پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۶، شماره ۱۱، بهار و تابستان ۱۳۹٤، از صفحه ۱٤۹ تا ۱۶۲

کاربرد تلفیق منطق فازی و روش ماتریس در ارزیابی آثار محیط‌زیستی (مطالعه موردی: بزرگراه شمال جنگل گلستان)

نیره عزیزی*[۱]، مسعود طاهریون[۲]، نسترن عظیمی[۳]

۱ کارشناسی ارشد مهندسی عمران، محیط زیست‌دانشگاه خوارزمی
۲ استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳ دانشجوی دکتری مهندسی عمران، محیط‌زیست دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۱۵؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱)

چکیده

به‌طورکلی، تصمیم‌گیری در مورد نتایج ارزیابی‌های محیط‌زیستی توسط کارشناسان و با استفاده از ابزارهای آنالیز آماری و بازدیدهای محلی انجام می‌شود که در این میان، نکته قابل توجه محدود بودن اطلاعات در دسترس می‌باشد. چنین موضوعی درنهایت منجر به افزایش کاربرد متغیرهای معنایی و کیفی برای توصیف آن اطلاعات شده و به دنبال آن درجه عدم قطعیت و عدم اطمینان نیز افزایش خواهد یافت. بنابراین، استفاده از یک ابزار مناسب، مانند منطق فازی دسترسی به نتایج واقعی‌تر را آسان می‌نماید. چرا که این ابزار، قابلیت ادغام کامل اطلاعات کمی وکیفی در نشان دادن میزان عدم قطعیت‌ها را داشته و قادر است این اطلاعات را به‌طور مناسب مدیریت نماید. در این مطالعه، روش ارزیابی آثار محیط‌زیستی بر مبنای ماتریس فازی، جهت ارزیابی پروژه بزرگراه شمال جنگل گلستان پیشنهاد می شود. در ساختن ماتریس ارزیابی فعالیت های اصلی طرح (A) و فاکتورهای مهم محیط‌زیستی (F) که از این فعالیت‌ها تاثیر می‌پذیرند، تعیین شده و هر اثر (A-F) با مقادیر سه مشخصه شدت، دامنه و تداوم به صورت اعداد فازی مثلثی برآورد می‌شود. در نهایت، تمام آثار مثبت (EI^+) و منفی (EI^-) ناشی از طرح محاسبه شده و مقدار کل آثار محیط‌زیستی (EI) به دست می‌آید.

کلید واژه‌ها: ارزیابی آثار محیط‌زیستی، روش ماتریس، مشخصه‌های آثار، منطق فازی، روش سلسله مراتبی

نویسنده مسوول: Email: Nayereh.azizi@gmail.com

سرآغاز

تصمیم‌گیری و قضاوت در مورد مسایل محیطزیستی و ارزیابی فاکتورهای محیطزیست فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی بدون شک پیچیده و دشوار است. به‌طورکلی در ارزیابی‌های پیامدهای محیطزیستی طرح‌ها، اغلب با مفاهیمی برمی‌خوریم که توصیف آن‌ها مشکل بوده و یا به‌صورت کیفی بیان شده‌اند. با توجه به مطلب فوق و این حقیقت که ارزیابی‌ها معمولاً توسط تعداد زیادی از کارشناسان، با اهداف و اولویت‌های متفاوتی انجام می‌گیرد، می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری نمود که EIA نه تنها به دلیل دامنه وسیع، بلکه به‌جهت محدوده گسترده تفاسیری که ارزیابی‌ها را به‌وجود می‌آورند، همواره موضوعی پیچیده تلقی شده است (Peche & Rodriguez, 2009).

تئوری مجموعه‌های فازی از جمله روش‌هایی است که برای حل این مشکل و مدل کردن عدم قطعیت‌ها و عدم صراحت در پارامترها و تحلیل‌های چندمعیاره در ارزیابی وضعیت کیفی سیستم‌ها به‌کار می‌رود. تفاوت مجموعه‌های فازی با مجموعه‌های کلاسیک در تعریف تابع عضویت فازی می‌باشد که درجه تعلق هر عضو به مجموعه را مشخص می‌سازد، در حالی که در مجموعه‌های کلاسیک یک عضو به مجموعه تعلق دارد یا ندارد (Zadeh, 1965). به‌طورکلی منطق فازی بهترین وسیله برای مدل‌سازی سیستم‌هایی است که دارای پیچیدگی زیادی بوده و داده‌های آن ناکافی و یا مبهم و غیرصریح است (حیدرزاده و طاهریون، ۱۳۸۶).

در طول سالیان گذشته، تحقیقات بسیاری در زمینه ارزیابی آثار محیطزیستی برمبنای منطق فازی انجام شده که قابلیت منطق فازی را در این زمینه آشکار می‌سازد. در واقع، منطق فازی را می‌توان ابزاری مناسب در توسعه شاخص‌های محیطزیستی دانست که قادر است بسیاری از مشکلات مشترک مانند ناهمخوانی در داده‌های مشاهداتی را حل نموده و نیاز به قضاوت‌های غیرصریح و ضمنی را برآورده نماید (Silvert, 2000).

برای ارزیابی آثار محیطزیستی روشی مبتنی بر منطق فازی ارایه شد که در آن ارزیابی شاخص‌هایی که به‌صورت اعداد فازی نمایش داده می‌شدند، با عملگرهای منطقی «اگر»، «و»، «یا» و «آنگاه» به‌هم مرتبط می‌شدند. این روش بر روی مطالعه موردی آثار ناشی از عبور یک پروژه راه‌آهن سریع‌السیر از منطقه حفاظت‌شده Santa Catalina در برزیل انجام شد (De Siqueira & De Mello, 2006) در تحقیقی دیگر که در این راستا انجام پذیرفت، یک مدل زبان‌شناختی مناسب تعریف و رابطه‌ای ریاضی مبتنی بر منطق فازی بین این متغیرها ایجاد شد که این مدل توانایی پشتیبانی متغیرهای کیفی و کمی ارزیابی آثار را دارا بود (Duarte et al., 2007). تحقیقات آن‌ها در نهایت منجر به تولید نرم‌افزاری به نام TDEIA و انجام یک مطالعه موردی موفق ارزیابی آثار محیطزیستی در زمینه استخراج معدن شد. هم چنین ، در مطالعه‌ای دیگر روشی ترکیبی مبتنی بر منطق فازی و فرآیند تحلیلی شبکه‌ای فازی (FANP)[1] ارایه شد که در آن کارشناسان با استفاده از منطق فازی قضاوت‌های خود را بیان داشته و با توجه به مرتبط بودن فاکتورهای محیطی، این ارتباط را در محاسبات و ارزیابی‌ها لحاظ کردند. این روش برای طرح راه‌آهن سریع‌السیر در تایوان بررسی شده بود (Liu & Lai, 2009). در مطالعه‌ای دیگر، روشی را برای ارزیابی آثار محیطزیستی بر اساس رویکرد یکپارچه‌سازی فازی موسوم به دسته‌بندی چند معیاره[2] ارایه کردند که در آن از روش سلسله مراتب تحلیلی فازی به منظور تعیین وزن برای فاکتورهای محیطزیستی استفاده شده بود و سپس برای ارزیابی آثار طرح نیز روش دسته‌بندی چند معیاره فازی به‌کار گرفته شد. این روش در پروژه‌های صنعتی درون شهری مورد بررسی قرار گرفت(Kaya & Kahraman, 2011).

از دیگر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به طراحی یک روش فازی برای انجام EIA، مبتنی بر شبیه‌سازی ضربدری آثار برای صنعت نساجی که در آن فعل و انفعالات درون سیستمی توسط یک ماتریس تاثیر متقابل که شامل عناصر زبانی است (Parashar et al., 1997) و هم‌چنین توسعه تابع محاسباتی برای EIA، براساس منطق فازی که در آن ارزیابی کیفی و کمی هر یک از آثار محیطزیستی در فرمولاسیون تئوری مطرح شده و از یک نرم‌افزار جدید جهت برآورد آثار محیطزیستی استفاده می‌شود، (Blanco et al., 2009)، اشاره نمود.

هم‌چنین، در مطالعه دیگری کاربرد منطق فازی در ارزیابی آثار محیطزیستی بررسی شد که در روش ارایه شده توسط این تحقیق ترکیب مولفه‌ها با ایجاد قواعد استنتاجی و با استفاده از عملگرهایی چون«اگر»، «و»، «یا» و«آنگاه» صورت گرفت (صالحی و مرادی، ۱۳۹۰).

در مطالعه حاضر، روش ارزیابی آثار محیطزیستی برمبنای ماتریس فازی پیشنهاد می‌شود که در آن فعالیت‌های اصلی طرح و فاکتورهای مهم محیطزیستی در قالب یک ماتریس ارزیابی تعیین شده و هر اثر با سه مقدار مشخصه شدت، دامنه و تداوم به‌صورت اعداد فازی مثلثی برآورد می‌شود. وزن هرکدام از این مشخصه‌ها متفاوت بوده و با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۳] تعیین می‌شوند. در نهایت تمام آثار مثبت و منفی محاسبه شده و مقدار کل آثار محیطزیستی طرح به دست می‌آید. در این تحقیق بر خلاف تحقیق انجام شده توسط صالحی و مرادی، از عملگرهای ریاضی جمع و تفریق برای ترکیب مولفه‌ها استفاده شده است.

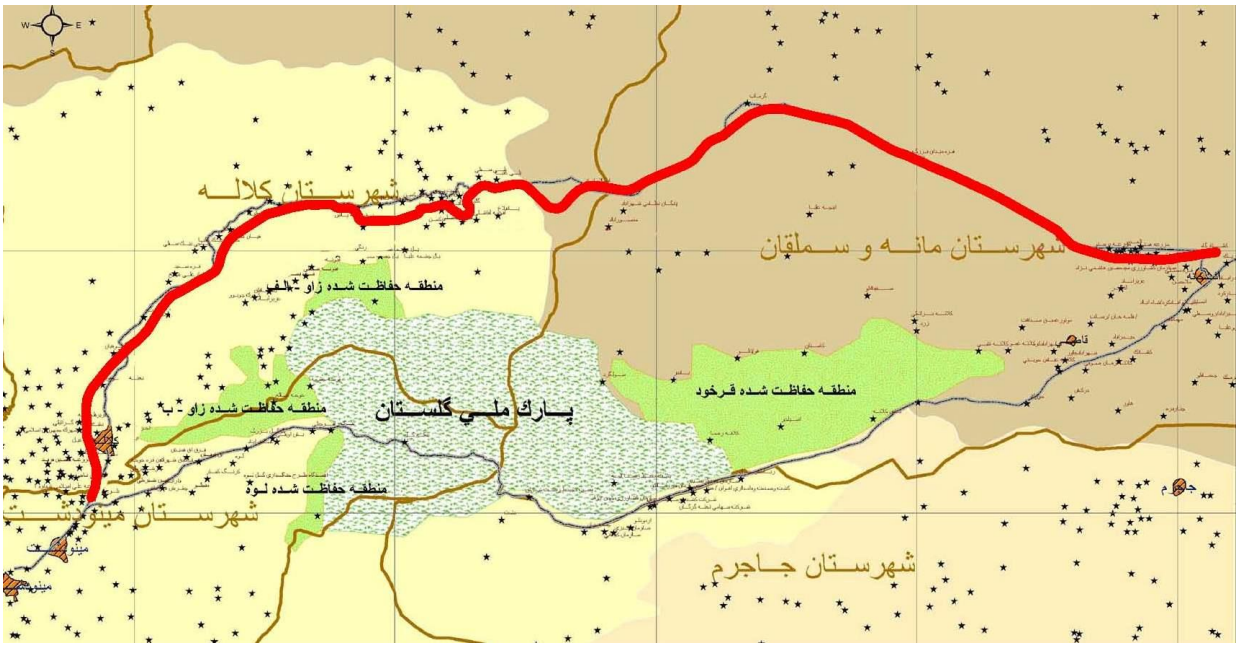
روش ارایه شده در این تحقیق، در طرح احداث بزرگراهی که از شمال پارک ملی گلستان و خارج از مرز این منطقه می‌گذرد، به کار گرفته شده و جهت تحلیل نتایج ماتریس فازی، مقایسه‌ای با نتایج ماتریس کلاسیک آن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

- **منطقه مورد مطالعه**

جاده اصلی حد فاصل گرگان تا مشهد در حال حاضر از درون پارک ملی گلستان و منطقه حفاظت شده قرخود می‌گذرد. پارک ملی گلستان منطقه حفاظت شده واقع در شرق استان گلستان و غرب استان خراسان شمالی می‌باشد. بی‌شک، عبور و مرور وسایل نقلیه سبک، نیمه‌سنگین و سنگین جهت ترانزیت کالا سبب ایجاد آلودگی صوتی در محدوده یاد شده و افزوده شدن بر بار ترافیکی این محور خواهد شد. آثار ناشی از عبور این محور از جنگل گلستان در تردد حیات‌وحش اختلال ایجاد کرده و سبب مرگ و میر پستانداران و پرندگان بویژه گونه‌های حمایت شده ملی و در خطر انقراض جهانی نظیر پلنگ و خرس قهوه‌ای و گربه جنگلی می‌شود.

باتوجه به تفاسیر فوق، طرح آزادراه شمال جنگل گلستان به منظور رفع مشکلات یاد شده پیشنهاد شده است. آزادراه شمال جنگل گلستان به طول ۱۷۰ کیلومتر، در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۵۵ دقیقه و در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه قرار دارد. مطابق شکل (۱)، این مسیر از قسمت غربی استان گلستان و از بخش گالیکش شروع و پس از عبور از مرکز شهرستان کلاکه، به قسمت شرقی یعنی آشخانه که یکی از بخش‌های شهرستان مانه و سملقان در استان خراسان است، ختم می‌شود. به‌طورکلی این مسیر بصورت بخشی از بزرگراه سراسری غربی- شرقی عمل خواهد کرد که کل مناطق شمالی کشور را با هم مرتبط می‌سازد (مهاب قدس، ۱۳۸۹).



شکل (۱): موقعیت محور مورد بررسی نسبت به زیستگاه‌های حساس منطقه (مهاب قدس، ۱۳۸۹)

روش پژوهش

ارزیابی آثار محیط‌زیستی در ایران که بر اساس پیش‌بینی تغییرات کمی و کیفی محیط‌زیست بر اثر فعالیت‌های پروژه صورت می‌گیرد، ابزاری برای تصمیم‌گیری است که به روش‌های مختلفی انجام می‌شوند. درحال حاضر، در کشور ما باتوجه به مشکلات موجود در زمینه جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز و محدودیت زمانی در انجام مطالعات ارزیابی، ۴ روش از اهمیت و بازده بیشتری برخوردار است که عبارت از چک‌لیست، ماتریس، روی‌هم‌گذاری و تجزیه وتحلیل سیستمی (مخدوم، ۱۳۸۵) می باشد. در این میان، روش ماتریس که شکل اصلاح شده آن به نام‌های «ماتریس ساده شده»،«ماتریس لئوپولد ایرانی» و یا «ماتریس ایرانی» مشهور هستند، از چارچوب ماتریس لئوپولد تبعیت می‌کند و در واقع به دلیل شفافیت و سهولت استفاده و انعطاف پذیری متناسب با سطح اطلاعات در دسترس، بیشترین کاربرد را در گزارش‌های ارزیابی آثار داشته است.

در ارزیابی آثار محیط‌زیستی به روش ماتریس، ابتدا ریزفعالیت‌های مهم پروژه (A) شناسایی شده و سپس آثار آن‌ها بر هریک از ریزفاکتورهای سه محیط‌زیست فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی (F) بررسی می‌شوند. لازم به ذکر است که این آثار با استفاده از معیارهایی از پیش تعیین شده، توسط کارشناسان مربوطه در دو مرحله ساخت و بهره‌برداری از طرح مشخص می‌شوند (منوری، ۱۳۸۰). در ماتریس ایرانی این معیارها با مشخصه شدت تأثیر و در محدوده‌ای بین ۵+ و ۵- با ترتیب کیفی براساس جدول (۱)، تعیین شده و به‌صورت تک مولفه‌ای در هر یک از خانه‌های ماتریس قرار می‌گیرند (مخدوم، ۱۳۸۵).

جدول (۱): تخصیص اعداد کمی به عبارات کیفی زبانی برای مشخصه شدت تاثیر (مخدوم، ۱۳۸۵)

مخرب		سودمند	
۵-	با تخریب بسیار زیاد	۵	با سودمندی بسیار زیاد
۴-	با تخریب زیاد	۴	با سودمندی زیاد
۳-	با تخریب متوسط	۳	با سودمندی متوسط
۲-	با تخریب کم	۲	با سودمندی کم
۱-	با تخریب ناچیز	۱	با سودمندی ناچیز

نکته قابل توجه این که، در ایجاد ماتریس ارزیابی در این تحقیق از لحاظ نمودن کلیه فعالیت‌های مراحل ساخت، بهره‌برداری و فاکتورهای محیط‌زیستی در هر سه محیط اجتناب شده و تنها به بیان مهم‌ترین آن‌ها بسنده شده است.

در مرحله ساخت، مهم‌ترین فعالیت‌ها شامل پاک‌تراشی، تخریب ساختمان، انفجار، خاکبرداری و خاکریزی، برداشت شن و ماسه، دپوی نخاله ساختمانی، تردد ماشین‌آلات ساختمانی و استخدام نیروی انسانی بوده و مهم‌ترین فاکتورها در محیط‌زیست فیزیکی شامل کیفیت هوا، صدا، کیفیت آب سطحی و شکل زمین و در محیط زیست بیولوژیک شامل اکوسیستم آبی، پوشش گیاهی، جانوران، گونه‌های نادر و اکوسیستم جنگلی و در محیط‌زیست اجتماعی شامل مهاجرت، درآمد و اشتغال، بهداشت و سلامتی، ایمنی و چشم‌انداز جغرافیایی می‌باشد.

هم‌چنین در مرحله بهره‌برداری، مهم‌ترین فعالیت‌ها شامل عبور و مرور وسایل نقلیه، حمل و نقل مواد خطرناک و شیمیایی، فعالیت پمپ بنزین‌ها، احداث رستوران‌ها و اقامت‌گاه‌ها و نمک پاشی در یخبندان‌ها بوده و مهم‌ترین فاکتورها در محیط زیست فیزیکی شامل کیفیت هوا، صدا، کیفیت و کمیت آب سطحی و آلودگی خاک و در محیط بیولوژیکی شامل اکوسیستم آبی، پوشش گیاهی، اکوسیستم جنگلی و انقطاع زیستگاهی و در محیط‌زیست اجتماعی شامل مهاجرت، درآمد و اشتغال، فعالیت‌های خدماتی، بهداشت و سلامتی، ایمنی، ظرفیت گردشگری، مصرف سوخت و مطلوبیت تردد می‌باشد.

تعیین مشخصه‌های آثار

با توجه به این که درج یک عدد در هر سلول ماتریس نمی‌تواند تمامی جنبه‌ها و ویژگی‌های هر اثر را که برای جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ماتریس ضروری است ارایه نماید، بنابراین مشخصات هر اثر در هر خانه ماتریس به‌گونه‌ای انتخاب می شود که منتج از تاثیر مشخصه‌های گوناگون اثر بوده و براساس یک عملگر ریاضی مناسب قابل تجمیع به یک عدد باشد (البرزی‌منش، ۱۳۹۰).

به‌طورکلی در بررسی جداول و میزان تکرار معیارها و هم‌چنین مطابقت با روش‌های ارزیابی در ایران، سه مشخصه انتخاب شده شدت، دامنه و تداوم اثر، بیشترین تکرار را در برآورد اهمیت آثار محیط‌زیستی، داشته‌اند که این امر نشان‌دهنده آن‌است‌که این معیارها، جزء معیارهای اصلی و اثرگذار در بیان ویژگی‌ها اثر

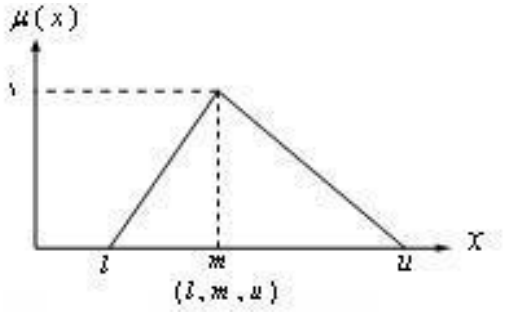
می‌باشند (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹). به‌علاوه این سه مولفه مهم‌ترین ویژگی‌ها آثار را به ساده‌ترین و بهترین شکل نشان می‌دهند (Peach & Rodriguez, 2011).

با توجه به مطالب یاد شده، در این تحقیق جهت ارزیابی اثر هر ریزفعالیت بر هر ریزفاکتور محیطی از سه مشخصه شدت، دامنه و تداوم استفاده شده است که در هر خانه از ماتریس ارزیابی، هر یک به صورت اعداد فازی مثلثی نمایش داده می‌شود.

انتخاب معیار مناسب برای کمی‌سازی مولفه‌ها

در انتخاب معیار مناسب برای کمی‌سازی مولفه‌ها، نیاز به یکسان‌سازی مفاهیم و بیان مفهوم هریک از مشخصه‌ها خواهد بود. این عمل با هدف کاهش خطاهای امتیازدهی انجام می‌شود. در ارزیابی محیط‌زیستی به روش ماتریس، منظور از شدت یک اثر، ماهیت حاد بودن آن اثر است که تاثیر آن از خنثی تا بسیار زیاد به تفکیک آثار سودمند و مخرب براساس جدول (۱)، تعریف شده است. به همین ترتیب منظور از دامنه اثر، ماهیت بازه مکانی تاثیرات طرح بوده که این بازه در چارچوب تعاریف مصوب سازمان محیط زیست، شامل محدوده‌های بلافصل، مستقیم و غیرمستقیم در نظرگرفته می‌شود. در نهایت منظور از تداوم اثر نیز، ماهیت بازه زمانی آن آثار بوده که بر اساس چشم‌انداز طرح برای دوره‌های ساخت و بهره‌برداری لحاظ می‌شوند. به این منظور، تداوم اثر برای سه دوره زمان اجرای پروژه (مرحله ساخت) و بازه‌های ده ساله و بیست ساله دوره بهره‌برداری به ترتیب به‌صورت آثار کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت تعریف می‌شود.

به‌طورکلی براساس شکل (۲)، اعداد فازی مثلثی به‌وسیله سه عدد حقیقی که به‌صورت (l,m,u) بیان می‌شوند، تعریف می‌شود که m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. این اعداد به‌صورت تابع عضویت فازی نشان داده می‌شوند و شامل دو بخش خطی چپ و راست بوده که در راس (m,1) به هم متصل می‌شوند (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۴). نکته بسیار مهم آن است که استفاده از اعداد فازی مثلثی در شرایط کمبود اطلاعات باتوجه به لحاظ نمودن دامنه عدم قطعیت بسیار سودمند می‌باشد. هم چنین انجام محاسبات ریاضی بر روی این اعداد آسان بوده و به‌دلیل همین قابلیت‌های ارزنده، امروزه در بسیاری از مسایل تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، بازرگانی و مالی، مقایسات و ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (حیدرزاده و طاهریون،۱۳۸۶).



شکل (۲): نمایش عدد فازی مثلثی (کوره پزان دزفولی،۱۳۸۴)

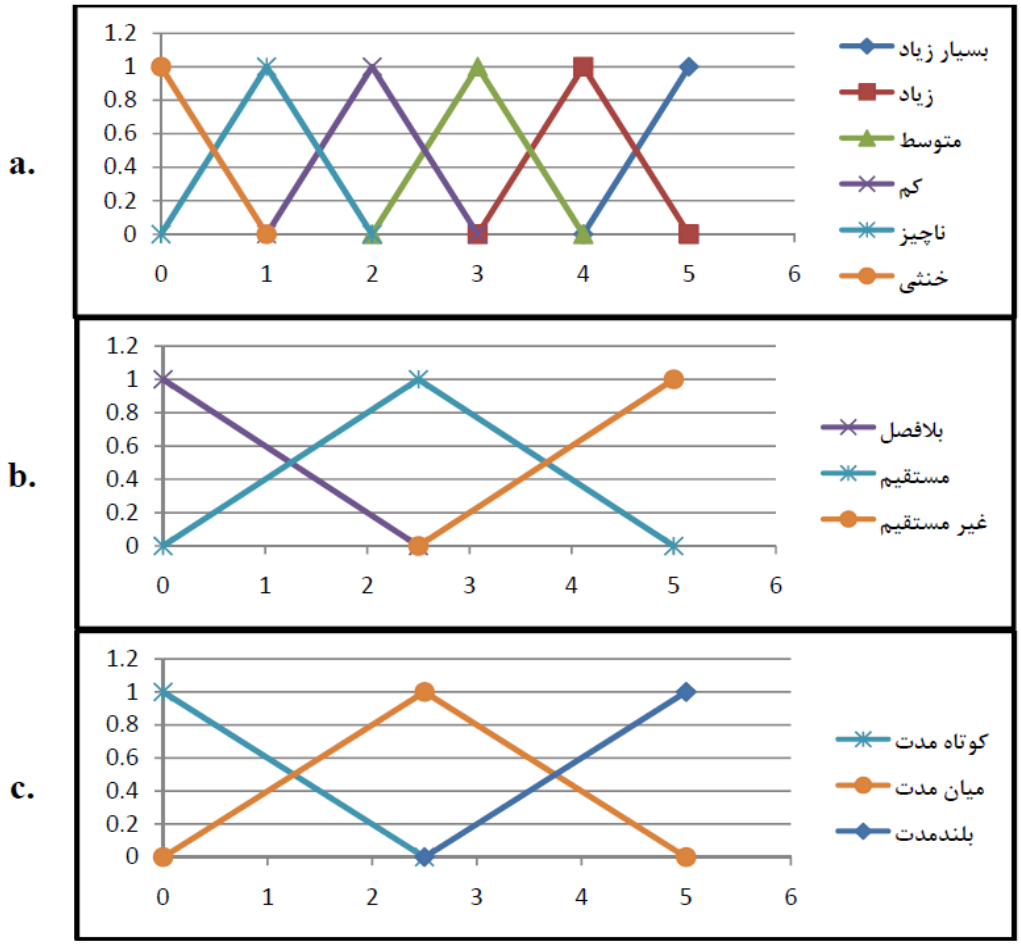
با توجه به توضیحات فوق، به‌منظور کمی‌سازی معیارها، همانند روش متداول مورد استفاده در ماتریس ایرانی که اعداد بین ۰ تا ۵ متغیر هستند، درجه هر یک از مشخصه‌ها معادل یک عدد فازی مثلثی در دامنه بازه مذکور در نظر گرفته می‌شود. در این راستا ،توابع عضویت هر یک از مشخصه‌های شدت، دامنه و تداوم به ترتیب در شکل (۳) نمایش داده شده است. براساس شکل برای شدت اثر پنج عدد فازی (از خنثی تا بسیار زیاد)، برای دامنه اثر بر اساس تاثیر تا محدوده‌های بلافصل تا غیرمستقیم سه عدد فازی و برای تداوم اثر بسته به دوام اثر تا هر یک از دوره‌های کوتاه‌مدت تا بلندمدت نیز سه عدد فازی تعریف شده است.

تعیین وزن اهمیت مشخصه‌های آثار

جهت مشخص نمودن اثر نهایی هریک از ریزفعالیت‌های پروژه بر فاکتورهای محیط‌زیستی لحاظ نمودن وزن اهمیت هر یک از مشخصه‌های اثر ضروری می‌باشد. جهت تعیین وزن‌های مذکور در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که بر پایه مقایسات زوجی استوار است، استفاده می‌شود (Saaty, 1988).

در این روش، می‌بایست ماتریس‌های مقایسه زوجی را برای المان‌های هر سطح که سه مشخصه شدت، دامنه و تداوم‌اند براساس قضاوت شخص تصمیم‌گیرنده و به‌طور جداگانه تعیین نمود. در این ماتریس‌ها هریک از المان‌ها با a_{ij}نشان داده می‌شوند که بیان‌گر میزان ارجحیت یا اهمیت نسبی معیار iام به معیار jام می‌باشد. در روش AHP فرض می‌گردد که $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$، بنابراین در صورتی‌که i=j باشد آنگاه a_{ij}=1خواهد

بود. a_{ij} ها که همان ارجحیت‌ها مـی‌باشـند، براسـاس پیشـنهاد ساتی براساس جدول (۲) پیشنهاد می‌شود.



شکل (۳): توابع عضویت مربوط به a. شدت اثر .b دامنه اثر .c تداوم اثر (یافته‌های نگارندگان، ۱۳۹۱)

جدول(۲): مقادیر عددی ارجحیت ها در مقایسات زوجی (Saaty, 1988)

عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت	مقدار عددی
ارجحیت یا اهمیت کامل و مطلق	۹
ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی	۷
ارجحیت یا اهمیت قوی	۵
ارجحیت یا اهمیت کم	۳
ارجحیت یا اهمیت برابر	۱
برای ترجیحات بین عبارت های زبانی فوق	۸و۶و۴و۲

بنابراین در ماتریس A، n گزینه زوجی با هم مقایسه شده که بجای هرکدام از درایه‌های ماتریس می‌تواند یکی از اعداد ۹،...،۱، ۲، ۳ و یا عکس آن‌ها قرار گیرد (زارع و احمدی ناصری، ۱۳۸۶).

(۱)

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{bmatrix}$$

تعیین مقایسه زوجی گزینه‌ها با استفاده از قضاوت کارشناسان و براساس دانش و مهارت آن‌ها انجام می‌شود، به‌گونه‌ای که در آن n کارشناس ارزیابی خود را از مقایسه گزینه i و j ام ($\tilde{C}_{ij}^{n}$) ارایه نموده و سپس نظر تجمیع‌شده آن‌ها بفرم معادله (۲) بیان می‌شود:

(۲)

$$\widetilde{C_{ij}} = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} \tilde{C}_{ij}^{n}$$

میانگین هندسی هر سطر از معادله (۳) و وزن نهایی المان i‌ام نیز از معادله (۴) به‌دست می‌آید.

$$z_1=(\prod_{j=1}^{n} a_{ij})^{1/n} \quad \text{for } i=1,2,...,n \qquad (۳)$$

$$w_i = \frac{z_i}{(z_1+z_2+...+z_n)} \qquad (۴)$$

تجمیع مشخصه‌های آثار

اگر سه عدد فازی $P_1 =(a_1, b_1, c_1)$، $P_2 =(a_2, b_2, c_2)$ و $P_3 = (a_3, b_3, c_3)$ را بعنوان اعداد مربوط به مشخصه‌های شدت، دامنه و تداوم اثر یک ریزفعالیت پروژه بر یکی از فاکتورهای محیطزیستی که توسط کارشناس مربوطه ارایه شده، درنظر بگیریم، اثر تجمیع شده مشخصه‌ها یعنی P به شکل عدد فازی در هر یک از خانه‌های ماتریس از رابطه (۵) حاصل می‌شود (Peche & Rodriguez, 2009). در این رابطه، W_iها از ۱ تا ۳ به ترتیب بیانگر وزن مشخصه‌های شدت، تداوم و دامنه می‌باشند.

$$P= \sum_1^3 P_i w_i=(\sum_1^3 a_i w_i , \sum_1^3 b_i w_i , \sum_1^3 c_i w_i) \qquad (۵)$$

پس از آن، مجموع P های مثبت (EI+) و منفی (EI-) به تفکیک و برای هر سطر و ستون محاسبه شده و جمع جبری کل آن‌ها نیز به همان صورت سطری و ستونی از رابطه (۶) حاصل می‌شود:

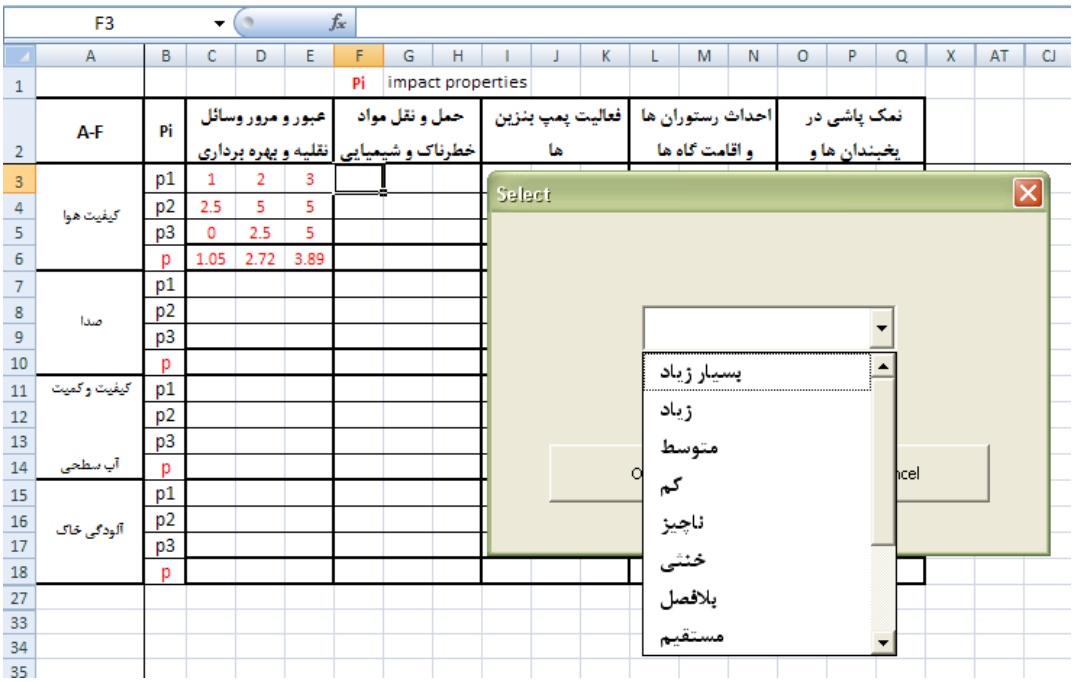
$$EI=(EI+)-(EI-) \qquad (۶)$$

با توجه به این که اعداد مثلثی فازی در نهایت می‌بایست با اعداد کلاسیک مقایسه شوند، مجبور به جایگزین کردن عدد فازی با یک عدد کلاسیک هستیم، این عمل غیرفازی کردن نامیده می‌شود که متداولترین روش انجام آن، یافتن مرکز سطح مثلث عدد فازی است. محاسبه عدد غیرفازی شده A برای هر یک از EI های سطری و ستونی از رابطه (۷) انجام می‌شود (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۴) :

$$A= \frac{(a+b+c)}{3} \qquad (۷)$$

یافته‌ها

بر اساس روش کار یاد شده، ماتریس‌های ارزیابی برای مراحل ساخت و بهره‌برداری طرح در سه محیطزیست فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی، درمحیط Excel ساخته شد و هر یک از خانه‌های این ماتریس‌ها با سه عدد فازی مثلثی مربوط به هر یک از مشخصه‌های شدت، دامنه و تداوم، تکمیل گردید.



شکل (۴): نحوه تکمیل ماتریس‌های ارزیابی با استفاده از ماکرو در محیط Excel (یافته‌های نگارندگان، ۱۳۹۱)

به‌منظور تسهیل وارد نمودن داده‌های سه مولفه‌ای فازی مربوط به هر یک از مشخصه‌های آثار در هر سلول، از ماکروی نوشته در برنامه استفاده شده است. به گونه‌ای که برای تکمیل هر یک از خانه‌ها توسط کارشناسان، تنها کافی است معیارهای کیفی تعیین شده در شکل (۳)، برای هر یک از مشخصه‌ها، از منوی آبشاری انتخاب شود. بدین‌ترتیب، مقادیر کمی و فازی مربوط به معیارهای کیفی یادشده، به‌صورت خودکار در خانه‌های ماتریس وارد می‌شود. شکل (۴) نمونه‌ای از نحوه تکمیل ماتریس‌ها را به روش شرح داده شده، نشان می‌دهد.

بنابراین، کلیه ماتریس‌ها جهت ارزیابی آماده و تمایز بین آثار مخرب و سودمند نیز با علامت‌های مثبت و منفی نمایان شده است. همان‌گونه که پیش از این نیز عنوان شد، به‌منظور تعیین وزن هر یک از مشخصه‌های آثار، مطابق شکل (۵)، از نتایج ماتریس‌های مقایسه زوجی که توسط پنج متخصص گردآوری شده، و نیز روابط (۲ تا ۴) استفاده شده است. جدول (۳)، وزن‌های محاسبه شده به روش سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.

expert 1

	P1	P2	P3
P1	۱	۵	۳
P2	۱/۵	۱	۱/۳
P3	۱/۳	۳	۱

expert 4

	P1	P2	P3
p1	۱	۵	۷
p2	۱/۵	۱	۳
p3	۱/۷	۱/۳	۱

expert 2

	P1	P2	P3
P1	۱	۱	۱
P2	۱	۱	۱
P3	۱	۱	۱

expert 5

	P1	P2	P3
p1	۱	۳	۳
p2	۱/۳	۱	۱
p3	۱/۳	۱	۱

expert 3

	P1	P2	P3
p1	۱	۳	۱
p2	۱/۳	۱	۱/۳
p3	۱	۳	۱

total judjments

	P1	P2	P3
p1	۱	۳.۴	۳
p2	۰.۴۱۳	۱	۱.۱۳۳
p3	۰.۵۶۲	۱.۶۶۷	۱

شکل (۵): نتایج ماتریس زوجی مشخصه‌های اثر و ماتریس تجمیع نظرات (یافته‌های نگارندگان، ۱۳۹۱)

جدول (۳): وزن هر یک از مشخصه‌های آثار (یافته‌های نگارندگان،۱۳۹۱)

مشخصه‌های آثار(Pi)	شدت (P1)	دامنه (P2)	تداوم (P3)
وزن مشخصه‌ها (w_i)	۰/۵۵	۰/۲	۰/۲۵

با داشتن مقادیر فازی شدت، دامنه و تداوم در هرخانه ماتریس و وزن هریک از آن‌ها، براساس شکل (۶)، اثر تجمیعی این سه مشخصه محاسبه می‌شود. همان‌طور که در شکل (۶) مشاهده می‌شود، ماتریس ایجاد شده برای سه محیطزیست فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی و در دو مرحله ساخت و بهره‌برداری ترسیم شده است. در این ماتریس‌ها، تنها آثار تجمیع شده سه مشخصه شدت، دامنه و تداوم که از میانگین‌گیری وزنی آن‌ها و از رابطه (۵) به‌دست آمده، نشان داده شده است. هم‌چنین، و از آوردن ماتریس مفصلی که هر خانه آن با سه عدد فازی مشخصه‌ها تکمیل شده است، خودداری به عمل آمده است.

a.

F \ A		پاک تراشی	استخدام نیروی انسانی	تخریب ساختمان	انفجار	خاکبرداری و خاکریزی	برداشت شن و ماسه	دپوی نخاله ساختمانی	تردد ماشین آلات راهسازی
محیط فیزیکی	کیفیت هوا	-(0.6,1.1,2.8)		-(1.1,1.7,3.3)	-(0.6,1.1,2.8)	-(0.6,1.1,2.8)	-(0.6,1.1,2.8)	-(0.6,1.1,2.8)	-(0.6,1.1,2.8)
	صدا			-(1.1,1.7,3.3)	-(1.1,1.7,3.3)	-(0.6,1.1,2.8)	-(0.6,1.1,2.8)		-(0.6,1.1,2.8)
	کیفیت آب سطحی	-(0,0.6,2.2)				-(0.6,1.6,3.3)	-(1.1,2.2,3.8)	-(0,1,2.7)	
	شکل زمین				-(1.7,3.3,5)	-(0,1.7,3.3)		-(0.6,1.6,3.3)	
محیط بیولوژیکی	اکوسیستم آبی					-(0.6,1.6,3.3)	-(1.1,2.8,4.4)	-(0.6,1.6,3.3)	-(1.1,2.2,3.8)
	پوشش گیاهی	-(1.1,2.3,4)			-(0.6,2.2,3.9)	-(0.6,1.1,2.8)		-(0.6,1.6,3.3)	-(0.6,1.6,3.3)
	جانوران وگونه های نادر	-(1.1,2.2,3.8)			-(1.1,1.7,3.3)	-(0.6,1.1,2.8)			-(0.6,1.6,3.3)
	اکوسیستم جنگلی	-(0.6,1.6,3.3)							
محیط اجتماعی-اقتصادی	مهاجرت		+(1.1,2.2,3.8)	-(1.1,2.8,4.4)					
	درآمد و اشتغال		+(1.1,2.8,4.4)						
	بهداشت و سلامتی			-(0.6,1.6,3.3)	-(0,1,2.7)				-(0.6,1.6,3.3)
	ایمنی				-(0.6,1.6,3.3)				-(1.1,2.2,3.8)
	چشم انداز جغرافیایی	-(0,0.6,2.2)		-(0.6,1.6,3.3)	-(1.1,2.8,4.4)			-(0.6,1.6,3.3)	
جمع جبری ستونی آثار	EI+	-(0,0,0)	(2.2,4.9,8.3)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
	EI-	(3.3,8.2,18.3)		(4.4,9.3,17.6)	(6.6,15.4,28.8)	(3.3,9.3,21)	(3.3,7.1,13.8)	(2.8,8.6,18.6)	(5,11.3,23)
	EI =(EI+)-(EI-)	(-18.3,-8.2,-3.3)	(2.2,4.9,8.3)	(-17.6,-9.3,-4.4)	(-28.8,-15.4,-6.6)	(-21,-9.3,-3.3)	(-13.8,-7.1,-3.3)	(-18.6,-8.6,-2.8)	(-23,-11.3,-5)
	دیفازی	-9.94	5.14	-10.45	-16.93	-11.20	-8.09	-9.97	-13.10
	کلاسیک	-12	6	-13	-20	-13	-10	-11	-16

جمع جبری سطری آثار				
کلاسیک	دیفازی	EI	EI-	EI+
-15	-10.90	(-20,-8.3,-4.4)	(4.4,8.3,20)	(0,0,0)
-12	-8.50	(-15,-6.6,-3.9)	(3.9,6.6,15)	(0,0,0)
-7	-6.35	(-12,-5.4,-1.7)	(1.7,5.4,12)	(0,0,0)
-7	-6.81	(-11.6,-6.6,-2.2)	(2.2,6.6,11.6)	(0,0,0)
-10	-8.75	(-14.8,-8.1,-3.3)	(3.3,8.1,14.8)	(0,0,0)
-11	-9.76	(-17.2,-8.8,-3.3)	(3.3,8.8,17.2)	(0,0,0)
-10	-7.68	(-13.2,-6.5,-3.3)	(3.3,6.5,13.2)	(0,0,0)
-2	-1.81	(-3.3,-1.6,-0.6)	(0.6,1.6,3.3)	(0,0,0)
0	-0.42	(-3.3,-0.6,2.7)	(1.1,2.8,4.4)	(1.1,2.2,3.8)
3	2.78	(1.1,2.8,4.4)	(0,0,0)	(1.1,2.8,4.4)
-5	-4.87	(-9.3,-4.2,-1.1)	(1.1,4.2,9.3)	(0,0,0)
-5	-4.17	(-7.1,-3.8,-1.7)	(1.7,3.8,7.1)	(0,0,0)
-8	-7.32	(-13.2,-6.5,-2.2)	(2.2,6.5,13.2)	(0,0,0)

b.

F \ A		عبور و مرور وسائل نقلیه	حمل و نقل مواد خطرناک وشیمیایی	فعالیت پمپ بنزین ها	احداث رستوران ها و اقامت گاه ها	نمک پاشی در یخبندان ها
محیط فیزیکی	کیفیت هوا	-(1,2.7,3.9)				
	صدا	-(1,2.7,3.9)				
	کیفیت وکمیت آب سطحی	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)
	آلودگی خاک	-(1,2.7,3.9)	-(1,2.7,3.9)	-(1,2.7,3.9)	-(1,2.7,3.9)	-(1,2.7,3.9)
محیط بیولوژیکی	اکوسیستم آبی	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)
	پوشش گیاهی	-(1,2.7,3.9)			-(0.5,2.2,3.3)	-(0.5,2.2,3.3)
	اکوسیستم جنگلی	-(0.5,2.2,3.3)				
	انقطاع زیستگاهی	-(0.5,2.2,3.3)				
محیط اجتماعی-اقتصادی	مهاجرت	+(1,2.7,3.9)		+(0.5,2.2,3.3)	+(0.5,2.2,3.3)	
	درآمد واشتغال	+(1,2.7,3.9)		+(0.5,2.2,3.3)	+(0.5,2.2,3.3)	
	فعالیت های خدماتی	+(1,2.7,3.9)		+(1.1,2.8,4.4)	+(1.1,2.8,4.4)	
	بهداشت وسلامتی	-(0.6,2.2,3.9)	-(0,1.7,3.3)			
	ایمنی	-(0.6,2.2,3.9)	-(0,1.7,3.3)			
	ظرفیت گردشگری	+(1.6,3.3,4.4)			+(1.1,2.8,4.4)	
	مصرف سوخت	+(1.6,3.3,4.4)				
	مطلوبیت تردد	+(2.2,3.8,5)				
جمع جبری ستونی آثار	EI+	(8.5,18.5,25.6)	(0,0,0)	(2.1,7.1,11.1)	(3.2,9.9,15.6)	(0,0,0)
	EI-	(7.3,24,36.7)	(2,10.4,17.3)	(2,7.1,10.6)	(2.5,9.2,13.9)	(2.5,9.2,13.9)
	EI =(EI+)-(EI-)	(-28.2,-5.5,18.3)	(-17.3,-10.4,-2)	(-8.5,0.1,9.1)	(-10.7,0.7,13)	(-13.9,-9.2,-2.5)
	دیفازی	-5.13	-9.90	0.22	1.00	-8.56
	کلاسیک	0	-6	1	2	-6

جمع جبری سطری آثار				
کلاسیک	دیفازی	EI	EI-	EI+
-2	-2.55	(-3.9,-2.7,-1)	(1,2.7,3.9)	(0,0,0)
-2	-2.55	(-3.9,-2.7,-1)	(1,2.7,3.9)	(0,0,0)
-5	-10.00	(-16.7,-10.8,-2.5)	(2.5,10.8,16.7)	(0,0,0)
-10	-12.77	(-19.5,-13.6,-5.2)	(5.2,13.6,19.5)	(0,0,0)
-7	-10.00	(-16.7,-10.8,-2.5)	(2.5,10.8,16.7)	(0,0,0)
-4	-6.56	(-10.6,-7.1,-2)	(2,7.1,10.6)	(0,0,0)
-1	-2.00	(-3.3,-2.2,-0.5)	(0.5,2.2,3.3)	(0,0,0)
-1	-2.00	(-3.3,-2.2,-0.5)	(0.5,2.2,3.3)	(0,0,0)
4	6.56	(2,7.1,10.6)	(0,0,0)	(2,7.1,10.6)
4	6.56	(2,7.1,10.6)	(0,0,0)	(2,7.1,10.6)
8	8.11	(3.3,8.3,12.8)	(0,0,0)	(3.3,8.3,12.8)
-3	-3.89	(-7.2,-3.9,-0.6)	(0.6,3.9,7.2)	(0,0,0)
-3	-3.89	(-7.2,-3.9,-0.6)	(0.6,3.9,7.2)	(0,0,0)
6	5.88	(2.7,6,8.9)	(0,0,0)	(2.7,6,8.9)
3	3.11	(1.6,3.3,4.4)	(0,0,0)	(1.6,3.3,4.4)
4	3.66	(2.2,3.8,5)	(0,0,0)	(2.2,3.8,5)

شکل (۶): ماتریس تجمیع سه مشخصه و مقایسه جمع جبری سطری وستونی اعداد فازی با کلاسیک a.در مرحله ساخت و b. در مرحله بهره‌برداری (یافته‌های نگارندگان،۱۳۹۱)

بحث و نتیجه‌گیری

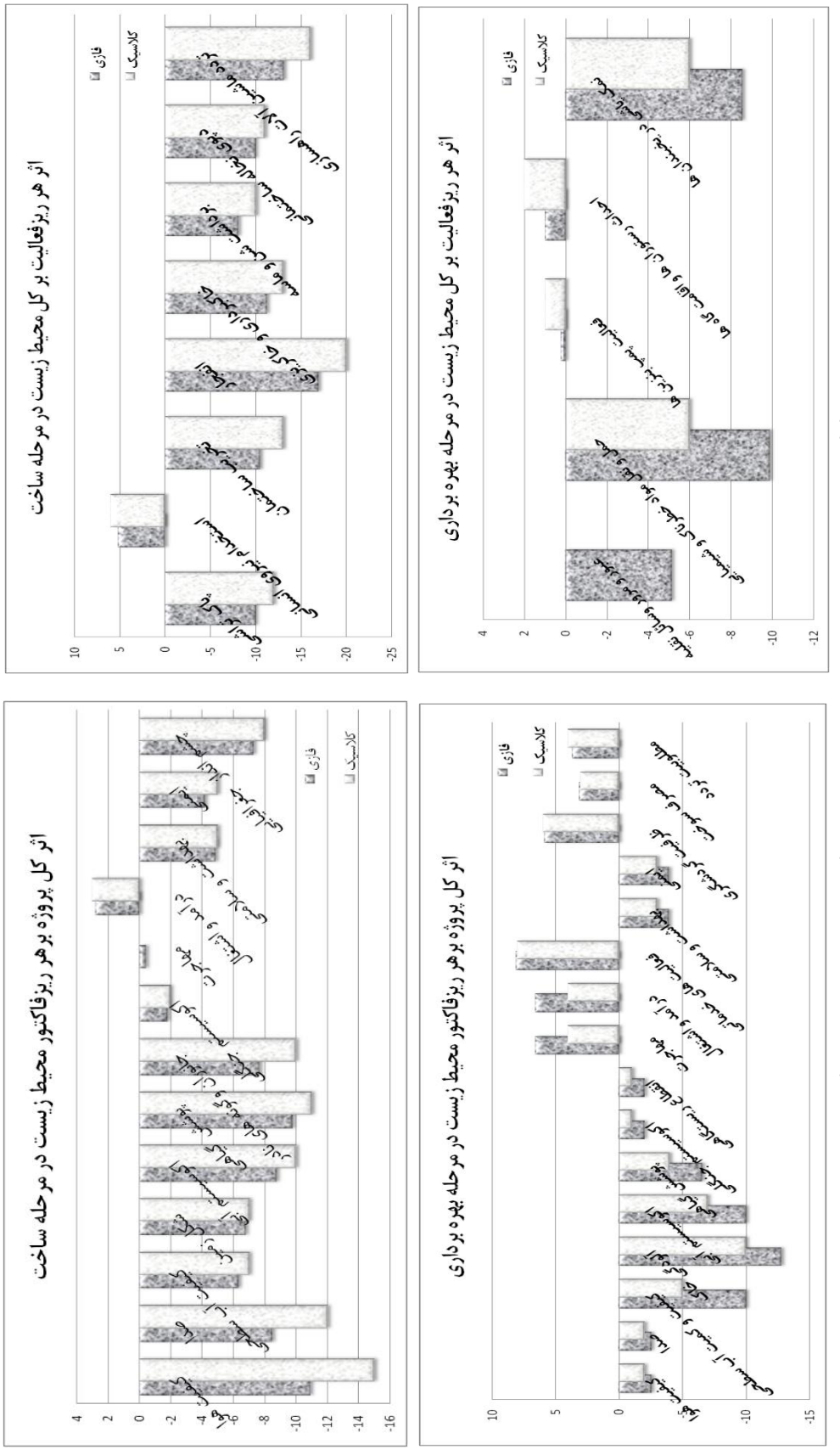
به‌طورکلی شیوه میانگین‌گیری از اثرات کـه بـه‌طـور متـداول در ماتریس ایرانی استفاده می‌شود، امکان ایجاد خطاهای قابل توجه در جمع‌بندی آثار را به‌دلیل تعـدیل نمـودن آثـار مثبـت و منفـی شاخص با سایر آثار کوچک‌تر، افزایش می‌دهد. هـم‌چنـین تعـداد آثار و نیز ماهیت مخرب یا سودمند بودن آن‌ها نیز در ایـن روش مورد توجه قرار نمی‌گیرد، بدین معنی که ممکن اسـت کـه یـک فعالیت تنها بر یک فاکتور محیط‌زیسـت تـاثیر گـذارد و فعالیـت دیگری بر تعداد زیـادی از عوامـل آن محـیط مـوثر باشـد، ولـی میانگین هر دو مساوی باشد که در نتیجه‌گیری نهایی، بین آن‌ها تفاوتی وجود نخواهد داشت.

بنابراین بررسی آثار سودمند و مخرب به‌صورت جمع جبری و نـه به‌صورت میانگین‌گیری و نیز تحلیل تعداد آنها بر یـک محـیط و یا ناشی از یک فعالیت می‌تواند روش مناسبی در ارزیابی‌ها باشـد (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹).

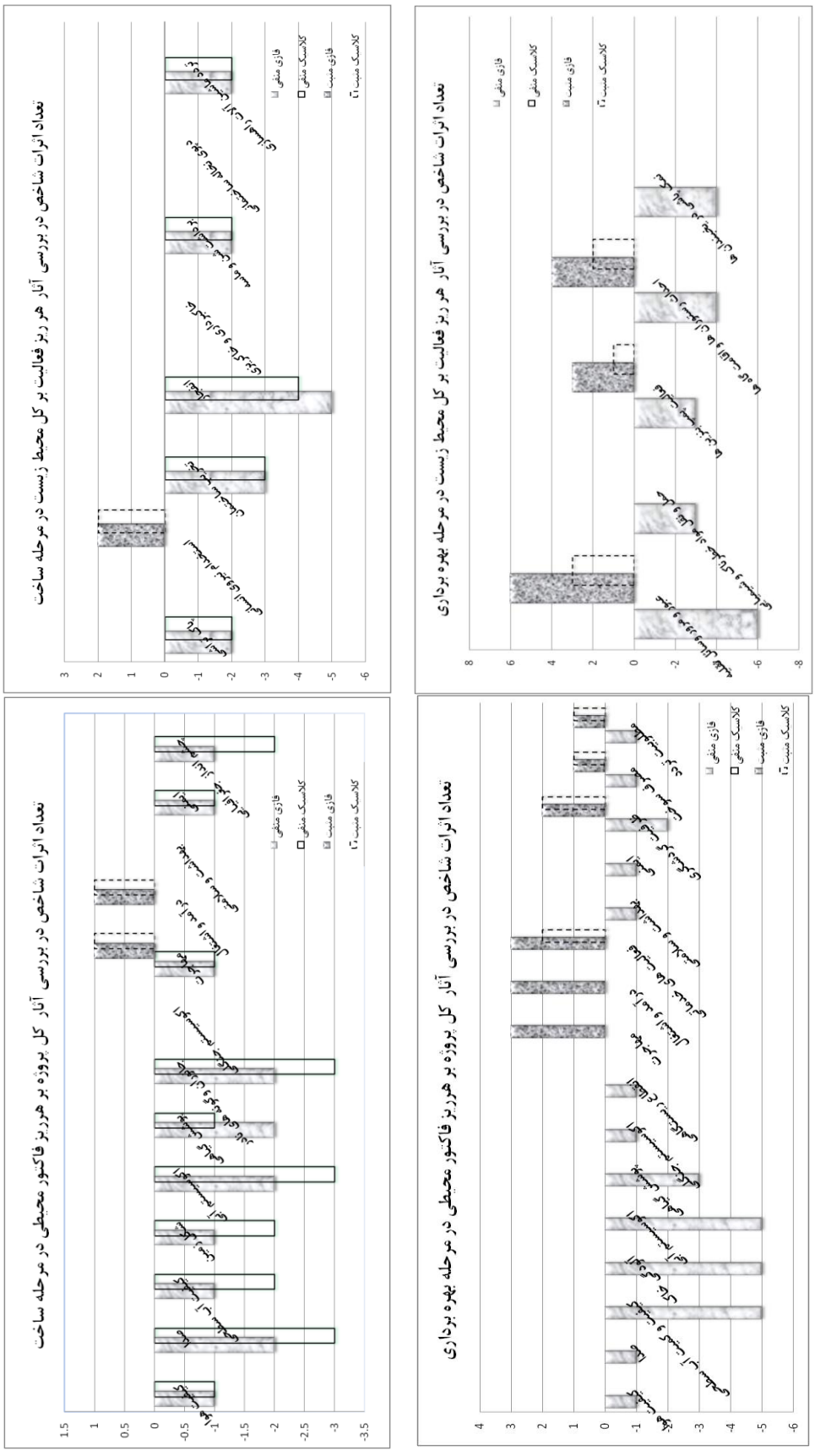
با توجه به این که مبنای تصمیم‌گیری نهایی در این ماتریس‌ها، بر اساس مقایسه جمع جبری آثار و نیز تعداد آثار مخرب و سودمند به دست آمده از داده‌های فازی براساس رابطه (۶) و کلاسیک بصورت سطری و ستونی می‌باشد، بنابراین مقایسه نتایج کلاسیک با نتایج غیرفازی شده EIها مطابق رابطه (۷) انجام می‌گیرد که در شکل (۷)، آورده شده است. مقایسه جمع جبری و تعداد کل آثار مخرب و سودمند در دو حالت فازی و کلاسیک به‌صورت سطری به معنای بررسی آثار کل پروژه بر هر ریزفاکتور محیط‌زیستی و بصورت ستونی به معنای بررسی اثر هر ریزفعالیت بر کل محیط‌زیست می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، نتایج به دست آمده از این دو حالت بواسطه اضافه شدن دو مشخصه تداوم و دامنه و آن هم به‌صورت اعداد فازی متفاوت است؛ به‌گونه‌ای که در مرحله ساخت اثر کل طرح بر هر ریزفاکتور محیطی و هر ریزفعالیت بر کل محیط‌زیست با استفاده از منطق فازی کمتر از حالت کلاسیک به‌دست آمده است و در مرحله بهره‌برداری، این نتیجه عکس می‌باشد. این مساله به‌دلیل مطلق نبودن اعداد در منطق فازی و ماهیت متفاوت تداوم و دامنه آثار در این دو مرحله، دور از انتظار نیست.

علاوه بر موارد عنوان شده، به‌منظور بیان معیاری برای تعیین آثار شاخص، مشخصه‌های بزرگتر از میانگین بازه تعریف شـده بـرای آن‌ها به عنوان آثار شاخص در نظر گرفته می‌شوند(خدابخشـی و جعفری، ۱۳۸۹). با توجه به متغیر بودن P های به دست آمـده در هر سلول ماتریس، بین ۰ و ۵ برای اعداد کلاسیک و بـین ۰/۵۶ و ۴/۴۴ برای اعداد فازی، مشخصه‌های بزرگ‌تـر از ۲/۵ و ۱/۹۴ به ترتیب برای نتایج کلاسیک و فازی بـه عنـوان آثـار شـاخص شناخته می‌شوند. اشـکال شـماره (۷ و ۸) آثـار شـاخص منفـی و مثبت را برای مراحـل سـاخت و بهـره‌بـرداری نشـان مـی‌دهـد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در بررسی اثر کل پـروژه بـر هـر ریزفاکتور محیطی، تعداد آثار شاخص منفـی در حالـت کلاسـیک بیشتر از حالت فازی به دست آمده که این امر بـه دلیـل در نظـر نگرفتن تداوم کم آثار، در مرحله ساخت در حالت کلاسیک است. هم‌چنین، در بررسی آثار شاخص منفـی در مرحلـه بهـره‌بـرداری به‌صورت سطری و ستونی، مشاهده مـی‌شـود کـه بـرای حالـت کلاسیک هیچ اثر منفـی شاخصـی بـه دسـت نیامـده و ایـن در حالیست که در حالت فازی، تعداد آثار شاخص به دسـت آمـده در سطرها و ستون‌ها بیشتر بوده که ایـن نتیجـه، بـه دلیـل لحـاظ نمودن مشخصه تداوم اثـر در ایـن مرحلـه از طـرح اسـت. ایـن موضوع در مورد آثار مثبت نیز به همین ترتیب می‌باشد.

همان‌گونه که پیش از این نیز عنوان شد، در این تحقیق به‌دلیـل این‌که تاثیرگذارترین فعالیت‌ها و فاکتورهای محیط‌زیستی در هـر مرحله انتخاب شده بودند، بنابراین طبیعی است که اغلـب آن‌هـا جـزء آثـار شـاخص شـناخته شـوند. در مرحلـه سـاخت، تمـامی فعالیت‌ها و فاکتورهای محیط‌زیستی که در حالت فـازی شـاخص شناخته شده‌اند، در حالت کلاسیک نیز شاخص هسـتند. تنهـا در بررسـی تـاثیر طـرح بـر فاکتورهـای محـیط‌زیسـت فیزیکـی و بیولوژیکی در مرحله ساخت، مقادیر آثار شاخص شناخته شـده در حالت کلاسیک بیشتر از حالت فازی به‌دست آمده است کـه ایـن موضوع بدلیل لحـاظ نمـودن مشخصـه دامنـه در حالـت فـازی می‌باشد. به عبارت دیگر، چون تاثیر دامنه در محیط‌های فیزیکی و بیولوژیکی کمتر از محیط اجتماعی می‌باشـد، بنـابراین طبیعـی است که نتایج لحاظ نمـودن مشخصـه دامنـه در حالـت فـازی، مقادیر کمتری را در مقایسه با در نظر نگرفتن ایـن مشخصـه در حالت کلاسیک به‌دست دهد.



شکل(۷) مقایسه نتایج حاصل از داده‌های فازی و کلاسیک (یافته‌های نگارندگان،۱۳۹۱)



شکل (۸) مقایسه تعداد اثرات شاخص حاصل از نتایج فازی و کلاسیک به تفکیک مثبت و منفی (یافته‌های نگارندگان،۱۳۹۱)

مقایسه تعداد آثار شاخص به‌دست آمده در حالت فازی و کلاسیک و در مرحله بهره‌برداری نشان می‌دهد که تعداد این اثرات در حالت فازی بیشتر می‌باشد. هم‌چنین در بررسی اثر طرح بر هر فاکتور محیط‌زیست و هر ریز فعالیت بر کل محیط‌زیست در حالت کلاسیک، تنها آثار مثبت و آن هم با مقادیر کمتر نسبت به حالت فازی به دست آمده است. این موضوع به دلیل لحاظ نمودن مشخصه تداوم در حالت فازی که بیشتر خود را در مرحله بهره‌برداری نشان می‌دهد، اتفاق افتاده است. در این مرحله، به طور تقریبی اثر طرح بر کلیه فاکتورهای محیط زیست فیزیکی و بیولوژیکی، در حالت فازی، شاخص و منفی ارزیابی شده و این درحالیست که در حالت کلاسیک هیچ اثر منفی و شاخصی به دست نیامده است. شکل (۸)، این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد.

با توجه به پیچیدگی ماهیت آثار محیط‌زیستی طرح‌ها و عدم‌قطعیت در ارزیابی آن‌ها، این تحقیق به ارایه رویکرد نوینی برمبنای منطق فازی در ارزیابی آثار به روش ماتریس پرداخته است. منطق فازی با مدل کردن عدم قطعیت‌ها در پارامترها و تحلیل‌های چندمعیاره در ارزیابی وضعیت کیفی سیستم‌های محیط‌زیستی ما را به نتایج واقعی‌تری می‌رساند. در این روش، با انتخاب و به‌کارگیری مشخصه‌های مختلف آثار و تلفیق مناسب آن‌ها و نیز ارایه آن‌ها به فرم اعداد فازی، از بیان مفاهیم به‌صورت مطلق و قطعی پرهیز شده است. هم‌چنین، با تعیین وزن هریک از مشخصه‌ها ، امکان لحاظ نمودن برتری تصمیم‌گیرندگان و ذی‌نفعان مختلف در طرح وجود داشته و بنابراین سعی می‌شود تا حد امکان تصمیم‌گیری‌ها و ارزیابی‌ها مبتنی بر واقعیت‌ها و عدم‌قطعیت‌های موجود باشد.

مقایسه اجمالی نتایج حاصل از داده‌های فازی و کلاسیک ماتریس ارزیابی مشخص می‌سازد که درصورت انتخاب مناسب مقادیر آستانه‌های موجود، نتایج جمع جبری حاصل از داده‌های فازی، با دقت بیشتری در مراحل ساخت و بهره‌برداری از طرح به‌دست آمده و تطابق بیشتری با واقعیت‌های موجود در ارزیابی آثار محیط‌زیستی دارد، که اعتمادپذیری بیشتر این روش را نشان می‌دهد.

پیشنهادها

بررسی نتایج کاربرد منطق فازی در ارزیابی‌های آثار محیط زیستی، بخوبی توانایی این روش را در ارزیابی و تصمیم‌گیری مبتنی بر عدم قطعیت‌ها و شرایط موجود نشان می‌دهد، در نتیجه امکان توسعه کاربرد این تکنیک در ارزیابی‌های محیط زیستی در قالب پیشنهادهای زیر قابل انجام خواهد بود:

- کاربرد منطق فازی در سایر روش‌های ارزیابی جهت کمی‌سازی میزان آثار مانند: روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها، شبکه و مدل‌های هزینه منفعت و ...
- تعیین و تدقیق بازه‌های اعداد فازی بر اساس نظرات متخصصان و کارشناسان مربوطه علاوه بر استفاده از اطلاعات و داده‌های موجود
- استفاده از تکنیک‌های تحلیل چند معیاره فازی نظیر روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در وزن‌دهی معیارها
- کاربرد سایر تکنیک‌های منطق فازی نظیر روش قواعد استنتاج فازی و خوشه‌بندی فازی در ارزیابی محیط‌زیستی و طبقه‌بندی شدت آثار و مقایسه نتایج با روش به کار رفته در این تحقیق

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مدیریت بخش محیط‌زیست شرکت مهاب قدس و مدیرکل دفتر امور فنی مشاوران و پیمانکاران وزارت راه و شهرسازی به‌خاطر همکاری صمیمانه و در اختیار قرار دادن اطلاعات وگزارش مطالعات ارزیابی آثار محیط‌زیستی بزرگراه جنگل گلستان کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1. Fuzzy Analytic Network Process
2. AHP-Electer
3. Analytical Hierarchy Process

فهرست منابع

البرزی‌منش، م. ۱۳۹۰. نقدی بر روش‌های متداول جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از ماتریس‌های ارزیابی اثرات بر محیط‌زیست. محیط‌زیست و توسعه. سال ۲، شماره۳. ۵۲-۴۵.

حیدرزاده، ن. و طاهریون، م. ۱۳۸۶. منطق فازی و کاربرد آن در مدیریت سیستم‌های زیست محیطی. دومین همایش تخصصی محیط‌زیست. دانشگاه تهران.

خدابخشی، ب. و جعفری، ح. ۱۳۸۹. بررسی کاربرد مدل دسته‌بندی چند معیاره Electre-TRI در تعیین اهمیت آثار محیط‌زیستی (مطالعه موردی: ارزیابی آثار محیط‌زیستی طرح سد و شبکه آبیاری- زهکشی اردبیل). پژوهش‌های محیط زیست. سال ۱، شماره۲. ۴۲-۳۱.

زارع، آ. و احمدی‌ناصری، م. ۱۳۸۶. ارایه شاخص پایداری با استفاده از تحلیل حساسیت AHP فازی. هفتمین کنفرانس سیستم‌های فازی. دانشگاه فردوسی مشهد.

شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس. ۱۳۸۹ .گزارش ارزیابی اثرات محیط‌زیستی واریانت شمالی جنگل گلستان.

صالحی، ج و مرادی، ح. ۱۳۹۰. منطق فازی وکاربرد آن در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی. محیط‌زیست و توسعه. سال ۲، شماره۲. ۴۴-۳۷.

کوره‌پزان دزفولی، ا. ۱۳۸۴. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.

مخدوم، م. ۱۳۸۵. درسنامه ارزیابی اثرات توسعه بر محیط‌زیست. گروه محیط‌زیست دانشگاه تهران.

منوری، م. ۱۳۸۰. راهنمای ارزیابی اثرات محیط‌زیستی بزرگراه‌ها. تهران: انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست و برنامه عمران ملل متحد.

Blanco, A.; Delgado, M.; Martin- Ramos, J. M. & Polo, M. P. 2009. AIEIA: software for fuzzy environmental impact assessment. Expert Systems with Applications. 36: 9135-9149.

De Siqueira, A. & De Mello, R. A. 2006. Decision support method for environmental impact assessment using a fuzzy logic approach .Ecol Econ. 58: 170-181.

Duarte, O. G.; Requena, I. & Rosario, Y. 2007. Fuzzy techniques for environmental impact assessment in the mineral deposit of Punta Gorda (Moa.Cuba). Environ Technol. 28: 659-669.

Kaya, T. & Kahraman, C. 2011. An integrated fuzzy AHP_ELECTER methothology for environmental impact assessment. Expert Systems with Applications. 38: 8553-8562.

Liu, K.F.R. & Lai, J. H. 2009. Decision– support for environmental impact assessment: A hybrid approach using fuzzy logic and fuzzy analytic network process. Expert Systems with Applications.36:5119-5136.

Parashar, A.; Paliwal, R. & Rambabu, P. 1997. Utility of fuzzy cross-impact simulation in environmental assessment. Environ Impact Asses. 17: 427-447.

Peche, R. & Rodriguez, E. 2009. Environmental impact assessment procedure: a new approach based on fuzzy logic. Environ Imoact Assess Rev.29: 275-283.

Peche, R. & Rodriguez, E. 2011. Environmental impact assessment by means of procedure based on fuzzy logic: Apractical application.Environ Imoact Assess Rev. 31: 87-96.

Saaty, T. L. 1988. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. Pittsburg PA.

Silvert, W. 2000. Fuzzy indices of environmental conditions. Ecol Model. 130:111-119.

Zadeh, L. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control. 8:338-353.