اولویت بندی پروژه‌ها و طرح‌های عمرانی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برای تخصیص بودجه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس فازی

علیرضا علی احمدی
استاد دانشگاه علم وصنعت
pe@iust.ac.ir

محسنعلی شایانفر
دانشیار دانشگاه علم وصنعت
shayanfar@iust.ac.ir
مصطفی فرمانی
دانشجوی کارشناس ارشد دانشگاه علم وصنعت
m_farmani@pgre.iust.ac.ir

چکیده

اخیرا تصمیم گیری و مباحث پیرامون آن مانند تخصیص اعتبار برای طرح ها و پروژه ها در سطح کشور و در سطوح مدیریتی به عنوان موضوع بسیار مهم در سازمان ها ، وزارت خانه ها و نهادهای رسمی کشور مطرح است . مدل پیشنهادی برای تخصیص بودجه، ابزاری برای تسریع در تصمیم گیری مدیران محسوب می گردد . این تحقیق که برای اولویت بندی طرح‌های عمرانی در وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری انجام گرفته است، سعی شده که با استفاده از مدل های چند شاخصه علاوه بر سرعت در تصمیم گیری مدیریت به این سوال پاسخ داده شود که مناسب ترین انتخاب از بین گزینه های موجود (پروژه ها) کدام است . این روش بر اساس شاخص های تصمیم گیری و برپایه ی ماتریس تصمیم بنا گردیده است . بدین منظور در این تحقیق برای پاسخ به اینکه به چه عوامل، چه امتیازی باید تخصیص داد، از مدل چند شاخصه استفاده شده است. این پژوهش به چگونگی طراحی یک مدل کار آمد جهت تخصیص اعتبار به پروژه های عمرانی در اداره طرح های عمرانی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری با استفاده از تکنیکهای چند معیاره پرداخته و هدف از این تحقیق شناسایی و رتبه بندی شاخص های موثر بر تخصیص اعتبار و درجه بندی آنها (ضریب اهمیت) و انتخاب گزینه بهینه و تهیه مدل تخصیص اعتبار است که پس از پالایش اولیه در بین شاخصها و معیارها با استفاده روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش تاپسیس فازی که از روشهای تصمیم گیری چند معیاره می باشند و به کمک نرم افزار تصمیم گیری متلب وسایر نرم افزارهای مرتبط که از مهم ترین ابزارهای کمک درتسریع فنون تصمیم گیری چند معیاره هستند ، معیارها و شاخصهای رتبه بندی شده و وزن دهی می شوند و در نهایت پروژه‌ها رتبه بندی شوند

کلید واژه:
مدل تصمیم یار- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی – روش تاپسیس فازی - تخصیص اعتبار طرح های عمرانی

مقدمه

در علم تصمیم گیری که در آن انتخاب یک راه کار از بین راه های موجود یا اولویت بندی آن راه کارها مطرح است، چند سالی است که روش های MCDM **1**خصوصاً تحلیل سلسله مراتبی **2**و تاپسیس **3**جای خود را باز کرده اند. روش تحلیل فرآیند سلسله مراتبی و تاپسیس بیش از سایر تکنیک ها و روش ها در علم پژوهش در عملیات مورد استفاده قرار گرفته است. امروزه برای حل مسائل پیچیده در بررسی موضوعات مختلف از جمله مسائل اقتصادی ، باید اولویت ها را تعیین کرد .

به عبارت دیگر باید در خصوص اولویت ها به نوعی توافق برسیم. بیشتر افراد بر این باورند که زندگی آنقدر پیچیده است که جهت حل مسائل آن باید به روش های پیچیده تفکری روی آورد . البته در راستای ساده سازی علمی، باید چهارچوبی یافت که ما را قادر سازد تا در خصوص مسائل پیچیده به شیوه ای ساده و عملی بیاندیشیم.

1. پیشینه پژوهش

در داخل کشور تاکنون تحقیقی دربارۀ طراحی سیستم پشتیبان تصمیم گیری و اولویت بندی تخصیص خدمات پژوهشی در کتابخانه های دانشگاهی صورت نگرفته است . تصمیم گیرندگان با توجه به اطلاعات کمی که در اختیار دارند و یا وقت محدودی که دارند و نداشتن دانش کامل از موضوع مورد نظر نمی توانند به خوبی تصمیم گیری کنند .[1].

با توجه به مسأله تصمیم گیری، ارزیابی صحیح روش ها و فناوری ها و انتخاب مناسب ترین پروژه ها، جهت اجرا، با توجه شرایط مختلف حفاظتی، اقتصادی، تکنولوژیکی، محیطی، اجتماعی و فرهنگی به منظور سازگار نمودن آنها با شرایط معاصر یکی از مسائل مهمی است که پیش روی تصمیم گیران، مدیران، سیاستگذاران کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه میباشد

این نوع تصمیم گیری ها می تواند با استفاده از هوش مصنوعی مدل سازی شود . هوش مصنوعی یکی از علومی است که می خواهد فرایند های مغز انسان را پیاده سازی کند .الگوریتم های زیادی در هوش مصنوعی وجو دارد که از آن ها کمک گرفته می شود . الگوریتم هایی مانند شبکه های عصبی ، الگوریتم ژنتیک ، تئوری فازی ، سیستم های خبره ، برنامه نویسی منطقی و ... در هوش مصنوعی بسیار کاربردی هستند . در بعضی از موارد نیز ترکیب آنها در حل بسیاری از مسائل نتیجه بخش بوده است .[2, 3]

از انجا که در این تحقیق از ترکیب چند روش مختلف در تصمیم گیری چند معیاره و بهینه سازی استفاده شده است به تحقیقات مشابهی که با این در این زمینه انجام گرفته است می پردازیم . در مرور ادبیات این تحقیق سعی شده است از تحقیقات و مقاله هایی که موضوعات آنها بیشترین مشابهت به تحقیق حاضر را داشته باشند و به روش انجام تحقیق نزدیک باشند استفاده شود .

در تحقیق خود که هدف آنها انتخاب پروژه های عمرانی برای مرمت آنها بود استفاده از تکنیکهای چند معیاره ابزار مناسبی در رتبه بندی و انتخاب یک یا چند گزینه از بین انواع راه حلهای مختلف در پروژه های احیای بناها و بافتهای تاریخی می دانند . یک دسته بندی از تکنیک های مختلف تصمیم گیری چند معیاره بخصوص با رویکرد تصمیم گیری های چند شاخصه انجام دادند و حوزه های کاربرد آنها را مشخص کردند[4].

[5] در مقاله خود با استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره مدلی برای انتخاب پروژه ارایه نموده اند . آنها با اشاره به این موضوع که مدیران در مواقعی در مواجهه با مسایل چند معیاره نمی توانند به درستی و دقت تصمیم گیری کنند ، تعیین معیارهای ارزیابی و اهمیت آنها یکی از مراحل بسیار مهم و اثرگذار در تصمیم گیری، تعیین وزن هر کدام از معیارهاست. همچنین این واقعیت را باید پذیرفت که همه ی معیارها دارای اثر یکسان بر تصمیمات نیستند. بنابراین، هر چه در این مرحله دقت شود نتایج به دست آمده دقیق تر و به واقعیت نزدیک ترخواهد بود .

[6] توجهات بسیار زیادی به کاربرد روشهای تصمیم گیری چندمعیاره در مهندسی و مدیریت ساخت کرده اند. تصمیم گیری چندمعیاره به رتبه بندی گزینه های مختلف بر اساس معیارهای چندگانه که عمدتاً با یکدیگر تضاد دارند، میپردازد که در سالهای اخیر به خصوص در حوضه تصمیم گیری در مهندسی و مدیریت ساخت مورد توجه قرار گرفته است. روش تحلیل (Saaty,1980)4نیزیکی از این روشهای کاربردی و دارای قابلیت های فراوان است.

الویت بندی و انتخاب پروژه جهت پروژه های عمرانی، در واقع به معنی الویت بندی تعدادی پروژه و تخصیص منابع سازمان فقط در بین آن پروژه ها می باشد تا بواسطه این انتخاب و تخصیص، سود سازمان حداکثر گردد. در انتخاب بهترین ترکیب پروژه برای سازمان عوامل مختلفی دخیل هستند که می توان به ریسک پروژه، اهداف شرکت، در دسترس بودن منابع و ... اشاره نمود. بطور کلی می توان گفت انتخاب پروژه برای پروژه های ساخت از جمله مسائل تصمیم گیری چند معیاره می باشد. در این مقاله محقق یک متدولوژی را معرفی می کند که رابطه میان معیارها و گزینه ها را با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه ای و برنامه ریزی آرمانی در نظر می گیرد. برای رسیدن به یک رویکرد

سیستماتیک جهت در نظر گرفتن الویتها و نسبتها در معیارهای چندگانه، پیشنهاد می شود که فرآیند تحلیل شبکه ای قبل از برنامه ریزی آرمانی 5بکار رود. در نهایت در انتخاب پروژه ، باید وابستگی درونی میان معیارها و گزینه ها را در نظر گرفت و این امر بدلیل لحاظ کردن روابطی است که در دنیای واقعی وجود دارد. با بکارگیری این مدل معرفی شده می توان مسائلی که دارای معیارهای چندگانه، وابستگی درونی میان معیارها و گزینه ها و امکان سنجی منابع هستند را حل کرد[7]

[7] چند نکته را هنگام انتخاب پروژه با استفاده از چند معیار را ضروری دانسته اند .

1 - در هنگام انتخاب پروژه نمی توان بر یک هدف تکیه کرد در واقع مدل هایی که تا کنون با استفاده از تکنیک های برنامه ریزی ریاضی به بررسی و انتخاب پروژه مبادرت ورزیده اند ، تکنیک هایی بوده اند که بهینه سازی را فقط با یک هدف دنبال کرده اند مناسب ترین روش استفاده همزمان از این اهداف می باشد . برنامه ریزی آرمانی روش تصمیم گیری گروهی یا روش تحلیل شبکه ای و تاپسیس فازی جهت حل مسایلی مطرح شده است که اهداف متناقض چند گانه دارند .

2 – پروژه های تحت بررسی همگی از اولویت یکسان برخوردار نیستند . جهت مشخص شدن اولویت و وزن پروژه ها می توان از مقایسه پروژه ها با چند معیار بهره برد و پروژه ها را با استفاده از این معیار ها وزن دهی کرد . بنا بر این می توان گفت انتخاب پروژه از نوع مسائل تصمیم گیری چند معیاره است . جهت مشخص کردن وزن پروژه ها با توجه به معیار های مورد نظر می توان از روش هایی مثل فرآیند تحلیل شبکه ای ، الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی و ... استفاده نمود. در هنگام انتخاب پروژه، نکته ای که باید مد نظر قرار گیرد این است که در دنیای واقعی معیارها و پروژه های مورد مطالعه دارای روابط درونی با یکدیگر هستند . به عنوان مثال اگر معیار های مورد نظر شامل کاهش هزینه و مدت زمان انجام پروژه و بهبود کیفیت پروژه باشند، می توان گفت این معیار ها دارای روابط درونی با یکدیگر هستند و این امر به این معنی است که جهت کاهش زمان اتمام پروژه ، به ناچار هزینه ها افزایش می یابند و همچنین کاهش هزینه ها باعث کاهش کیفیت پروژه می گردد . در واقع شناسایی و مدل کردن روابط درونی میان معیار ها و گزینه ها سبب صرفه جویی در هزینه ها گردد .

3 – در هنگام انتخاب پروژه نیازمند جمع آوری نظرات مختلف هستیم تا بتوانیم روابط درونی معیار ها را شناسایی نماییم . جهت جمع آوری نظر جمعی برای پروژه هایی که از وابتگی درونی برخوردارند ، می توان از مصاحبه های تخصصی استفاده نمود

[7] در تحقیق خود با استفاده از یک رویکرد ترکیبی برای انتخاب پروژه به روش دلفی فازی و فرایند تحلیل شبکه ای 6و برنامه ریزی آرمانی است . آنها در تحقیق خود سعی کرده اند یک متدولوژی بهبود یافته را جهت نشان دادن روابط درونی میان معیار ها و گزینه ها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه ای و برنامه ریزی آرمانی معرفی کنند .

در این تحقیق سعی شده است تا از تئوری فازی 7نیز در تصمیم گیری ها استفاده شود زیرا تئوری فازی بسیاری از عدم قطعیت ها را در بر می گیرد .

برا ی انتخاب سهام در بورس ترکیه با 7 معیار در انتخاب سهام مناسب از روش Topsis فازی در شرایط عدم اطمینان و پر ریسک استفاده کرده اند .[8]

در یک مطالعه یک سیستم مدیریتی ارایه کرده اند که مدیران با استفاده از آن به راحتی و بدون انجام محاسبات پیچیده بتوانند به انتخاب خدمات و پروژه های فناوری اطلاعات به منظور تأمین اهداف کسب وکار سازمان بپردازند. بنابراین، محصول نهایی تحقیق در قالب سیستم پشتیبان تصمیم گیری بوجود آمد که براساس شاخص های تأییدشده توسط خبرگان حوزهٔ مدیریت پروژه ها و خدمات فناوری اطلاعات و براساس روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، به انتخاب سبد بهینهٔ خدمات و پروژه های فناوری اطلاعات پرداخته و مدیران سازمانها را به منظور تطابق خدمات و پروژههای اجرایی با اهداف استراتژیک سازمان یاری میدهد. با استفاده از این سیستم پشتیبان تصمیم برای رتبه بندی، نه تنها میتوان اطمینان حاصل کرد که پروژه های فناوری اطلاعات متناسب با اهداف و اولویتهای استراتژیک سازمان رتبه بندی شده اند؛ بلکه تصمیم گیری در خصوص انتخاب یا رد آنها را برای مدیران به طور چشم گیری سریعتر و کاراتر میکند . آنها همینطور در تحقیق خود به چند تحقیق دیگر در قسمت پیشینه پژوهش اشاره

کرده اند . در این تحقیقاتی که به آنها اشاره شده همه آنها نوعی سیستم پشتیبان تصمیم ارائه کرده اند که در این سیستم ها از روش هایی مثل تحلیل شبکه ای ، سلسله مراتبی فازی ، Topsis فازی ، برنامه ریزی آرمانی ، برنامه ریزی خطی 8و ... استفاده کرده اند .[9].

روش‌های مرسوم برای اولویت‌بندی سرمایه گذاری برای مواجهه با شرایط مبهم و ارزیابی‌های ناکافی اند. بنابراین برای ترکیب نظرات کارشناسان و تصمیم گیرندگان و ارزیابی عملکرد معیارهای کیفی که به صورت اعداد فازی مثلثی بیان شده، از روش تاپسیس فازی- مبتنی بر ترکیب مفاهیم تئوری فازی- استفاده شده است . همچنین مدیران به دنبال برآورده ساختن هدف های زیادی در این تصمیم گیری ها می باشند.[10]

اولویت‌بندی سرمایه گذاری در بانک صنعت ومعدن را با استفاده از نسخه بهبود یافته ایی از تاپسیس، انجام شده که این رویکرد قابلیت در نظر گرفتن سلسله مراتب، معیارها و زیر معیارها را دارا بوده و همچنین به دلیل عدم قطعیت و ابهام در برخی از معیارهای تصمیم گیری، رویکرد فازی در بطن روش تاپسیس مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نهایی اخذ شده از مدل، صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی را در رتبه اول اولویت برای سرمایه گذاری نشان میدهد .[11]
در تحقیق دیگر با انتخاب رتبه های کیفی برای گزینه ها با توجه به معیارها و انتخاب متغیرهای کلامی فازی مناسب، مدل جدیدی از تاپسیس فازی برای مسائل تصمیم گیری چند معیاره را نشان داده اند. در این مقاله، ماتریس تصمیم گیری به ماتریس تصمیم گیری فازی تبدیل و سپس ماتریس فازی وزن دار با ترکیب نظریات تصمیم گیرندگان ساخته شده است. با مشخص شدن راه حل ایده آل مثبت(PIS9)و راه حل ایده آل منفی(NIS10) فاصله هر گزینه با آنها محاسبه میشود .[12].
در مقاله خود به بررسی اولویتهای بخش خدمات به عنوان بخشی که نه تنها تعداد بیشتری از فعالیتهای اقتصادی را به خود تخصیص میدهد، بلکه از لحاظ ایجاد ارزش افزوده نیز اهمیت بیشتری نسبت به فعالیتهای تولیدی دارد، پرداخته میشود. اساساً هدف این پژوهش، شناسایی اولویتهای سرمایه گذاری با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چندمعیاره فازی در بخش خدمات است[13].
در یک تحقیق تلاش کرده اند تا مدلی برای حل مسائل برنامه ریزی چندهدفهٔ فازی ارائه شود که با شمول بعضی پارامترهای فازی، جواب نهایی را به صورت فازی و منطبق با شرایط تعیین کند .[14].
در یک تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تاپسیس فازی به صورت ترکیبی استفاده کرده اند. این تحقیق با انجام بر روی یک شرکت ساخت و ساز ایرانی تست شده است که یک نمونه عملی به حساب می آید . این تحقیق شامل چند مرحله می باشد . مرحله اول تعیین همه معیار ها و زیر معیار ها توسط مشورت با تمام مدیران شرکت می باشد .مرحله دوم اندازه گیری وزن هر معیار است که توسط روش AHP انجام شده است. این مرحله نیز با توجه به نظرات مدیران انجام گرفته است . مرحله سوم جمع آوری اطلاعات و امتیاز دهی و اولویت بندی پروژه ها بود .[15].
در روش ahp فازی که توسعه یافته روش ahp می باشد که قسمت فازی ان برای برطرف کردن ابهامات در فرایند تصمیم گیری می باشد . با استفاده از روش فازی در ahp هم فهم موضوع آسان تر می باشد و هم این که هردو مورد کمیت و کیفیت در مسئله تصمیم گیری چند معیاره در نظر گرفته شده است . در این تحقیق از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است که در نهایت مهم ترین معیار از این روش بدست آمده است .[16].
روش ahp برای تعیین کردن رتبه بندی کردن گزینه ها و تنظیم کردن آن ها استفاده می شود . تئوری فازی نیز می تواند مشکل عدم دقت اطلاعات استفاده شده در ahp را حل کند . به این دلیل که در تئوری فازی متغیر های زبانی تصمیم گیرندگان نیز به کار گرفته شده اند . و تفسیری فازی برای متغیر های زبانی در نظر گرفته شده است.[17]
Ahp فازی به صورت مداوم در تصمیم گیری های چند معیاره استفاده شده است و به تصمیم گیری های انسان نیز بسیار شباهت و نزدیکی دارد.[18]
این روش تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی اطلاعات ملموس و ناملموس بسیار مناسب است و از طرفی نیز این روش برای تصمیم گیری به صورت گروهی نیز استفاده می شود.[19]

2. روش شناسی تحقیق

برای ارائه چارچوب و مدل تصمیم گیری در زمینه تخصیص بودجه طرح های عمرانی اولین کار پیدا کردن معیارها و اصولی است که کارشناسان اداره طرح های عمرانی اداره طرح های عمرانی با توجه به آنها تصمیم گیری می کنند . از طرفی دیگر ما به دنبال این هستیم که به این تصمیم گیری شکلی منطقی و اصولی ببخشیم و راه کاری ارائه دهیم که بر اساس روش های علمی و تصمیم گیری قابل توجیه باشد . برای این کار ما مجبور به مطالعه منابع موجود و مصاحبه با خبرگان در این زمینه خواهیم بود یعنی با استفاده از روش کتابخانه ای و میدانی این مرحله را انجام خواهیم داد. در واقع در این مرحله ما بهترین روش میدانی که مناسب برای شناخت معیارها باشد را انتخاب کردیم . به این دلیل ما هیچ شناختی نسبت به معیارها نداشته و با این کار معیارهای موجود برای این مسئله را شناسایی کردیم. در تحقیق کتابخانه‌ای محقق با مراجعه به اسناد و منابع موجود اطلاعات را جمع آوری کرده، به بررسی موشکافانه آنها پرداخته و با بهره گیری از نظرات دیگران ، ضمن جمع بندی آنها بعضاً تئوری جدیدی را ارائه میکند. تحقیق کتابخانه‌ای عمیق چنانچه باحوصله صورت گیرد میتواند بسیار باارزش باشد[20]

تحقیقات میدانی تحقیقاتی هستند که غیر آزمایشی هستند و هدفشان کشف روابط و تعامل میان متغیرهای جامعه-شناسی،روان‌شناسی،آموزشی در ساختارهای اجتماعی واقعی است. . اطلاعات متداول و معروف گردآوری اطلاعات میدانی عبارتند از: روش پرسشنامه‌ای، روش مصاحبه، روش مشاهده، روش آزمون، روشهای صوتی - تصویری و روشهای ترکیبی. روش گردآوری اطلاعات این پژوهش به صورت میدانی و از طریق پرسشنامه و مصاحبه است.[21]

پس ازاینکه مرحله اول ، یعنی استخراج و نهایی سازی معیارها و فرایندهای تخصیص بودجه در اداره طرح‌های عمرانی را را با روشهای مصاحبه، انجام دادیم، مرحله دوم یعنی وزن دهی معیارها را باید با روش تحلیل سلسه مراتبی فازی یا AHP فازی انجام خواهیم داد . برای این منظور پرسشنامه موسوم به پرسشنامه AHP فازی طراحی شد تا از نظرات کارشناسان برای رتبه بندی معیارها بهره بگیریم . در این پرسشنامه ما از طیف 9 درجه ساعتی11 استفاده کرده ایم . این درجه بندی معمولا برای تصمیم گیری هایی که در مقیاس بزرگ و دارای ابعاد بزرگی از حیث هم معیار و هم تصمیم گیرنده هستند قابل استفاده هستند.[16]

جدول 1مقیاس نه درجه‌ای ساعتی

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان Equally Preferred	عنصر i و j اهمیت برابر دارند.
۳	کمی مرجح Moderately Preferred	عنصر i از j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح Strongly Preferred	عنصر i از j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح Very strongly Preferred	عنصر i از j خیلی مهمتر است.
۹	کاملاً مرجح Extremely Preferred	عنصر i از j کاملا مهمتر است.
۸-۲-۴-۶	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد.

بعد از این مرحله باید گزینه‌ها را رتبه بندی کنیم . برای این منظور پرسشنامه‌ای دیگر با عنوان پرسشنامه تاپسیس فازی در اختیار کارشناسان قرار گرفت . این پرسشنامه شامل پروژه های عمرانی بودند که گزینه‌ها همان پروژه‌ها محسوب می شدند و 7 معیار که در مرحله مصاحبه جمع آوری شده بودند بود . درواقع این پرسشنامه اطلاعاتی از 7 معیار از هر پروژه در اختیار کارشناس قرار می‌داد تا با استفاده از طیف 7 درجه عبارت کلامی جهت ارزیابی گزینه ها که معادل با اعداد فازی مثلثی بودند ،انتخاب خود را انجام دهند.البته این موضوع قابل ذکر است که ما در پرسشنامه

صحبتی از اعداد فازی و ارتباط آن‌ها با مقادیر کلامی ذکر نشد . و این موضوع را در هنگام تجزیه تحلیل اطلاعات و کار کردن با نرم افزارها در نظر گرفتیم .

جدول2. طیف 7 درجه برای ارزیابی گزینه ها

متغیر زبانی
خیلی ضعیف (Very poor)
ضعیف (Poor)
ضعیف تا متوسط (Medium poor)
متوسط (Fair)
تقریباً خوب (Medium good)
خوب (Good)
خیلی خوب (Very good)

2.1. معرفی روش تاپسیس فازی

این روش اولین بار توسط چن 12در سال 1992مطرح شد.در این مدل وزن‌ها و ماتریس‌های تصمیم‌گیری به صورت اعداد فازی تعریف می‌شوند و همانند تاپسیس کلاسیک بر اساس فاصله از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی رتبه بندی می-شوند. برای انجام محاسبات تکنیک تاپسیس به صورت فازی نخست باید از یک طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده‌ها استفاده کرد. چن یک مقیاس زبانی هفت درجه را برای امتیازدهی به هر گزینه براساس هر معیار، پیشنهاد می‌دهد.

جدول 4درجه برای رتبه بندی در پرسشنامه TOPSIS فازی و اعداد فازی معادل

متغیر زبانی	معادل فازی
خیلی ضعیف (Very poor)	(0, 0, 1)
ضعیف (Poor)	(0, 1, 3)
ضعیف تا متوسط (Medium poor)	(1, 3, 5)
متوسط (Fair)	(3, 5, 7)
تقریباً خوب (Medium good)	(5, 7, 9)
خوب (Good)	(7, 9, 10)
خیلی خوب (Very good)	(9, 10, 10)

گام های روش تاپسیس فازی عبارتست از:

ما وقتی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن معیارها را محاسبه کردیم و این وزن‌ها را در ورودی روش تاپسیس فازی قرار دادیم

گام اول : ماتریس تصمیم D(ماتریسی n×m است) با داده‌های فازی ایجاد می‌شود.

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} x_1 & \cdots & x_j & \cdots & x_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1j} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

شکل 1ماتریس تصمیم

ستونهای این ماتریس شامل نظرات کارشناسان اداره بوده که برابر n ستون است .همچنین، گزینه‌های ماتریس تصمیم شامل تمامی نهاده ها و ستاده ها است که شامل m سطر میباشد. داده های جدول تاپسیس فازی هم بر اساس نظرات کارشناسان اداره تهیه می‌شود. حال عدد فازی به صورت زیر تعریف می‌شود

$$\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

گام دوم : مرحله نرمالایزسازی یا بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم است. به این منظور باید مقدارِ حداکثرِ هر ستون x+j و مقدار حداقل هر ستون x-j را مشخص و با استفاده از روابط ذیل، مقادیر rij، را که را که مقدار بی مقیاس شده xij می باشند محاسبه نمود. زمانی که xij به صورت فازی هستند ، rij نیز به صورت فازی خواهند بود . حال اگر $\tilde{x}_j^+ = (a_j, b_j, c_j)$ و $\tilde{x}_j^- = (a_j, b_j, c_j)$ به ترتیب بیشترین و کمترین امتیاز ها باشند ، روابط زیر برقرار است؛

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{x}_{ij}(/)\tilde{x}_j^+ = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{b_j^+}, \frac{c_{ij}}{a_j^+}\right)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{x}_j^-(/)x_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{b_j^-}{b_{ij}}, \frac{c_j^-}{a_{ij}}\right)$$

رابطه 1

بر اساس رابطه (1)، ماتریس D به ماتریس نرمالایز شده D'تبدیل میگردد

$$D' = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \cdots & \tilde{r}_{1j} & \cdots & \tilde{r}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{r}_{i1} & \cdots & \tilde{r}_{ij} & \cdots & \tilde{r}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{r}_{m1} & \cdots & \tilde{r}_{mj} & \cdots & \tilde{r}_{mn} \end{bmatrix}$$

شکل2ماتریس نرمال شده تصمیم

گام سوم : محاسبه ماتریس نرمالایز شده موزون است . در این مرحله باید برای شاخص های جدول تاپسیس فازی، وزن در نظر گرفت. با توجه به این که شاخص‌های جدول تصمیم تاپسیس، کارشناسان بانک هستند، وزن همه آن‌ها در حالت قطعی با هم یکسان و برابر واحد در نظر گرفته شده است . عناصر ماتریس نرمالایز شده موزون $(\tilde{v}_{ij})$ برای اعداد فازی مثلثی با استفاده از رابطه ذیل قابل محاسبه است

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\times)\tilde{w}_j = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{b_j^+}, \frac{c_{ij}}{a_j^+}\right)(\times)(\alpha_j, \beta_j, \chi_j) = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+} \times \alpha_j, \frac{b_{ij}}{b_j^+} \times \beta_j, \frac{c_{ij}}{a_j^+} \times \chi_j\right)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\times)\tilde{w}_j = \left(\frac{a_j^-}{a_{ij}}, \frac{b_j^-}{b_{ij}}, \frac{c_j^-}{c_{ij}}\right)(\times)(\alpha_j, \beta_j, \chi_j) = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}} \times \alpha_j, \frac{b_j^-}{b_{ij}} \times \beta_j, \frac{c_j^-}{a_{ij}} \times \chi_j\right)$$

رابطه 2

رابطه نخست وقتی است که معیار j ام جنبه مثبت دارد و رابطه دوم نیز وقتی است که معیار j ام جنبه منفی داشته باشد . پس از آن، نتایج این محاسبات در ماتریسی تحت عنوان ماتریس v به صورت زیر وارد میشود.

$$v = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{bmatrix} \tilde{v}_{11} & \dots & \tilde{v}_{1j} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{v}_{i1} & \dots & \tilde{v}_{ij} & \dots & \tilde{v}_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{v}_{m1} & \dots & \tilde{v}_{mj} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{bmatrix}$$

شکل 3ماتریس نرمال شده موزون شده

گام چهارم :به دست آوردن جواب ایده آل مثبت (PIS)و جواب ایده آل منفی (NIS) میباشد که به ترتیب با A^+ و A^- نمایش داده می شوند . در حالت فازی جهت مقایسه اعداد فازی و تعیین $\tilde{v}_j^-$ و $\tilde{v}_j^+$ ، از فرآیندهای رتبه بندی اعداد فازی استفاده می شود. بر اساس این روش، رتبه ی عدد فازی $(\tilde{v}_{ij})$ به این صورت تعریف می شود.

$$D_{ij} = d\left(\tilde{v}_{ij} \quad \tilde{v}_j^+\right) = \left(\frac{1}{3}[(a_{ij} - a^+)^2 + (b_{ij} - b^+)^2 \quad (c_{ij} - c^+)^2\right)^{1/2}$$

رابطه 3ایده‌آل مثبت

$$D_{ij} = d\left(\tilde{v}_{ij} \quad \tilde{v}_j^-\right) = \left(\frac{1}{3}[(a_{ij} - a^-)^2 + (b_{ij} - b^-)^2 \quad (c_{ij} - c^-)^2\right)^{1/2}$$

رابطه 4ایده‌آل منفی

گام پنجم: باید نزدیکی نسبی هر گزینه به ایده آل مثبت و منفی محاسبه شود .

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^{n} D_{ij}^+$$

رابطه 5فاصله گزینه iام از ایده‌آل مثبت

$$S_i^- = \sum_{j=1}^{n} D_{ij}^-$$

رابطه 6فاصله گزینه iام از ایده‌آل منفی

گام ششم: باید نزدیکی نسبی هر گزینه به ایده آل ها (C_i^+) محاسبه شود . این شاخص به منظور ترکیب مقادیر s_i^- و s_i^+ در نتیجه مقایسه گزینه ها نسبت به یکدیگر بـه کار میرود که با رابطه زیرقابل محاسبه است:

$$C_i^+ = \frac{S_i^+}{S_i^+ + S_i^-}$$

رابطه 7.رتبه بندی گزینه‌ها براساس ترتیب نزولی C_i^+ ها

2.2. معرفی روش تحلیل سلسله مراتبی

در علم تصمیم گیری که در آن انتخاب یک راهکار از بین راهکارهای موجود و یا اولویت بندی راه‌کارها مطرح است، چند سالی است که روشهای تصمیم گیری با شاخصهای چند گانه MCDMجای خود را باز کرده اند .از این میان روش تحلیل سلسله مراتبی AHP بیش از سایر روشها در علم مدیریت مورد استفاده قرار گرفته است فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف ترین فنون تصمیم گیری چند معیاره است . تصمیم گیری فرایندی است که اولویت ها یا درجه اهمیت ها را دارا می باشد و AHP یک متدولوژی در این نوع تصمیم گیری برای انجام آن است

جدول3معادل فازی عبارات کلامی

عبارات کلامی برای مقایسه معیارها	معادل فازی
ترجیح یکسان	(1,1،1)
بینابین	(1,2،3)
کمی مرجح	(2،3،4)
بینابین	(3،4،5)
خیلی مرجح	(4،5،6)
بینابین	(5،6،7)
خیلی زیاد مرجح	(6،7،8)
بینابین	(7،8،9)
کاملا مرجح	(9،9،9)

.پس از اینکه اعداد فازی معادل با عبارات کلامی مانند جدول 3 گام‌های روش تحلیل سلسله مراتبی عبارتست از:
گام اول : تشکیل ماتریس مقایسات زوجی . این ماتریس از نظرات کاربران پس از جمع آوری پرسشنامه‌ها بدست آمد.
گام دوم: محاسبه ی Si برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی که در آن i نشانگر سطر و j نشانگر شمارهٔ ستون است، با استفاده از روابط(1)، (2)، (3) و (4) بدست می‌آید. Si برای هر سطر بدست می‌آید و برای مقایسه بین گزینه‌ها به‌کار می‌رود.اعداد فازی به صورت (l_i, m_i, u_i) نشان داده می‌شود.

$$Si = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \left[\sum_{i}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$$

رابطه 1

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij} , \sum_{j=1}^{m} m_{ij} , \sum_{j=1}^{m} u_{ij} \right) \qquad ,i = 1,2,\ldots,n,$$

رابطه 2

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} l_{ij} , \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} m_{ij} , \sum_{i=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} u_{ij} \right)$$

رابطه 3

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}=\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} l_{ij}},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} m_{ij}},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} u_{ij}}\right)$$

رابطه 4

گام سوم :محاسبه ی درجه بزرگی Siنسبت به همدیگر.با توجه به فرمول (5) می توان Si باهم مقایسه نمود و درجه بزرگی آن‌ها را بدست آورد

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt\,(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_1}(d) = \begin{cases} 1, & if\ m_2 \geq m_1 \\ 0, & if\ l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \end{cases}$$

رابطه 5

گام چهارم : بعد از محاسبه درجه بزرگی Siنسبت به همدیگر وزن نهایی معیارها مشخص خواهد شد.

3. یافته‌های تحقیق

3.1. اجرای الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی بر روی پرسشنامه

پس از تکمیل پرسشنامه ها با استفاده از نرم افزارmatlab نظرات افراد با یکدیگر تلفیق گردید .این نرم افزار دارای امکانات گستر ده ای در استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی وبدست آوردن ماتریس‌های زوجی افراد وتلفیق ماتریس های افراد گوناگون و تبدیل به یک ماتریس واحد از طریق میانگین تک تک عناصر ماتریس های افراد رادارد .روش کار به این صورت است که پس از تکمیل پرسشنامه تک به تک امتیاز پرسشنامه ها به صورت انفرادی در نرم افزار وارد می شود و پس از اینکه کلیه پرسشنامه ها وارد نرم افزار شد نرم افزار یک ماتریس تلفیقی که امتیاز تمامی افراد به صورت میانگین در آن قرار دارد ایجاد می کند و به همه گزینه ها و معیارها با در نظر گرفتن امتیاز وزن می‌دهد و به صورت انفرادی در اختیار ما می گذارد.

در این تحقیق هدف تصمیم گیری تامین اعتبار به بهترین و مناسبترین پروژه ها از لحاظ معیار های مطرح شده می باشد .این معیارها که شامل 7 معیار و با نظران کارشناسان خبره جمع آوری شده است در اختیار کارشناسان عمرانی قرار داده شده و پاسخ آنها به پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده وارد نرم افزار R شده است که در مرحله بعد توسط نرم افزار متلب به این معیار ها وزن دهی خواهد شد . در مرحله بعد از وزن دهی به معیار ها توسط روش تحلیل سلسله مراتبی فازی گزینه‌ها بر اساس روش تاپسیس فازی رتبه بندی خواهد شد. برای رتبه بندی گزینه‌ها در روش تاپسیس فازی از وزن های بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی که مطرح شد استفاده خواهد شد. در این مرحله استفاده کردن از روش تحلیل سلسله مراتبی در نرم افزار متلب که نرم افزار مورد قبولی برای محاسبه در این روش می باشد، بیان خواهد شد. در مرحله اول ابتدا معیارهای تاثیر گذار روی تصمیم نسبت به هدف از نظردرجه اهمیت مورد مقایسه قرار می گیرند تا وزن معیارها معلوم گردد. نتیجه بدست آمده از نرم افزار متلب پس از اجرای الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی به شرح زیر است.

جدول 4وزن نهایی معیارها

سطر	عدد مینیمم هر سطر
سطر اول	0,1597
سطر دوم	0,1404
سطر سوم	0,1317
سطر چهارم	0,1393
سطر پنجم	0,1396
سطر ششم	0,1384
سطر هفتم	0,1508

3.2. اجرای الگوریتم تاپسیس بر روی پرسشنامه تاپسیس

در ادامه پژوهش 20 پروژه به صورت پایلوت انتخاب شده و در اختیار کارشناسان قرار گرفتند . تیم کارشناسان 15 نفر از اعضای کارشناسان اعتباری وزارت علوم ، دفاتر فنی دانشگاه ها و دبیران عمرانی مناطق بودند که آشنایی کامل با نوع پروژه‌ها و تخصیص بودجه به آنها می‌باشند . این افراد افرادی بودند که در مرحله قبل پرسشنامه روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تحقیق را تکمیل کردند .

در پرسشنامه ای برای سنجش 20 پروژه و رتبه بندی آنها توزیع شد نیز نرم افزار متلب مورد استفاده قرار گرفت . این نرم افزار دارای افزونه های مناسبی برای تحلیل های آماری و فنی در اختیار محقق قرار می دهد . در این تحقیق که هدف این مرحله رتبه بندی پروژه ها با استفاده از روش تاپسیس می باشد، نرم افزار متلب دارای امکانات گسترده ای در این روش می باشد. در این مرحله نیز ما به دنبال جمع آوری اطلاعات از کارشناسان و تلفیق تمامی نظرات در یک ماتریس واحد بود که نرم افزار متلب این کار را انجام داد. درواقع تمامی نظرات کارشناسان مانند مرحله قبل که هرکدام به شکل ماتریس بودند را جمع آوری کرده و با استفاده از نرم افزار میانگین هندسی نظران گروه تصمیم گیری را محاسبه کرده و به یک ماتریس واحد تبدیل کرد. در این مرحله تحقیق به دنبال این خواهد بود که پروژه هایی که دارای معیارهای مطرح شده از قبیل پیشرفت فیزیکی، کاربری، متراژ، سال خاتمه، اعتبار سایر منابع، سرانه فضا و اعتبار مورد نیاز هستند مورد مقایسه با یکدیگر قرار بگیرند. دلیل مطرح کردن این موضوع این می باشد که بعضی از پروژه ها در این اداره برای تخصیص بودجه وجود دارند که دارای معیار های بیشتر و متفاوت تری برای تخصیص اعتبار هستند و با توجه به معیار های مطرح شده کارشناسان پروژه هایی را در اختیار محقق قرار دادند که سازگاری با نوع تحقیق داشتند .پرسشنامه‌ای که طراحی شد و در اختیار کارشناسان قرار گرفت شامل پروژه‌هایی بود که دارای 7 معیار مورد نظر بوده و برای کارشناسان به طور واضح توضیح داد شد که میان این پرسشنامه که پرسشنامه تاپسیس بوده و پرسشنامه قبلی که پرسشنامه روش تحلیل سلسله مراتبی فازی بوده ارتباط وجود داشته است. برای طراحی پرسشنامه تاپسیس فازی یک ماتریس تشکیل می‌گردد که شامل m سطر و n ستون است هر ستون نشان دهنده یک شاخص سنجش و هر سطر نماینده یک پروژه یا یک طرح عمرانی است . این ماتریس مقایسه‌هایی که با استفاده از متغیرهای کلامی جدول (4-7) تکمیل می‌گردد به شکل زیر نمایش داده می‌شود. در واقع کارشناسان در این پرسشنامه باید به این سوال پاسخ میدادند که هر پروژه با توجه به معیار مورد نظر چه وضعیتی از وضعیت های جدول را به خود اختصاص می دهد .

بعد از اینکه پرسشنامه توسط کارشناسان پر شد و جمع آوری شد برای ورود به نرم افزار متلب آماده شد . قبل از انجام این کار مانند مرحله قبل ماتریس تصمیم تک تک کارشناسان به نرم افزار R وارد شده تا میانگین هندسی تمامی ماتریس های تصمیم محاسبه شود و به یک ماتریس واحد تبدیل شود.

جدول 5.امتیاز نهایی گزینه‌ها

گزینه ها	امتیاز گزینه‌ها
پروژه 1	**0,0566**
پروژه 2	**0,0539**
پروژه 3	**0,0496**
پروژه 4	**0,0532**
پروژه 5	**0,0458**
پروژه 6	**0,0524**
پروژه 7	**0,0449**
پروژه 8	**0,0471**
پروژه 9	**0,0513**
پروژه 10	**0,0543**
پروژه 11	**0,0527**
پروژه 12	**0,0542**
پروژه 13	**0,0584**
پروژه 14	**0,0606**
پروژه 15	**0,0491**
پروژه 16	**0,0391**
پروژه 17	**0,0423**
پروژه 18	**0,0507**
پروژه 19	**0,0395**
پروژه 20	**0,0444**

نتیجه گیری

یکی از تفاوتهای محتوایی فصل تجزیه و تحلیل اطلاعات و فصل یافته ها و پیشنهادات در کارهای تحقیقاتی آنست که برخلاف فصل تجزیه و تحلیل که خواننده در میان انبوهی از اعداد و ارقام و تکنیک های آماری تنها گزارده میشود در فصل نتیجه گیری و پیشنهادات بخش عمده‌ای از این ابهامات زدوده می‌شود و خواننده جان کلام را با بیانی ساده و غیرفنی درمی یابد .در نگارش این فصل سعی بر آن شده که تا حد ممکن با بیانی ساده یافته ها و پیشنهادات تحقیق به رشته تحریر درآید تا خوانندگان و مدیران محترم بتوانند از این یافته ها نهایت استفاده را نمایند

در این فصل، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل های آماری که در فصل چهار انجام شد، در جهت کشف پاسخ پرسش ها و فرضیه های مطرح شده که نشأت گرفته از اهداف تحقیق بوده اند، ارائه و تشریح میگردد. در فصل پنجم، ابتدا خلاصه ای از تحقیق ارائه میگردد و سپس نتایج حاصل از آزمون فرضیه های تحقیق را در قالبی واحد، بیان و بررسی خواهیم نمود .

از تعداد15 نفر کارکنان اداره طرح های عمرانی وزارت علوم تحقیقات وفناوری همه کارشناسان این اداره بطور کامل به سوالات پاسخ دادند . این بخش کار، دارای اهمیت ویژه‌ای بود لذا در این بخش با استفاده از پیشینه موضوع و راهنمایی های استاد محترم جناب آقای دکتر علی احمدی ، دکتر تنها ومهندس پورمسگرو همکاری صمیمانه اداره

طرح های عمرانی، طی چند مرحله پرسش نامه های مورد استفاده در پژوهش طراحی شده و در اختیار کارشناسان قرار گرفت .

تجزیه و تحلیل های آماری چارچوبی را برای پژوهشگر ایجاد می نماید تا از طریق آن بتواند راجع به جامعه قضاوت نماید. بدین منظور در این تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ،تاپسیس فازی و الگوریتم ژنتیک و با بهره گیری از نرم افزار آماری R و matlab جهت تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شده است.

روش هایی که در رابطه با تصمیم برای تخصیص بودجه در اکثر سازمان ها و اداره جات وجود دارد روش مناسبی برای تصمیم گیری نمی باشد . زیر این روش تصمیم گیری به صورت سنتی و دستی بوده و گاها روابط مدیریتی و سلایق شخصی در آن حاکم می شود و مانع از آن می شود تا یک تصمیم درست گرفته شود . در بعضی مواقع نیز بعضی از معیار ها نادیده گرفته می شود . در صورتی که این معیارها معیارهایی هستند که باید حتما در تصمیم گیری درنظر گرفته شود . در حال حاضر اداره طرح های عمرانی وزارت علوم نیز از این قاعده مستثنی نبوده و تصمیماتی که در زمینه تخصیص اعتبار و بودجه برای طرح های عمرانی در نظر گرفته می شود بر اساس تجربیات کارشناسان و سنتی می باشد . واضح است که این نوع تصمیم گیری پراشتباه و نادقیق بوده و راه خوبی برای تصمیم گیری در این زمینه نمی باشد . به همین علت این تحقیق در صدد آن برآمد راه حلی سیستماتیک براساس الگوریتم های تصمیم گیری چند معیاره ارایه دهد

منابع

.۱ Kim, S.-H. and B.-S. Ahn, *Group decision making procedure considering preference strength under incomplete information.* Computers & Operations Research, ۱۹۹۷. ۲٤(۱۲): p. .۱۱۱۲-۱۱۰۱

.۲ El Kadi, H., *Modeling the mechanical behavior of fiber-reinforced polymeric composite materials using artificial neural networks—A review.* Composite structures, ۲۰۰٦. ۷۳(۱): p. .۲۳-۱

.۳ Mellit, A. and S.A. Kalogirou, *Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review.* Progress in energy and combustion science, ۲۰۰۸. ۳٤(٥): p. .٦۳۲-٥۷٤

4. کاوان, ا.م.م.ا., روششناسی مدلهای تحلیل تصمیمگیری چند معیاره. معماری و شهرسازی آرمان شهر, 1388. دوره 2(شماره 2): 125-113p.

5. افسر, ا.ح.ن.ا., ارایه مدلی برای انتخاب پیمانکاران در پروژه های نرم افزاری. مدیریت فناوری اطلاعات, 1390. دوره 3(شماره 6): 164-145p.

6. بلالی, و., et al., انتخاب سیستم ساختمانی مناسب با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره AHPگروهی, in ششمین کنگره ملی مهندسی عمران. 1390, دانشگاه سمنان.

7. فضلی, ص. and س.س. مدنی, معرفی مدل انتخاب پروژه های عمرانی با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره و برنامه ریزی آرمانی, in پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت پروژه. 1388, گروه پژوهشی آریانا.

.۸ Tiryaki, F. and M. Ahlatcioglu, *Fuzzy stock selection using a new fuzzy ranking and weighting algorithm.* Applied Mathematics and computation, ۲۰۰٥. ۱۷۰(۱): p. -۱٤٤ .۱٥۷

9. خدیور, آ., غ. پاکدامن, and ف. مجیبیان, طراحی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری به‌منظور انتخاب پروژه‌ها و خدمات فناوری اطلاعات (مطالعهٔ موردی: شرکت توسن). فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت فناوری اطلاعات, 1396. 9(1): p. 38-21.

.۱۰Phillips, L.D. and C.A.B. e Costa, Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. Annals of Operations Research, ۲۰۰۷. ۱٥٤(۱): p. .٦۸-٥۱

11.پهلوانی, ع., اولویت بندی سرمایه گذاری با استفاده از روش تصمیم گیری گروهی TOPSIS سلسله مراتبی در محیط فازی. مدیریت صنعتی, 1387. دوره 1(2): .35p-54.

.۱۲Mahdavi, I., et al., Designing a model of fuzzy TOPSIS in multiple criteria decision making. Applied Mathematics and Computation, ۲۰۰۸. ۲۰٦(۲): p. .٦۱۷-٦۰۷

13.مختاری, م., س.ک. طیبی, and ج. میر محمد صادقی, اولویت بندی سرمایه گذاری در بخش خدمات به روش تصمیم گیری تاپسیس فازی، مطالعه موردی:سازمان آ.ت. فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار), 1395. 16(1): .140-121p.

14.کاظمی, م.ح.ز.م.م.ع., مدلی برای حل مسائل برنامه ریزی چندهدفه، مبتنی بر تئوری امکان با متغیرهای تصمیم فازی. مدیریت صنعتی, 1393. دوره 6(شماره 4): .724-709p.

.۱۵Torfi, F. and A. Rashidi, Selection of project managers in construction Firms using analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy Topsis: a case study. Journal of Construction in Developing Countries, ۲۰۱۱. ۱٦(۱): p. .۸۹-٦۹

.۱٦Saaty, T.L., Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences :(۱)۱ .۲۰۰۸ ,p. .۹۸-۸۳

.۱۷Beynon, M.J., M.J. Peel, and Y.-C. Tang, The application of fuzzy decision tree analysis in an exposition of the antecedents of audit fees. Omega, ۲۰۰٤. ۳۲(۳): p. .۲٤٤-۲۳۱

.۱۸Tang, Y.-C. and M.J. Beynon, Group decision-making within capital investment: a fuzzy analytic hierarchy process approach with developments. International Journal of Operational Research, ۲۰۰۸. ٤(۱): p. .۹٦-۷۵

.۱۹Bolloju, N., Aggregation of analytic hierarchy process models based on similarities in decision makers' preferences. European Journal of Operational Research, ۲۰۰۱. ۱۲۸(۳): p. .۵۰۸-٤۹۹

.۲۰Miller, D.C. and N.J. Salkind, Handbook of research design and social measurement. ۲۰۰۲: Sage.

21.خاکی, د.غ., روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی. مرکز تحقیقات علمی کشور, 1380.

پی نوشت

[1] *Multiple Criteria Decision Making*

[2] *Analytic Hierarchy Process*

[3] *Topsis*

[4] *Analytical Hierarchy Process*

[5] *Goal Programing*

[6] *Analytical Network Process*

[7] *Fuzzy Logic*

[8] *Linear Programing*

[9] *Position Ideal Solution*

[10] *Negative Ideal Solution*

[11] *Thomas L. Saaty*

[12] *chen*