مدیریت شهری
شماره ۲۸، شماره پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter
۲۸۵-۲۹۶
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۲/۱۰ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۰/۷/۱۳

کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای با تاکید بر روش‌های TOPSIS و SAW

مهدی نوجوان*-کارشناس ارشد مدیریت در سوانح طبیعی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
علی اصغر محمدی- فارغ التحصیل دانشگاه آزاد اسلامی‌واحد علوم و تحقیقات تهران،گروه آبخیزداری، تهران، ایران.
اسماعیل صالحی- استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده
تصمیم‌گیری یکی از مهمترین وظایف مدیریت است. یکی از دلایل موفقیت برخی از افراد و سازمان‌ها اتخاذ تصمیم‌های مناسب است. از این رو، ضرورت وجود روش‌هایی علمی که انسان را در این زمینه یاری کند، کاملاً محسوس است. این امر منجر به توجه محققین در دهه‌های اخیر به **«مدل‌های چند معیاره»** (MCDM) برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده شده است. این روش‌ها برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای متضاد، انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربردهای متعددی در علوم مختلف دارد. هدف از این مقاله بررسی کاربرد مشخصی از این روش‌ها در برنامه ریزی شهری و منطقه ای یعنی در انتخاب مکان مناسب اسکان می‌باشد. برای این منظور ابتدا معیارهای لازم جهت مکان یابی شناسایی شد و سپس با استفاده از نظر متخصصان و خبرگان وزن معیارها بدست آمد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با استفاده از این روش‌ها می‌توان مسائلی را که باگزینه‌ها یا راهکارهای متعددی سروکار دارند مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و اولویت بندی گزینه‌ها را انجام داد. همچنین نتایج بدست آمده نشان داد روش‌های تصمیم گیری چند معیاره با توجه به سادگی، انعطاف‌پذیری، به کارگیری معیارهای کیفی وکمی به طور همزمان و استفاده از چندین معیار سنجش به جای یک معیار سنجش می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه ریزی شهری و منطقه ای کاربرد مطلوبی داشته باشد.
واژگان کلیدی: تصمیم گیری چند معیاره، برنامه ریزی شهری، مکان یابی، SAW، TOPSIS.

Application of the Multiple Criteria Decision Making Methods in the Urban and Regional Planning Emphasizing TOPSIS and SAW Methods

Abstract
Decision making is one of the most important duties of management. Appropriate decision making is one of the reasons of success of people and organizations. So, the necessity of existing of the scientific methods that can help man in this subject is obvious. This subject led to attention of researchers to the multiple criteria models (MCDM) for complicated decision makings in the recent decades. These methods have been used for decision making in the condition that the selection of the options are difficult due to the antonym criteria and have various applications in the different sciences. The objective of this paper is exploring of the specific application of these methods in the urban and regional planning, i.e. in the selection of the proper site for the residence. For the selection of the site, initially necessary criteria are determined. Then using the expert's viewpoints the weights of criteria are calculated. The results showed that using these methods the analyzing and doing priority processing for problems that deal with several options would be possible. Also the results showed that the multiple criteria decision making can have proper application in the analysis of subjects related to the urban and regional planning due to simplicity, flexibility, and use of the quantitative and qualitative criteria simultaneously and several criteria instead of one criterion.
Keywords: Multiple decision making, urban planning, Site selection, SAW, TOPSIS.

* نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۳۶۱۵۴۷۳۵۴، رایانامه: nojavan_mehdi@alumni.ut.ac.ir

۱- مقدمه

در **«فرآیند برنامه ریزی»**، که تلاشی است برای ایجاد چارچوبی مناسب که طی آن برنامه ریز بتواند برای رسیدن به راه حل بهینه اقدام کند (Lee, 1973)، پس از تبیین اهداف کلی، بیان مقاصد (اهداف عملیاتی)، برنامه ریزی و تهیه گزینه‌های مختلف برای رسیدن به اهداف و مقاصد برنامه ریزی، ارزیابی صورت می‌پذیرد تا بر اساس شایستگی نسبی هر یک از گزینه ها، گزینه مطلوب یا بهینه انتخاب شود (زبردست، ۱۳۸۰). برای سنجش شایستگی نسبی هر یک از گزینه ها، معمولاً از معیارها استفاده می‌شود. انتخاب مکان مناسب برای اسکان، یا به عبارت دیگر مکان یابی برای سکونت نیز از این قاعده مستثنی نیست. معیارهایی چون شیب زمین، دسترسی به زیرساخت‌ها، خطر سیل، خطر زلزله، اقلیم و غیره باید مورد توجه قرار گیرد، تا بر اساس آن‌ها بتوان نسبت به برتری اراضی گوناگون تصمیم گیری کرد. در چنین شرایطی که معیارهای گوناگون همسو نیستند (برخی از معیارها کمی و برخی از آن‌ها کیفی می‌باشند)، تصمیم گیری باید در یک فضای چند بعدی صورت پذیرد. در چنین شرایطی روش‌های تصمیم گیری چند معیاره می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. روش‌های ارزیابی چند معیاره متعددی در دهه‌های اخیر در زمینه‌های گوناگون مورد استفاده قرار گرفته‌اند، از جمله تحلیل تصمیم، **«تئوری مطلوبیت چند شاخصه»** (Edward and Newman, 1982)، **«تصمیم گیری چند معیاره»** (Nijkamp and Sprank, 1981; Voogd, 1983) و **«تئوری قضاوت اجتماعی»** (Stewart, 1988). **«روش‌های تصمیم گیری چند معیاره»**[1] TOPSIS و SAWبرای اهداف این بررسی انتخاب شده‌اند.

۲- مرور مختصری بر روش‌های ارزیابی در برنامه ریزی شهری و منطقه‌ای

برای تبیین مفهوم ارزیابی لازم است ابتدا بر فرآیند برنامه ریزی مروری مختصر داشته باشیم. همانطورکه در مقدمه اشاره شد، فرآیند برنامه ریزی تلاش می‌کند تا چارچوبی مناسب را فراهم آورد که طی آن برنامه‌ریز بتواند برای رسیدن به راه حل بهینه اقدام کند (Lee, 1973). این فرآیند ابتدا به وسیله **«پاتریک گدس»** در ۳ مرحله **«برداشت، تحلیل و طرح (برنامه)»** تبیین گردید. در سال ۱۹۴۷ با تصویب قانون برنامه ریزی شهر و روستا در انگلستان مورد تأیید و تأکید قرار گرفت. در دهه ۱۹۶۰، با پیدایش نگرش سیستمی، کوشش هایی برای تعریف مجدد فرآیند برنامه ریزی صورت گرفت. برخی از محققین این فرآیند را در ۷ مرحله (Ratcliffe, 1974) و برخی دیگر در ۱۱ مرحله (Roberts, 1985) قابل انجام دانسته‌اند. درکلیه این فرآیندها ارزیابی به عنوان یکی از ارکان مهم فرآیند برنامه ریزی مورد تأکید بوده است. به این ترتیب که بعد از تعیین اهداف کلی و مقاصد برنامه ریزی و تهیه گزینه‌های مختلف، ارزیابی صورت می‌پذیرد تا با مقایسه گزینه‌های مختلف، بر اساس شایستگی نسبی آن‌ها گزینه یا آلترناتیو مطلوب انتخاب شود.

در برنامه ریزی شهری و منطقه ای، روش‌های ارزیابی متعددی مورد استفاده قرار گرفته است. **«لیچفلد»** روش‌های ارزیابی مهمی که بیشتر مورد توجه و کاربرد بوده‌اند را به شرح زیر معرفی می‌کند: **«روش ارزیابی سرمایه گذاری مالی؛ روش فهرست معیارها؛ روش ماتریس دستیابی به اهداف؛ روش ارزیابی هزینه‌های منابع؛ روش تحلیل هزینه- فایده اجتماعی؛ روش تحلیل جدول ترازنامه برنامه ریزی و روش‌های ارزیابی بهینه یابی.»**

«رابرتز» روش‌های ارزیابی به‌کار برده شده در زمینه برنامه ریزی را به دو گروه **«روش‌های ارزیابی جزئی»** و **«روش‌های ارزیابی جامع»** طبقه بندی می‌کند (Roberts, 1985). **«ووگد»** روش‌های ارزیابی به‌کارگرفته شده در برنامه ریزی شهری و منطقه ای را در ۳ گروه زیر طبقه بندی می‌کند (Voogd, 1983):

- الف- **«روش‌های ارزیابی پولی»** که در آن‌ها چارچوب ارزیابی بر مبنای مقادیر پولی صورت می‌پذیرد؛ مثل روش تحلیل تأثیر هزینه، روش هزینه- فایده و روش تحلیل آستانه ای.
- ب- **«روش‌های ارزیابی جامع»** (کلی) که نه تنها

1. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

پیامدهای مالی و پولی بلکه اثرات و پیامدهای غیرپولی گزینه‌ها نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرند؛ مثل جدول ترازنامه برنامه ریزی و تحلیل تأثیر بر جامعه.

- ج- **«روش‌های ارزیابی چند معیاره»** که در آن‌ها امکان تحلیل و ارائه کلیه اطلاعات موجود در مورد گزینه‌ها بر اساس معیارهای متفاوت و چند بعدی وجود دارد. این روش‌های ارزیابی ممکن است کاملاً کمی باشند (مثل روش ماتریس دستیابی به اهداف)، یا کلاً کیفی باشند (مثل روش تحلیل نظام) و یا ترکیبی از اطلاعات کیفی و کمی (مثل روش‌های تحلیل اثرات زیست محیطی) (Khakee, 1998).

روش‌های تصمیم گیری چند معیاره TOPSIS و SAW جزو روش‌های ارزیابی چند معیاره می‌باشند که در این مقاله به بررسی قابلیت کاربرد آن‌ها در برنامه ریزی شهری و منطقه ای خواهیم پرداخت.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- تصمیم گیری چند معیاره

«تصمیم گیری چند معیاره» از جمله روش‌های ارزیابی چند معیاره می‌باشد که در زمینه‌های مختلف کاربردهای فراوانی دارد. **«تصمیم‌گیری»** یکی از مهمترین وظایف مدیریت است و یکی از دلایل موفقیت برخی از افراد و سازمان‌ها اتخاذ تصمیم‌های مناسب است. از این رو، ضرورت وجود روش‌هایی علمی که انسان را در این زمینه یاری کند، کاملاً محسوس است. این امر منجر به توجه محققین در دهه‌های اخیر به **«مدل‌های چند معیاره»**[2] (MCDM)[3] برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده شده است. این مدل‌های تصمیم‌گیری به دو دسته عمده تقسیم می‌گردند:

۱. **«مدل‌های چند هدفه»** (MODM)[4] و

۲. **«مدل‌های چند شاخصه»** (MADM)[5]، به طوری که مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته می‌شوند در حالی که مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌گردند (Colson and et al, 1989).

از آنجایی که هدف این مطالعه انتخاب و در واقع مکان یابی می‌باشد از مدل‌های چند شاخصه استفاده خواهد شد. در این مسائل، تعدادی گزینه، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و در مورد آنها، یک نوع اولویت‌بندی انجام می‌شود. علاوه بر گزینه‌ها، همانطور که از نام تصمیم‌گیری چند شاخصه برمی‌آید، چندین شاخص وجود دارد که تصمیم‌گیرنده، باید آنها را به دقت در مسائل خود مشخص کند. شاخص‌ها در ارتباط با هر یک از گزینه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. بنابراین

جدول ۱. ماتریس تصمیم‌گیری چند معیاره؛ ماخذ: مومنی، ۱۳۸۵.

شاخص‌ها / گزینه‌ها	C_1	C_2	…	C_j	…	C_n
A_1	a_{11}	a_{12}	…	a_{1j}	…	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	…	a_{2j}	…	a_{2n}
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
A_i	a_{i1}	a_{i2}	…	a_{ij}	…	a_{in}
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮
A_m	a_{m1}	a_{m2}	…	a_{mj}	…	a_{mn}

2. Criteria
3. Multiple Criteria Decision Making
4. Multiple Objective Decision Making
5. Multiple Attribute Decision Making

شکل ۱. مقیاس دو قطبی فاصله‌ای؛ مومنی، ۱۳۸۵.

«تصمیم‌گیری چند شاخصه» با ماتریس تصمیم‌گیری سروکار دارد. به طور معمول این نوع تصمیم‌گیری توسط جدول شماره ۱ فرموله می‌شود.

می‌توان گفت A_i نشان دهنده گزینه iام، C_j نشان دهنده شاخص jام و a_{ij} نشان دهنده ارزش گزینه iام، از نظر شاخص jام می‌باشد. همچنین می‌توان راهکار (گزینه)های انتخابی را توسط دو نوع شاخص توصیف کرد:

«**شاخص‌های کمی**» (سرانه زمین، منابع آب، توپوگرافی و غیره) و «**شاخص‌های کیفی**» (دسترسی، جانمایی، امنیت، جنس خاک و غیره). مقیاس اندازه‌گیری شاخص‌های کمی می‌توانند با یکدیگر متفاوت باشند (مانند سرانه زمین به هکتار و مترمربع در مقابل توپوگرافی به درصد) و به این دلیل انجام عملیات اصلی ریاضی قبل از بی‌مقیاس‌کردن یا یکسان‌سازی مقیاس‌ها مجاز نیست (اصغرپور، ۱۳۸۳).

می‌توان با استفاده از روش‌های مختلفی، شاخص‌های کیفی را به شاخص‌های کمی تبدیل کرد ولی بهترین روش، روش‌هایی هستندکه از مقیاس فاصله‌ای و رتبه‌ای یا مقیاس دو قطبی استفاده می‌نمایند. یک روش عمومی‌در اندازه‌گیری یک شاخص کیفی با مقیاس فاصله‌ای، استفاده از «**مقیاس دو قطبی فاصله‌ای**» است که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است:

این اندازه‌گیری، بر اساس یک مقیاس یازده نقطه‌ای می‌باشدکه صفر،کم‌ترین ارزش و ۱۰، بیشترین ارزش را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین نقطه وسط نیز نقطه شکست مقیاس بین مساعدها و نامساعدهاست. این اندازه‌گیری، برای شاخص‌هایی با جنبه‌ی مثبت مانند دسترسی می‌باشد. هر چه دسترسی بهتر باشد میزان مطلوبیت آن نیز افزایش می‌یابد. این نوع اندازه‌گیری برای شاخص‌هایی با جنبه منفی نیز به‌کارگرفته می‌شود، با این تفاوت‌که به صورت برعکس حالت فوق می‌شود. باید توجه داشت‌که ارزش‌هایی مثل ۸، ۶، ۴ و ۲ ارزش‌های واسطه‌بین دو ارزش دیگر می‌باشند و ارزش صفر و ده، کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. مورد توجه است که واگذاری واژه‌های فوق به مقیاس مفروض‌کاملاً اختیاری است و می‌توان از واژه‌های دیگری مانند بد، ضعیف، عالی و غیره استفاده نمود، ضمناً مقیاس مورد بحث از نظر «**سازگاری و ثبات**»[6] قابل بررسی شدن می‌باشد (مومنی، ۱۳۸۵). این نوع تبدیل در بخش امتیازدهی به معیارها انجام می‌شود.

نکته‌ی دیگر در شاخص‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری، وجود شاخص‌های مثبت و منفی با هم، در یک ماتریس می‌باشد. درکنار این قضیه، شاخص‌های‌کمی دارای یک بعد خاص می‌باشد. مثل مترمربع، درصد شیب، و متر. به منظور قابل مقایسه شدن مقیاس‌های مختف اندازه‌گیری، باید از «**بی‌مقیاس‌سازی**»[7] استفاده‌کردکه به وسیله‌ی آن مقادیر شاخص‌های مختلف، بدون بعد شده و جمع‌پذیر می‌شوند. راه‌های مختلفی برای بی مقیاس‌سازی وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از: «**بی‌مقیاس سازی با استفاده از نُرم و بی‌مقیاس سازی خطی.**» در مدل TOPSIS از بی مقیاس سازی نرم و در مدل SAW از بی مقیاس سازی خطی استفاده می‌شود. در بی‌مقیاس سازی با استفاده از نرم، هر عنصر ماتریس تصمیم‌گیری را بر مجموع مجذور مربعات عناصر هر ستون، تقسیم می‌کنیم یعنی:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}}$$

6. Consistency
7. Normalization

nij، مقدار بی‌مقیاس شده گزینه i، از نظر شاخص j است. بدین طریق، کلیه ستون‌های ماتریس تصمیم‌گیری، دارای واحد طول مشابه (از بردار نظیر) می‌شوند و می‌توان به راحتی، آنها را با هم مقایسه کرد (اصغرپور، ۱۳۸۳). در بی مقیاس سازی خطی اگر تمامی شاخص‌ها، جنبه‌ی مثبت داشته باشند، هر مقدار را به ماکزیمم مقدار موجود در ستون jام، تقسیم می‌کنیم. یعنی:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{Max\ a_{ij}}$$

چنانچه تمامی شاخص‌ها، جنبه منفی داشته باشند، به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$n_{ij} = 1 - \frac{a_{ij}}{Max\ a_{ij}}$$

البته برخی از ماتریس‌ها، هم شاخص مثبت و هم شاخص منفی دارند (مومنی، ۱۳۸۵). می‌توان شاخص منفی را با معکوس کردن آن به جنبه‌ی مثبت تبدیل نماییم. زیرا نمی‌توان به طور هم‌زمان از دو فرمول پیش استفاده کرد (زبردست، ۱۳۸۰). بدین ترتیب خواهیم داشت:

$$n_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{Max_i\ (1/a_{ij})} = \frac{Min_i\ a_{ij}}{a_{ij}}$$

مقدار به دست آمده از هر یک از فرمول‌های بالا، مقداری بین صفر و یک می‌شود. این مقیاس خطی است و کلیه نتایج را به یک نسبت خطی می‌کند. بنابراین، وضعیت شاخص و نتایج آن‌ها، یکسان باقی می‌ماند (مومنی، ۱۳۸۵).

همانطورکه در قسمت‌های قبل گفته شد، هر مسأله‌ای که فرد تصمیم‌گیرنده با آن مواجه است، ممکن است دارای چندین شاخص باشد. بنابراین **«دانستن اهمیت نسبی شاخص‌ها»** ضرورت دارد. از این رو به هر شاخص یک وزن داده می‌شود به صورتی که مجموع اوزان شاخص‌ها برابر با یک باشد. برای ارزیابی اوزان شاخص‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از: **«روش آنتروپی، روش لینمپ[8]، روش کم‌ترین مجذورات موزون و روش بردار ویژه.»** روش آنتروپی و لینمپ بر اساس «ماتریس تصمیم‌گیری» است در حالی که روش کم‌ترین مجذورات موزون و روش بردار ویژه، نیاز به ماتریس تصمیم‌گیری ندارد (Colson and et al, 1989). در این تحقیق با توجه به ماهیت روش‌های TOPSIS و SAW از روش آنتروپی استفاده شده است.

«آنتروپی»[9] یک مفهوم عمده در علوم اجتماعی، علوم فیزیکی و تئوری اطلاعات می‌باشد؛ به طوری که نشان‌دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است (Shannon, 1988). به لفظ دیگر، آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک **«توزیع احتمال گسسته»** (P_i) به طری که این عدم اطمینان، در صورت پخش بودن[10] توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراورانی تیزتر باشد (مومنی، ۱۳۸۵). وقتی که داده‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری به طور کامل مشخص شده باشد، می‌توان از روش آنتروپی، برای ارزیابی وزن‌ها استفاده کرد. ایده‌ی روش فوق این است که هر چه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است (Shannon, 1988).

۳-۲- چارچوب مفهومی روش TOPSIS (شباهت به گزینه ایده آل)

مدل TOPSIS یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است و از آن استفاده‌ی زیادی می‌شود (Hwang and Yoon, 1981). در این روش تحلیل چند معیاره گسسته، m گزینه به وسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرارگرفته و گزینه‌ها بر اساس شباهت به حل ایده آل رتبه بندی می‌شوند (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵). اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل

8. Linmap
9. Entropy
10. Broad

منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. واقعیات زیربنائی از این روش بدین قرار است:

- الف- مطلوبیت هر شاخص باید به طور یکنواخت افزایشی (یا کاهشی) باشد (هر چه شاخص بیشتر، مطلوبیت بیشتر و یا برعکس) که بدان صورت بهترین ارزش موجود از یک شاخص نشان‌دهنده‌ایده‌آل بوده و بدترین ارزش موجود از آن مشخص‌کننده‌ایده‌آل منفی برای آن خواهد بود.

- ب- فاصله یک گزینه از ایده‌آل (یا از ایده‌آل منفی) ممکن است بصورت فاصله اقلیدسی (از توان دوم) و یا به صورت مجموع قدرمطلق از فواصل خطی[11] (معروف به فواصل بلوکی) محاسبه گردد، که این امر بستگی به نرخ تبادل و جایگزینی در بین شاخص‌ها دارد (مومنی، ۱۳۸۵).

حل مسئله با این روش، مستلزم طی شش گام زیر است:

گام ۱: کمی کردن و بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم (N)؛ برای بی‌مقیاس‌سازی از بی‌مقیاس‌سازی نُرم استفاده می‌شود.

گام ۲: به دست آوردن ماتریس موزون (V)؛ ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها ($W_{n\times n}$) ضرب می‌کنیم، یعنی:

$$V = N \times W_{n\times n}$$

گام ۳: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی؛ راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

[بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل مثبت (V_j^+)

[بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V] = راه‌حل ایده‌آل منفی (V_j^-)

«بهترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، بزرگترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچکترین مقادیر است و «بدترین» برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، بزرگترین مقادیر است.

گام ۴: به دست آوردن میزان فاصله‌ی هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی؛ فاصله اقلیدسی هرگزینه تا ایده‌آل مثبت (d_i^+) و فاصله‌ی هرگزینه تا ایده‌آل منفی (d_i^-) بر اساس فرمول زیر حساب می‌شود:

$$= \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^+\right)^2} \;;\; i = 1, 2, \dots, m$$

$$= \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(v_{ij} - v_j^-\right)^2} \;;\; i = 1, 2, \dots, m$$

گام ۵: تعیین نزدیکی نسبی (CL*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل؛

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

گام ۶: رتبه‌بندی‌گزینه‌ها؛ هرگزینه‌ای‌که CL* آن بزرگتر باشد، بهتر است (اصغرپور، ۱۳۸۳).

در خصوص این روش باید توجه‌کردکه اطلاعات ورودی به روش TOPSIS شامل ماتریس قطری وزن‌ها ($W_{n\times n}$) برای شاخص‌ها بوده و خروجی آن بصورت رتبه‌بندی برای گزینه‌ها می‌باشد و فرض TOPSIS بر این است‌که مطلوبیت برای هر یک از شاخص‌ها بطور یکنواخت افزایشی (یاکاهشی) است،که این فرض برای اکثر موارد نیز فرض معتبری است.

۳-۳- چارچوب مفهومی‌روش SAW (مجموع ساده‌ی وزنی)

مدل مجموع ساده‌ی وزنی یعنی SAW، یکی از ساده‌ترین و قدیمی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. با محاسبه‌ی اوزان شاخص‌ها می‌توان به راحتی از این روش استفاده کرد. برای استفاده از این روش، مراحل زیر ضرورت دارد:

گام ۱: کمی کردن ماتریس تصمیم‌گیری؛ اولین‌کار در این مرحله، این است که طبق روش‌های گفته شده در قسمت‌های قبل، شاخص‌کیفی را به شاخص‌کمی تبدیل کرد. برای این‌کار می‌توان از مقیاس فاصله‌ای دوقطبی استفاده‌کرد.

11. City – Block - Distance

گام ۲: بی‌مقیاس سازی خطی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری؛ نوع بی‌مقیاس‌سازی این روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، «بی‌مقیاس‌سازی خطی» می‌باشد.

گام ۳: ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده در اوزان شاخص‌ها؛ اوزان شاخص‌ها در این روش توسط روش آنتروپی شانون بدست می‌آید.

گام ۴: انتخاب بهترین گزینه (A*) با استفاده از معیار زیر:

$$A^* = \left\{ A_i \middle| Max \sum_{j=1}^{n} n_{ij} w_j \right\}$$

به بیانی دیگر در روش SAW گزینه‌ای انتخاب می‌شود (A*) که حاصل جمع مقادیر بی‌مقیاس شده‌ی وزنی آن ($n_{ij}w_j$) از بقیه‌ی گزینه‌ها بیشتر باشد (مومنی، ۱۳۸۵).

در خصوص این روش باید توجه کرد که:

- فرض به‌کارگیری روش فوق بر استقلال ارجحیت و مجزا بودن آثار شاخص‌ها از یکدیگر است؛
- مطلوبیت کلی از شاخص‌ها قابل تفکیک به مطلوبیت موجود از هر یک از شاخص‌ها فرض شده و بدین صورت از مدل جمع‌پذیر استفاده می‌گردد؛
- استفاده از SAW برای مواردی مناسب است که نرخ تبادل در بین شاخص‌ها ثابت و برابر با واحد باشد (اصغرپور، ۱۳۸۳).

۴- بحث و نتایج

برای توضیح مراحل مدل TOPSIS و SAW از مثال زیر استفاده خواهد شد. فرض کنید از سه سایت A، B و C که به عنوان گزینه‌های مورد نظر برای مکان یابی مشخص شده‌اند. قرار است سایت مناسب برای اسکان بر اساس چهار معیار پستی و بلندی، دسترسی به آب، خطر زمین لرزه و دسترسی به شهر و راه انتخاب شود. معیار پستی و بلندی به دو زیر معیار ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین؛ معیار خطر زمین لرزه به سه زیر معیار موقعیت سایت نسبت به گسل‌های بنیادی، موقعیت نسبت به رومراکز زمین لرزه و شدت زلزله‌های تاریخی و دستگاهی و معیار دسترسی به شهر و راه به دو زیر معیار دسترسی به شهر و دسترسی به راه تقسیم شده‌اند. همانطورکه گفته شد در روش‌های تصمیم گیری چند شاخصه از ماتریس تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. بنابراین اولین گام در مکان یابی اسکان مشخص کردن ماتریس تصمیم گیری می‌باشد. با توجه به معیارهای ذکر شده و سه سایت A، B و C ماتریس تصمیم گیری به صورت زیر خواهد بود (جدول شماره ۲). این ماتریس با استفاده از نظرات خبرگان و متخصصان تکمیل می‌گردد.

بنابراین ابتدا باید معیارهای لازم برای مکان یابی مناسب تعیین گردد. سپس برای مکان یابی مناسب جهت اسکان باید این قابلیت بوجود بیاید که به مقادیر مختلف معیارها امتیاز مناسبی داده شود. بدین منظور پس از شناسایی معیارهای مؤثر پرسشنامه ای تهیه شد. این

جدول ۲. ماتریس تصمیم گیری برای مکان یابی مورد نظر؛ ماخذ: نگارندگان.

معیارها / گزینه ها	پستی و بلندی		دسترسی به آب	خطر زمین لرزه			دسترسی به شهر و راه	
	ارتفاع از سطح دریا(متر)	شیب زمین(درصد)		موقعیت نسبت به گسل های بنیادی	موقعیت نسبت به رو مراکز زمین لرزه	شدت زلزله های تاریخی و دستگاهی	دسترسی به راه	دسترسی به شهر
A	۵۶۹	۵	خوب	مناسب	نا مناسب	کم	خوب	نسبتاً خوب
B	۹۲۰	۱۰	نسبتاً خوب	نا مناسب	نسبتاً نا مناسب	متوسط	نسبتاً خوب	کم
C	۲۱۰۰	۳	بسیار کم	نا مناسب	مناسب	متوسط	نسبتاً خوب	نسبتاً کم

پرسشنامه‌ها (۱۵ پرسشنامه) توسط متخصیین مختلف در زمینه‌های برنامه ریزی شهری، مدیریت بحران، مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست و مدیریت منابع آب تکمیل گردید. پس از بررسی پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط متخصصین، ماتریس هایی که نرخ ناسازگاری آنها بیشتر از ۰/۱ بود حذف گردید و بقیه ماتریس‌ها در مراحل بعدی مورد استفاد قرار گرفت. مطابق موارد فوق و طبق نظرات خبرگان، برای مقادیر مختلف هر معیار امتیازبندی معینی مشخص گردیدکه در جداول ۳ تا ۱۰ نشان داده شده است.

جدول ۳. امتیازدهی به معیار ارتفاع از سطح دریا

ردیف	ارتفاع از سطح دریا (متر)	امتیاز
۱	۵۰۰	۹
۲	۱۰۰۰	۷
۳	۱۶۰۰	۵
۴	۲۳۰۰	۳
۵	۳۱۰۰	۱

جدول ۴. امتیازدهی به معیار شیب زمین

ردیف	شیب زمین (درصد)	امتیاز
۱	۲-۴	۹
۲	۶- ۴ یا ۲- ۰	۷
۳	۶-۸	۵
۴	۸ -۱۰	۳
۵	بیشتر از ۱۰	۱

جدول ۵. امتیازدهی به معیار دسترسی به آب

ردیف	دسترسی به آب	امتیاز
۱	خوب	۹
۲	نسبتاً خوب	۷
۳	متوسط	۵
۴	نسبتاً کم	۳
۵	بسیار کم	۱

جدول ۶. امتیازدهی به معیار موقعیت نسبت به گسل‌های بنیادی

ردیف	موقعیت نسبت به گسل های بنیادی	امتیاز
۱	مناسب	۹
۲	نسبتاً مناسب	۷
۳	متوسط	۵
۴	نسبتاً نامناسب	۳
۵	نامناسب	۱

جدول ۷. امتیازدهی به معیار موقعیت نسبت به رومراکز زمین لرزه

ردیف	موقعیت نسبت به رو مراکز زمین لرزه	امتیاز
۱	مناسب	۹
۲	نسبتاً مناسب	۷
۳	متوسط	۵
۴	نسبتاً نامناسب	۳
۵	نامناسب	۱

جدول ۸. امتیازدهی به معیار شدت زلزله‌های تاریخی و دستگاهی

ردیف	شدت زلزله های تاریخی و دستگاهی	امتیاز
۱	کم	۹
۲	نسبتاً کم	۷
۳	متوسط	۵
۴	نسبتاً زیاد	۳
۵	زیاد	۱

جدول ۹. امتیازدهی به معیار دسترسی به راه

ردیف	دسترسی به راه	امتیاز
۱	خوب	۹
۲	نسبتاً خوب	۷
۳	متوسط	۵
۴	نسبتاً کم	۳
۵	کم	۱

جدول ۱۰. امتیازدهی به معیار دسترسی به شهر

ردیف	دسترسی به شهر	امتیاز
۱	خوب	۹
۲	نسبتاً خوب	۷
۳	متوسط	۵
۴	نسبتاً کم	۳
۵	کم	۱

جدول ۱۱. ماتریس تصمیم گیری و امتیاز هر معیار به ازای گزینه‌های مختلف؛ ماخذ: نگارندگان.

معیارها / گزینه ها	پستی و بلندی		دسترسی به آب	خطر زمین لرزه			دسترسی به شهر و راه	
	ارتفاع از سطح دریا(متر)	شیب زمین(درصد)		موقعیت نسبت به گسل های بنیادی	موقعیت نسبت به رو مراکز زمین لرزه	شدت زلزله های تاریخی و دستگاهی	دسترسی به راه	دسترسی به شهر
A	۹	۷	۹	۹	۱	۹	۹	۷
B	۷	۳	۷	۱	۳	۵	۷	۱
C	۳	۹	۱	۱	۹	۵	۷	۳

مدیریت شهری
دو فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۲۸ پاییز و زمستان ۱۳۹۰
No.28 Autumn & Winter

پس از امتیازدهی به معیارهای فوق ماتریس تصمیم گیری به شکل زیر تبدیل می‌شود (جدول شماره ۱۱).

همانطورکه در ماتریس تصمیم‌گیری (جدول شماره ۱۱) مشهود است، شاخص‌های کیفی به حالت کمی تبدیل شده‌اند. باکمی سازی معیارها، اولویت بندی سایت‌های مناسب برای اسکان با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره امکان پذیر می‌گردد. در ادامه از ماتریس مذکور استفاده شده است تا از طریق روش TOPSISو SAW مکان یابی و رتبه بندی آن‌ها حاصل شود. پس از انجام مراحل ذکر شده در روش TOPSIS رتبه‌بندی بدست آمده مطابق جدول شماره ۱۲ می‌باشد. همچنین رتبه بندی بدست آمده از روش SAW مطابق جدول شماره ۱۳ می‌باشد.

جدول ۱۲. رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس روش TOPSIS

۱	۲	۳
A	C	B

جدول ۱۳. رتبه بندی گزینه‌ها بر اساس روش SAW

۱	۲	۳
A	C	B

ممکن است این سئوال مطرح شودکه اگر در یک مسئله واقعی از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده شود و این روش‌ها رتبه‌بندی واحدی برای آن مسئله ارائه نکنند، تکلیف چیست وکدام گزینه را باید انتخاب‌کرد؟

چنین وضعیتی قابل پیش‌بینی است. تصمیم‌گیرندگان برای تصمیم‌گیری در مسائل بسیار مهم، خود را محدود به یک روش نمی‌کنند امکان دارد با استفاده از روش‌های مختلف به نتایج متفاوتی دست یابند. برای تفوّق بر این وضعیت، روش‌های مختلفی مطرح شده که به **«روش ادغام»**[۱۲] معروفند. این روش‌ها عبارتند از **«روش میانگین رتبه‌ها»**، **«روش بردا»**[۱۳] و **«روش کپلند»**[۱۴] (مومنی،

۱۳۸۵). روش میانگین رتبه‌ها، گزینه‌ها را بر اساس میانگین رتبه‌های به دست آمده از روش‌های مختلف MADM اولویت‌بندی می‌کند. هر گزینه با میانگین رتبه‌ای بیشتر، در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد. روش بردا بر اساس قاعده‌ی اکثریت استوار است. در این روش مقایسات زوجی بین گزینه‌ها انجام می‌دهیم؛ M به منزله‌ی آن است که سطر بر ستون ارجحیت دارد و X نشانگر آن است که ستون بر سطر ارجحیت دارد. هر مقایسه‌ی زوجی به صورت جداگانه، مورد بررسی قرار می‌گیرند. تعداد مقایسات برابر m(m-1)/2 است که m، تعداد گزینه‌ها است. معیار اولویت در این روش آن است که در چند دفعه «بردهای» گزینه (یعنی M) در سطر دارای اکثریت است. روش کپ لند با پایان روش بردا شروع می‌شود. روش کپ لند نه فقط تعداد بردها بلکه تعداد باخت‌ها را هم برای هر گزینه محاسبه می‌کند. امتیازی که کپ لند به هر گزینه می‌دهد با کم کرد تعداد باخت‌ها (∑R) از تعداد بردها (∑C) محاسبه می‌شود. گزینه با امتیاز بیشتر در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد. رتبه بندی نهایی بر اساس روش میانگین رتبه‌ها در جدول شماره ۱۴ نشان داده شده است.

برای اینکه بتوان نزدیک‌ترین روش به نتیجه نهایی را بدست آورد از روش مجموع مربعات خطا[15] استفاده می‌کنیم. در این روش اختلاف بین رتبه نهایی و رتبه بدست آمده از هر روش تصمیمگیری چند معیاره برای هر گزینه بدست آمده، آنها را به توان دو می‌رسانیم و با هم جمع می‌زنیم. روشی که مجموع آن از همه کمتر باشد بدین معنا می‌باشد که دارای کمترین خطا می‌باشد.

$$RSS = \sum_{i=1}^{n} \left(y_i - f(x_i)\right)^2$$

در این فرمول (Y_i) رتبه نهایی بدست آمده و $f(x_i)$ رتبه بدست آمده توسط هر روش تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد. نتایج بدست آمده مطابق جدول شماره ۱۵ می‌باشد. روشی که دارای مجموع کمتری باشد خطای کمتری نسبت به رتبه‌بندی نهایی دارد.

جدول شماره ۱۵ نشان می‌دهد که در این مطالعه روش‌های TOPSIS و SAW دارای خطای یکسانی می‌باشند.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق یک مدل مکان یابی اسکان بر اساس روش‌های تصمیم گیری چند معیاره TOPSIS و SAW ارائه شد. نتایج بدست آمده نشان داد که روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با توجه به خصوصیات ویژه آنها می‌توانند در بررسی موضوعات مربوط به برنامه ریزی شهری و منطقه ای مانند مکان یابی مناطق مناسب جهت اسکان کاربرد مطلوبی داشته باشند. همانطورکه ملاحظه شد به کارگیری روش پیشنهادی منجر به انتخاب و رتبه بندی سیستماتیک مکان‌های اسکان شد. روش‌های تصمیم گیری چند معیاره از این نظر مفید هستند که زمینه ای را برای تحلیل و تبدیل مسائل

جدول ۱۴. رتبه‌بندی نهایی بر اساس روش میانگین رتبه‌ها؛ ماخذ: نگارندگان.

گزینه	روش‌های MADM		میانگین رتبه	رتبه نهایی
	SAW	TOPSIS		
A	۱	۱	۱	۱
B	۳	۳	۳	۳
C	۲	۲	۲	۲

12. Aggregate Methods
13. Borda Method
14. Copeland Method
15. RSS (Residual Sum of Squares)

جدول ۱۵. نتایج بدست آمده از مقاسیه مجموع مربعات خطا (RSS) روش‌های مختلف تصیمگیری چند معیاره با رتبه‌بندی نهایی

گزینه	FINAL RANKING	SAW	TOPSIS
A	۱	۱	۱
B	۳	۳	۳
C	۲	۲	۲

	RSS SAW	RSS TOPSIS
	۰	۰
	۰	۰
	۰	۰
RSS	۰	۰

مشکل و پیچیده به مسائلی ساده‌تر فراهم می‌آورندکه در چارچوب آن برنامه ریز بتواند ارزیابی گزینه‌ها را باکمک معیارها و زیرمعیارها به راحتی انجام دهد. با توجه به اینکه اغلب مسائل مربوط به شهرسازی از طریق شاخص‌های کمی وکیفی قابل بررسی هستند، امکان به کارگیری همزمان معیارهای کمی و کیفی در روش‌های تصمیم گیری چند معیاره، آن‌ها را به ابزاری قوی برای تحلیل مسائل شهرسازی تبدیل می‌کند. همچنین در مسائلی همچون این پژوهش که تعداد معیارها زیاد می‌باشد و احتیاج به اتخاذ تصمیم براساس چند معیار است، استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره می‌تواند کمک شایانی در انتخاب بهترین راه حل‌های موجودکند. انعطاف پذیری، سادگی محاسبات و امکان رتبه بندی نهایی گزینه‌ها نیز از مزیت‌های دیگر این روش‌ها هستندکه می‌توانندکمک مؤثری در بررسی‌های مربوط به مسائل شهری و برنامه ریزی‌های شهری و منطقه ای باشند.

منابع

۱. اصغرپور، محمّد جواد (۱۳۸۳) **تصمیم گیری‌های چند معیاره**، چاپ سوم، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.

۲. زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰) **کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری و منطقه ای**، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۱۰، دانشگاه تهران، تهران.

۳. کارآموز، محمد.، احمدی.، آزاده و فلاحی، مهدیس (۱۳۸۵) **مهندسی سیستم**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

۴. مومنی، منصور (۱۳۸۵) **مباحث نوین تحقیق در عملیات**، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران.

5. Carlsson, C. Kochetkov, Y (1983) "Theory and Practice of Multiple Criteria Decision Making", North - Holland Publishing Company

6. Colson, G. Bruyn, C. Rodin, E.Y (1989) "Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making"

7. Edwards, W. Newman, J.R (1982) "Multi Attribute Evaluation", Beverly Hills; Sage Publication

8. Hwang, C.L. Yoon, K.P (1981) "Multiple attribute decision making": Methods and applications: a state-of-the-art survey

9. Khakee, A (1998) "Evaluation and Planning: inseparable concepts", Town Planning Review, Vol.59, No. 4, 354-374

10. Lee, C (1973) "Models in Planning", Oxford: Pergamon Press

11. Lichfield, N (1975) "Evaluation in the Planning Process", London: Pergamon Press

12. Nijkamp, P. Sprank, J (1981) "Multiple Criteria Decision Analysis", Hamphire: Gower

13. Ratcliffe, J (1974) "An introduction to Town and Country Planning", London: Hulchinson

14. Roberts, M (1985) "An introduction to Town Planning Techniques", London: Hutchinson

15. Shannon, C (1988) "A mathematical theory of communication", Bell System Technology Journal 27, PP. 379-423, 623-656

16. Stewart, T.R (1988) Judgement, Procedures, in Brehmer, B, and Joyce, C.R.B. (Eds), Human Judgement, the SJT View, Assessment: North – Holland

17. Voogd, H (1983) "Multi Criteria Evaluation for Urban and Regional Planning", Pion London