Archive of SID

# ارائه مدل پارامتریک چندهدفه اصلاح‌شده برای اولویت‌بندی اهداف کلی در حمل‌ونقل درون‌شهری

محسن بابائی، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

E-mail: m.babaei@basu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۹ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۰۹

## چکیده

*یکی از مهم‌ترین مراحل در انجام مطالعات ویا اقدامات حمل‌ونقلی، تعیین میزان اهمیت و اولویت اهداف حمل‌ونقلی شهر است. به طور کلی دو نوع هدف در مطالعات حمل‌ونقلی می‌تواند تعریف شود: اهداف کلی و اهداف جزئی. این مقاله به دنبال ارائه روشی برای اولویت‌بندی یکپارچه اهداف کلی حمل‌ونقلی است، به گونه‌ای که دیدگاه همه افراد (مسوولان، متصدیان و کارشناسان) مرتبط با امر حمل‌ونقل در این اولویت‌بندی در نظر گرفته شود. در روش ارائه شده، پس از دریافت نظر همه افراد در خصوص امتیاز و اولویت هر هدف، از روش پارامتریک وزن‌دهی، به یک اولویت‌بندی یکپارچه از دیدگاه همگان دست یافته می‌شود. با توجه به پراکندگی امتیازهای ارائه‌شده توسط افراد مختلف، ساختار غالب و مغلوبی برای هر هدف کلی نسبت به سایر اهداف کلی در نظر گرفته شده و روش بهینه‌سازی چندهدفه پارامتریک به گونه‌ای اصلاح شده است که این ساختار غالب و مغلوبی در اولویت اهداف موثر باشد. روش ارائه‌شده برای اولویت‌بندی اهداف کلی شهر مشهد نشان می‌دهد که در صورت عدم لحاظ کردن پراکندگی در امتیازها (و صرفاً استفاده از مقدار میانگین امتیازها) به نتایج متفاوتی منجر خواهد شد که می‌تواند با خطای تصمیم‌گیری همراه باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سه هدف کلی اولویت‌دار به دست آمده از دو روش وزن‌دهی ساده و روش ارائه‌شده در شهر مشهد مشابه هستند، ولی اولویت چهارم به دست‌آمده از دو روش متفاوت هستند.*

**واژه های کلیدی**: اولویت‌بندی، تصمیم‌گیری چندشاخصه، اهداف کلی حمل‌ونقل، روش بهینه‌سازی چندهدفه پارامتریک.


www.SID.ir

Archive of SID



## ۱. مقدمه

شناسایی اهدافی که لازم است در اقدامات حمل‌ونقلی مورد توجه قرار گیرد یکی از مهم‌ترین مراحل مطالعات حمل‌ونقل و ترافیک شهر است. نکته مهم و حائز اهمیت در این خصوص در نظر گرفتن اهداف با توجه به جمع مسائل موجود در شهر در زمان حال و آینده است. این امر نیازمند دیدی وسیع و جامع از شهر، مسائل حمل‌ونقلی و دیدگاه‌های مدیران و مسوولان امر ترافیک در شهر است.

اولویت اهداف حمل‌ونقل درون‌شهری را می‌توان از دیدگاه افراد مختلف درگیر با امر حمل‌ونقل در شهر به صورت متفاوت در نظر گرفت. اما، از آنجا که همه بخش‌های مرتبط با حمل ونقل شهر باید در یک راستا و در جهت رسیدن به اهداف یکسان حرکت کنند و همچنین در مطالعات مختلف می‌بایست اهداف یکسانی مد نظر باشند، ضروری است که میزان اهمیت هر هدف، با توجه به نقطه نظر همه افراد درگیر با موضوع، به صورت یکپارچه تعیین گردد. برای انجام این کار، سه گام اصلی باید طی شود: ۱-تعیین سلسله مراتب اهداف، ۲-تعیین وزن هر هدف برای هر فرد (مسوول، متصدی ویا کارشناس در امر حمل ونقل و ترافیک شهر)، و ۳-تجمیع آراء و اولویت همه افراد به منظور تعیین اولویت‌بندی یکپارچه اهداف. به طور کلی، دو نوع هدف در مطالعات حمل‌ونقلی می‌تواند تعریف شود: «اهداف کلی»[1] و «اهداف جزئی»[2] [Khisty and Lall, 2006]. اهداف کلی عبارات عمومی هستند که به طور وسیع محیط زندگی را به ارزش‌ها مرتبط می‌سازند، و هیچ آزمایشی جهت سنجش اجرای کامل آنها نمی‌توان به کار گرفت، مثل نگهداری و یا بهبود کیفیت حمل‌ونقل. اهداف جزیی عباراتی مشخص و قابل اندازه‌گیری هستند که در راستای دستیابی به اهداف کلی معنی می‌یابند. برای مثال، بهبود قابلیت اطمینان جابجایی مسافران و کالا در سیستم حمل‌ونقل موجود یک مقصد (هدف جزئی قابل اندازه‌گیری) است.

این مقاله به دنبال ارائه روشی برای اولویت‌بندی یکپارچه اهداف کلی حمل‌ونقل از طریق اصلاح و بکارگیری یک روش تصمیم‌گیری چندهدفه است، به گونه‌ای که دیدگاه همه افراد (مسوولان، متصدیان و کارشناسان) مرتبط با امر حمل‌ونقل در این اولویت‌بندی در نظر گرفته شود. در این رویکرد، اهداف شهر با نظرات کارشناسی تهیه می‌شوند و سپس اهمیت مربوط به آنها بر اساس پرسشگری از افراد مرتبط با امر ترافیک شهر مشخص می‌شود. این اهداف زمینه‌ساز و مقدمه‌ای برای ارائه گزینه‌های مختلف در مطالعات و اقدامات مختلف حمل‌ونقل خواهند بود.

نوآوری اصلی این مقاله، تبدیل روش پارامتریک چندهدفه به چندشاخصه و استفاده از آن برای اولویت‌بندی اهداف حمل ونقل درون‌شهری به منظور رفع مشکلاتی است که در روش وزن‌دهی مرسوم در زمینه به دست آمدن جواب‌های مغلوب وجود دارد. نکته قابل توجه این است که روش پارامتریک اصلاح‌شده به لحاظ سادگی در ساختار شباهت‌هایی با روش وزن‌دهی دارد و به همین دلیل می‌توان آن را جزء روش‌های ساده و کاربردی به حساب آورد و این باعث خواهد شد که در مطالعات واقعی حمل‌ونقل و ترافیک کشور قابلیت بکارگیری بیشتری نسبت به سایر روش‌های چندشاخصه اولویت‌بندی داشته باشد.

با این مقدمه، در بخش ۲ این مقاله ابتدا خلاصه‌ای درباره پیشینه موضوع ارائه خواهد شد. سپس، در بخش ۳ روند تهیه درخت (هرم) اهداف درون‌شهری و ارائه روش اولویت‌بندی توضیح داده خواهد شد. در بخش ٤، نتایج حاصل از بکارگیری روش ارائه‌شده برای اولویت‌بندی اهداف کلی در شهر مشهد مورد بررسی قرار می‌گیرد. در پایان، در بخش ۵ به جمع‌بندی، نتیجه گیری و پیشنهاد موضوعاتی برای مطالعات آتی در این خصوص پرداخته می‌شود.



www.SID.ir

Archive of SID


## ۲. پیشینه موضوع

تعریف اهداف کلی در ادبیات موضوع معمولاً به دسترسی، سرعت حرکت، توسعه اقتصادی، کیفیت زندگی، حفظ منابع و محیط زیست، کارآیی در بهره‌برداری ازتباط داده شده است [Meyer, 1980 and Gayle, 1999]. هدف کلی به گونه‌ای مشخص می‌شود که بتواند بیانگر میزان نیل به ارزشها باشد. میزان دستیابی کامل به یک هدف کلی با هیچ آزمایشی قابل سنجش نیست [Thomas and Schofer, 1970]. برای اطلاع از اهداف در یک شهر معمولاً از منابعی مانند روزنامه‌ها، مصاحبه‌ها و پرسشنامه‌های حضوری و اینترنتی استفاده شده است [Hoover,1994; Lorenz and Ingram, 1999; and Keever et al. 1999].

میر و میلر معیارهای اصلی برای تعریف اهداف کلی و جزیی را به صورت زیر تعریف کردند [Meyer and Miller, 2001]:

- ✓ اهداف کلی و جزئی می‌بایست واضح، خلاصه، شفاف و غیرمبهم و قابل فهم برای تمام گروه‌های گرداننده حمل‌ونقل باشند.
- ✓ اهداف جزئی می‌بایست به صورت کاملاً منطقی از اهداف کلی پیروی کنند.
- ✓ اهداف کلی و جزئی می بایست دیدگاه‌ها و درک‌های اجتماع را بازتاب نمایند.
- ✓ هر هدف جزئی باید توسط حداقل یک میزان کارآیی (MOE) قابل ارزیابی باشد.
- ✓ میزان‌های کارآیی باید با صرف هزینه و انرژی منطقی قابل اندازه‌گیری باشند.

علاوه بر روش‌های کیفی صرفاً مبتنی بر نظرسنجی، می‌توان از روش‌های مختلف مبتنی بر تحلیل حساسیت مانند تحلیل فاصله و تحلیل همایی [Momtahen, 1995] و روش پارتویی متوالی [Tarh-e-Haftom, 2009] نیز برای اولویت‌بندی اهداف استفاده کرد. این روش‌ها بر مبنای میزان مشکلات موجود در زمینه اهداف کلی بکارگیری شده‌اند، نه بر مبنای امتیاز نسبی به‌دست‌آمده از امتیازدهی مستقیم افراد و بنابراین نتایج آن قابل مقایسه با روش ارائه‌شده در این مقاله نخواهد بود.

تعیین اولویت و یا رتبه‌بندی اهداف در صورتی که افراد (آزمودنی‌های) مختلف امتیازها ویا اولویت‌های مختلفی را برای هر هدف قائل باشند، می‌تواند یک نوع مسأله ارزیابی (تصمیم گیری) چندشاخصه به حساب می‌آید. چنان که پیشتر گفته شد، در این مقاله، اولویت‌بندی اهداف کلی با استفاده از مفاهیم تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل پارامتریک صورت گرفته است. به همین دلیل، در ادامه به مختصری درباره معرفی تصمیم‌گیری چندمعیاره و مرور ادبیات مرتبط با آن پرداخته می‌شود.

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[۳] را می‌توان به دو دسته عمده تقسیم کرد: مدل‌های چندهدفه (MODM)[۴] و مدل‌های چند شاخصه (MADM)[۵]. تفاوت کلی بین دو رویکرد را می‌توان در ساختار ریاضی آن‌ها دید. مدل‌های چندهدفه به دنبال انتخاب پارامترها و متغیرهای مدل است، به‌گونه‌ای که اهداف مختلف مسئله را به نقاط مطلوب و بهینهٔ آن‌ها برساند، درحالی‌که تصمیم‌گیری چندشاخصه به دنبال آن است که با استفاده از شاخص‌های سنجش (معیارهای سنجش)، از میان چند گزینهٔ منتخب یکی را به عنوان گزینهٔ برتر معرفی نماید.

مدل چند شاخصه به‌صورت ماتریس تصمیم‌گیری $\mathbf{R}=\{r_{ij}\}$ بیان می‌شود، که $i$ اندیس گزینه و $j$ اندیس شاخص‌های تصمیم‌گیری (مانند هزینه، ظرفیت، سوددهی، راحتی و غیره) برای سنجش مطلوبیت هر گزینه بوده، و عناصر $r_{ij}$ بیانگر مقادیر خاص از شاخص $j$ ام برای گزینه $i$ ام است. واضح است که شاخص‌های $j$ ممکن است کمی (مانند هزینه) یا کیفی (مانند راحتی) باشند. [Asgharpour, 1998]

جزئیات روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندشاخصه را می‌توان درکتاب‌هایی نظیر [Asgharpour, 1998] و [Figueira et al. 2005] و مقاله‌های مروری مانند


www.SID.ir

Archive of SID



[Mardani et al. 2015a, 2015b and 2016; and Kumar et al. 2017] یافت. در مقاله حاضر، روش پارامتریک[6] -که یکی از روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چندهدفه است- با تغییراتی به روشی برای حل مسأله اولویت بندی اهداف کلی -که خود می‌تواند نوعی چندشاخصه باشد- بکارگرفته شده است، و بنابراین، در ادامه، خلاصه‌ای در مورد روش وزن‌دهی ساده[7]، که روشی مرسوم برای محاسبه وزن و اهمیت اهداف به حساب می‌آید، ارائه شده و نقاط ضعف آن توضیح داده می‌شود.

با اینکه روش‌های مبتنی بر تعیین وزن معیارها (روش وزن‌دهی جمع‌پذیر) از معروف‌ترین و پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به حساب می‌آید [Khairul et al. 2016; Nurmalini and Rahim, 2017; and]، و معمولاً مبنای مقایسه با سایر روش‌ها قرار می‌گیرد [Pouyani and Ahadi, 2017]، به‌طورکلی معایب زیر را می‌توان برای آن برشمرد:

الف) این روش‌ها جزو روش‌های جبرانی هستند [Asgharpour, 1998]. به این معنی که در آن‌ها، تبادل یا مبادله[8] بین شاخص‌ها مجاز است. به عبارت دیگر، ضعف یک شاخص ممکن است توسط امتیاز شاخص دیگری جبران شود. در شرایطی که یک گزینه در شاخص‌های مهم‌تر ارزیابی نمره‌ای ضعیف کسب کرده است در حالی‌که در شاخصهای غیرمهم نمره‌ای بسیار قوی داشته است، ممکن است هر دو این گزینه‌ها با روش جمع نمره‌ها به شرایطی برابر دست یابند. مطالعه‌ای توسط معماریانی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ نشان می‌دهد که با تغییر در وزن یک معیار میزان تغییر در وزن کل هر گزینه تا چه حد دستخوش تغییر می‌شود [Memariani et al. 2009].

ب) در روش‌های وزن‌دهی، گزینه‌های موجود در تصمیم‌گیری می‌بایست الزاماً نسبت به یکدیگر مستقل باشند، درحالی‌که شاخص‌ها یا اهداف موجود برای آن مسئله ممکن است از نظر آماری نسبت به یکدیگر دارای استقلال خطی باشند یا نباشند.

پ) از آنجا که در روش پرسشنامه‌ای، هر فرد تصمیم‌گیر مستقل از نظر سایر افراد وزن شاخص‌ها را تعیین می‌کند، پراکندگی وزن شاخص از دیدگاه افراد مختلف امری بدیهی است، لکن در روش وزن‌دهی ساده تنها می‌توان وزن یکتایی برای هر شاخص اعمال کرد، که در عمل با میانگین‌گیری از اوزان ارائه شده توسط همه افراد به دست می‌آیند.

نوآوری‌های این مقاله، تبدیل روش پارامتریک چندهدفه به چندشاخصه و استفاده از آن برای اولویت‌بندی اهداف حمل ونقل درون‌شهری به منظور رفع ایرادهای (الف) تا (پ) وارد بر روش وزن‌دهی مرسوم است. لازم به ذکر است که رفع ایراد مربوط به موارد (الف) و (ب) با توجه به تعیین روابط غالب و مغلوبی موجود در روش پارامتریک حاصل می‌شود و رفع ایراد مربوط به مورد (پ) به دلیل در نظرگرفتن میزان اهمیت تعیین شده توسط همه افراد به جای استفاده از یک مقدار میانگین تا حدود زیادی میسر خواهد شد. نکته قابل توجه این است که روش پارامتریک اصلاح‌شده به لحاظ ساختار شباهت‌هایی با روش وزن‌دهی داشته و روشی ساده به حساب می‌آید و این باعث خواهد شد که در مطالعات واقعی حمل‌ونقل و ترافیک کشور قابلیت بکارگیری بیشتری نسبت به سایر روش‌های چندشاخصه اولویت‌بندی داشته باشد.

## ۳. روش تحقیق

اولویت اهداف حمل‌ونقل درون‌شهری را می‌توان از دیدگاه افراد مختلف درگیر با امر حمل‌ونقل در شهر به طور متفاوت در نظر گرفت. اما، از آنجا که همه بخش‌های مرتبط با حمل ونقل شهر باید در یک راستا و در جهت رسیدن به اهداف یکسان حرکت کنند و همچنین در مطالعات مختلف می‌بایست اهداف یکسانی مد نظر باشند، ضروری است که میزان اهمیت هر هدف با توجه به نقطه نظر همه افراد درگیر با موضوع به صورت یکپارچه تعیین گردد. به همین دلیل، در بخش ۳-۱ این مقاله، پس از توضیحاتی در خصوص نحوه تعیین اهداف کلی در حمل‌ونقل، نحوه تعیین اهمیت اهداف از دیدگاه هر فرد



www.SID.ir

Archive of SID

(مسوول یا کارشناس یا متصدی در امر حمل‌ونقل شهر) پرداخته می‌شود، و سپس، نحوه تعیین اولویت اهداف به صورت یکپارچه و از دیدگاه همه افراد در بخش۳-۳ ارائه می‌شود.

### ۳-۱ تعیین اهمیت اهداف از دیدگاه هر فرد

بر اساس تعاریف و معیارهای ذکرشده در [Meyer, Miller, 2001] و [Khisty and Lall, 2006]، که توضیحاتی در مورد آنها در بخش قبل ارائه شد، اهداف کلی حمل‌ونقل درون‌شهری را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد: [Tarh-e-Haftom, 2009]

۱) کاهش خطرات زیست محیطی
۲) تامین دسترسی به فرصت‌ها برای همه افراد
۳) کاهش مخارج سیستم حمل‌ونقل
٤) افزایش ایمنی و امنیت
٥) افزایش راحتی و آرامش در سفر
٦) افزایش سازگاری سیستم‌های حمل‌ونقلی با فرهنگ و سنت
۷) قابلیت اطمینان به سیستم حمل‌ونقل

همچنین، در کنار این اهداف کلی، ٥ ارزش، ۲۹ هدف جزیی و ۱۲٦ معیار کارآیی تعریف شده است. جدول ۱ نحوه ارتباط اهداف کلی و جزیی، و ارتباط بین آنها را نشان می‌دهد.

نکته قابل توجه این که با رعایت تعاریف و معیارهای ذکرشده در متون مرتبط مذکور در بالا می‌توان دسته‌بندی‌های مختلفی برای اهداف کلی و جزیی ارائه کرد، که این موضوع به شناخت مشکلات شهری در یک کشور و تجربه و نظر کارشناسی تحلیل‌گر دارد.

هرچند ارتباط بین اهداف و میزان‌های کارآیی در برآورد میزان مشکلات و ارزیابی راه‌کارهای حمل‌ونقلی بسیار با اهمیت است، ولی در تعیین امتیاز نسبی اهداف کلی در این مقاله نقشی ندارد و از توضیح بیشتر درباره آنها صرف نظر می‌شود. خواننده می‌تواند برای اطلاع از آنها و جزئیات ارتباط بین اهداف کلی و جزئی به [Tarh-e-Haftom, 2009] مراجعه کند.

پس از تعیین اهداف کلی، با استفاده از یک پرسشنامه‌ای ساده و کسب امتیاز مربوط به هر هدف کلی در مقیاس صفر تا ۲۰ میزان اهمیت (امتیاز نسبی) هر هدف کلی برای هر فرد را می توان به صورت زیر تعیین کرد:

$$w_{ij} = s_{ij} / \sum_k s_{kj} \qquad (۱)$$

که در آن، $s_{ij}$ امتیاز داده‌شده به هدف کلی $j$ توسط فرد $i$ (بین ۰ و ۲۰) و $w_{ij}$ امتیاز نسبی هدف کلی $j$ توسط فرد $i$ (بین ۰ و ۱) است.

### ۳-۲ روش پارامتریک چندهدفه

فرمول‌بندی کلی روش پارامتریک چندهدفه به صورت زیر است [Asgharpour, 1998]:

$$\max \sum_{g \in G} v_g f_g(y) \qquad (۲)$$

$$0 \le v_g \le 1 \qquad (۳)$$

$$v_g \ge 0, \qquad \forall g \in G \qquad (٤)$$

که در آن، $v_g$ اهمیت فرضی تابع هدف (معیار) $g$، $G$ مجموعه توابع هدف (معیارها)، و $f_g(y)$ مقدار تابع هدف $g$ را نشان می‌دهد. باید توجه کرد که اوزان $v_g$ اهمیت نسبی توابع هدف را منعکس نمی‌کنند، بلکه فقط به‌طور پارامتریک تغییر کرده تا جواب‌های موثر مسأله مشخص گردد. در واقع این مدل به دنبال یافتن توابع هدف غالب است که با تغییر پارامتریک وزن توابع هدف بتواند بیشترین مقدار وزن‌داده‌شده را بیابد. در این مدل، یک حل موثر[۹] $y^*$ حلی است که هیچ حل دیگری (مثل $y$) وجود نداشته باشد که: [El-Banna, 1993]

$$v_g f_g(y^*) \le v_g f_g(y) \qquad (٥)$$

این حل را می‌توان حل غیرمغلوب نیز نامید [Enkhbat et al. 2008].


www.SID.ir

Archive of SID



### ۳-۳ روش پارامتریک پیشنهادشده

از آنجا که در مسأله تعیین اولویت اهداف کلی در حمل و نقل به دنبال اهداف غیر مغلوب (دارای اولویت از دیدگاه افراد مختلف) هستیم، ایده استفاده از روش پارامتریک در این مطالعه مد نظر قرار گرفت. با توجه به گسسته بودن مسأله اولویت‌بندی اهداف، و به نوعی چندشاخصه بودن آن، لازم است تغییراتی در مدل چندهدفه فوق اعمال شود. به این ترتیب، در این پژوهش، مسأله پارامتریک چندشاخصه زیر پیشنهاد شده است:

$$\max \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_j v_i w_{ij} \qquad (۶)$$

*S.t.:*

$$\sum_{j\in J} x_j = 1 \qquad (۷)$$

$$0 \le v_i \le 1, \qquad \forall i \in I \qquad (۸)$$

$$(1-x_j)v_i w_{ij} \le x_k v_i w_{ik} + (1-x_k)M, \quad \forall j,k \in J \qquad (۹)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \qquad \forall j \in J \qquad (۱۰)$$

که در آن، $J$ مجموعه اهداف کلی، $I$ مجموعه افراد پرسشگری‌شده، $v_i$ اهمیت فرضی فرد $i$، و $w_{ij}$ امتیاز نسبی به دست آمده از پرسشگری برای هدف کلی $j$ از دیدگاه فرد $i$ و $M$ یک عدد خیلی بزرگ است. در این مدل، مقدار متغیر تصمیم $x_k$ زمانی برابر با ۱ خواهد شد که هدف کلی $k$ به عنوان یک هدف کلی اولویت‌دار انتخاب شود و در غیر این صورت مقدار $x_k$ صفر می‌شود.

در این مدل، حداکثر یک هدف کلی، که طبق رابطه (٦) بیشترین تابع هدف مسأله را نتیجه دهد، به عنوان هدف کلی دارای اولویت انتخاب می‌شود، و بنابراین برای اولویت‌بندی همه اهداف کلی نیاز به الگوریتمی است که بعداً به آن می‌پردازیم. محدودیت (۷) مدل را مجبور به انتخاب یک هدف کلی از میان همه اهداف کلی می‌کند.

**جدول ۱. اهداف اهداف کلی و اهداف جزیی و ارتباط آن‌ها** [Tarh-e-Haftom, 2009]

| اهداف کلی | اهداف جزئی |
|---|---|
| ۱- کاهش خطرات زیست محیطی | ۱-۱- کاهش آلودگی‌های صوتی و لرزشی |
| | ۱-۲- کاهش آلودگی هوا |
| | ۱-۳- کاهش آلودگی‌های بصری (دید و منظر) |
| | ۱-٤- کاهش آلودگی‌های آب و خاک و حفظ محیط زیست جانوری |
| ۲- تامین دسترسی به فرصت‌ها برای همه افراد | ۲-۱- افزایش سهولت دسترسی به سیستم حمل‌ونقل همگانی |
| | ۲-۲- بهبود ساختار شبکه حمل‌ونقل همگانی |
| | ۲-۳- افزایش تسهیلات مناسب برای تردد عابرین پیاده و کاربرای کم‌توان |
| | ۲-٤- کاهش طول سفرها |
| | ۲-۵- بهبود کیفیت تسهیلات جانبی سیستم حمل‌ونقل |
| | ۲-٦- بهبود ساختار و توپولوژی شبکه معابر |
| | ۲-۷- افزایش اطلاع رسانی به مسافران و رانندگان |
| ۳- کاهش مخارج سیستم حمل‌ونقل | ۳-۱- کاهش طول سفرها |
| | ۳-۲- کاهش تعداد وسایل نقلیه فعال در معابر |
| | ۳-۳- کاهش هزینه سفر با حمل‌ونقل خصوصی و همگانی |
| | ۳-٤- کاهش هزینه‌های ساخت |
| | ۳-۵- کاهش هزینه‌های مدیریتی نگهداری و بهره‌برداری |
| | ۳-٦- افزایش سهم حمل‌ونقل همگانی |
| | ۳-۷- کاهش مخارج ناشی از حوادث |
| ٤- افزایش ایمنی و امنیت | ٤-۱- افزایش تسهیلات مناسب برای تردد عابرین پیاده و کاربران کم توان |



www.SID.ir

Archive of SID

| | |
|---|---|
| | ٤-٢- افزایش فرهنگ رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی |
| | ٤-٣- کاهش تعداد تصادفات و تلفات ناشی از آن |
| | ٤-٤- حفظ امنیت سامانه حمل‌ونقل |
| | ٤-٥- بهبود قوانین حمل‌ونقل و رانندگی و نظام مدیریت ایمنی |
| | ٤-٦- بهبود وضعیت معابر |
| ٥- افزایش راحتی و آرامش در سفر | ٥-١- افزایش تسهیلات مناسب برای تردد عابرین پیاده و کاربران کم توان |
| | ٥-٢- بهبود کیفیت تسهیلات جانبی سیستم حمل‌ونقل |
| | ٥-٣- افزایش فرهنگ رعایت قوانین راهنمایی و رانندگی |
| | ٥-٤- بهبود وضعیت معابر |
| | ٥-٥- کاهش شلوغی خیابان |
| | ٥-٦- افزایش اطلاع رسانی به مسافران و رانندگان |
| | ٥-٧- کاهش ازدحام و شلوغی در ایستگاه‌ها و ناوگان وسایل حمل‌ونقل همگانی |
| | ٥-٨- کاهش آسیب به بناها و میراث فرهنگی و هنری شهر و بافت‌های ارزشمند |
| | ٦-١- کاهش آلودگی‌های بصری (دید و منظر) |
| ٦- افزایش سازگاری سیستم‌های حمل‌ونقلی با فرهنگ و سنت | ٦-٢- کاهش آسیب به بناها و میراث فرهنگی و هنری شهر و بافت‌های ارزشمند |
| | ٦-٣- افزایش استفاده از نمادهای هنری بومی در سیستم‌های حمل‌ونقل |
| | ٦-٤- افزایش تناسب و هماهنگی سیستم‌های حمل‌ونقل با اقلیم شهری |
| | ٧-١- بهبود ساختار شبکه حمل نقل همگانی |
| | ٧-٢- بهبود کیفیت تسهیلات جانبی سیستم حمل‌ونقل |
| ٧- قابلیت اطمینان به سیستم حمل‌ونقل | ٧-٣- بهبود ساختار و توپولوژی شبکه معابر |
| | ٧-٤- افزایش قابلیت اطمینان سفر |
| | ٧-٥- کاهش اثرات محیطی بر حمل‌ونقل |

محدودیت (٨) وزن داده‌شده به هر فرد -که هر فرد معرف معیار تصمیم‌گیری است- را بین صفر و ١ نگه می‌دارد.

رابطه (٩) کنترل می‌کند که اگر هدف کلی $k$ به عنوان هدف کلی دارای اولویت انتخاب شده باشد - یعنی $x_k$ برابر با ١ باشد- و هدف کلی $j$ به عنوان هدف کلی دارای اولویت انتخاب نشده باشد -یعنی $x_j$ برابر با صفر باشد- هدف کلی $k$ نسبت به هدف کلی $j$ غیرمغلوب باشد:

$$v_i w_{ij} \le v_i w_{ik} \ , \qquad \forall j,k \in J,\ \forall i \in I \qquad (١١)$$

بدیهی است، در سه حالت دیگر، سه نامعادله صحیح به صورت زیر به دست خواهد آمد:

- اگر $x_j = 1$ و $x_k = 0$ آنگاه $0 \le M$،
- اگر $x_j = 0$ و $x_k = 0$ آنگاه $v_i w_{ij} \le M$،
- اگر $x_j = 1$ و $x_k = 1$ آنگاه $v_i w_{ij} \le v_i w_{ik}$،

حالت اخیر تنها زمانی پیش می‌آید که $j$ برابر با $k$ باشد و هر دو سمت نامعادله یک مقدار داشته باشند.

در حقیقت، محدودیت (٩) صورت گسسته‌شده رابطه (٥) است، که در مسأله چندهدفه پس از حل مسأله کنترل می‌شد و در مدل پیشنهادی به عنوان یک محدودیت در اصل مسأله وارد شده است. محدودیت (١٠) صفر و یک بودن متغیر تصمیم (انتخاب یا عدم انتخاب اهداف کلی) را برقرار می‌کند.

ذکر چند نکته در مورد مدل پیشنهادشده ضروری است:

نکته ١: با تغییرات اعمال‌شده روی مدل چندهدفه پارامتریک، مدل به‌دست‌آمده تبدیل به مدلی چندشاخصه شده است، و در تعریف «تابع هدف» در مدل چندهدفه با «هدف کلی» در مدل پیشنهادی هیچ ارتباطی وجود ندارد. بلکه، هر هدف کلی در مدل پیشنهادی جایگزین یک جواب یا حل ممکن در مدل چندهدفه -که در مدل پارامتریک با $y$ نشان داده می‌شود- شده است، و هر فرد در مدل پیشنهادی جایگزین یک معیار (تابع هدف) در مدل چندهدفه شده است.


www.SID.ir

Archive of SID

نکته ۲: اوزان $v_i$ اهمیت نسبی اهداف کلی را منعکس نمی‌کنند، بلکه فقط به‌طور پارامتریک تغییر کرده تا اهداف کلی موثر و دارای اولویت مسأله مشخص گردند.

نکته ۳: مسأله بهینه‌سازی فوق یک مسأله یک هدفه غیرخطی است، زیرا دو متغیر تصمیم $x_j$ و $v_i$ در تابع هدف (۲) در یکدیگر ضرب شده‌اند. همچنین، متغیرهای تصمیم مسأله در محدودیت (۹) در یکدیگر ضرب شده و محدودیت غیرخطی ایجاد کرده‌اند. از آن جا که حل مسائل خطی با مشکل زمان حل و یا حل غیردقیق مواجه هستند در این مطالعه الگوریتمی ارائه می‌شود که در آن متغیر تصمیم $x_j$ از مدل حذف شود.

نکته ٤: همان طور که پیشتر گفته شد، در مدل پیشنهادشده روش کار به این صورت است که در هر بار اجرای مدل تنها یک هدف کلی دارای اولویت را می‌توان انتخاب کرد. سپس، در میان همه اهداف، هدفی که به عنوان هدف با بالاترین اولویت انتخاب می‌شود باید از جمع اهداف خارج شود تا از میان اهداف باقیمانده هدف بعدی با اجرای مجدد مدل به عنوان هدف با اولویت دوم انتخاب شود. به همین ترتیب باید روند اجرای مدل ادامه یابد تا اولویت همه اهداف مشخص گردد. به این معنی که اگر ۷ هدف کلی داریم، باید جمعاً ٦ مرتبه مدل غیرخطی بالا حل شود.

نکته ٥: با توجه به شرایط غالب و مغلوب بودن اهداف مقدار $v_i$ همواره یا صفر یا یک خواهد بود، ولی در مدل پیشنهادشده این متغیر به صورت یک متغیر صفر و یکی تعریف نشده است تا از پیچیدگی مدل و در نتیجه زمان حل آن کاسته شود.

بر اساس دو نکته ۳ و ٤، الگوریتمی برای رفع مشکل غیرخطی بودن مدل و نیز بیان نحوه استخراج اولویت‌ها توسط مدل پیشنهادشده به صورت زیر پیشنهاد شده است:

**گام ۱:** مجموعه‌ای را به عنوان «مجموعه فعال» تشکیل داده و آن را $K$ بنامید. همه اهداف کلی را در آن قرار دهید، و $n$ را برابر با ۱ بگیرید.

**گام ۲:** مسأله خطی زیر را به ازای هر هدف کلی $k$ عضو $K$ حل کنید:

$$\max \sum_{i\in I} v_i w_{ik} \qquad (۱۲)$$

*S.t:*

$$0 \le v_i \le 1, \qquad \forall i \in I \qquad (۱۳)$$

$$v_i w_{ij} \le v_i w_{ik}, \qquad \forall j,k \in K,\ \forall i \in I \qquad (۱٤)$$

**گام ۳:** در بین اهداف کلی عضو $K$ هدفی را که بیشترین مقدار را برای تابع هدف ایجاد کرده است به عنوان هدف با اولویت $n$ام انتخاب کرده و از مجموعه $K$ خارج کنید.

**گام ٤:** به مقدار $n$ یکی بیفزایید. اگر مجموعه $K$ تنها یک عضو دارد به آن اولویت $n$ بدهید و الگوریتم را پایان دهید، وگرنه به گام ۲ برگردید.

این الگوریتم به گونه‌ای طراحی شده است که بتواند اولویت هر هدف را با توجه به اهمیتی که برای افراد مختلف داشته‌اند به صورت پی‌درپی و با استفاده از روش چندمعیاره پارامتریک پیشنهادشده به دست دهد. در حقیقت، در هر مرحله از مدل خطی پیشنهادی، وزن فرضی هر فرد با توجه به میزان غیرمغلوب (و اولویت‌دار) بودن یک هدف کلی بر سایر اهداف کلی تعیین می‌شود و بر آن اساس مقدار بیشینه تابع هدف به دست می‌آید.

لازم به ذکر است که در الگوریتم بالا، تعداد اجرای مدل خطی پیشنهادشده برابر با $n(n+1)/2-1$ خواهد بود، که در مقایسه با تعداد اجرای مدل غیرخطی پیشنهادی به صورت توانی افزایش می‌یابد؛ ولی جواب آن به صورت دقیق و با زمان حل کمتری حاصل می‌شود. برای مثال، برای ۷ هدف کلی تعداد اجرای مدل غیرخطی ٦ بار و تعداد اجرای مدل خطی ۲۷ بار است.

## ٤. بکارگیری مدل

### ٤-۱ نتایج اولویت‌بندی اهداف کلی حمل‌ونقلی برای شهر مشهد


www.SID.ir

Archive of SID

برای ارزیابی میزان اهمیت اهداف کلی در شهر مشهد از دیدگاه مسوولان، متصدیان و کارشناسان این شهر، پرسشنامه‌ای (تحت عنوان پرسشنامه شناسایی اهداف) شامل چهار بخش طراحی شده است، که بخش اول آن مربوط به اطلاعات کلی و سفرهای معمول پاسخ‌گو، بخش دوم راجع به امتیاز (اهمیت) اهداف کلی و جزئی، و دو بخش آخر آن راجع به میزان مشکلات در زمینه میزان‌های کارآیی مختلف و سایر مشکلات عمومی از دید وی است. جمع‌آوری و ورود اطلاعات مربوطه تحت عنوان بخشی از شرح خدمات مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع حمل‌ونقل شهر مشهد [Tarh-e-Haftom, 2009] صورت گرفته است. اطلاعات مربوط به بخش دوم این پرسشنامه در مطالعه حاضر استفاده شده است.

در واقع، در مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع حمل‌ونقل شهر مشهد، نظر سنجی برای سه دسته افراد زیر به صورت مجزا صورت پذیرفته است: «کارشناسان»، «مسوولان» و «شهروندان». پرسشنامه تهیه‌شده برای دسته اول و دوم یکسان و برای دسته سوم متفاوت بوده است. در پرسشنامه مربوط به دسته اول و دوم، با توجه به آشنا بودن این دو دسته به مسائل حمل و نقلی و اهدافی که باید در مطالعات حمل و نقلی به دنبال آن بود، بحث اهمیت اهداف به صورت جداگانه و به صورت امتیازدهی از آنها پرسیده شد. همچنین، در پرسشنامه مربوط به این دو دسته سوالاتی در مورد میزان‌های کارآیی (شامل ۱۸۰ سوال) پرسیده شد، که این سوالاها به صورت خلاصه‌تری (با تعداد ۵۷ سوال) از شهروندان نیز پرسیده شد. پرسشنامه مربوط به دسته اول و دوم (یعنی «کارشناسان» و «مسوولان») حاوی پرسش‌های دیگری نیز به شرح زیر بود.

در ابتدا پرسش‌هایی در زمینه ویژگی‌های فردی پاسخگو در پرسشنامه گنجانیده شد، تا شرایط اجتماعی- اقتصادی پاسخگو (مانند سن، جنس، میزان تحصیلات، شغل، سمت، و مدت اقامت در محدوده مورد مطالعه) تعیین شود. این اطلاعات در گروه‌بندی پاسخگویان به منظور دستیابی به گروه‌های با همگونی بیشتر، و نیز وزن دادن به نظرات گروه‌های مختلف، مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه، از پاسخگویان خواسته شده است که مهم‌ترین مسأله حمل و نقل شهر را همراه با پیشنهاداتی برای حل آن‌ها ذکر کنند. در پایان قسمت اول پرسشنامه نیز از پاسخگو خواسته شد که مهمترین راه‌حل برای این مشکل را در سه کلمه بنویسد، تا در صورت امکان مورد استفاده قرار گیرد. به علاوه به منظور ارزیابی دقت و هماهنگی پاسخگو در پاسخ به پرسش‌ها، پرسش‌های مشابه ولی با جمله‌بندی متفاوت در پرسشنامه گنجانیده شدند تا سازگاری پاسخ‌ها در گروه‌های مختلف پاسخ‌دهنده نیز کنترل شود.

قابل ذکر است که پرسشنامه مذکور توسط ۱۰۹ فرد (شامل کارشناسان معاونت حمل و نقل شهرداری، اساتید دانشگاه، مهندسین مشاور فعال در شرکت‌های حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد، ارگان‌ها و سازمان‌های مرتبط با زیرساخت‌ها و خدمات حمل‌ونقل شهر، اعضای شورای ترافیک وقت) پر شده و نتایج امتیازهای افراد مختلف (با استفاده از طلاعات مربوط به بخش دوم پرسشنامه شناسایی اهداف شهر مشهد) برای ۷ هدف کلی زیر در جدول ۲ آورده شده است:

۱) کاهش خطرات زیست محیطی
۲) تامین دسترسی به فرصت‌ها برای همه افراد
۳) کاهش مخارج سیستم حمل‌ونقل
٤) افزایش ایمنی و امنیت
۵) افزایش راحتی و آرامش در سفر
٦) افزایش سازگاری سیستم‌های حمل‌ونقلی با فرهنگ و سنت
۷) قابلیت اطمینان به سیستم حمل‌ونقل

مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین وزن محاسبه شده برای هر هدف کلی توسط ۱۰۹ فرد نیز در شکل ۱ مشاهده می‌شود. بر اساس این شکل می‌توان نتیجه گرفت که امتیاز مربوط به اهداف ٤ و ۷ نسبت به سایر اهداف بیشتر است.


www.SID.ir

Archive of SID

برای دقت بیشتر درباره میزان تغییرپذیری در امتیاز نسبی اهداف، تحلیلی آماری برای تعیین نحوه پراکندگی آنها صورت گرفت و نتایج آزمون ناپارامتری کلموگروف-اسمیرنوف توسط نرم‌افزار EasyFit نشان داد که امتیازهای نسبی در سطح معنی دار کمتر از ۰/۱۰ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. شکل ۲ نحوه پراکندگی مقادیر واقعی امتیازهای نسبی را در مقایسه با توزیع نرمال برای هدف کلی ۱ نشان می‌دهد. پیروی کردن نظرات از توزیع نرمال شاید بتواند تصدیقی بر دقت پاسخگویان در ارائه نظرات واقعیشان باشد.

می‌توان میزان پراکندگی امتیازها را با محاسبه ضریب تغییرات -که حاصل تقسیم انحراف معیار بر میانگین امتیازهای نسبی است- نیز مورد ارزیابی قرار داد. خلاصه نتایج آماری مربوط به امتیازهای نسبی اهداف در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول به خوبی می‌توان دید که پراکندگی امتیازهای نسبی اهداف ٦ و ۳ و ۱ نسبت به سایر اهداف بالاتر است و در صورتی که اولویت‌ها تنها بر مبنای مقادیر میانگین امتیازهای نسبی صورت پذیرد، این پراکندگی در نظر گرفته نخواهد شد. جدول ٤ نتایج بکارگیری مدل پیشنهادشده را برای اولویت‌بندی اهداف کلی شهر مشهد نشان می‌دهد. اهداف کلی دارای اولویت در هر تکرار از الگوریتم پیشنهادشده با زمینه خاکستری مشخص شده‌اند. بنابراین، اولویت اهداف کلی حمل‌ونقلی برای شهر مشهد به صورت زیر به دست می‌آید:

٤-افزایش ایمنی و امنیت

۷-قابلیت اطمینان به سیستم حمل‌ونقل

۵-افزایش راحتی و آرامش در سفر

۱-کاهش خطرات زیست محیطی

۲-تامین دسترسی به فرصت‌ها برای همه افراد

۳-کاهش مخارج سیستم حمل‌ونقل

٦-افزایش سازگاری سیستم‌های حمل‌ونقلی با فرهنگ و سنت

نکته قابل توجه در جدول ٤ این است که برای همه اهداف کلی با افزایش تعداد تکرار الگوریتم مقدار تابع هدف افزایش می یابد، و این کاملاً منطقی است؛ زیرا، با هر یک عدد افزایش در تکرار الگوریتم، یکی از اهداف کلی غالب نسبت به اهداف موجود از لیست اهداف کلی فعال (عضو مجموعه $K$) خارج شده و بنابراین تعداد افرادی که به ازای آنها اهداف کلی فعال مغلوب بوده‌اند کاهش می‌یابد، و این به تابع هدف اجازه رشد بیشتری را می‌دهد.

### ٤-۲ بحث

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، می‌توان اولویت اهداف کلی را با استفاده از مقادیر میانگین امتیازهای نسبی، که یک روش مرسوم به حساب می‌آید، نیز به دست آورد. در این صورت اولویت اهداف کلی در شهر مشهد با استفاده از جدول ۳ به صورت زیر خواهد بود:

٤-افزایش ایمنی و امنیت

۷-قابلیت اطمینان به سیستم حمل‌ونقل

۵-افزایش راحتی و آرامش در سفر

۲-تامین دسترسی به فرصت‌ها برای همه افراد

۱-کاهش خطرات زیست محیطی

۳-کاهش مخارج سیستم حمل‌ونقل

٦-افزایش سازگاری سیستم‌های حمل‌ونقلی با فرهنگ و سنت


www.SID.ir

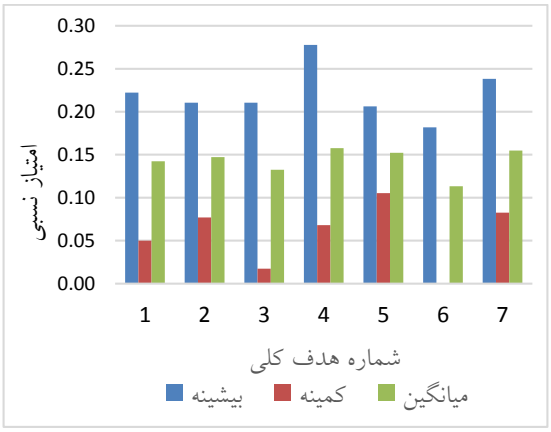
Archive of SID

جدول ۲. امتیاز اهداف کلی (در مقیاس ۰ تا ۲۰) از دیدگاه مسولان و کارشناسان شهر مشهد ( $S_{ij}$ ) [Tarh-e-Haftom, 2009]

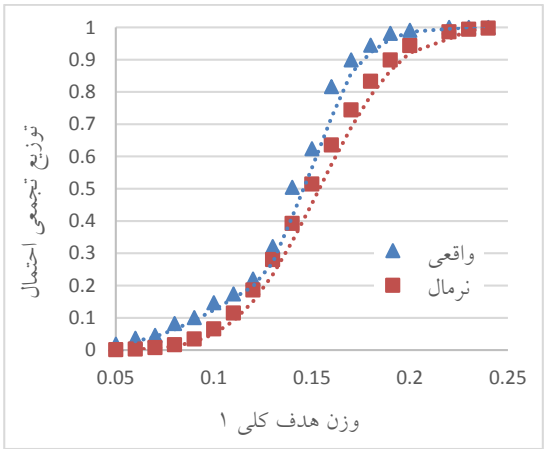
| شماره فرد | شماره هدف کلی | | | | | | | شماره فرد | شماره هدف کلی | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ |
| ۱ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۵ | ۲۰ | ٥٦ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۸ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ |
| ۲ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۰ | ۲۰ | ۱۸ | ٥ | ۱۸ | ٥۷ | ۱۵ | ۸ | ۱۱ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۱ |
| ۳ | ۲۰ | ۱٤ | ۱۰ | ۱۲ | ۱٤ | ۱۸ | ۱٤ | ٥۸ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۸ | ۲۰ | ۱٤ | ۱٤ |
| ٤ | ۱۷ | ۱۹ | ۱۵ | ۱٦ | ۱۸ | ۱٤ | ۲۰ | ٥۹ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ |
| ٥ | ۱۷ | ۱۹ | ۱۵ | ۱٦ | ۱۸ | ۱٤ | ۲۰ | ٦۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۸ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ |
| ٦ | ۱۵ | ۱۷ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۹ | ۱۰ | ۱۵ | ٦۱ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ |
| ۷ | ۱۸ | ۱٦ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۷ | ٦۲ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۷ | ۲۰ | ۱۸ | ۱٦ | ۲۰ |
| ۸ | ۱۰ | ۸ | ۱۵ | ۱۳ | ۱۸ | ۸ | ۱۸ | ٦۳ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۸ |
| ۹ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۰ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۲ | ۲۰ | ٦٤ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۸ | ۲۰ | ۲۰ | ۰ | ۲۰ |
| ۱۰ | ۱٦ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۷ | ٥ | ۱٤ | ٦٥ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۵ |
| ۱۱ | ۱۵ | ۲۰ | ۱٦ | ۲۰ | ۱۸ | ۱٤ | ۱۸ | ٦٦ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ |
| ۱۲ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۸ | ٦۷ | ۸ | ۱۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۲ | ۱٤ | ۱٦ |
| ۱۳ | ۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۵ | ٦۸ | ۲۰ | ۱۵ | ۱٤ | ۱۷ | ۱٤ | ۰ | ۱۰ |
| ۱٤ | ۱۵ | ۸ | ۱۰ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۰ | ۱۱ | ٦۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۲۰ | ۲۰ |
| ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۰ | ۲۰ | ۷۰ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۹ | ۲۰ |
| ۱٦ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۷ | ۷۱ | ۱٤ | ۱۵ | ۱٦ | ۱٦ | ۱۸ | ۱۳ | ۱۷ |
| ۱۷ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۷۲ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۲ | ۲۰ |
| ۱۸ | ۱۳ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۵ | ۱٤ | ۷۳ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۰ | ۱۰ |
| ۱۹ | ۱۷ | ۱٦ | ۱٦ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۵ | ۲۰ | ۷٤ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۳ |
| ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۷ | ۲۰ | ۱۸ | ۲۰ | ۲۰ | ۷۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ |
| ۲۱ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱٤ | ۲۰ | ۷٦ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۵ | ۱۷ | ۲۰ | ٤ | ۲۰ |
| ۲۲ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۷ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۵ | ۱۷ | ۷۷ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۲ | ۱٦ |
| ۲۳ | ۱۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۷۸ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۱۵ |
| ۲٤ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۷ | ۲۰ | ۷۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۸ |
| ۲۵ | ۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۸۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۷ | ۲۰ | ۱٦ | ۱۸ |
| ۲٦ | ۱۰ | ۱۳ | ۱٤ | ۱۵ | ۱۳ | ۱۵ | ۱۷ | ۸۱ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۹ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۹ |
| ۲۷ | ۱۸ | ۱٦ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۷ | ۸۲ | ۱۵ | ۱۷ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۵ | ۲۰ |
| ۲۸ | ۱۸ | ۱٦ | ۱۷ | ۱۹ | ۱٦ | ۱۱ | ۱٦ | ۸۳ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۵ | ۲۰ |
| ۲۹ | ۱۸ | ۱۷ | ۱٤ | ۲۰ | ۱٦ | ۱۲ | ۱۷ | ۸٤ | ۱۰ | ۱٦ | ۱۸ | ۱۸ | ۲۰ | ۱٦ | ۲۰ |
| ۳۰ | ۱۷ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۹ | ۱۸ | ۲۰ | ۸۵ | ۱۷ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۸ | ۱۵ |
| ۳۱ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۰ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۰ | ۲۰ | ۸٦ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۷ |
| ۳۲ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۸ | ۸۷ | ۱۷ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۲ | ۱٦ |
| ۳۳ | ۱۷ | ۱۵ | ۱٤ | ۱٤ | ۱۵ | ۱۵ | ۱٦ | ۸۸ | ۱۲ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱٦ | ۱۲ | ۱۸ |
| ۳٤ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۸ | ۸۹ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۲۰ |
| ۳۵ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۹۰ | ۱۲ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۷ | ۸ |
| ۳٦ | ۱۵ | ۱۷ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۹۱ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۰ | ۱۹ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۸ |
| ۳۷ | ۱۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۹۲ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰ | ۲۰ | ۱٦ | ۱۵ | ۱۵ |
| ۳۸ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۹۳ | ۱۵ | ۱٤ | ۹ | ۱۲ | ۱۷ | ۵ | ۱٦ |
| ۳۹ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۰ | ۱۹ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۹ | ۹٤ | ۷ | ۱۰ | ۵ | ۲۰ | ۱۰ | ۵ | ۱۵ |
| ٤۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۹۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۵ | ۱۵ |
| ٤۱ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۹٦ | ۱۷ | ۱٦ | ۱۰ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۲ | ۱۷ |
| ٤۲ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۲۰ | ۹۷ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۵ | ۵ | ۲۰ |
| ٤۳ | ۱٤ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۷ | ۹۸ | ۱٦ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۸ |
| ٤٤ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۸ | ۱۷ | ۱۰ | ۱۹ | ۹۹ | ۱٦ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۸ |
| ٤۵ | ٦ | ۱۳ | ۱۵ | ۱۵ | ۹ | ۷ | ۲۰ | ۱۰۰ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۸ |
| ٤٦ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۰۱ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۲ | ۱۰ | ۱٤ |
| ٤۷ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۷ | ۲۰ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰۲ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۵ |
| ٤۸ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۰۳ | ۱٤ | ۱٦ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۲ | ۱۷ |
| ٤۹ | ۲۰ | ۱۸ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۰٤ | ۱۸ | ۱۷ | ۱٤ | ۱۸ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۹ |
| ۵۰ | ۱۵ | ۲۰ | ۲ | ۲۰ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۰۵ | ۲۰ | ۲۰ | ۱۸ | ۱٦ | ۱۸ | ۱٦ | ۱۷ |
| ۵۱ | ۱۸ | ۱۹ | ۱۵ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۰٦ | ٦ | ۱۵ | ۱۵ | ۵ | ۱۰ | ۵ | ۱۸ |
| ۵۲ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۸ | ۲۰ | ۱۰۷ | ۱۳ | ۱٤ | ۱۵ | ۲۰ | ۱۸ | ۱۲ | ۱۸ |
| ۵۳ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۰ | ۲۰ | ۱٦ | ۱٤ | ۲۰ | ۱۰۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۸ |
| ۵٤ | ۲۰ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۵ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰۹ | ۱٦ | ۱۸ | ۱٦ | ۱۹ | ۲۰ | ۱۵ | ۲۰ |
| ۵۵ | ۱۰ | ۱۵ | ۱۲ | ۱٦ | ۱٤ | ۱۷ | ۱۸ | | | | | | | | |


www.SID.ir

Archive of SID




**شکل ۱. مقادیر بیشینه، کمینه و میانگین امتیاز نسبی محاسبه‌شده برای هر هدف کلی ( $W_{ij}$ )**




**شکل ۲. نحوه پراکندگی مقادیر واقعی امتیازهای نسبی را در مقایسه با توزیع نرمال**

**جدول ۳. مقادیر میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات امتیازهای نسبی اهداف کلی**

| شماره هدف کلی | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| میانگین | ۰,۱٤۲٤ | ۰,۱٤۷۱ | ۰,۱۳۲٤ | ۰,۱٥۷٦ | ۰,۱٥۲۲ | ۰,۱۱۳۳ | ۰,۱٥٤۹ |
| انحراف معیار | ۰,۰۲۹۷ | ۰,۰۲۳۱ | ۰,۰۲۹۷ | ۰,۰۲٥٦ | ۰,۰۱۸۸ | ۰,۰۳٥۲ | ۰,۰۲٤۲ |
| ضریب تغییرات | ۰,۲۰۸۸ | ۰,۱٥۷۰ | ۰,۲۲٤٤ | ۰,۱٦۲۷ | ۰,۱۲۳٥ | ۰,۳۱۰٥ | ۰,۱٥٦٤ |

**جدول ٤. نتایج بکارگیری مدل پیشنهادشده را برای اولویت‌بندی اهداف کلی شهر مشهد**

| | | شماره هدف کلی | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ |
| شماره تکرار الگوریتم ($n$) | ۱ | ٥,٦۱۰ | ٤,۸۷۲ | ۲,۳۱۸ | ۱۰,۰۱۳ | ٦,٥۳۳ | ۲,۱٦۳ | ۷,۹۷٤ |
| | ۲ | ۷,۰٥۹ | ٥,۰۱٥ | ۲,٦۱۲ | ... | ۷,۱۹٤ | ۲,۳۰٦ | ۸,۸۰۸ |
| | ۳ | ۷,۷۰۲ | ٦,٤۱٥ | ۳,۱٤٦ | ... | ۸,۷۳۲ | ۲,٦۲۷ | ... |
| | ٤ | ۸,۹٤۹ | ۸,۱٤۸ | ٤,٤۸٦ | ... | ... | ۳,۲۲۸ | ... |
| | ٥ | ... | ۱۱,٦٥٥ | ٦,۳۳٦ | ... | ... | ۳,۸۰۰ | ... |
| | ٦ | ... | ... | ۱۱,٥۲۸ | ... | ... | ٦,۱۳۰ | ... |

این اولویت‌بندی با آنچه که از روش پارامتریک پیشنهادی به دست آمده است تنها در اولویت چهارم و پنجم (یعنی اهداف کلی ۱و ۲) تفاوت دارد، و در سایر موارد همان اولویت‌بندی به دست‌آمده از مدل پارامتریک پیشنهادشده است. این موضوع نشان می‌دهد که برای اولویت‌های اول تا سوم، ساختار غلبه اهداف کلی با نحوه امتیازدهی افراد مختلف همخوانی دارد. به این معنی که اینگونه نبوده است که تعداد قابل توجهی افراد به یک هدف کلی امتیاز نسبی کمتری نسبت به یک هدف کلی دیگر داده باشند در حالی که میانگین امتیاز نسبی آن هدف در مجموع کل افراد از هدف دوم بیشتر باشد.

چنانچه چنین اتفاقی می‌افتاد، یعنی، علیرغم بیشتر بودن امتیاز نسبی یک هدف کلی از نظر همه افراد، عده زیادی از افراد بر این باور بودند که یک هدف کلی نسبت به هدف دیگری دارای اولویت نیست (مغلوب است) نتیجه اولویت‌بندی می‌توانست



www.SID.ir

Archive of SID

متفاوت باشد. این موضوع در مورد اهداف کلی ۱ و ۲ مصداق پیدا کرده و باعث شده است که هدف کلی ۲ با وجود بالاتر بودن میانگین امتیاز نسبی اولویت پایین‌تری کسب کند. برای توضیح بیشتر در این باره، در ادامه مثال کوچک‌تری ارائه می‌شود.

فرض کنید امتیاز سه فرد برای دو هدف کلی طبق جدول ۵ باشد.

**جدول ۵. امتیاز اهداف کلی در مثال کوچک**

| شماره فرد | شماره هدف کلی | |
|---|---|---|
| | ۱ | ۲ |
| ۱ | ۰ | ۲۰ |
| ۲ | ۱٤ | ٦ |
| ۳ | ۱٤ | ٦ |

در این صورت امتیاز نسبی و میانگین امتیاز نسبی هر هدف کلی به صورت جدول ٦ به دست خواهد آمد:

**جدول ٦. امتیاز نسبی اهداف کلی و میانگین آن در مثال کوچک**

| شماره فرد | شماره هدف کلی | |
|---|---|---|
| | ۱ | ۲ |
| ۱ | ۰ | ۱ |
| ۲ | ۰/۷ | ۰/۳ |
| ۳ | ۰/۷ | ۰/۳ |
| میانگین | ۰/٤٦٦۷ | ۰/۵۳۳۳ |

بنابراین، بر اساس میانگین امتیازها، هدف کلی ۱ اولویت اول را کسب خواهد کرد. اما، با بکارگیری مدل پارامتریک، به دلیل مغلوب بودن هدف کلی ۱ از نظر فرد ۲ و ۳، مقادیر $v_i$ به صورت زیر به دست خواهند آمد:

$$v_1 = 1,\ v_2 = 0,\ v_3 = 0$$

و درنتیجه مقدار تابع هدف به ازای هدف کلی ۱ برابر با ۱ محاسبه می‌شود. به همین ترتیب، برای هدف کلی ۲، به دلیل مغلوب بودن این هدف کلی تنها از نظر فرد ۱، مقادیر $v_i$ به صورت زیر به دست خواهند آمد:

$$v_1 = 0,\ v_2 = 1,\ v_3 = 1$$

و مقدار تابع هدف به ازای هدف کلی ۲ برابر با ۱/٤ به دست خواهد آمد. بنابراین، در روش پارامتریک هدف کلی ۲ اولویت اول را کسب خواهد کرد.

این مثال به خوبی نشان می‌دهد که علاوه بر میزان امتیازها ساختار غالب و مغلوبی اهداف کلی از دیدگاه افراد مختلف چگونه می‌تواند اولویت‌بندی اهداف کلی را تغییر دهد. در این مثال، اغلب افراد نظر بر غالب بودن هدف کلی ۲ داشته‌اند و این موضوع خطای احتمالی نظر فرد ۱ را در روش پارامتریک تحت تأثیر قرار داده است. به طور کلی، می‌توان گفت که در روش پارامتریک پیشنهادشده علاوه بر امتیاز نسبی اهداف کلی، غالب و مغلوب بودن آنها نیز به عنوان معیاری برای اولویت بندی اهداف مد نظر قرار می‌گیرد.

در پایان، براساس اولویت‌بندی اهداف کلی به‌دست‌آمده، می‌توان توصیه‌هایی برای بهبود بخشیدن به وضعیت حمل‌ونقل و ترافیک شهر مشهد به صورت زیر ارائه کرد. برای بهبود وضعیت ایمنی، امنیت و قابلیت اطمینان در سفرهای شهری (موضوع اهداف کلی ٤ و ۷ که اولویت‌های اول و دوم را کسب کرده‌اند) تلاش بیشتر مسوولان امر حمل‌ونقل شهر در زمینه بکارگیری خدمات نوین حمل‌ونقل هوشمند ITS [۱۲] از قبیل سامانه‌های ایمنی و امنیتی (SSS)[۱۱]، سامانه‌های پیشرفته اطلاعات مسافر (ATIS)[۱۲] و سامانه‌های پیشرفته حمل و نقل همگانی (APTS)[۱۳]، و نیز استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای کنترل و زمان‌بندی حرکت گشت پلیس به صورت بهینه برای رفع موانع ناشی از تصادفات و جلوگیری از ناامنی در ایستگاه‌های حمل و نقل همگانی می‌تواند بسیار راه‌گشا باشد. همچنین، بهبود نظم اعزام وسایل نقلیه و کنترل تواتر در نقاط مشخصی از شبکه خطوط حمل‌ونقل همگانی تأثیر بسزایی در بهبود قابلیت اطمینان در سفرها خواهد داشت. به منظور افزایش راحتی و آرامش در سفر (موضوع هدف کلی ۵ که اولویت سوم را کسب کرده است) نیز استفاده از روش‌های جدید اطلاع‌رسانی به مسافران چه قبل از سفر و چه در حین سفر، و نیز بهبود خدمات داخلی وسایل نقلیه (از قبیل تهویه مطبوع و وجود صندلی مناسب داخل وسایل نقلیه عمومی) و همچنین گسترش شبکه حمل‌ونقل عمومی به صورت کیفی و


www.SID.ir

Archive of SID

کمی برای کاهش مسافت‌های پیاده‌روی دسترسی به ایستگاه‌ها، کاهش زمان سفر درون وسیله و کاهش تعداد انتقال بین خطوط می‌تواند جزو اقدامات اولویت‌دار باشد. به منظور کاهش خطرات زیست محیطی (موضوع هدف کلی ۱ که اولویت چهارم را کسب کرده است) افزایش سهم حمل‌ونقل عمومی از طریق طراحی شبکه مناسب مسیرها و جانمایی مناسب ایستگاه‌ها و برقراری یکپارچگی در گونه‌های مختلف حمل‌ونقل همگانی چه به لحاظ شبکه‌ای و چه به لحاظ عملکردی، ویا از طریق اعمال محدودیت‌هایی برای عبور وسایل نقلیه شخصی کم‌سرنشین در معابر (مخصوصاً مرکزی و پرتردد) شهر می‌تواند مفید واقع شود.

## ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله روشی برای اولویت‌بندی یکپارچه اهداف کلی حمل‌ونقلی از دیدگاه افراد مرتبط با امر حمل‌ونقل ارائه شد. روش ارائه شده دو گام اصلی دارد، که در گام اول آن نظر همه افراد در خصوص امتیاز هر هدف کلی (در مقیاس صفر و ۲۰) پرسیده می‌شود. سپس، در گام دوم، با استفاده از یک روش پارامتریک وزن‌دهی چندشاخصه خطی –که بر اساس روش پارامتریک چندهدفه پیشنهاد شده است– به یک اولویت‌بندی یکپارچه از دید همه افراد مرتبط با امر حمل ونقل دست یافته می‌شود. در این روش، علاوه بر میانگین امتیاز نسبی اهداف کلی، ساختار غالب و مغلوبی اهداف کلی نیز مد نظر می‌گیرد، تا از این طریق خطای احتمالی تصمیم گیری کاهش یابد.

نتایج بکارگیری مدل پیشنهادشده برای شهر مشهد نشان می‌دهد که در حالتی که ضریب تغییرات امتیازهای مربوط به یک هدف کلی نسبتاً بالا باشد (مثلاً هدف کلی ۱) اولویت اهداف کلی می‌تواند نسبت به استفاده از روش وزن‌دهی ساده (SAW) متفاوت باشد. این در حالی است که پراکندگی امتیازها در روش وزن‌دهی ساده در نظر گرفته نمی‌شود، و در حقیقت در این روش اصلاً امتیاز افراد مختلف ملاک نبوده و تنها امتیاز میانگین لحاظ می‌شود.

در اکثر روش‌های چندشاخصه موجود، فرض می‌شود میزان امتیاز و یا ارزش گزینه‌ها در زمینه هر شاخص به‌صورت قطعی معلوم است. اما، در عمل، و به‌طور خاص در شرایطی که اوزان اهمیت و یا ارزش گزینه‌ها و شاخص‌ها به‌صورت کیفی تعیین می‌شوند، مقادیر مربوطه قطعی نبوده و با عدم قطعیت‌هایی همراه هستند. برای رفع این مشکل، در این مقاله، پراکندگی و تغییرپذیری امتیازهای نسبی از طریق ساختار غالب و مغلوبی بین اهداف کلی مد نظر قرار گرفت. وارد کردن مقادیر ضریب تغییرات امتیاز نسبی اهداف کلی در ساختار مدل پارامتریک پیشنهادشده به عنوان موضوعی برای ادامه کار پیشنهاد می‌شود. همچنین، بکارگیری سایر مدل‌های موجود و مقایسه نتایج آن با روش پیشنهادشده در این مقاله می‌تواند برای ادامه مطالعه مورد توجه قرار گیرد.

نکته قابل توجه درباره نحوه بکارگیری نتایج اولویت‌بندی اهداف کلی در عمل این است که بسیاری از اقدامات حمل‌ونقلی می‌توانند باعث تأمین اهداف مختلف در شهر شوند. برای مثال، بهبود طراحی شبکه حمل‌ونقل همگانی به تنهایی باعث تأمین اهداف ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ خواهد شد. بنابراین نمی‌توان گفت که باید ابتدا هدف دارای اولویت اول به صورت جداگانه تأمین شود و بعد به دنبال بهبود اوضاع حمل‌ونقل شهر برای تأمین سایر اهداف دارای اولویت رفت. از سوی دیگر، میزان تأثیر هر اقدام برای پیشبرد اهداف مختلف از طریق سلسله مراتب اهداف (ارتباط بین اهداف کلی، اهداف جزئی و میزان‌های کارآیی) و محاسبات مختص به آن –که خارج از مباحث این مقاله است– تعیین می‌شود، و بنابراین اولویت‌بندی اهداف می‌تواند تصمیم‌گیران را در انتخاب انواع اقدامات ممکن در شهر به نحوی که بیشترین کابرد را برای استفاده‌کنندگان داشته باشد، کمک کند. در حقیقت، بدون درک صحیح از اولویت اهداف ممکن است


www.SID.ir

Archive of SID

تصمیم‌های ناکارآمد و حتی مضری برای آینده شهر گرفته شود.

## ٦. پی‌نوشت‌ها

1- Goals
2- Objectives
3- Multiple criteria decision making
4- Multiple objective decision making
5- Multiple attribute decision making
6- Parametric Multi-Objective Optimization
7- Simple additive weighting method
8- Trade-off
9- Efficient Solution
10- Intelligent Transportation Systems
11- Safety Surveillance System
12- Advanced Traveler Information System
13- Advanced Public Transport System

## ۷. مراجع


–اصغرپور، محمدجواد (۱۳۷۷) "تصمیم‌گیری‌های چند معیاره"، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

–پویانی، علی و احدی، حمیدرضا. (۱۳۹٦) "ارائه مدلی برای ارزیابی و اولویت بندی احداث خطوط ریلی جدید با استفاده از روش ترکیبی تحلیل شبکه‌ای و مهندسی ارزش"، فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی حمل و نقل، سال نهم، شماره دوم، ص. ۲۳۱-۲٤۲.

–مرکز مطالعات حمل و نقل (ممتحن) (۱۳۷٤) "خلاصه گزارش مرحله اول مطالعات جامع حمل و نقل مشهد، گزارش شماره ۰۹-۷٤"، مطالعات جامع حمل و نقل شهر مشهد.

–مهندسین مشاور طرح هفتم (۱۳۸۹) "شناسایی اهداف و مسائل حمل و نقل، گزارش شماره ۰۹-"۷٤، مطالعات بهنگام سازی طرح جامع حمل و نقل شهر مشهد.

–El-Banna, A. Z. (1993) "A study on parametric multi-objective programming problems without differentiability", Computers & Mathematics with Applications, Vol. 26, No. 12, pp. 87-92.

–Enkhbat, R., Guddat, J., and Chinchuluun, A. (2008) "Parametric Multiobjective Optimization", In Pareto Optimality, Game Theory and Equilibria (pp. 529-538). Springer, New York.

–Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M. (2005) "Multiple criteria decision analysis state of the art surveys", London, Springer.

–Gayle, S. (2000) "Urban transportation studies", FHWA. Transportation Planning Handbook. Washington DC: FHWA, pp. 395-423.

–Hoover, J. (1994) "Post-intermodal surface transportation efficiency act public involvement", Transportation Research Record, No. 1463, pp. 48-48.

–Keever, D., Frankoski, G. and Lynott, J. (1999) "In the possibilities are the solutions: Assessment and implications of the public-involvement process during the environmental impact Study of the Woodrow Wilson Bridge", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1685, pp. 135-143.

–Khairul, M. Simare-mare and Siahaan, A. P. U. (2016) "Decision support system in selecting the appropriate laptop using simple additive weighting", International Journal of Recent Trends in Engineering & Research, Vol. 2, No. 12, pp. 215-222.



www.SID.ir

Archive of SID




- Memariani, A., Amini, A. and Alinezhad, A. (2009) "Sensitivity analysis of simple additive weighting method (SAW): the results of change in the weight of one attribute on the final ranking of alternatives", Journal of Industrial Engineering, Vol. 4, pp. 13- 18.

- Meyer, M. D. (1980) "Monitoring system performance: a foundation for tsm planning", Transportation Research Board Special Report 190.

- Meyer, M. D. and Miller E. J. (2001) "Urban transportation planning", McGraw-Hill.

- Nurmalini, N. and Rahim, R. (2017) "Study Approach of Simple Additive Weighting for Decision Support System", International Journal of Scientific Research in Science and Technology, Vol. 2, No. 3, pp. 541-544.

- Szidarovszky, F., Gersbon, M. E. and Duckstein, L. (1986) "Techniques of multi-objective decision making in systems management", Elsevier.

- Thomas, E. N. and Schofer, J. L. (1970) "Strategies for the evaluation of alternative transportation plans", NCHRP Report 96.

- Khisty, C. J. and Lall, B. K. (2006) "Transportation engineering; An introduction", New Jersey: Prentice Hall.

- Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P. and Bansal, R. C. (2017) "A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 69, pp. 596-609.

- Lorenz, J. and Ingram, R. (1999) "It's not just for projects anymore: Kansas department of transportation's innovative, agencywide public-involvement program", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 1685, pp. 120-127.

- Mardani, A. , Zavadskas , E. K., Khalifah, Z. , Jusoh, A. and Nor, Kh. (2016) "Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: a systematic review of the state of the art literature", Transport, Vol. 31, No. 3, pp. 359-385.

- Mardani, A., Jusoh, A., Nor, Kh., Khalifah, Z., Zakwan, Norhayati and Valipour A. (2015) "Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014". Economic Research-Ekonomska Istraživanja, Vol. 28, No. 1, pp. 516-571.

- Mardani, A., Jusoh, A., Zavadskas, E.K., Cavallaro, F. and Khalifah, Z. (2015) "Sustainable and renewable energy: an overview of the application of multiple criteria decision-making techniques and Approaches", Sustainability, Vol. 7, No. 10, pp. 13947-13984.




www.SID.ir

Archive of SID

محسن بابائی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۸۲ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه‌ریزی حمل‌ونقل را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته برنامه‌ریزی حمل‌ونقل از دانشگاه علم و صنعت ایران گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان تحلیل و طراحی شبکه، و قابلیت اطمینان بوده و در حال حاضر عضو هیأت علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه بوعلی‌سینا است.


www.SID.ir