم افزار EMM2 محاسبه، تدوین و آماده انجام مقایسه و تعیین اولویت جهت تصمیم گیری گردید.



شکل 2. گزینه های 18 گانه مورد ارزیابی برای توسعه شبکه ریلی شهر اهواز.

3-2-2 - اجرای فرآیند ارزیابی گزینه ها

3-2-3-1 - بکارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

معیارهای ارزیابی که برای مقایسه اثرات و پیامدهای مختلف گزینه‌های مسیرهای شبکه ریلی در نظر گرفته شده طبق شکل 3 بوده و شامل موارد زیر می‌باشد:

- § اثرات زیست محیطی: این پیامد شامل میزان انتشار آلاینده‌ها در هر سناریو می‌باشد.
- § مصرف منابع محدود: این پیامد شامل میزان مصرف سوخت در هر سناریو می‌باشد.

- § هزینه گردانندگان سیستم: این پیامد شامل هزینه احداث، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری در هر سناریو می‌باشد.
- § هزینه استفاده‌کنندگان از سیستم: این پیامد شامل زمان سفر استفاده‌کنندگان در هر سناریو می‌باشد.
- § میزان پوشش جمعیتی: این پیامد شامل جمعیت تحت پوشش حمل‌ونقل همگانی در هر سناریو می‌باشد.



شکل 3. معیارهای ارزیابی جهت اجرای تحلیل سلسله مراتبی در این مطالعه

برای تعیین وزن معیارهای تعیین شده نیز از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده گردید و پس از نظرخواهی از تعداد قابل توجهی از متخصصین و کارشناسان ذیربط و بدست آوردن نسبت سازگاری مناسب (CR=0.01) وزن معیارهای مورد نظر بشرح جدول شمار 1 تعیین گردید.

جدول 1. لیست معیارهای انتخابی و وزن هر یک

ردیف	معیار	وزن
1	اثرات زیست محیطی	33/82%
2	مصرف منابع محدود	8/48%
3	هزینه گردانندگان سیستم	7/58%
4	هزینه استفاده کنندگان از سیستم	38/36%
5	میزان پوشش جمعیتی	11/76%

با توجه به تقاضای سفر با مدهای مختلف حمل‌ونقل در شهر اصفهان در افق طرح (سال 1404) عملکرد هر یک از سناریوها مورد بررسی قرار می‌گیرد. عملکرد هر گزینه با استفاده از مدل تخصیص ترافیک ساخته شده برای مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر اصفهان در نرم افزار EMME2 تعیین می‌شود. خلاصه نتایج حاصل شده از اجرای هر یک از سناریوهای پیشنهادی شامل شاخص‌های عملکردی شبکه معابر (مسافت طی شده، زمان صرف شده، متوسط سرعت و ...)، عملکرد شبکه حمل‌ونقل همگانی (تعداد با حمل و نقل همگانی، تعداد مسافر سوارشده، زمان سفر مسافرین و...)، آلودگی هوا و مصرف منابع محدود جهت تعیین مقادیر معیارهای ارزیابی استفاده شده است.

هزینه‌هایی نظیر احداث، بهره‌برداری، خرید ناوگان، تعمیر و نگهداری از جمله‌ی هزینه‌های گردانندگان سیستم حمل‌ونقل به شمار می‌آید. در این مطالعه هزینه احداث هر کیلومتر خط قطار شهری در حالت‌های مختلف تونل، در ارتفاع، روی سطح و کند و پوش مطابق جدول 2 در نظر گرفته شده است.

جدول 2. هزینه واحد احداث سیستم‌های ریلی به ازای هر کیلومتر (میلیون دلار)

ارتفاع	همسطح	زیر زمینی	کند و پوش
23/3	10	43/3	30

با توجه به هزینه‌های واحد ارائه شده، هزینه گردانندگان سیستم در سناریوهای مختلف در جدول 3 نشان داده شده است.

جدول 3. هزینه گردانندگان سیستم در سناریوهای مختلف پیشنهادی قطار شهری اصفهان.

شماره سناریو	هزینه به صورت کند و پوش (میلیون دلار)	هزینه به صورت زیر زمینی (میلیون دلار)	هزینه به صورت همسطح (میلیون دلار)	هزینه در ارتفاع (میلیون دلار)	جمع هزینه (میلیون دلار)
1	231	935	0	524	1691
2	231	1347	0	524	2102
3	231	1412	0	524	2167
4	231	1520	0	524	2275
5	231	1520	110	524	2385
6	231	1186	110	524	2052
7	231	1186	0	524	1942
8	231	1771	0	524	2526
9	231	1771	110	524	2636
10	231	1009	0	711	1951
11	231	1364	0	711	2306
12	231	576	0	182	989
13	231	1528	110	711	2580
14	231	1528	110	524	2394
15	231	1615	110	711	2667
16	231	1364	110	711	2416
17	231	1247	110	620	2208



در خصوص معیار "مصرف منابع محدود" در این ارزیابی میزان مصرف سوخت می‌باشد که با استفاده از خروجی‌های نرم افزار EMME2 میزان مصرف سوخت بنزین و گازوئیل هر یک از سناریوها تعیین شده و در جدول 4 خلاصه نتایج هر یک نشان داده شده است.

"اثرات زیست محیطی" نیز در این ارزیابی معادل میزان انتشار آلاینده‌های عمده زیست‌محیطی شامل HC، CO، NOx که توسط وسایل نقلیه شخصی، تاکسی و اتوبوس در هوا منتشر می‌گردد و با احداث هر یک از سناریوهای سیستم ریلی تغییر می‌یابد است که با استفاده از خروجی‌های نرم افزار EMME2 مقدار کمی این معیار در گزینه‌های مختلف محاسبه شده و در ادامه جدول 4 آمده است.

جدول 4. خلاصه اطلاعات میزان مصرف سوخت و نشر آلودگی وسایل نقلیه مختلف و هزینه استفاده‌کنندگان سیستم در سناریوهای مختلف در یک ساعت سال 1404.

زمان سفر شبکه در ساعت اوج صبح (مسافر - ساعت)	مجموع آلاینده‌ها (کیلوگرم)	میزان نشر آلاینده (کیلوگرم)			مجموع مصرف سوخت (لیتر)	مصرف سوخت* (لیتر)		شماره سناریو
		NOX	HC	CO		گازوئیل	بنزین	
251640	138966	4751/9	16786/7	117427/4	450598	87885/6	362712/4	عدم انجام کار
190100	88413	4078/6	10936/3	73398/5	314106	80743	233363/1	1
183862	87674	3937/4	10890	72847/1	309293	76370/2	232923/2	2
184485	87913	3956/8	10905/2	73050/9	309955	76904/2	233051/2	3
184511	87968	3959/9	10911	73097	310130	76895/7	233234/8	4
184415	87796	3917/3	10902	72976/5	308606	75705/0	232901	5
185459	87897	3904/0	10910/9	73081/8	308355	75291/8	233063/5	6
185098	87862	3921/7	10906/7	73033/2	309000	76086/0	232913/8	7
184595	87800	3906/4	10902/6	72990/9	308285	75408/0	232876/8	8
184350	87717	3869/9	10898/5	72948/3	307236	74246/4	232989/1	9
185522	87886	3968/3	10907/1	73010/7	310390	77302/7	233087/7	10
191727	88316	4070/3	10939/1	73306/3	314127	80677/1	233449/5	11
191043	88139	4061/2	10921/8	73155/7	314153	80625/2	233527/5	12
191776	88382	4057/6	10950	73374/5	313968	80159/2	233809/3	13
191863	88248	4045/1	10941/6	73261/6	313670	79840/0	233829/6	14
182467	87798	3922/6	10893/3	72982/4	308490	75869/3	232620/3	15
181020	88044	3986/1	10911/6	73146/8	310657	77855/0	232802/1	16
181643	88007	3997/4	10910/2	73099	311242	77975/7	233266/1	17





(* : "مصرف سوخت" شامل مجموع سوخت مصرفی توسط موتور سیکلت ها، سواری های شخصی، تاکسی ها، مسافربرها، وانت بارها، مینی بوسها، اتوبوسها و وسایل باری سنگین است.)

"هزینه استفاده کنندگان سیستم" دیگر معیاری است که علاوه بر هزینه های گردانندگان سیستم در جای خود بسیار مهم می باشد. یکی از این مهمترین اجزای این هزینه ها، هزینه زمان سفر است. زمان سفر استفاده کنندگان از سیستم با هزینه های آنها متناسب است. با افزایش زمان سفر هزینه های ریالی سفر (کرایه)، سوخت، استهلاک و ... نیز افزایش می یابد. بنابراین زمان سفر به عنوان هزینه استفاده کنندگان از سیستم شناخته می شود و در جدول 5 مقدار این معیار برای سناریوهای مختلف بر اساس خروجی های نرم افزار EMME2 ارائه شده است.

مسأله "پوشش جمعیتی سیستم ریلی" یعنی جمعیت تحت پوشش حمل و نقل همگانی و تأمین دسترسی به خدمات حمل و نقل همگانی در نزدیکی مبدأ و مقصد مسافران بعنوان معیار اصلی منافع ناشی از توسعه شبکه ریلی یک هدف حائز اهمیت در این تصمیم گیری است. در سناریوهای مختلف، جمعیتی که به واسطه احداث خط ریلی از خدمات حمل و نقل همگانی انبوبر بهره مند می شوند، متفاوت می باشد. بنابراین معیار میزان پوشش جمعیتی هر گزینه می تواند در انتخاب گزینه برتر موثر باشد. جهت تعیین این معیار، پوشش مسیر با در نظر گرفتن فواصل 500 متری در طرفین خطوط پیشنهادی در هر سناریو و محاسبه جمعیت در این نواحی بدست می آید. در آخرین ستون از جدول 4 نتایج این تحلیل برای سناریوهای مختلف ارائه شده است.

سناریوی شماره 8	سناریوی شماره 7	سناریوی شماره 6	سناریوی شماره 5	سناریوی شماره 4	سناریوی شماره 3	سناریوی شماره 2	سناریوی شماره 1	سناریوی عدم انجام کار	عنوان معیار
216256	216237	216374	216498	216380	216336	216337	216344	91342	تعداد سفرهای تولید شده
410953	409811	410436	407949	409100	409765	411218	400695	167297	تعداد مسافرین سوار شده
194697	193574	194061	191451	192720	193429	194881	184350	75954	تعداد مسافرین انتقالی بین خطوط
460304	461182	465235	463882	459111	459172	457996	456230	222946	مسافت پیاده طی شده (مسافر - کیلومتر)
19428	20400	18971	18535	19650	19701	20489	19900	13984	زمان انتظار برای سوار شدن (مسافر - ساعت)
96626	100290	96938	94674	97604	97884	98215	102583	58935	مسافر - ساعت
2570529	2559956	2543168	2555080	2571349	2572929	2581769	2563298	1019443	مسافر - کیلومتر
715/4	575	656/5	734/9	646/2	624/5	602/4	505/8	0	پوشش جمعیتی (هزار نفر)

سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	سناریوی شماره	عنوان معیار
17	16	15	14	13	12	11	10	9	
215010	214250	216339	217364	218534	216166	218377	216612	216398	تعداد سفرهای تولید شده
405008	400804	400820	416322	415851	409968	411722	414792	410589	تعداد مسافری سوار شده
189998	186554	184481	198958	197317	193802	193344	198179	194191	تعداد مسافری انتقالی بین خطوط
470849	472227	463762	455492	453774	460887	453953	462274	464447	مسافت پیاده طی شده (مسافر - کیلومتر)
19461	18947	17612	19552	18056	20079	18361	18775	18213	زمان انتظار برای سوار شدن (مسافر - ساعت)
94441	91614	92357	98085	95089	109381	97186	97239	93432	مسافر - ساعت
2531351	2538917	2550196	2547064	2544233	2526730	2549253	2554545	2553754	مسافر - کیلومتر
645/2	764/5	800/7	713/4	770/2	270/6	673/3	585/2	789/2	پوشش جمعیتی (هزار نفر)

جدول 5. خلاصه اطلاعات جابه جایی مسافری و پوشش جمعیتی شبکه حمل و نقل همگانی کلان شهر اصفهان در سناریوهای مختلف (ساعت اوج صبح سال 1404)



3-2-2- ارزیابی سناریوهای پیشنهادی

برای دستیابی به گزینه های مسلط جهت انجام مقایسه بین تعداد گزینه های کمتر در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، از روش تحلیل همایی استفاده شده و در هر سیستم وزن دهی مجموعه گزینه های مسلط تعیین گردید. براساس نتایج تحلیل همایی سناریوهای 2، 3، 4، 5، 6، 8، 9، 15، 16 و 17 در ساعت اوج صبح نسبت به بقیه سناریوها دارای جذابیت بیشتری می باشند و یا به عبارت دیگر نسبت به متوسط سناریوها بهتر عمل می کنند. این سناریوها به عنوان گزینه های رقیب شناخته می شوند که انتخاب هر یک، نسبت به سایر سناریوها عملکرد مناسبتری در شبکه خواهند داشت.

جهت بررسی اولویت بندی گزینه فوق و انتخاب سناریوی برتر، از روش حاصل ضرب مقدار بی بعد معیارها در وزن نهایی آنها از روش AHP (جدول 1) استفاده می شود. در جدول 6 مقادیر بی بعد

وزن معیارهای ارزیابی بر اساس روش AHP					
مجموع	پوشش جمعیتی شبکه	هزینه استفاده-کنندگان	هزینه گردانندگان	مصرف منابع محدود	اثرات زیست محیطی
100	11/76	38/36	7/58	8/48	33/82

معیارها و نتیجه این ارزیابی برای گزینه های منتخب انجام شده است.

جدول 6. ارزیابی نهایی گزینه های برتر بر اساس حاصل ضرب مقادیر بی بعد در وزن معیارها

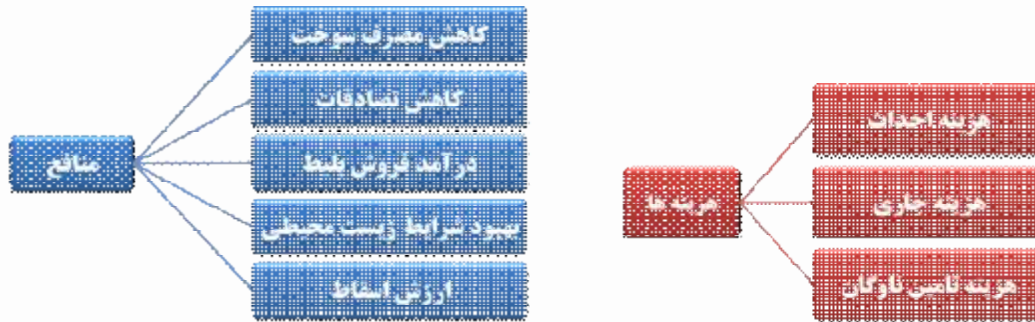
نتایج حاصل ضرب مقادیر بی بعد در وزن معیارها (برای سناریوهای برتر)							
اولویت سناریو	مجموع	پوشش جمعیتی شبکه	هزینه استفاده-کنندگان	هزینه گردانندگان	مصرف منابع محدود	اثرات زیست محیطی	شماره سناریو
1	0,955	0,096	0,361	0,076	0,084	0,338	2
4	0,950	0,088	0,368	0,071	0,084	0,338	3
5	0,943	0,092	0,364	0,065	0,083	0,338	4
3	0,953	0,095	0,380	0,061	0,082	0,335	5
2	0,954	0,112	0,384	0,041	0,083	0,335	6
6	0,939	0,108	0,364	0,044	0,084	0,338	8
8	0,932	0,095	0,364	0,055	0,083	0,335	9
7	0,933	0,118	0,376	0,017	0,084	0,338	15
9	0,924	0,116	0,364	0,020	0,085	0,338	16
10	0,922	0,105	0,364	0,030	0,084	0,338	17



نتیجه این ارزیابی طبق اعداد نهایی مندرج در ستون آخر جدول شماره 6 نشان دهنده آن است که گزینه شماره 2 بالاترین امتیاز را دارد و بهترین انتخاب بر اساس این روش خواهد بود.

3-2-3- بکارگیری تحلیل منفعت - هزینه (BCA)

برای انجام تحلیل منفعت - هزینه (BCA) در تصمیم گیری های حمل و نقل شهری معیارهای گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته و غالباً براساس اطلاعات موجود و قابل دسترس انتخاب میشوند. بدیهی است هرچه تعداد پارامترهای مورد توجه افزایش یابد تحلیل جامعتری صورت گرفته و نتیجه ارزیابی به واقعیت نزدیکتر خواهد بود. در این مطالعه با توجه به برخی اطلاعات قابل دسترس پارامترهای ذیل بعنوان معیارهای محاسبه منافع و هزینه ها انتخاب گردید:



الف) منافع: اولین معیار از گروه منافع ناشی از اجرای سناریوهای موردنظر "کاهش مصرف سوخت" است که براساس مقادیر سوخت مصرفی مندرج در جدول شماره 4 میزان کاهش مصرف بنزین و گازوئیل نسبت به سناریوی عدم انجام کار مشخص گردیده است. نرخ هر لیتر بنزین مصرفی بطور متوسط معادل 7000 ریال و هر لیتر گازوئیل مصرفی معادل 5000 ریال منظور گردیده و نتایج مقادیر این صرفه جویی در جدول شماره 8 ارائه گردیده است.

دومین نوع منافی که برای این تحلیل منظور شده کاهش تصادفات ناشی ترافیکی در معابر است که بدلیل تغییر نوع وسیله انجام سفر از شخصی به عمومی ایجاد میشود. برای محاسبه منافع ناشی از این پارامتر ابتدا کاهش تعداد تردد با سامانه های غیر ریلی (توبوس، تاکسی، خودروی شخصی و موتورسیکلت) بر اساس تعداد سفرهای منتقل شده به سامانه ریلی محاسبه شده و با توجه به سهم این کاهش در هریک از انواع وسایل نقلیه تعداد کاهش تردد در هریک مشخص گردید. با فرض اینکه تعداد تصادفات با تعداد تردها نسبت خطی داشته باشد میزان کاهش تصادفات مشخص گردید. براساس آمار پلیس راهنمایی و رانندگی سهم متوسط انواع تصادفات در کشور عبارتست از: 81% تصادفات خسارتی، 18% تصادفات جرحی و 1% تصادفات فوتی؛ ضمناً براساس مطالعه صورت گرفته در پژوهشکده حمل و نقل میزان متوسط هزینه اقتصادی هریک از انواع تصادفات مشخص گردیده و عبارتست از خسارتی: 18، جرحی: 450 و فوتی: 1700 میلیون ریال. بنابر این اطلاعات میزان کاهش



مستقیم هزینه اقتصادی تصادفات در اثر اجرای سناریوهای مورد نظر مشخص می‌گردد که در جدول شماره 9 بیان گردیده اند.

سومین نوع منافع محاسبه شده در این تحلیل ناشی از اجرای سناریوهای ریلی مورد نظر ناشی از فروش بلیط است که متناسب با تعداد مسافر جذب شده به سیستم و نرخ هر بلیط بدست آمده و در ادامه جدول شماره 8 بیان گردیده است. نرخ فروش هر بلیط مترو براساس برآورد بطور متوسط 5000 ریال منظور گردیده است.

جدول 7. میزان صرفه جویی در هزینه سالانه مصرف سوخت و درآمد سالانه فروش بلیط برای انجام سناریوهای مختلف.

شماره سناریو	کاهش مصرف سوخت (لیتر)		کاهش هزینه مصرف سوخت در ساعت اوج (میلیون ریال)	کاهش هزینه سالانه مصرف سوخت (میلیون ریال)	تعداد مسافر جذب شده در سال	درآمد سالانه ناشی از فروش بلیط (میلیون ریال)
	بنزین	گازوئیل				
1	679.858.344	37.538.352	4.946.700	1.805.545.561	1.096.903	219.380.513
2	682.170.984	60.522.840	5.077.811	1.853.401.047	1.125.709	225.141.855
3	681.498.216	57.716.136	5.059.068	1.846.559.890	1.121.707	224.341.410
4	680.536.368	57.763.440	5.052.572	1.844.188.698	1.119.911	223.982.250
5	682.286.616	64.018.080	5.096.097	1.860.075.300	1.116.760	223.352.078
6	681.435.144	66.194.064	5.101.016	1.861.870.960	1.123.569	224.713.710
7	682.223.544	62.015.544	5.085.643	1.856.259.523	1.121.858	224.371.523
8	682.418.016	65.579.112	5.104.822	1.863.259.910	1.124.984	224.996.768
9	681.824.088	71.686.584	5.131.202	1.872.888.561	1.123.987	224.797.478
10	681.309.000	55.624.248	5.047.284	1.842.258.748	1.135.493	227.098.620
11	679.406.328	37.885.248	4.945.271	1.805.023.746	1.127.089	225.417.795
12	678.996.360	38.158.560	4.943.767	1.804.475.072	1.122.287	224.457.480
13	677.514.168	40.607.856	4.945.638	1.805.158.036	1.138.392	227.678.423
14	677.409.048	42.284.520	4.953.286	1.807.949.367	1.139.681	227.936.295
15	683.763.552	63.156.096	5.102.125	1.862.275.751	1.097.245	219.448.950
16	682.806.960	52.717.680	5.043.237	1.840.781.549	1.097.201	219.440.190
17	680.368.176	52.086.960	5.023.012	1.833.399.392	1.108.709	221.741.880



جدول 8. میزان صرفه جویی در هزینه سالانه تصادفات و هزینه آلاینده‌های هوا برای انجام سناریوهای مختلف.

کاهش هزینه آلاینده‌ها (میلیون ریال)	ارزش اقتصادی آلاینده‌ها (میلیون ریال)			کل کاهش هزینه سالانه (میلیون ریال)	کاهش هزینه تصادفات سالانه (ریال)			برآورد کاهش سالانه تصادفات			شماره سناریو
	CO	HC	NOx		فوتی	جرحی	خسارتی	فوتی	جرحی	خسارتی	
61.708	85.5	16.6	9.13	2.341.165	1.498.59	714.03	128.52	88	1.587	7.140	1
62.739	84.8	16.5	8.81	2.402.648	1.537.95	732.79	131.90	90	1.628	7.328	2
62.433	85.1	16.5	8.85	2.394.106	1.532.48	730.18	131.43	90	1.623	7.302	3
62.364	85.1	16.5	8.86	2.390.273	1.530.03	729.01	131.22	90	1.620	7.290	4
62.614	85.0	16.5	8.76	2.383.54	1.525.72	726.96	130.85	90	1.615	7.270	5
62.507	85.1	16.5	8.73	2.398.079	1.535.03	731.39	131.65	90	1.625	7.314	6
62.530	85.0	16.5	8.78	2.394.427	1.532.69	730.28	131.45	90	1.623	7.303	7
62.620	85.0	16.5	8.74	2.401.100	1.536.96	732.31	131.81	90	1.627	7.323	8
62.757	84.9	16.5	8.66	2.398.97	1.535.60	731.67	131.70	90	1.626	7.317	9
62.452	85.0	16.5	8.88	2.423.530	1.551.32	739.15	133.04	91	1.643	7.392	10
61.832	85.4	16.6	9.11	2.405.593	1.539.84	733.68	132.06	91	1.630	7.337	11
62.052	85.2	16.6	9.09	2.395.34	1.533.28	730.56	131.50	90	1.623	7.306	12
61.761	85.4	16.6	9.08	2.429.718	1.555.28	741.04	133.38	91	1.647	7.410	13
61.934	85.3	16.6	9.05	2.432.470	1.557.04	741.88	133.53	92	1.649	7.419	14
62.608	85.0	16.5	8.78	2.341.895	1.499.06	714.26	128.56	88	1.587	7.143	15
62.246	85.2	16.5	8.92	2.341.802	1.499.00	714.23	128.56	88	1.587	7.142	16
62.280	85.1	16.5	8.94	2.366.365	1.514.73	721.72	129.91	89	1.604	7.217	17

چهارمین گروه از منافع ناشی از اجرای سناریوهای مورد تحلیل بهبود شرایط زیست محیطی بواسطه کاهش انتشار آلاینده‌های هواست. میزان انتشار گازهای آلاینده‌های هوا یعنی CO، NOx و HC بر اساس مقادیر متوسط انتشار گازهای فوق به ازای هر لیتر مصرف سوخت مشخص گردید. همچنین برای برآورد هزینه اقتصادی انتشار گازهای فوق در مستندات موجود اعداد مختلفی لحاظ گردیده که در این تحلیل یکی از مقادیر برآورد شده در دنیا با اعمال ضرایب اصلاحی بکار گرفته شده است. نتیجه مقادیر هزینه‌های صرفه جویی ناشی از کاهش انتشار گازهای آلاینده در ادامه جدول شماره 9 نشان داده شده است.

پنجمین نوع منافع مورد تحلیل ارزش اسقاط ناوگان و برخی تجهیزات سیستم است. با توجه به اینکه در پایان دوره عمر مفید سیستم در حدود 50% از ارزش اولیه ناوگان و همینطور بطور متوسط در حدود 45% ارزش اولیه تجهیزات و تاسیسات مورد استفاده در سیستم همچنان وجود داشته و قابل بازگشت میباشد میتوان این ارقام را بعنوان بخشی از منافع احداث سیستم در تحلیل منافع محاسبه گردد. نتیجه این محاسبات نیز در جدول شماره 13 ارائه گردیده است.





ب) هزینه ها: اولین معیار از گروه هزینه های ناشی از اجرای سناریوهای موردنظر "هزینه اجرا" است که براساس مقادیر هزینه های احداث خطوط طبق جدول شماره 3 قابل محاسبه خواهد بود. نوع دوم هزینه ها برای توسعه خطوط ریلی هزینه تامین ناوگان است که بر اساس تعداد واگن مورد نیاز طبق اطلاعات موجود از تعداد مسافر و سرفاصله حرکت قطارها محاسبه گردیده است.

جدول 9. هزینه تامین ناوگان و هزینه جاری سالانه برای سناریوهای مختلف شبکه ریلی.

شماره سناریو	تعداد مسافر سوار شده	مسافر-کیلومتر ساعت اوج	تعداد واگن موردنیاز	هزینه تامین واگن (میلیون ریال)	هزینه جاری سالانه (میلیون ریال)
1	400.695	2.653.298	56	616.000	456.473
2	411.218	2.581.769	58	638.000	444.168
3	409.765	2.572.929	57	627.000	442.647
4	409.100	2.571.349	57	627.000	442.375
5	407.949	2.555.080	57	627.000	439.576
6	410.436	2.543.168	57	627.000	437.527
7	409.811	2.559.956	57	627.000	440.415
8	410.953	2.570.529	58	638.000	442.234
9	410.589	2.553.754	57	627.000	439.348
10	414.792	2.554.545	58	638.000	439.484
11	411.722	2.549.253	58	638.000	438.573
12	409.968	2.526.730	57	627.000	434.699
13	415.851	2.544.233	58	638.000	437.710
14	416.322	2.547.064	58	638.000	438.197
15	400.820	2.550.196	56	616.000	438.736
16	400.804	2.538.917	56	616.000	436.795
17	405.008	2.531.351	57	627.000	435.494

چنانچه تعداد واگن هر قطار 7 واگن و ظرفیت کل هر واگن بطور متوسط 250 نفر لحاظ گردد تعداد کل واگن های مورد نیاز طبق تقاضای سفر برآورد شده در جدول شماره 6 قابل محاسبه میباشد. همچنین هزینه تامین هر دستگاه واگن خودکششی متروی مورد استفاده حدوداً 11 میلیارد ریال برآورد گردیده است. بر این اساس تعداد هزینه تامین کل ناوگان مورد نیاز برای سناریوهای مختلف در جدول شماره 10 ارائه گردیده است.

سومین گروه از هزینه ها، هزینه های جاری یا بهره برداری است. برای محاسبه این هزینه بطور کلی از دو روش میتوان استفاده کرد که عبارتند از روش آنالیز جزییات هزینه ها و روش استفاده از متوسط



هزینه سرانه مسافر طبق اطلاعات تجارب موجود. در این تحلیل با استفاده از روش دوم و بهره گیری از اطلاعات در اختیار از شرکت بهره برداری متروی تهران میزان هزینه متوسط جابجایی هر مسافر- کیلومتر محاسبه شد. بر این اساس کل هزینه جاری این شرکت برای جابجایی حدود 450 میلیون نفر در طول متوسط 12 کیلومتر در حدود 1010 میلیارد ریال بوده است. بنابراین هزینه متوسط جابجایی هر مسافر-کیلومتر حدود 187 ریال منظور گردید. مقادیر هزینه جاری سناریوهای مختلف در جدول شماره 10 نشان داده شده است.

در پایان مجموع منافع در طرفی و مجموع هزینه های اجرای سناریوها در طرف دیگر قرار گرفته و نسبت جمع منافع به جمع هزینه ها بعنوان پارامتر نهایی جهت تصمیم گیری محاسبه میگردد. نتیجه این محاسبات در جدول شماره 11 ارائه گردیده است.

نسبت منفعت به هزینه	هزینه ها (میلیون ریال)				منافع (میلیون ریال)						شماره سناریو
	B/C	جمع کل هزینه ها	هزینه جاری	هزینه تامین ناوگان	هزینه احداث	جمع کل منافع	ارزش اسقاط	بهبود زیست محیطی	درآمد فروش بلیط	کاهش تصادفات	
1,10	17.982.473	456.473	616.000	18.601.000	19.755.621	7.917.500	61.708	1.096.903	2.341.165	8.338.346	1
0,99	22.102.168	444.168	638.000	23.122.000	21.983.421	9.778.000	62.739	1.125.709	2.402.648	8.614.326	2
0,98	22.739.647	442.647	627.000	23.837.000	22.219.317	10.065.000	62.433	1.121.707	2.394.106	8.576.071	3
0,95	23.819.375	442.375	627.000	25.025.000	22.688.910	10.551.000	62.364	1.119.911	2.390.273	8.565.362	4
0,93	24.916.576	439.576	627.000	26.235.000	23.262.462	11.046.000	62.614	1.116.760	2.383.548	8.653.540	5
1,01	21.584.527	437.527	627.000	22.572.000	21.798.833	9.547.500	62.507	1.123.569	2.398.079	8.667.179	6
1,04	20.487.415	440.415	627.000	21.362.000	21.262.424	9.052.500	62.530	1.121.858	2.394.427	8.631.110	7
0,91	26.340.234	442.234	638.000	27.786.000	23.946.688	11.686.000	62.620	1.124.984	2.401.100	8.671.984	8
0,89	27.426.348	439.348	627.000	28.996.000	24.492.437	12.175.500	62.757	1.123.987	2.398.973	8.731.219	9
1,03	20.587.484	439.484	638.000	21.461.000	21.271.176	9.098.500	62.452	1.135.493	2.423.530	8.551.201	10
0,94	24.136.573	438.573	638.000	25.366.000	22.627.344	10.696.000	61.832	1.127.089	2.405.593	8.336.831	11
1,52	10.951.699	434.699	627.000	10.879.000	16.678.693	4.764.000	62.052	1.122.287	2.395.345	8.335.009	12
0,89	26.875.710	437.710	638.000	28.380.000	23.903.122	11.929.000	61.761	1.138.392	2.429.718	8.344.250	13
0,92	25.016.197	438.197	638.000	26.334.000	23.087.274	11.092.000	61.934	1.139.681	2.432.470	8.361.188	14
0,88	27.724.736	438.736	616.000	29.337.000	24.472.680	12.309.500	62.608	1.097.245	2.341.895	8.661.432	15
0,92	25.212.795	436.795	616.000	26.576.000	23.218.438	11.180.000	62.246	1.097.201	2.341.802	8.537.189	16
0,96	23.142.494	435.494	627.000	24.288.000	22.288.759	10.249.500	62.280	1.108.709	2.366.365	8.501.904	17

جدول 10. خلاصه منافع و هزینه ها و نسبت منافع به هزینه ها برای سناریوهای مختلف شبکه ریلی.



4 - نتیجه گیری

تحلیل های سلسله مراتبی و منفعت-هزینه هریک اولویت بندی خاصی را برای سناریوهای موردنظر پیشنهاد می دهند. در مجموعه 10 اولویت برتر هر روش، 6 سناریوی مشترک وجود دارند که البته ترتیب اولویت آنها نیز در روشهای مختلف متفاوت است. خلاصه نتایج اولویت ها در جدول شماره 11 بصورت مقایسه ای بیان گردیده است.

جدول 11. خلاصه اولویت بندی سناریوها بر اساس نتایج روش های AHP و BCA.

روش تحلیل	اولویت 1	اولویت 2	اولویت 3	اولویت 4	اولویت 5	اولویت 6	اولویت 7	اولویت 8	اولویت 9	اولویت 10
AHP	2	6	5	3	4	8	15	9	16	17
BCA	12	1	7	6	10	2	3	17	4	11

سناریوهای شماره 2، 3، 4، 6، 16 و 17 در هر دو روش جزو اولویتهای برتر هستند اما جالب آنکه سناریوی برتر روش BCA اصلاً در لیست اولویتهای روش AHP وجود ندارد. یعنی سناریوی شماره 12 که برترین سناریو در تحلیل BCA تعیین گردیده بطورکلی در اولویتهای برتر پیشنهادی در روش AHP دیده نمیشود اما اولویت اول روش AHP یعنی سناریوی شماره 2 بعنوان اولویت ششم روش BCA تعیین گردیده است.

هرچند هر دو روش مورد استفاده جزو روشهای قابل قبول و مورد استفاده در طیف وسیعی از تصمیم گیری ها هستند اما تفاوت زیاد در نتیجه تحلیل ها نکته قابل توجهی بوده و نشان میدهد استراتژی مدیران در انتخاب رویکرد جامع AHP یا رویکرد اقتصاد محور BCA منتهی به تصمیمات متفاوتی خواهد بود.

همانطور که در این مطالعه بیان گردید در نهایت گزینه انتخابی توسط مدیریت شهری شهر اصفهان گزینه شماره 2 که اولویت اول روش AHP و اولویت ششم روش BCA بوده است. البته در این تصمیم هرچند به نتیجه تحلیلهای هم توجه شده است اما نهایتاً تصمیم نهایی براساس دیگر معیارهایی مثل معیارهای اجتماعی و حتی سیاسی که غالباً مسؤولین در تصمیمات لحاظ میکنند، اتخاذ گردیده است که با نتیجه تحلیل چندمعیاره انطباق پیدا کرده است.

دلیل این انطباق و نزدیک بودن به تصمیم نهایی لحاظ کردن جوانبی غیر از جوانب صرفاً اقتصادی در فرآیند تحلیل چندمعیاره بوده است. این نمونه نشان میدهد چنانچه در تحلیلهای از طیف گسترده تری از معیارهای غیراقتصادی استفاده گردد، بهتر میتوان از نتیجه آن دفاع نمود.



مراجع

1. Bateman, I., Willis, K., 1999. Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU and Developing Countries. Oxford University Press, New York.
2. Bateman, I., Carson, R., Day, B., Hanemann, W., Hanley, N., Hett, T., Jones-Lee, M., Loomes, G., Mourato, S., Ozdemiroglu, E., Pearce, D., Sugden, R., Swanson, J., 2002. Economic Valuation with Stated Preference Techniques: A Manual. Edward Elgar, Cheltenham.
3. Bouwman, M., Moll, H., 2002. Environmental analyses of land transportation systems in The Netherlands. Transportation Research D 7, 331–345.
4. Dood, F., 1995. Scale horizons in analytic hierarchies. Journal of Multicriteria Decision Analysis 4, 177–188.
5. Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., Aunet, B., 1982. Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. Report UMTA NH11-0001-82. Urban Mass Transportation Administration, US Department of Transportation, Washington, DC.
6. Murphy, C.K., 1993. Limits on the Analytic Hierarchy Process from its consistency index. European Journal of Operational Research 65, 138–139.
7. Ortuzar, J., 2000. Stated Preference Modelling Techniques. PTRC, London.
8. Pearce, D., Nash, C., 1981. The Social Appraisal of Projects. A Text in Cost Benefit Analysis. MacMillan, London.
9. Rizzi, L., de Ortuzar, J.D., 2003. Stated preferences in the valuation of interurban road safety. Accident Analysis and Prevention 35, 9–22.
10. Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology 15, 234–281.
11. Saaty, T.L., 1990. Multi-Criteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process AHP Series, vol. 1. RWS Publications, Pittsburgh.
12. Tinch, R., 1995. Valuation of Environmental Externalities. Full Report, The Department of Transport, Transport Report, HMSO, London.
13. Tsamboulas, D., Mikroudis, G., 2000. EFECT—evaluation framework of environmental impacts and costs of transport initiatives.
14. Weber, M., 1997. Remarks on the measurement of preferences in the Analytic Hierarchy Process. Journal of Multicriteria Decision Analysis 6, 320–321.
15. Yedla, S., Shrestha, R., 2003. Multi-criteria approach for the selection of alternative options for environmentally sustainable transport system in Delhi. Transportation Research A 37, 717–729.
16. Final Hiawatha Corridor LRT Benefit-Cost Analysis Minnesota of Transportation, Office of Investment Management, November 4, 1999.
17. مطالعات قطار شهری اصفهان و حومه / سازمان قطارشهری اصفهان و حومه - دانشگاه صنعتی اصفهان / اسفند 1389.
18. مطالعات امکان سنجی خط ریلی تهران - پاکدشت / شرکت حمل و نقل ریلی کشور / شهریور 1389.
19. آیتی اسماعیل، "هزینه تصادفات (تئوری و کاربرد)"، وزارت راه و ترابری، پژوهشکده حمل و نقل، 1388.



20. وب سایت شرکت راه آهن شهری تهران و حومه (مترو) ، <http://www.Tehranmetro.com> ،
21. وب سایت سازمان پزشکی قانونی کشور ، <http://www.Lmo.ir> ،
22. وب سایت پلیس راهنمایی و رانندگی نیروی انتظامی ، <http://www.Rahvar.police.ir> ،
23. وب سایت خبرگزاری ایمن (خبرگزاری کلانشهر اصفهان) ، <http://www.Imna.ir> ،



انجمن مهندسان ترافیک و حمل و نقل ایران



انجمن مهندسان ترافیک و حمل و نقل ایران