

## اولویت‌بندی عوامل موثر بر احداث راه‌های شریانی استان‌های کشور و رتبه‌بندی راه‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (مطالعه موردی: استان بوشهر)

علی گهرپور، استادیار، پژوهشکده حمل و نقل، مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی، تهران، ایران  
پرند ابراهیم نژاد\*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
بابک فرهنگ مقدم، استادیار، موسسه آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی، تهران، ایران  
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [parand.ebrahimnejad@gmail.com](mailto:parand.ebrahimnejad@gmail.com)

دریافت: ۹۶/۱۰/۰۶ - پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۰

صفحه ۱۹۳-۱۸۳

### چکیده

هر یک از پروژه‌های راه‌سازی در کشور با توجه به زمان و اهمیت اجرا و شاخص‌ها و الویت‌ها، روش‌های تصمیم‌گیری مختلفی را پیش چشم مدیران و مجریان این عرصه می‌گذارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که انتخاب روش تصمیم‌گیری به خودی خود یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره است و در این مورد نیاز به باز شدن الگو و چهارچوب‌های جدید احساس می‌شود. از این رو در این پژوهش سعی شده که به ارائه رویکردی جهت پشتیبانی پروژه‌های راه‌سازی در تصمیم‌گیری مدیران پرداخته و چهارچوب عملکردی و نتایج قابل بررسی در سطح کلان، با استفاده از روش‌های AHP، تاپسیس و الکر مورد ارزیابی قرار گیرد. سپس به بررسی پروژه‌های استان مورد مطالعه (استان بوشهر) پرداخته و با توجه به الویت‌های شناسایی شده در AHP، تاپسیس و الکره رتبه‌بندی شده و نتایج و پیشنهاداتی را ارائه خواهیم کرد.

واژه‌های کلیدی: احداث راه، بهینه‌سازی، تصمیم‌گیری، چند شاخصه، راه‌سازی

### ۱- مقدمه

نرخ رشد اقتصادی وجود دارد و فعالیت‌های حمل و نقل از جمله فعالیت‌های اساسی و زیر بنایی برای رشد و تحول اقتصادی محسوب می‌شوند. کشور ما ایران از جمله کشورهای در حال توسعه است که با وسعت ۱/۸۷۳/۹۵۹ کیلومتر مربع ۱۸ امین کشور وسیع دنیا محسوب می‌شود. از این رو برای اتصال به شبکه راه‌ها و ارتباط جهانی به راه‌های مواصلاتی بسیار زیادی دارد. با توجه به موقعیت استراتژیک و مهمی که ایران در شاه راه منطقه داراست و در حیث واردات و صادرات به خصوص در حوزه پتروشیمی، لذا نیازمند شبکه ای کامل و بی نقص از راه‌های شریانی

جایگاه و نقش حمل و نقل در ابعاد مختلف اقتصادی، سیاسی، اجتماعی جوامع امروزی بر کسی پوشیده نیست حمل و نقل یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار و متوازن در جوامع بشری محسوب شده است و در واقع شبکه‌های حمل و نقل با مولفه‌های مهمی همچون اقتصاد، امنیت، عدالت اجتماعی ارتباط تنگاتنگ دارد و عامل مهمی در توزیع متناسب جمعیت و ایجاد دسترسی به مراکز جمعیتی، کشاورزی، صنعتی، تجاری، فرهنگی، تفریحی به شمار می‌رود. در فرایند توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور به همبستگی مستقیم میان گسترش حمل و نقل و دستیابی به

عبارت دیگر اولویت بندی سرمایه گذاری و احداث راه های شریانی در استان های کشور مورد بررسی قرار می گیرد.

#### ۱-۲- اهداف پژوهش

در این پژوهش در پی رسیدن به اهداف زیر هستیم.

- ۱- شناسایی عوامل موثر بر احداث راه های شریانی
- ۲- رتبه بندی راه های شریانی استان بوشهر با روشهای تصمیم گیری چند شاخصه

#### ۲-۲- اهداف پژوهش

پروژه های راه سازی در ایران و جهان نیاز به بررسی و مطالعه و تحقیق کافی قبل از شروع هرگونه عملیاتی را دارند لذا در گوشه و کنار دنیا به پژوهش برای یافتن مناسب ترین الگو رفتاری مشغولند در ادامه به بررسی بخشی از مطالعات گذشته که پیرامون این موضوع انجام شده خواهیم پرداخت. دکتر پیانتاناکولاچی، روش ANP برای انتخاب و اولویت بندی گزینه های طراحی مورد استفاده قرار گرفته است و از نتایج به دست آمده برای طراحی کریدور در جنوب تایلند استفاده شده است. (Pianatanakulchai, 2005)

جنیفر شانگ و همکاران در مقاله ای تحت عنوان "یک چهارچوب یک پارچه برای ارزیابی چند متغیره پروژه های حمل و نقل در معاملات مدیریت مهندسی" در سال ۲۰۰۴ می گوید: بررسی فرآیند ANP در پروژه های شهر در حال توسعه نینبو به چین اجازه می دهد تا بازخورد و وابستگی متقابل در میان سطوح تصمیم گیری مختلف با معیارهای متفاوت با هم مقایسه شوند و چهارچوب ارزیابی جامع و کاملی با انعطاف پذیری بالا برای کمک به فرآیند تصمیم گیری ارائه می دهد. (S.shsng, 2004)

ژوزف پراشکر و همکاران در مقاله ای تحت عنوان "فرآیند انتخاب پروژه های حمل و نقل" با استفاده از "نظریه ی فازی" در سال ۲۰۰۰ یک روش پیشنهادی کسه توسط یک سیستم فازی طراحی و نتیجه گیری و اجراء شده را در مقایسه با یک فرآیند تصمیم گیری معمول برای یک میان استانی در آلمان را مورد بررسی قرار داده و اهمیت ابزار مناسب برای انتخاب صحیح پروژه ها را بسیار مهم بر می شمرد. (Prashkear, 2000)

هستیم و حل مسئله حمل و نقل همواره یکی از عمده ترین معضلات کشور محسوب می شود. شبکه حمل و نقل جاده ای ایران با بیش از ۹۰ درصد جابه جایی مسافر و بیش از ۸۵ درصد جابه جایی کالا، جایگاه ویژه ای در حمل و نقل ایران را داراست. در عصر ما توجه مناسب اقتصادی و اهمیت و لزوم اجرا پروژه، مسئولین و متولیان و کارشناسان را به بررسی هر چه دقیق تر و علمی تر جهت ارائه راهکار های چند بعدی سوق می دهد چرا که تامین و ساخت راه ها، حجم عظیمی از بودجه سالیانه کشور را شامل می شود و با تصمیم به موقع و موثر می توانیم منابع محدود خود را جهت رفع نیاز حال حاضر و آینده به کار گیریم.

#### ۲- پیشینه تحقیق

پروژه های راه سازی در کشور با توجه به زمان های متنوع اجرای آنها و هم چنین اهمیت نسبی هر کدام بر اساس شاخص های تصمیم گیری های مختلفی را از حیث الویت اجرا پیش روی تصمیم گیران و مدیران اجرایی کشور می گذارد. انتخاب روش مناسب و دقیق برای الویت بندی اختصاص سرمایه برای احداث راه ها با توجه به این موضوع که امروزه روش های موجود در تصمیم گیری در مورد اولویت بندی دارای معایب و مزایای خاص خود بوده و به طور مطلق نمی توان یکی از آن ها را بر دیگر تکنیک ها ترجیح داد بلکه انتخاب هر یک از آنها جهت تجزیه و تحلیل به مسئله مورد بررسی بستگی دارد. (ارجرودی، ۱۳۸۹) هدف از این پژوهش الویت بندی و احداث راه ها بر اساس گزینه موجود بوده و بررسی معیار های تاثیر گذار و میزان مستقیم یا غیر مستقیم بودن آن در الویت بندی است. بررسی وضعیت مناطق مختلف از نظر میزان توزیع خدمات و برخورداری از شاخص های مختلف اقتصادی-اجتماعی و زیر بنایی بررسی میشود و کمبودها و نارسایی ها در الویت برنامه ریزی قرار می گیرد. به عبارت دیگر می توان گفت که انتخاب روش تصمیم گیری به خودی خود یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره است و نیاز به الگو سازی و باز شدن راه های جدید احساس می شود. از این رو در این پژوهش سعی شده که به ارایه رویکردی کارا جهت پشتیبانی پروژه های راه سازی در تصمیم گیری مدیران پرداخته و به

### ۳-روش پژوهش

در این پژوهش با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به اولویت‌بندی معیارها پرداخته می‌شود. ابتدا با استفاده از روش AHP معیارها و زیرمعیارها وزن دهی می‌شوند سپس با استفاده از روش TOPSIS و ELECTRE گزینه‌های پژوهش رتبه‌بندی می‌شوند.

#### فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

در علم تصمیم‌گیری که در آن انتخاب یک راهکار از بین راهکارهای موجود و یا اولویت‌بندی راهکارها مطرح است، چند سالی است که روشهای "تصمیم‌گیری با شاخص‌های چند گانه «MADM» جای خود را باز کرده‌اند. از این میان روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بیش از سایر روشها در علم مدیریت مورد استفاده قرار گرفته است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروفترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است که اولین بار توسط توماس ال. ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده به حل آن می‌پردازد. (Avineri,2000)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. در نهایت منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریسهای حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم‌بینه حاصل آید. (Forman,2011).

یاووز محموت پژوهش‌گر به نام در رشته حمل و نقل در سال ۲۰۰۸ در مقاله‌ای با عنوان "انتخاب طرح پشتیبان بهینه با استفاده از روش AHP برای جاده اصلی WLC" بیشترین اهمیت در انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود به دست مهندسان با تجربه اتفاق می‌افتد و مهندسان برای بهترین انتخاب احتیاج به شناسایی روش‌های تحلیل داده‌ها و اطلاعات دارند. (Yavuz,2008) واریش تمیان نیس و همکاران در پژوهش خود در سال ۲۰۱۵ در ژورنال مهندسی حمل و نقل و مهندسی عمران تحت عنوان "اولویت‌بندی عوامل حوادث جاده‌ای در بزرگراه‌ها - مورد مطالعاتی تایلد" سه معیار اصلی شامل معیار اقتصادی (سرمایه‌گذاری، ایمنی جاده)، محیط زیست و اجتماعی (خدمات پزشکی، کیفیت زندگی، حمل و نقل عمومی، رفت و آمد وسایل نقلیه ۲ چرخ) و معیار مدیریت ایمنی (اجرای قانون، تصادفات، قوانین جاده، دانش کاربران) را بررسی نمود. (Temungsie,2015)

خطیب زاده و همکاران در سال ۹۱ در مقاله‌ای اولویت‌بندی معابر مستعد جهت پیاده‌سازی راه در شهر تهران را استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بررسی شده است. در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و به کارگیری شاخص‌های ضرورتی در انتخاب معابر مستعد، یک متدولوژی برای اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری برای انتخاب معابر جهت انجام فرآیند دقیق نیازسنجی و امکان‌سنجی احداث پیاده‌راه استفاده شده است. در نهایت به عنوان یک مطالعه موردی، متدولوژی پیشنهاد برای اولویت‌بندی میان سه معبر خیابان دکتر آیت، خیابان ستارخان و خیابان ونک استفاده شده است. (خطیب زاده، ۱۳۹۱)

آزاده مقدم آرانی و همکاران (۱۳۸۳) مدلی جهت ارزیابی پروژه‌ها با شناسایی معیارهای مهم و مؤثر در ارزیابی پروژه ارائه داده‌اند. جهت شناسایی معیارها از پرسش‌نامه‌هایی استفاده شده است. تکنیک AHP به منظور ارزیابی مدل استفاده شده است. مدل طراحی شده در ده مورد عملی نیز اجراء شده و اعتبارسنجی آن مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفت. (مقدم آرانی، ۱۳۸۳)

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

که در آن  $x_{ij}$  عملکرد گزینه  $i$ ام در رابطه با معیار  $j$ ام می باشد.

مرحله ۳- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم

در این مرحله سعی می شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهایی بدون بعد تبدیل شوند و ماتریس  $R$  به صورت زیر تعریف می شود.

$$S_{ke} = \{j | v_{kj} \leq v_{ej}\} \quad (6)$$

$$S_{ke} = \{j | v_{kj} \geq v_{ej}\} \quad (7)$$

مجموعه معیارهای مخالف برای مثبت و منفی به ترتیب به صورت زیر تعریف می شود.

$$D_{ke} = \{j | v_{kj} < v_{ej}\} = J - S_{ke} \quad (8)$$

$$D_{ke} = \{j | v_{kj} > v_{ej}\} = J - S_{ke} \quad (9)$$

مرحله ۶- تشکیل ماتریس توافق

ماتریس توافق یک ماتریس مربعی است که بعد آن تعداد گزینه ها می باشد. هر یک از درایه های این ماتریس، شاخص توافق بین دو گزینه نامیده می شود. مقدار این شاخص، از جمع وزن معیارهایی که در مجموعه موافق وجود دارند، به دست می آید. به عبارت دیگر برای محاسبه شاخص توافق  $(C_{ke})$  باید گزینه  $k$  و گزینه  $e$  مقایسه شده و مقدار آن از جمع وزن معیارهایی که گزینه  $k$  نسبت به گزینه  $e$  ترجیح دارد، به دست می آید. به زبان ریاضی، شاخص توافق از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$C_{ke} = \sum_{j \in S_{ke}} W_j \quad (10)$$

شاخص توافق، بیانگر میزان برتری گزینه  $k$  بر گزینه  $e$  بوده و مقدار آن از صفر تا یک تغییر می کند با محاسبه شاخص توافق برای همه زوج گزینه ها، می توان ماتریس توافق را به صورت زیر تعریف کرد.

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & - & \vdots \\ c_{m1} & \dots & c_{m(m-1)} & - \end{bmatrix} \quad (11)$$

روش الکترو

روش الکترو (ELECTRE) یکی از روشهای تصمیم گیری چند شاخصه می باشد. اگر در یک مسئله تصمیم گیری  $n$  معیار و  $m$  گزینه داشته باشیم به منظور انتخاب بهترین گزینه از روش الکترو مراحل زیر باید انجام شود.

مرحله ۱- تشکیل ماتریس تصمیم

با توجه به تعداد معیارها و تعداد گزینه ها و مقادیر ارزیابی شده گزینه ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می شود.

$$X = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

برای بی مقیاس کردن از رابطه زیر استفاده می شود:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

مرحله ۲- تعیین ماتریس وزن معیارها

در این مرحله با توجه به ضرایب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم گیری، بردار ضریب اهمیت معیارها به صورت زیر تعریف می شود.

$$W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \quad (4)$$

عناصر بردار  $W$  ضریب اهمیت معیارهای مربوطه می باشند.

مرحله ۴- تعیین ماتریس تصمیم وزن دار نرمال شده

ماتریس تصمیم وزن دار از ضرب ماتریس تصمیم بی مقیاس شده در برابر وزن معیارها به دست می آید.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad j=1,2,\dots,n; \quad i=1,2,\dots,m. \quad (5)$$

مرحله ۵- تشکیل مجموعه معیارها موافق و مخالف

برای هر زوج گزینه  $k$  و  $e$  مجموعه معیارها به دو زیر مجموعه موافق و مخالف تقسیم می شوند. مجموعه

موافق  $(S_{ke})$  مجموعه ای از معیارهایی است که در آن گزینه  $k$  به گزینه  $e$  ترجیح دارد و مجموعه مکمل آن مجموعه مخالف  $(D_{ke})$  می باشد مجموعه معیارهای موافق برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب به صورت زیر تعریف می شوند.

$$\bar{d} = \sum_{k=1}^m \sum_{e=1}^m \frac{d_{ke}}{m(m-1)} \quad (16)$$

همان گونه که در مرحله هفتم بیان شد، مقدار شاخص مخالفت (dke) هر چه کمتر باشد بهتر است. زیرا میزان مخالفت (عدم توافق) برتری گزینه k بر گزینه e را بیان می کند. چنانچه dke از  $\bar{d}$  بزرگتر باشد میزان مخالفت زیاد بوده و نمی توان از آن صرف نظر کرد بنابراین درایه های ماتریس تسلط مخالف (G) به صورت زیر محاسبه می شود.

$$g_{ke} = \begin{cases} 1 & d_{ke} > \bar{d} \\ 0 & d_{ke} \leq \bar{d} \end{cases} \quad (17)$$

هر عضو ماتریس G نیز نشان گر رابطه تسلط مابین گزینه ها می باشد. ماتریس تسلط نهایی (H) از ضرب تک تک درایه های ماتریس تسلط موافق (F) در ماتریس تسلط مخالف (G) حاصل می شود.

$$h_{ke} = f_{ke} \cdot g_{ke} \quad (18)$$

#### مرحله ۱۱- انتخاب بهترین گزینه

ماتریس تسلط نهایی (H) ترجیحات جزئی گزینه ها را بیان می کند. به طور مثال، اگر مقدار  $h_{ke}$  برابر یک باشد بدین معناست که برتری گزینه k بر گزینه e در هر دو حالت موافق و مخالف قابل قبول است (یعنی برتری آن از حد آستانه موافقت بیشتر بوده و مخالفت و یا ضعف آن نیز از حد آستانه مخالفت کمتر است) ولیکن هنوز گزینه k شانس مسلط شدن توسط گزینه های دیگر را دارد. گزینه ای باید انتخاب شود که بیشتر از آن مغلوب شود، تسلط داشته باشد و از این نظر می توان گزینه ها را رتبه بندی کرد.

#### الگوریتم تکنیک تاپسیس

##### گام ۱- تشکیل ماتریس تصمیم

در تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه پرداخته می شود. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می شود. این امتیازات می تواند براساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم  $m \times n$  در تشکیل شود.

##### گام ۲- نرمال کردن ماتریس تصمیم

مانند سایر روش های تصمیم گیری چندمعیاره ماتریس تصمیم باید نرمال شود. برای نرمال سازی مقادیر از روش

#### مرحله ۷- تعیین ماتریس مخالف

ماتریس مخالف یک ماتریس مربعی می باشد که بعد آن تعداد گزینه ها می باشد. هر یک از درایه های این ماتریس، شاخص عدم توافق (مخالفت) بین دو گزینه نامیده می شود. مقدار این شاخص از رابطه زیر بدست می آید.

$$d_{ke} = \frac{\max_{j \in D_{ke}} |v_{kj} - v_{ej}|}{\max_{j \in J} |v_{kj} - v_{ej}|} \quad (12)$$

مقدار شاخص عدم توافق (مخالفت) از صفر تا یک تغییر می کند. با محاسبه شاخص عدم توافق برای همه زوج گزینه ها می توان ماتریس عدم توافق را به صورت زیر تعریف کرد.

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{m(m-1)} & - \end{bmatrix} \quad (13)$$

#### گام ۸- تشکیل ماتریس تسلط موافق

در مرحله ششم نحوه محاسبه شاخص توافق ( $C_{ke}$ ) بیان شد، هم اکنون در این مرحله یک مقدار معین برای شاخص توافق مشخص می شود که آن را آستانه موافقت می نامند و با  $\bar{c}$  نشان داده می شود. آستانه موافقت از میانگین گیری شاخص های توافق (درایه های ماتریس توافق) به دست می آید. به زبان ریاضی مقدار آستانه موافقت از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\bar{c} = \sum_{k=1}^m \sum_{e=1}^m \frac{c_{ke}}{m(m-1)} \quad (14)$$

ماتریس تسلط موافق (F) با توجه به مقدار آستانه موافقت تشکیل می شود. اگر  $C_{ke}$  بزرگتر از  $\bar{c}$  باشد، برتری گزینه k بر گزینه e قابل قبول است در غیر این صورت گزینه k بر گزینه e برتری ندارد لذا درایه های ماتریس تسلط موافق از رابطه زیر تعیین می شود.

$$f_{ke} = \begin{cases} 1 & c_{ke} \geq \bar{c} \\ 0 & c_{ke} < \bar{c} \end{cases} \quad (15)$$

#### گام ۹- تشکیل ماتریس تسلط مخالف

ماتریس تسلط مخالف (G) مانند ماتریس تسلط موافق تشکیل می شود. بدین منظور ابتدا باید مقدار آستانه مخالفت ( $\bar{d}$ ) از میانگین گیری شاخص های مخالفت (درایه های ماتریس مخالف) محاسبه شود. به زبان ریاضی مقدار آستانه مخالفت از رابطه زیر محاسبه می شود.

(۲۱)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

(۲۲)

$$cl_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیکتر باشد راه کار به جواب ایده آل نزدیکتر است و راه کار بهتری می باشد.

#### ۴- تحلیل داده ها

یکی از بخش های مهم هر تحقیقی مربوط به تحلیل اطلاعات می باشد. در واقع در این بخش از تحقیق محقق، وارد عرصه عمل شده و می تواند بر اساس یافته های تحقیق خود در دنیای واقعی به پاسخی مناسب برای سوالات دست یابد. در این فصل از تحقیق از سه روش AHP و تاپسیس و الکتراه استفاده می شود. در ابتدا به منظور مشخص نمودن وزن معیارها و زیرمعیارها از روش AHP در نرم افزار اکسپرت چویس استفاده می شود، سپس جهت رتبه بندی گزینه های پژوهش از روش های تاپسیس و الکتراه در نرم افزار اکسل استفاده می شود.

#### معرفی معیارها و زیرمعیارها و گزینه های پژوهش

این پژوهش شامل ۶ معیار اصلی و ۲۷ زیرمعیار و ۱۶ گزینه است.

#### معیار هزینه

• کارایی هزینه ای (هزینه ساخت تقسیم بر حجم وسایل نقلیه عبوری) (a1)

• هزینه احداث هر کیلومتر (a2)

• مقدار سرمایه گذاری جهت احداث پروژه (بار مالی پروژه برای دولت) (a3)

• هزینه طرح (ماشین آلات، نیروی کار و ...) (a4)

• درآمد سرانه منطقه (مستقیم و غیر مستقیم) (a5)

• جذابیت جهت جذب سرمایه گذار غیر دولتی (a6)

#### معیار دسترسی

• افزایش دسترسی خارجی و داخلی استان و ارتباطات در شبکه (هم بندی) (b1)

• بهبود دسترسی به سایر مدهای حمل و نقل (بندر، فرودگاه و ...) (b2)

برداری استفاده می شود. روش برداری برخلاف روش ساده نرمال سازی خطی به صورت زیر انجام می شود:

(۱۹)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

#### گام ۳- تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون

گام بعدی تشکیل ماتریس نرمال موزون براساس وزن معیارها است. بنابراین باید از پیش اوزان معیارها با استفاده از تکنیکی مانند AHP یا انترویی شانون محاسبه شده باشد. موزون کردن بسیار ساده است و وزن هر معیار در درایه های مربوط به آن معیار ضرب می شود.

#### گام ۴- محاسبه ایده آل های مثبت و منفی

محاسبه PIS و NIS گام بعدی است. در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت (+A) و یک ایده آل منفی محاسبه می شود. برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده آل مثبت بزرگترین مقدار آن معیار است.

• برای معیارهایی که بار مثبت دارند ایده آل منفی کوچکترین مقدار آن معیار است.

• برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده آل مثبت کوچکترین مقدار آن معیار است.

• برای معیارهایی که بار منفی دارند ایده آل منفی بزرگترین مقدار آن معیار است.

#### گام ۵- فاصله از ایده آل های مثبت و منفی و محاسبه راه حل ایده آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می شود. فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده آل مثبت و منفی با فرمول زیر محاسبه خواهد شد.

#### گام ۶- محاسبه راه حل ایده آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می شود. برای اینکار از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$d_i^+ = \quad (۲۰)$$

$$\sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$$

• کاهش زمان کلی سفر (b3)

• میزان تولید و جذب سفر (b4)

• دسترسی به مسیر های اضطراری (b5)

۱- معیار طرح توسعه منطقه

• تناسب با طرح های جامع توسعه آتی میزان گسترش تعداد

صنایع و معادن منطقه (c1)

• تعداد مشاغل ایجاد شده یا از بین رفته بسته به مناطق

اقتصادی (c2)

• بررسی شاخص های سیاسی و امنیتی و مرزی (c3)

۲- معیار زیرساخت

• درصد پیشرفت فیزیکی پروژه های زیر ساختی (d1)

• وجود مسیر های موازی ( جایگزین ) (d2)

• نسبت حجم به ظرفیت قابل پیش بینی (d3)

• تخمین زمانی مرمت، تعمیر و نگهداری راه (کیفیت و کلاس

راه و...) (d4)

• نرخ کفایت و تداخل با پروژه هایی که باعث تخریب یا

محدودیت استفاده آنها می شود (راه آهن و پل هوایی) (d5)

۳- معیار محیط زیست و اقلیم جغرافیایی

• عبور/ عدم عبور از مناطق حفاظت شده و کاربری زمین و

وجود مناطق ویژه اقتصادی (e1)

• تاثیر روی مراکز صنعتی، توریستی، تاریخی، تفریحی و

کارخانه های مرتبط با جاده مورد نظر (e2)

• آلودگی دیداری و شنیداری (e3)

۴- معیار اجتماعی

• کاهش میزان مصدومین یا فوت شدگان (f1)

• جلب رضایت کاربر و گردشگر و صنعتگر (f2)

• توسعه بهداشتی و شاخص های درمانی (f3)

• تخریب ساختمان ها / جابه جایی ساکنین (f4)

• پتانسیل جدید بازار کار بعد از احداث راه جدید (f5)

معرفی گزینه های مورد مطالعه در پژوهش

تمامی گزینه های جدول زیر با توجه به طرح جامع حمل و

نقل استان استخراج شده است.

جدول ۱. معرفی گزینه های مورد مطالعه

پس از اجرای طرح				وضعیت فعلی				نوع عملکردی	نام محور
سطح سرویس	نسبت حجم به ظرفیت	ظرفیت	تعداد خط	سطح سرویس	نسبت حجم به ظرفیت	ظرفیت	تعداد خط		
A	۰/۳۵	۳۶۰۰	۲	D	۰/۶۰	۱۲۰۰	۱	بزرگراه	بوشهر- برازجان
B	۰/۴۵	۳۶۰۰	۲	D	۰/۷۹	۱۰۰۰	۱	راه اصلی آسفالت	فارس - برازجان
B	۰/۴۰	۳۶۰۰	۲	D	۰/۶۱	۹۰۰	۱	راه فرعی آسفالت	گناوه-دیلم
B	۰/۴۴	۳۶۰۰	۲	B	۰/۴۴	۱۲۰۰	۱	راه اصلی آسفالت	دیلم-خوزستان
B	۰/۴۲	۳۶۰۰	۲	C	۰/۵۷	۹۰۰	۱	راه فرعی آسفالت	عسلویه-فارس

B	.۳۹	۱۲۰۰	۱ یا ۲	B	۰/۳۸	۷۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	جم - فیروزآباد
C	.۵۸	۳۶۰۰	۲	D	۰/۶۴	۱۲۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	کنگان - عسلویه
B	.۴۲	۳۶۰۰	۲	B	.۴۹	۱۴۰۰	۱	راه اصلی آسفالته	گناوه-بیرازجان
B	.۵۳	۳۶۰۰	۲	C	.۵۳	۱۴۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	بوشهر - دیر
A	.۲۵	۱۲۰۰	۱ یا ۲	B	.۳۸	۷۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	کنگان-دوراهک
A	.۲۸	۱۲۰۰	۱ یا ۲	B	۰/۳۷	۷۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	نمازگاه-تنگ ارم- بوشکان
A	.۳۲	۱۲۰۰	۱ یا ۲	B	.۴۲	۷۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	سرچشمه -باغبان
A	.۳۱	۱۲۰۰	۱ یا ۲	B	.۴۲	۷۰۰	۱	راه فرعی	ریز - دژگاه
B	.۴۲	۳۶۰۰	۲	C	.۵۹	۱۲۰۰	۱	راه اصلی آسفالته	گناوه-میشیان-نور آباد
C	.۵۵	۳۶۰۰	۲	D	۰/۶۸	۱۲۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	دیر-کنگان
B	۰/۵۳	۳۶۰۰	۲	D	۰/۶۶	۱۲۰۰	۱	راه فرعی آسفالته	عسلویه - هرمزگان

### ۵- نتایج روش AHP

ابتدا نظرات ۱۵ نفر از پاسخ دهندگان را با استفاده از روش میانگین هندسی با هم ادغام نموده سپس اوزان مقایسات زوجی ادغام شده را بدست می آوریم. نتایج کلی وزن معیارها و وزن نهایی زیرمعیارها در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۲. وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها

وزن نهایی زیرمعیار	وزن نسبی زیرمعیار	زیرمعیار	معیار و وزن
۰.۰۴۴	۰.۳۹۴	d1	زیرساخت ۰.۱۱۲
۰.۰۱۹	۰.۱۶۶	d2	
۰.۰۱۵	۰.۱۳۱	d3	
۰.۰۱۶	۰.۱۴۲	d4	
۰.۰۱۹	۰.۱۶۸	d5	
۰.۰۳۱	۰.۴۰۷	e1	محیط زیست ۰.۰۷۵
۰.۰۱۹	۰.۲۴۹	e2	
۰.۰۲۶	۰.۳۴۴	e3	
۰.۰۲۵	۰.۳۹۷	f1	اجتماعی ۰.۰۶۳
۰.۰۱۳	۰.۲۰۹	f2	
۰.۰۰۷	۰.۱۱۸	f3	
۰.۰۰۸	۰.۱۲۸	f4	
۰.۰۰۹	۰.۱۴۸	f5	

وزن نهایی زیرمعیار	وزن نسبی زیرمعیار	زیرمعیار	معیار و وزن
۰.۱۴۱	۰.۳۴۷	a1	هزینه ۰.۴۰۷
۰.۰۷۶	۰.۱۸۸	a2	
۰.۰۳۴	۰.۰۸۳	a3	
۰.۰۵۰	۰.۱۲۳	a4	
۰.۰۶۰	۰.۱۴۸	a5	
۰.۰۴۶	۰.۱۱۲	a6	دسترسی ۰.۲۱۳
۰.۰۷۶	۰.۳۵۹	b1	
۰.۰۴۹	۰.۲۳۱	b2	
۰.۰۲۶	۰.۱۲۱	b3	
۰.۰۲۸	۰.۱۳۲	b4	
۰.۰۳۳	۰.۱۵۷	b5	طرح توسعه ۰.۱۳۰
۰.۰۵۸	۰.۴۴۵	c1	
۰.۰۲۸	۰.۲۱۳	c2	
۰.۰۴۵	۰.۳۴۲	c3	



### نتایج روش تاپسیس

اول تا سوم را کسب کرده‌اند و محور سرچشمه-باغبان رتبه آخر را کسب کرده است.

جدول ۴: رتبه بندی نهایی گزینه‌ها روش الکترون

رتبه	اختلاف	تعداد شکست	تعداد موفقیت	نام گزینه	نماد
۶	۰	۱	۱	محور بوشهر - برازجان	A <sub>1</sub>
۲	۸	۰	۸	محور برازجان - فارس	A <sub>2</sub>
۸	۳-	۴	۱	محور گناوه - دیلم	A <sub>3</sub>
۱	۱۰	۱	۱۱	محور دیلم - بهبهان	A <sub>4</sub>
۷	۲-	۳	۱	محور عسلویه - فارس	A <sub>5</sub>
۶	۰	۳	۳	محور جم-فیروز آباد	A <sub>6</sub>
۵	۳	۲	۵	محور کنگان - عسلویه	A <sub>7</sub>
۳	۷	۰	۷	محور برازجان - گناوه	A <sub>8</sub>
۵	۳	۲	۵	محور بوشهر-دیر	A <sub>9</sub>
۸	۳-	۵	۲	محور کنگان - دوراهک	A <sub>10</sub>
۹	۷-	۹	۲	محور نمازگاه - تنگ ارم-بوشکان	A <sub>11</sub>
۱۱	۱۱-	۱۱	۰	محور سرچشمه - باغبان	A <sub>12</sub>
۸	۳-	۶	۳	محور نیریز - دزگاه	A <sub>13</sub>
۴	۴	۱	۵	محور گناوه - میشیان-نور آباد	A <sub>14</sub>
۵	۳	۱	۴	محور دیر - کنگان	A <sub>15</sub>
۱۰	۹-	۱۰	۱	محور عسلویه - هرمزگان	A <sub>16</sub>

بعد از انجام گام‌های روش تاپسیس خروجی نهایی این روش و رتبه‌بندی گزینه‌ها به صورت زیر می‌باشد. با توجه به جدول ۳ محور برازجان-فارس، محور دیلم-بهبهان و محور برازجان گناوه در رتبه های اول تا سوم قرار دارند و محور سرچشمه-باغبان رتبه آخر را در بین ۱۶ گزینه کسب کرده است.

جدول ۳: رتبه بندی نهایی گزینه‌ها در روش تاپسیس

رتبه	شاخص شباهت	نام گزینه	نماد
۹	۰.۴۴۴	محور بوشهر -برازجان	A1
۱	۰.۶۳۸	محور برازجان -فارس	A2
۷	۰.۴۶۶	محور گناوه -دیلم	A3
۲	۰.۵۸۴	محور دیلم-بهبهان	A4
۱۰	۰.۴۴۴	محور عسلویه-فارس	A5
۱۲	۰.۴۴۰	محور جم-فیروز آباد	A6
۵	۰.۴۸۱	محور کنگان-عسلویه	A7
۳	۰.۵۷۶	محور برازجان -گناوه	A8
۸	۰.۴۵۷	محور بوشهر-دیر	A9
۱۱	۰.۴۴۲	محور کنگان -دوراهک	A10
۱۴	۰.۳۸۶	محور نمازگاه-تنگ ارم-بوشکان	A11
۱۶	۰.۳۰۸	محور سرچشمه-باغبان	A12
۱۳	۰.۴۲۳	محور نیریز-دزگاه	A13
۴	۰.۵۲۲	محور گناوه-میشیان-نور آباد	A14
۶	۰.۴۷۴	محور دیر -کنگان	A15
۱۵	۰.۳۷۴	محور عسلویه-هرمزگان	A16

### نتایج روش الکترون

روش الکترون نیز همانند تاپسیس اجرا شد و نتایج نیز در جدول زیر آورده شده است. با توجه به جدول ۴ محور دیلم بهبهان، محور برازجان فارس و محور برازجان گناوه رتبه‌های

## ۶- نتیجه گیری

در گام اول نتایج روش AHP نشان داد که معیار هزینه با وزن ۰.۴۰۷ اولویت اول، معیار دسترسی با وزن ۰.۲۱۳ اولویت دوم، معیار طرح توسعه با وزن ۰.۱۳۰ اولویت سوم، معیار زیرساخت با وزن ۰.۱۱۲ اولویت چهارم، معیار محیط زیست با وزن ۰.۰۷۵ اولویت پنجم و معیار اجتماعی با وزن ۰.۰۶۳ اولویت ششم را کسب کرده است.

در گام دوم نیز روش تاپسیس نشان داد که محور برازجان-فارس رتبه اول، محور دیلم-بهبهان رتبه دوم، محور برازجان-گناوه رتبه سوم، محور گناوه-میشیان-نورآباد رتبه چهارم، محور کنگان-عسلویه رتبه پنجم، محور دیر-کنگان رتبه ششم، محور گناوه-دیلم رتبه هفتم، محور بوشهر-دیر رتبه هشتم، محور عسلویه-فارس رتبه نهم، محور بوشهر-بrazجان رتبه دهم، محور کنگان-دوراهاک رتبه یازدهم، محور جم-فیروزآباد رتبه دوازدهم، محور نیریز-دژگاه رتبه سیزدهم، محور نمازگاه-تنگ ارم-بوشکان رتبه چهاردهم، محور عسلویه-هرمزگان رتبه پانزدهم و محور سرچشمه-باغبان رتبه شانزدهم را کسب کرده اند.

در گام سوم نیز روش الکتراه نشان داده که محور دیلم-بهبهان رتبه اول، محور برازجان-فارس رتبه دوم، محور برازجان-گناوه رتبه سوم، محور گناوه-میشیان-نورآباد رتبه چهارم، محورهای بوشهر-دیر و کنگان-عسلویه و محور دیر-کنگان هر سه رتبه پنجم، محور بوشهر-بrazجان رتبه ششم، محور عسلویه-فارس رتبه هفتم، محورهای گناوه-دیلم و کنگان-دوراهاک هر دو رتبه هشتم، محور نمازگاه-تنگ ارم-بوشکان رتبه نهم، محور عسلویه-هرمزگان رتبه دهم و محور سرچشمه-باغبان رتبه یازدهم را کسب کرده اند. محور برازجان - فارس که از لحاظ عملکردی از راه های اصلی آسفالت به شمار میرود از محورهای مهم و قابل توجه استان است که محور مرتبط بین استان بوشهر و استان فارس بوده و در مسیر خود از شهرهایی با جمعیت به نسبت زیاد عبور میکند. ظرفیت ۱۰۰۰ وسیله عبوری در یک ساعت در یک خط حجم قابل توجهی از تردد را به خود اختصاص میدهد که بعد از اجرای طرح نسبت حجم به ظرفیت از ۰/۷۹ به ۰/۴۵ تغییر پیدا خواهد کرد و ظرفیت به ۳/۶ برابر ارتقا پیدا میکند. این محور در تاپسیس جایگاه اول و در الکتراه در جایگاه دوم قرار گرفته است. همچنین محور

دیلم - بهبهان محور قال توجه و مهمی در استان به شمار میرود که شهر دیلم در استان بوشهر را به شهر بهبهان در استان خوزستان متصل میکند و در طول مسیر خود از شهرهای پر جمعیت سردشت با جمعیت ۵۰۰۰ نفر عبور میکند؛ لذا این مسیر یک خطه با ظرفیت فعلی ۱۲۰۰، سطح سرویس B را به خود اختصاص داده است. به این ترتیب تغییر راه از ۱ خطه به ۲ خطه ظرفیت این محور را ۳ برابر افزایش خواهد داد و این مقدار افزایش ظرفیت افق دید مناسبی برای این محور پراهمیت و اتصال دهنده دو استان بوشهر-خوزستان خواهد بود. برازجان - گناوه هم مانند محورهای فوق از دیدگاه عملکردی در گروه راه اصلی آسفالت دسته بندی شده و شهر برازجان با جمعیت ۹۵۰۰۰ نفر را به بندی گناوه با ظرفیت ۶۴۰۰۰ متصل میکند و در طول مسیر خود از شهرهای سعد آباد و شبانکاره عبور کرده و همچنین سفرهایی با مقصد بندر ریگ نیز ملزم به عبور از این مسیر خواهند بود. نسبت حجم به ظرفیت از ۰/۴۹ به ۰/۴۲ و ظرفیت از ۱۴۰۰ به ۳۶۰۰ تغییر خواهد کرد. در مجموع پس از بررسی پنج آیم برتر به این نتیجه خواهیم رسید که راه های اصلی آسفالت که شهرهای پر جمعیت و مهم را به هم ارتباط داده اند و در عین حال با عبور از شهرها با جمعیت نسبی زیاد و آنانی که به بنادر منتهی می شوند از الویت بیشتری برخوردارند، در عین حال این راه ها معمولاً یک خطه بوده و پس از اجرای طرح به دو خطه تبدیل شده و ظرفیت آن تا سه برابر افزایش می یابد.

جدول ۵. مقایسه محورهای برتر

مقایسه ۵ محور برتر در تاپسیس و الکتراه	
الکتراه	تاپسیس
۱	بrazجان - فارس
۲	دیلم - بهبهان
۳	بrazجان - گناوه
۴	گناوه - میشیان - نورآباد
۵	کنگان - عسلویه
	بوشهر-دیر
	کنگان-عسلویه
	دیر-کنگان

## ۷-مراجع

- Joseph prashkaer, erel avineri, avishai ceder (2000), "Transportation projects selection process using fuzzy sets theory, Vol. 116, issue 1, 16 November, pp. 35-47.
- Mahmut yavuz, melih iphar, guner once, (2008), "the optimum support design selection by using AHP method for the main haulage road in WLC tuncbilek colliery tunneling and underground space technology", volume 23, issue 2, pp.111-119.
- Warich temrungsie, winai raksuntron , sanya name, so ngrit chayanan , boonsap witchayangkoon, (2011), AHP-based prioritization on road accidents factor :a case study of Thailand.
- Professor etnest forman Dsc and mary an Expert choice sell, Decision by objectives. Inc (2011).
- E Avineri , J prashker ,A ceder , Fuzzy sets . and systems, Volume 116, Issue 1, 16 November 2000, pp. 35-47.
- رضایی ارجودی، ع.ر.، و نجفی، م.، و منتظری، م.، (۱۳۸۹)، "مدل الویت‌بندی پروژه‌های راه سازی کشور"، دانشگاه فردوسی مشهد - ایران پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران.
- خطیب زاده الف. کمره، د.، بهرامی موینی، م.، (۱۳۹۱)، "الویت‌بندی معابر مستعد جهت پیاده سازی راه در شهر تهران با استفاده از AHP"، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران.
- مقدم آرانی، الف.، (۱۳۸۳)، "شناسایی معیارهای مهم و موثر در ارزیابی پروژه‌های راه‌سازی با استفاده از AHP.
- عابدیان م. ر.، (۱۳۹۳)، "تامین و بازگشت سرمایه در ساخت راه و الویت‌بندی راهکارهای مختلف بر اساس AHP" و پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران راه و شهرسازی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- Mongkut Piantanakulchai, (2005), "Analytic network process model for highway corridor planning", Isahp, Honolulu, Hawaii.
- Jennifer s .shsng, youxu tjader, yizhong ding, (2004), "IEEE transaction on engineering management Vol.51, No: 3 August.