محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٠، شمارهٔ ٤، زمستان ١٣٩٣، صفحهٔ ٩٨٨-٩٧٣

ارزیابی آثار محیط‌زیستی با استفاده از مدل استنتاج منطق فازی (مطالعهٔ موردی: سد کمال صالح)

وحید فرامرزی[1]*، علیرضا سفیانیان[2]

۱ کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان soffianian@cc.iut.ac.ir

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله:۱۳۹۳/۰٤/۱۱

چکیده

از مهم‌ترین مسائل فرایند ارزیابی آثار محیط‌زیستی تعیین اهمیت اثر است. مسئلهٔ اصلی در خصوص ارزیابی آثار بوم‌شناختی این است که نمی‌توان آن‌ها را در یک الگوریتم فرموله کرد، زیرا عناصر حیاتی و هم‌کنشی‌های آن‌ها را نمی‌توان به طور کامل و غیرمبهم مشخص کرد. از طرف دیگر، ناهمگونی فضایی سیستم‌های بوم‌شناختی و پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری کار ارزیابی را دشوارتر کرده‌اند، بدین جهت مفهوم آثار محیط‌زیستی اغلب مبهم است. ارزیابی آثار محیط‌زیستی بسیار پیچیده و همواره با عدم قطعیت همراه است، زیرا اطلاعات ارزیابی بیشتر به صورت کیفی‌اند و مشکل اصلی روش‌های مرسوم EIA این است که در مدیریت اطلاعات کیفی ناتوان‌اند. منطق فازی به‌منزلهٔ نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ابهام و عدم قطعیت فرایندهای شناختی انسانی است و توانایی کمی‌سازی و طبقه‌بندی آثار محیط‌زیستی با ماهیت ذهنی را دارد. در این تحقیق با مطالعهٔ موردی سد کمال صالح، با استفاده از استنتاج منطق فازی به ارزیابی آثار محیط‌زیستی اقدام شده است، به این ترتیب که ارزیابی از طریق دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی انجام شد. ورودی‌های این دو روش کاملاً مشابه یکدیگرند و در نهایت خروجی طبقه‌بندی‌شدهٔ آن‌ها که اهمیت اثر است با هم مقایسه شدند، بدین طریق که در روش ماتریس ریاضی و منطق فازی از ۶ معیار برای دو نمایه (پایه و مکمل) استفاده شد. در روش سیستم استنتاج فازی با استفاده از نرم‌افزار Matlab و به‌کارگیری روش استلزام ممدانی و کاربرد همان نمایه‌های ماتریس ریاضی به‌منزلهٔ ورودی سیستم اجرایی شد. نتایج نشان‌دهندهٔ افزایش اطمینان اهمیت اثر طبقه‌بندی‌شدهٔ به‌دست‌آمده در مدل استنتاج منطق فازی نسبت به ماتریس ریاضی است و قابلیت تعیین صحیح اهمیت اثر را با توجه به ابهام و عدم قطعیت اطلاعات ارزیابی آثار محیط‌زیست به‌دست‌آمده را داراست.

کلیدواژه

استنتاج منطق فازی، اهمیت آثار، ارزیابی آثار محیط‌زیستی، ماتریس ریاضی.

۱. سرآغاز

تعیین اهمیت آثار محیط‌زیستی، از مهم‌ترین مسائل و دغدغه‌ها در فرایند ارزیابی آثار محیط‌زیستی (*EIA*)[1] طرح‌ها و پروژه‌هاست (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹). ارزیابی آثار بوم‌شناختی بسیار پیچیده و مستلزم پیش‌بینی و برآورد همهٔ آثار محیط‌زیستی است و همواره با عدم قطعیت همراه است. مسئلهٔ اصلی در خصوص ارزیابی آثار بوم‌شناختی این است که نمی‌توان آن‌ها را در یک الگوریتم فرموله کرد، زیرا عناصر حیاتی و هم‌کنشی‌های آن‌ها را نمی‌توان به طور کامل و غیرمبهم (صریح)[2] مشخص کرد.

از طرف دیگر، ناهمگونی فضایی سیستم‌های بوم‌شناختی و پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری کار ارزیابی را

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۹۳۶۲۳۴۸۹۳۸ Email: vfaramarzy@gmail.com

Archive of SID
D.ir

دشوارتر کرده‌اند (Bojorquez-Tapia et al., 2002) بدین جهت مفهوم آثار محیط‌زیستی اغلب مبهم است (Maria Valente et al., 2011). عدم قطعیت، به وضعیتی اطلاق می‌شود که به علت نبود داده‌های کافی، احتمال وقوع رویدادها قابل اندازه‌گیری نیست (قاسمی و محمودزاده، ۱۳۸۹). اطلاعات استفاده‌شده برای تحلیل اهمیت آثار معمولاً از نتایج بررسی‌های میدانی و در اغلب موارد از آرای تخصصی کارشناسان جمع‌آوری شده است. بدین ترتیب که معمولاً آرای کارشناسان متخصص در خصوص برخی ویژگی‌های عمدهٔ آثار شامل شدت، دامنه، تداوم، احتمال وقوع و برگشت‌پذیری أخذ شده است و وارد روش(های) مورد نظر ارزیابی می‌شود. این اطلاعات بیشتر به صورت کیفی‌اند (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹)، زیرا هر ارزیاب اول کیفی فکر یا ارزیابی می‌کند (مخدوم، ۱۳۸۷) و در دامنه‌ای از پیش تعریف شده که ویژگی حرفی یا توصیفی دارند، بیان می‌شوند. اطلاعاتی که بدین ترتیب در روش‌های ارزیابی رایج در ایران، به ویژه در ماتریس ارزیابی یا سایر روش‌های مشابه وارد می‌شوند، یا به شکل داده‌های اسمی‌اند (بسیار کم تا بسیار زیاد) که با اعدادی در دامنه‌های از پیش معین شده (مانند دامنهٔ ۱ تا ۳، یا ۱ تا ۵) تعریف می‌شوند یا به شکل نمادهایی‌اند که حاوی اطلاعاتی در زمینهٔ مجموعهٔ ویژگی‌های خاص اثر مورد نظرند (مانند قطعی، دایمی، درازمدت، برگشت‌پذیر و از این قبیل) (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹).

در فرایند ارزیابی آثار توسعه عامل مشکل‌ساز، مفهوم معنی‌داربودن است. واژهٔ معنی‌داربودن را به طور معمول در قوانین محیط‌زیست و مقررات آن می‌توان یافت. گاهی اوقات این واژه تعریف و گاهی بدون تعریف رها می‌شود. تعریف معنی‌داربودن تنها مورد قطعی است که بعضی از پیشنهاددهندگان پروژه آن را دوست دارند و دیگران آن را نمی‌پسندند. در ارزیابی آثار توسعه همه چیز به مفهوم معنی‌داربودن وابسته است که در هر مرحله از ارزیابی آثار توسعه یافت می‌شود، اما نمی‌توان آن را به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد. این مفهوم عامل مهم به وجودآورندهٔ اختلاف‌نظر هنگام ارزیابی آثار توسعه است. ماهیت ذهنی معنی‌داربودن، غیرممکن‌بودن جمع‌آوری حجم زیادی داده در خصوص شرایط پایه و عدم قطعیت پیش‌بینی وضعیت آینده بر اساس گزینه‌های مختلف پروژه همگی دلایل نیاز به جایگزینی روش‌های سنتی ارزیابی آثار توسعه با روش‌های نوین‌اند. بعضی از ارزیابی‌های آثار توسعه در محیط با شناسایی و پیش‌بینی آثار بالقوه پایان می‌یابند و در آن‌ها معنی‌داربودن این آثار مد نظر قرار نمی‌گیرد. البته معنی‌داربودن همیشه در خصوص محیط مورد نظر و طرح توسعهٔ مورد بحث مطرح است و باید مبنایی برای تصمیم‌گیری منطقی فراهم آورد. با این حال، یک مشکل عمده در این خصوص وجود دارد: معنی‌داربودن قضاوت ارزشی است و نمی‌توان آن را به شکل عینی اندازه‌گیری کرد. معنی‌داربودن مفهوم ذهنی است (ب شپارد، ۲۰۰۵)، به طور کلی هر یک از فرایندهای ارزیابی آثار محیط‌زیستی بر اساس تکنیک‌های ریاضی سعی در بومی‌سازی، توصیف و ارزیابی آثار مثبت و منفی دارند (Blanco Moron et al., 2008)، روش‌های رسمی زیادی برای بررسی معنی‌داربودن آثار محیط‌زیستی گزینه‌های مختلف ارائه شده است. تقریباً همهٔ این روش‌ها شامل مقیاس‌گذاری، وزن‌دهی و جمع‌کردن یا ترکیبی از این سه می‌شوند (ب شپارد، ۲۰۰۵). عمده‌ترین روش‌ها در دنیا شامل ماتریس، روی‌هم‌گذاری، چک‌لیست و تجزیه و تحلیل سیستمی است (Canter, 1996).

مشکل اصلی مدل‌های *EIA* ناتوانی در مدیریت اطلاعات کیفی است به طوری که استنتاج فازی از این مشکلات جلوگیری می‌کند (Blanco Moron et al., 2008). نظریهٔ مجموعه‌های فازی[3] و منطق فازی[4]، به‌منزلهٔ نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ابهام[5] و عدم قطعیت[6] فرایندهای شناختی انسانی، ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی به شمار می‌روند. این نظریه را نخستین بار پروفسورزاده (L. A. Zadeh) دانشمند ایرانی کالیفرنیا

Archive of SID
www.SID.ir

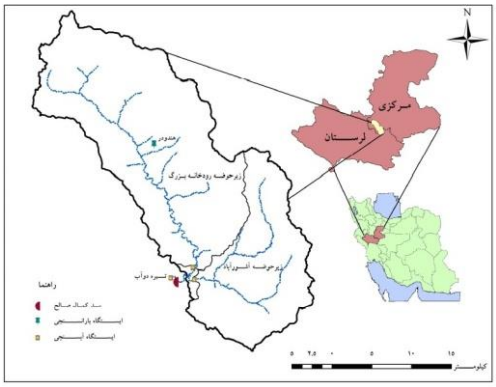
در سال ۱۹۶۵ مطرح کرد و زمینه‌های بسیاری از علوم مختلف مانند طبیعی، زیستی، علوم اجتماعی، مهندسی، علوم رایانه، علوم سیستمی، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری را فرا گرفته است (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴). منطق فازی به علت توانایی رقابت با هوشمندی انسانی و رهیافت سامانه‌ای خود در بررسی شرایط و موقعیت‌های مبهم که ریاضیات متعارف چندان کارایی ندارد، ابزار تکنیکی طبیعی‌ای را برای ارزیابی پدیده‌ها و امور فرآهم آورده است (Andriantiatsaholiniaina et al., 2004). نظریه و منطق فازی ابزاری علمی است که امکان و اجازهٔ شبیه‌سازی پویایی سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضیاتی مفصل و با استفاده از داده‌های کمی و کیفی پدید آورده است (Plillis & Andriantiatsaholiniaina, 2001). منطق فازی روشی را برای طیف متنوع و گسترده‌ای از اطلاعات داده‌های عینی، اطلاعات کمی، نظرها و قضاوت‌های ذهنی به یک زبان طبیعی برای توصیف آثار محیط فرآهم می‌آورد. منطق فازی روشی قدرتمند برای طبقه‌بندی شرایط محیط‌زیستی و توصیف طبیعی و انسان‌منشأ است. منطق فازی توانایی کمی‌سازی و طبقه‌بندی آثار محیط‌زیستی با ماهیت ذهنی را دارد. منطق فازی را می‌توان برای حل مسائل عمومی از قبیل مشاهدات ناسازگار و قضاوت‌های غیرصریح به کار برد (Silvert, 2000). هدف اصلی روش استنتاج فازی برای *EIA* محاسبهٔ اهمیت اثر بر مبنای منطق فازی است، به این دلیل نیاز است کاربر برای متغیرهای ورودی و خروجی خود متغیرهای زبان‌شناختی تعریف کند (صالحی و مرادی، ۱۳۹۰).

پیسالرو و ترندبت (۲۰۱۲) با استفاده از مدل فازی به ارزیابی آثار کارخانه با توجه به مؤلفه‌های آب، خاک و هوا اقدام کردند. بلانکو مورون و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از منطق فازی، نرم‌افزاری برای ارزیابی آثار محیط‌زیستی طراحی کردند. لیو و یو (۲۰۰۹) با استفاده از منطق فازی به ارزیابی پروژهٔ ریلی تایوان اقدام کردند، در این مطالعه ۱۰ نشانگر و ۲۷ زیرنشانگر مشخص شدند به این صورت که برای ارزیابی سه عامل محیط‌زیستی، بوم‌شناسی و اقتصادی- اجتماعی و برای هر کدام چندین نشانگر و زیرنشانگر تعریف شده است. منطق فازی برای تعیین و رتبه‌بندی اهمیت اثر به‌منزلهٔ روشی در ارزیابی داده‌های کیفی اصلی‌ترین هدف این مطالعه به شمار می‌رود به همین جهت در خصوص کارایی روش استنتاج منطق فازی در مقایسه با روش ماتریس ریاضی بحث شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. منطقهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ سد کمال صالح با طول ۴۹ درجه و ۴ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه و ۱۱ ثانیه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۳۳ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۵۵ دقیقه و ۵۵ ثانیه شمالی، با مساحت ۶۵۵ کیلومترمربع در جنوب‌غرب استان مرکزی و شمال‌شرق استان لرستان قرار دارد و جزء سرشاخه‌های رودخانهٔ تیرهٔ لرستان به حساب می‌آید. سد کمال صالح در فاصلهٔ ۷۴ کیلومتری اراک و ۴۶ کیلومتری جنوب شهرستان شازند روی رودخانهٔ تیره احداث شده است. این سد از نوع سنگریزه‌ای با هستهٔ رسی و هدف از احداث آن تأمین و انتقال آب مورد نیاز مراکز صنعتی و اراضی کشاورزی در منطقه است. ارتفاع بیشینهٔ این آبخیز ۲۹۶۰ متر، ارتفاع کمینه ۱۸۴۰ متر، ارتفاع متوسط ۲۱۵۷ متر و شیب متوسط حوضه ۱۲/۸ درصد است. میانگین نزولات سالانه حدود ۵۰۰ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه حدود ۱۱ درجهٔ سانتی‌گراد است. شکل ۱ موقعیت حوضهٔ سد کمال صالح را نشان می‌دهد (نجفی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۱. موقعیت حوضهٔ سد کمال صالح

(منبع: نجفی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰)

Archive of SID
www.SID.ir

۲. ۲. روش مطالعه

این پژوهش در سال ۱۳۸۸ شکل گرفت که در آن زمان سد به تازگی آبگیری شده و مطالعات دقیق‌تر منوط به صرف زمان برای آبگیری کامل و تحت تأثیر قراردادن منطقهٔ زیر آب سد طی زمان آتی بود. به همین علت در صورت وجود سد مبنای مطالعه در نظر گرفته شد و تنها پیش‌بینی صورت گرفت. در این مطالعه پس از بومی‌سازی در مرحلهٔ اجرا و عدم اجرا از روش ماتریس ریاضی[۷] (Bojorquez-Tapia et al., 1998) استفاده شد، به طوری که این ماتریس از دو بخش نمایهٔ پایه[۸] و نمایهٔ مکمل[۹] تشکیل شده که هر نمایه دربرگیرندهٔ ۳ معیار است. از این دو نمایه با استفاده از رابطهٔ ریاضی در نهایت به اهمیت اثر هر یک از فعالیت‌ها روی محیط‌زیست دست یافتیم و در روش منطق فازی، نمایه‌های ماتریس ریاضی ذکرشده فقط در مرحلهٔ اجرای سد کمال صالح به‌منزلهٔ ورودی سیستم استنتاج فازی در نظر گرفته و استفاده شد. خروجی استنتاج منطق فازی همان اهمیت اثر هر یک از فعالیت‌ها روی محیط‌زیست است و در نهایت کارایی اهمیت اثر دو روش ذکرشده تنها در مرحلهٔ اجرا با هم مقایسه شدند.

۳. روش ماتریس ریاضی

۳. ۱. طبقه‌بندی معیارها

از آنجا که در زبان فارسی می‌توانیم ۵ صفت بیانی برای طبقه‌بندی هر معیار برگزینیم (مخدوم، ۱۳۸۷)، معیارها در ۵ طبقه طبق جدول ۱ امتیاز می‌گیرند. در این روش، برای معیارهای مثبت یا منفی با ارزش خیلی زیاد نمرهٔ ۵، ارزش زیاد نمرهٔ ۴، ارزش متوسط نمرهٔ ۳، ارزش کم نمرهٔ ۲ و برای ارزش خیلی کم نمرهٔ ۱ و برای معیار بی‌اثر نمرهٔ صفر در نظر گرفته شد.

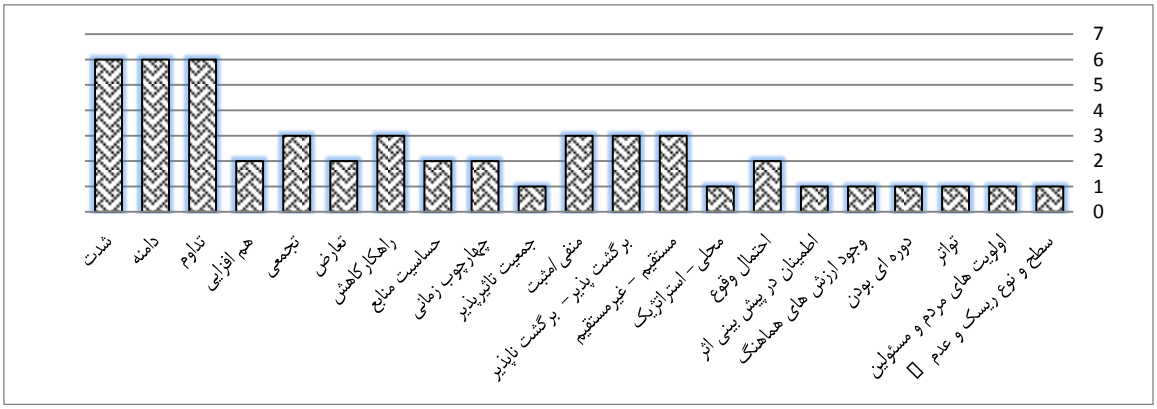
۳. ۲. انتخاب معیارهای مناسب برای بررسی اهمیت آثار محیط‌زیستی

معنی‌داری از ارزیابی نوع و جهت اثر، بزرگی، مدت، وسعت و دیگر خصوصیات آن به دست می‌آید (ب شپارد، ۲۰۰۵). برای این منظور، معیارهای موجود و میزان تکرار آن‌ها در مطالعه‌های مختلف بررسی شده‌اند که نتایج آن‌ها در نمودار ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. نحوهٔ امتیازدهی به معیارها در ۵ طبقه

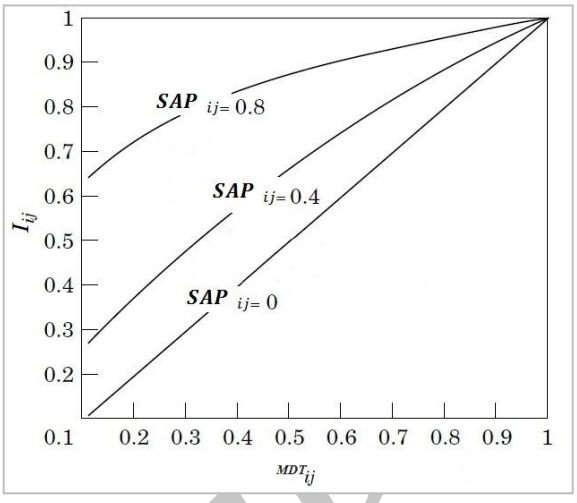
علامت اختصاری	صفت بیانی	ارزش کمی (امتیاز)	معیار احتمال وقوع (درصد)
(*VL*) Very Low	خیلی کم	۱	کمتر از ۲۰ درصد
(*L*) Low	کم	۲	۲۰–۴۰
(M) Moderate	متوسط	۳	۴۰–۶۰
(*H*) High	زیاد	۴	۶۰–۸۰
(*VH*) Very High	خیلی زیاد	۵	قطعی

(منبع: نگارنده)



نمودار ۱. معیارهای موجود در برآورد اهمیت آثار محیط‌زیستی (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹)

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۲. تابع غیرخطی نمایهٔ پایه MDT_{ij} و نمایهٔ مکمل SAP_{ij}

در این میان معیارهای شدت، دامنه و تداوم اثر بیشترین تکرار را در برآورد اهمیت آثار محیط‌زیستی داشته‌اند (خدابخشی و جعفری، ۱۳۸۹). در نهایت پس از بررسی جدول‌ها و میزان تکرار معیارها، همچنین مطابقت با روش‌های ارزیابی در ایران (مهندسان مشاور سامانه‌های محیطی، ۱۳۸۳)، معیارهای بزرگی اثر (M_{ij})[۱۰] تداوم اثر (D_{ij})[۱۱] و زمان وقوع اثر (T_{ij})[۱۲] به‌منزلهٔ مؤلفه‌های نمایهٔ پایه MDT_{ij} (رابطهٔ ۱) و معیارهای آثار هم‌افزایی (S_{ij})[۱۳]، آثار تجمعی (A_{ij})[۱۴] و احتمال وقوع اثر (P_{ij})[۱۵] به‌منزلهٔ مؤلفه‌های نمایهٔ مکمل SAP_{ij} (رابطهٔ ۲) و معیار ماهیت اثر (N_{ij})[۱۶] (نمادهای + و − به ترتیب بیان‌کنندهٔ مطلوب و نامطلوب‌بودن اهمیت اثر (I_{ij})[۱۷]) در نظر گرفته و فرمول‌ها بر اساس مدل بومی در محدودهٔ (۰− ۵) بازنویسی شدند:

$$MDT_{ij} = \frac{M_{ij} + D_{ij} + T_{ij}}{15}$$ رابطه (۱)

$$SAP_{ij} = \frac{S_{ij} + A_{ij} + P_{ij}}{15}$$ رابطه (۲)

$$I_{ij} = MDT_{ij}^{1-SAP_{ij}}$$ رابطه (۳)

از آنجا که نمایهٔ پایه طی هیچ شرایطی نمی‌تواند بی‌اثر یا خنثی (صفر) باشد آنگاه ارزش $3/15 \le MDT_{ij} \le 1$ و نمایهٔ مکمل نیز $0 \le SAP_{ij} \le 1$ خواهد بود که در نمودار ۲ قابل مشاهده است.

زمانی $I_{ij} = MDT_{ij}$ خواهد بود که نمایهٔ مکمل $SAP_{ij} = 0$ باشد و اگر $SAP_{ij} \ge 0$ باشد آنگاه $I_{ij} > MDT_{ij}$ خواهد شد (Bojorquez et al., 1998).

در نهایت ارزش هر اثر (+ یا −) از طریق رتبه‌بندی جدول ۲ صورت گرفت.

جدول ۲. رتبه‌بندی نهایی اهمیت آثار

نوع اثر	$I_{ij} = X$
VL	۰٫۲ ≤ X < ۰٫۳۶
L	۰٫۳۶ ≤ X < ۰٫۵۲
M	۰٫۵۲ ≤ X < ۰٫۶۸
H	۰٫۶۸ ≤ X < ۰٫۸۴
VH	۰٫۸۴ ≤ X ≤ ۱

(منبع: نگارنده)

۴. ارزیابی آثار محیط زیستی با روش استنتاج منطق فازی[۱۸]

منطق فازی نظریهٔ ریاضی مرسوم برای بیان پیچیدگی، عدم حتمیت و مسائل غیرساختاری است. در مقایسه با منطق کلاسیک که تنها به درستی یا نادرستی (ارزش قطعی) ارزش می‌پردازد، منطق فازی درجه‌های متفاوتی از درستی را می‌تواند بین گزینهٔ صحیح و غلط بیان کند. مجموعهٔ فازی تابعی است که می‌تواند ارزش ممکن عدد یک مجموعه را بین دو عدد صفر و یک به‌منزلهٔ درجه‌ای از عضویت نشان دهد. درجهٔ عضویت[۱۹] صفر نشان‌دهنده این است که ارزش تعلقی به مجموعه ندارد و درجهٔ عضویت یک نشان می‌دهدکه عضویت کامل به مجموعه دارد که به زبان ریاضی:

رابطه (۴)

$$A = \{(x, \mu_A(x),) \forall_x \in A, \mu_A \in [0,1]\}$$

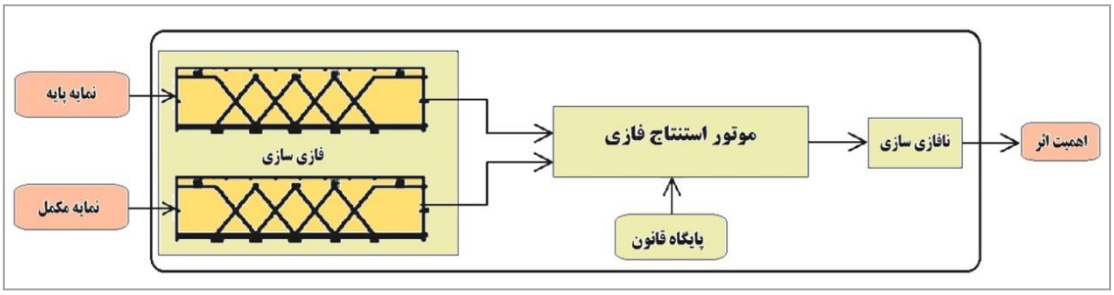
در اینجا $\mu_x(x)$ تابع عضویت است که درجهٔ عضویت هر عنصر x در A متعلق به مجموعهٔ فازی A را مشخص می‌کند (Bojorquez-Tapia et al., 2002). به عبارت دیگر، درجهٔ عضویت عناصر در یک مجموعه

Archive of SID
www.SID.ir

عبارت است از میزان وجود صفت مشخص‌کنندهٔ مجموعه در هر عنصر که عددی بین صفر و یک است. عنصری که یک صفت را به طور کامل داشته باشد، درجهٔ عضویت یک و عنصری که هیچ اثری از آن صفت را نداشته باشد، درجهٔ عضویت صفر و سایر عناصر نیز عددی متناسب بین صفر و یک خواهند داشت. مشخص است که بر اساس این تعریف، حالت قطعی با اطمینانی که در مجموعه‌های معمولی در خصوص عضویت هر عنصر وجود دارد، از بین می‌رود و به جای آن، عددی قرار می‌گیرد که نمایانگر میزان عضویت عنصر در مجموعه است. در تعریف مجموعه‌های فازی، تابع عضویت یک مجموعه را کاربرد آن تعیین می‌کند و ممکن است دو مجموعه با صفت‌های یکسان، به علت اختلاف در کاربرد، به اعضای خود درجهٔ عضویت‌های متفاوتی نسبت دهند. بدین ترتیب، درستی یا نادرستی گزاره‌ها در منطق بولین جای خود را به درستی، با ارزش مشخص (درجهٔ عضویت) می‌دهد (پزشکی و زرافشان، ۱۳۸۷) که این مسئله هدفی مهم در برآورد اهمیت اثر محیط‌زیستی در این مطالعه است. به طور کلی، فرایند ارزیابی استنتاج منطق فازی (شکل ۲) شامل سه مرحله است: ۱. فازی‌سازی، ۲. استنتاج و ۳. نافازی‌سازی (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴).

الف) فازی‌سازی[20]

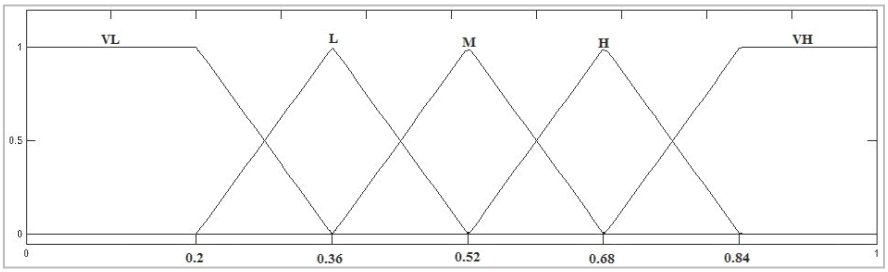
ضرورت اصلی در طراحی یک سیستم خبرهٔ فازی، انتخاب توابع عضویت با کارایی بالا برای متغیرهای زبان‌شناختی (جدول ۱) و تعریف مجموعه‌های فازی ورودی است (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴). در فازی‌سازی نمایه‌های قطعی به متغیر فازی، با تعیین طبقات نمایه‌ها در هر طبقه انجام می‌شود. تابع حاصل تابع عضویت[21] نامیده می‌شود. بدین ترتیب، با تعریف توابع عضویت، می‌توان درجهٔ عضویت هر نقطه را در مجموعه تعیین کرد (منعم و همکاران، ۱۳۸۶). مجموعه‌های فازی میزان ابهام عضویت یک مقدار را به شکل کمی درمی‌آورند، زیرا میزان عضویت و عدم عضویت هر مقدار را به شکل تدریجی نشان می‌دهند (ب شپارد، ۲۰۰۵). انواع مختلفی از توابع عضویت در مطالعات به کار رفته، اما در بیشتر مسائل کاربردی از توابع مثلثی[22] و ذوزنقه‌ای[23] استفاده شده است (منعم و همکاران، ۱۳۸۶). این توابع نسبت به دیگر توابع در به تصویر کشیدن و انتقال مفاهیم و روش‌شناسی قابلیت بیشتری دارند (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴). با توجه به ماهیت مطالعهٔ حاضر، از توابع به صورت مثلثی و ذوزنقه‌ای استفاده شد. برای اینکه بتوان اهمیت اثر به‌دست‌آمده از طریق روش فازی را با روش ماتریس ریاضی مقایسه کرد، گروه کارشناسی تصمیم گرفت ارزش‌های زبانی[24] مشابه دامنه‌های ماتریس ریاضی (خیلی‌کم: VL، کم: L، متوسط: M، زیاد: H و خیلی‌زیاد: VH)، به‌منزلهٔ متغیرهای زبان‌شناختی[25] و دامنه‌های فازی هر نمایهٔ ورودی (پایه و مکمل) و اهمیت اثر تعریف شوند و ترسیم توابع عضویت آن‌ها بر این اساس شکل گرفت (جدول ۳ و شکل ۳).



شکل ۲. سیستم استنتاج فازی EIA

(منبع: نگارنده)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. مجموعهٔ فازی، ارزش‌های زبانی و توابع عضویت مربوط به نمایهٔ پایه، نمایهٔ مکمل و اهمیت اثر

(منبع: نگارنده)

جدول ۳. توابع عضویت مربوط به نمایه‌های پایه و مکمل و اهمیت اثر برای به دست آوردن درجهٔ عضویت

نوع تابع	تابع عضویت
خیلی کم	$\mu_{VL}=\begin{bmatrix}1 & 0\le x\le 0.2\\ -6.25x+2.25 & 0.2\le x\le 0.36\end{bmatrix}$
کم	$\mu_{L}=\begin{bmatrix}6.25x-1.25 & 0.2\le x\le 0.36\\ -6.25x+3.25 & 0.36\le x\le 0.52\end{bmatrix}$
متوسط	$\mu_{M}=\begin{bmatrix}6.25x-2.25 & 0.36\le x\le 0.52\\ -6.25x+4.25 & 0.52\le x\le 0.68\end{bmatrix}$
زیاد	$\mu_{H}=\begin{bmatrix}6.25x-3.25 & 0.52\le x\le 0.68\\ -6.25x+5.25 & 0.68\le x\le 0.84\end{bmatrix}$
خیلی زیاد	$\mu_{VH}=\begin{bmatrix}6.25x-4.25 & 0.68\le x\le 0.84\\ 1 & 0.84\le x\le 1\end{bmatrix}$

(منبع: نگارنده)

ب) استنتاج

مهم‌ترین بخش در روش استنتاج فازی ساختن پایگاه قانون[۲۶] است. هدف از نوشتن این قوانین تعریف گزاره‌های مختلف و متنوع است که از ترکیب حالات مختلف تعریف‌شده برای هر نمایه (پایه و مکمل) به دست می‌آید. این گزاره‌ها با جملات شرطی «اگر ...، آن‌گاه ...»[۲۷] تعریف می‌شوند که پس از تعریف همهٔ حالات، پایگاه دانش[۲۸] ارزیابی آثار محیط‌زیستی شکل می‌گیرد (پایگاه دانش مجموعه‌ای از قوانین بنیانی است که در آن، متغیرهای زبانی به کار می‌روند). ملاک تصمیم‌گیری بر اساس ملاک «اگر- آنگاه» است، در اینجا «اگر»، مقدم[۲۹] و «آن‌گاه»، نتیجه[۳۰] خوانده می‌شود (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۸۷؛ شکیبایی، ۱۳۸۷). مثالی از قواعد اگر- آنگاه استفاده‌شده در مدل:

۱. اگر نمایهٔ پایه کم باشد و نمایهٔ مکمل زیاد باشد آنگاه اهمیت اثر زیاد است.

۲. اگر نمایهٔ پایه خیلی زیاد باشد و نمایهٔ مکمل خیلی کم باشد آنگاه اهمیت اثر خیلی زیاد است.

۳. اگر نمایهٔ پایه **خیلی زیاد** باشد و نمایهٔ مکمل **زیاد** باشد آنگاه اهمیت اثر **خیلی زیاد** است.

تعداد قواعد مورد نیاز برای سیستم استنتاج فازی ارزیابی آثار محیط‌زیستی در محدوده‌های تعریف‌شده، به تعداد نمایه‌ها و تعداد طبقات هر نمایه بستگی دارد و از رابطهٔ ۵ محاسبه می‌شود:

$$I=K_1\times\ldots\times K_2\times K_n \qquad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه I تعداد قواعد، n تعداد نمایه و k تعداد

Archive of SID
www.SID.ir

طبقات هر نمایه را نشان می‌دهد (منعم و همکاران، ۱۳۸۶). در این مطالعه با توجه به تعریف دو نمایهٔ اصلی و پنج طبقه برای هر نمایه، ارزیابی جامع در تمامی طبقات باید با تشریح 5^2 قانون انجام شود (جدول ۴). در سیستم استنتاج فازی ارزیابی اهمیت آثار محیط‌زیستی، مقادیر هر یک از نمایه‌های ارزیابی متعلق به دو طبقه است، بنابراین برای استنتاج نهایی، تعداد قواعد مورد نیاز $2^2=4$ است (قوانین چهارگانه). با استفاده از ورودی‌های فازی‌شده و قوانین چهارگانه بر اساس «قانون ترکیبی استنتاج» (CRI)[31] طی دو مرحله استنتاج می‌کنیم (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴ و طاهری، ۱۳۸۴).

مرحلهٔ اول که به فرایند استلزام[32] معروف است، بر اساس مقادیر درجهٔ عضویت مقدم[33] هر قانون، برای ترم زبانی بخش نتیجه[34] نیز درجه‌ای از عضویت محاسبه می‌شود. روش‌های استلزام برای محاسبهٔ درجهٔ عضویت نتیجه فراوان‌اند. از جمله معروف‌ترین و رایج‌ترین آن‌ها می‌توان به روش‌های استلزام مَمدانی[35] و روش استلزام سوگنو[36] برای بیان «و»[37] منطقی اشاره کرد که در قسمت مقدم‌های قوانین استفاده می‌شوند (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴). در مدل مَمدانی برای ترکیب درجات عضویت فازی توابع ورودی از عمل‌گرهای AND و OR استفاده می‌شود. در روش سوگنو بخش «آنگاه» قواعد فازی به صورت رابطه‌ای ریاضی تعریف و خروجی‌ها با مقادیر حقیقی ایجاد می‌شوند. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که در این روش از مزایای استنتاج فازی کمتر استفاده می‌شود. شایان توضیح است که روش سوگنو بیشتر در مسائل دارای ماهیت خطی و بهینه‌سازی به کار گرفته شده است. در این بخش از روش حداقل- حداکثر مَمدانی که به علت ساختار مؤثر و ساده بیشترین کاربرد را در مسائل علمی پیدا کرده است، استفاده شد. در این روش که برای قواعد عطفی به کار می‌رود، از میان درجهٔ عضویت انواع ورودی‌های یک قاعدهٔ فازی در هر محدوده، کمترین درجهٔ عضویت انتخاب و به خروجی منتقل می‌شود (از عملگر min برای بیان «و» در قسمت مقدم‌های قوانین استفاده می‌شود)، این کار برای تمامی قواعد در کل محدودهٔ تغییرات متغیرها تکرار می‌شود و متغیر فازی خروجی به دست می‌آید (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴؛ کریمی و همکاران، ۱۳۸۸؛ منعم و همکاران، ۱۳۸۶). مرحلهٔ دوم استنتاج، ترکیب نتایج فازی چهار قانون استفاده‌شده و تولید خروجی واحدی برای ارزیابی اهمیت اثر در قالب یک مجموعه فازی است (منعم و همکاران، ۱۳۸۶).

جدول ۴. (پایگاه قانون) قواعد زبانی (فازی) مربوط به استنتاج فازی

نمایهٔ مکمل \ نمایهٔ پایه	VL	L	M	H	VH
VL	VL	L	M	H	VH
L	L	L	M	H	VH
M	M	M	M	H	VH
H	H	H	H	H	VH
VH	VH	VH	VH	VH	VH

(منبع: نگارنده)

ج) نافازی‌سازی (قطعی سازی)[38]

نتیجهٔ نهایی فرایند استنتاج، خروجی فازی است. برای استفادهٔ عملی و امکان به‌کارگیری آن در ارزیابی و تصمیم‌گیری لازم است که خروجی از حالت فازی به مقداری قطعی برگردانده شود. این قسمت از فرایند استنتاج که به نافازی‌سازی معروف است، در واقع واحدی است که به صورت تابع از یک مجموعهٔ فازی به یک مقدار قطعی عمل کرده است.

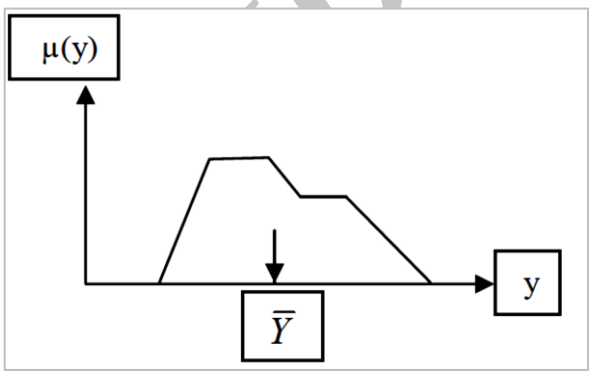
روش‌های متنوع و زیادی برای نافازی‌سازی خروجی فازی فرایند استنتاج نیز توسعه یافته‌اند، همچون روش‌های مرکز ثقل[39]، مرکز مجموع‌ها، ارتفاع، مرکز بزرگ‌ترین سطح و متوسط ماکسیمم، که از میان آن‌ها دو روش مرکز ثقل و نافازی‌سازی ارتفاع[40] کاربرد بیشتری دارند. در این مطالعه از روش مرکز ثقل استفاده شد. روش مرکز ثقل که اولین بار از سوی سوگنو معرفی شد، مقدار قطعی نهایی، در واقع

Archive of SID
www.SID.ir

مرکز زیرسطح منحنی در مجموعه‌های فازی نهایی است (امینی‌فسخودی، ۱۳۸۴؛ پزشکی و زرافشان، ۱۳۸۷). در این روش با توجه شکل ۴ مقدار قطعی خروجی (در این مطالعه همان اهمیت اثر است) از رابطهٔ ۶ محاسبه می‌شود:

$$\bar{Y} = \frac{\int y\mu(y)dy}{\mu(y)dy} \qquad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن y مقدار خروجی $\mu(y)$ درجهٔ عضویت خروجی y و $\bar{Y}$ مقدار حقیقی خروجی است.



شکل ۴. روش نافازی‌سازی مرکز ثقل

(منبع: منعم و همکاران، ۱۳۸۶)

به طور کلی برای ارزیابی با استفاده از روش منطق فازی، ابتدا نمایه‌های ورودی و خروجی ارزیابی آثار محیط‌زیستی مشخص (نمایه‌های پایه و مکمل)، سپس نمایه‌های مورد نظر فازی‌سازی و با تشریح قواعد ارزیابی آثار محیط‌زیستی، با استفاده از روش نافازی‌سازی مرکز ثقل، یافته‌های ارزیابی آثار ارائه شده است (منعم و همکاران، ۱۳۸۶).

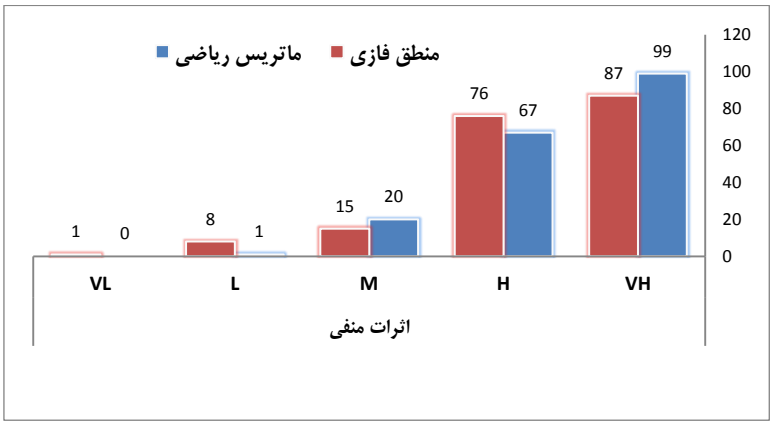
۵. نحوهٔ ارزیابی آثار محیط‌زیستی از طریق دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی

در این مطالعه ارزیابی آثار محیط‌زیستی بر اساس دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی به طور جداگانه صورت گرفت. بدین صورت که مؤلفه‌های محیط‌زیست و فعالیت‌ها در سد کمال صالح، در سه محیط بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فیزیکی فقط در مرحلهٔ اجرایی برای مقایسهٔ دو روش و کارایی آن‌ها بر مبنای دو نمایهٔ پایه و مکمل که در مجموع شامل ۶ معیار و نوع آثار (مثبت و منفی) است، انجام شد. یافته‌ها در روش ماتریس ریاضی به اهمیت اثر (I_{ij}) بر اساس رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ منتهی شد و در روش منطق فازی هر دو نمایه (پایه و مکمل) به‌منزلهٔ ورودی استنتاج فازی به یک عدد نافازی و قطعی‌شده تبدیل شدند. در نهایت خروجی هر دو روش (اهمیت اثر) طبقه‌بندی شد. اهمیت اثر به‌دست‌آمده از طریق روش ماتریس ریاضی بر اساس محدودهٔ جدول ۲ و خروجی نافازی‌شده (اهمیت اثر) بر اساس توابع عضویت اهمیت اثر (جدول ۳) طبقه‌بندی شدند. به طوری که خروجی فازی حداقل به یک متغیر زبانی (با درجهٔ عضویت ۱) و حداکثر به دو متغیر زبانی با درجه‌های عضویت متفاوت (بین صفر و یک) طبقه‌بندی شد.

۶. یافته‌ها

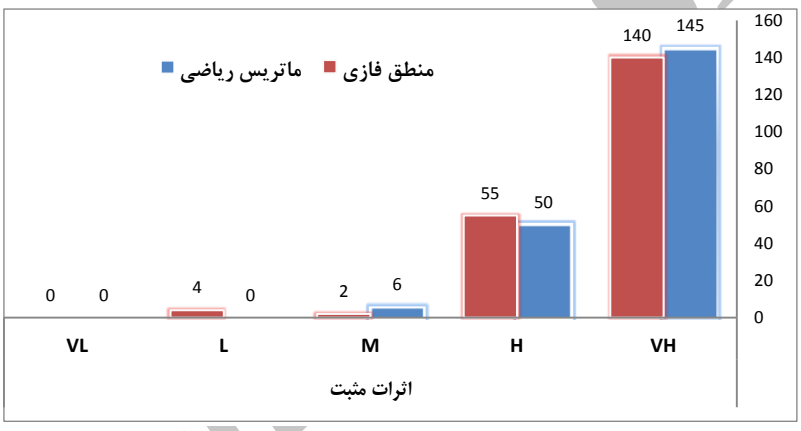
در این مطالعه محاسبهٔ اهمیت آثار برای سد کمال صالح ابتدا با استفاده از ۶ معیار (نمایهٔ پایه و مکمل) در سه محیط بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فیزیکی در مرحلهٔ اجرا و عدم اجرای سد با استفاده از روش ماتریس ریاضی در نرم‌افزار اکسل برآورد و در دامنه‌های تعریف‌شده (جدول ۲) طبقه‌بندی شدند. سپس، برای استنتاج فازی، نمایه‌های محاسبه‌شده برای هر اثر در ماتریس ریاضی با همان مشخصات و معیارهای تعریف‌شده به‌منزلهٔ ورودی سیستم استنتاج فازی *EIA* در نظر گرفته شدند، سپس با استفاده از جعبهٔ ابزار فازی نرم‌افزار Matlab Ver R2012a اهمیت آثار محیط‌زیستی در سه محیط بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی و فیزیکی فقط در مرحلهٔ اجرای سد محاسبه و بر اساس درجهٔ عضویت (جدول ۲) طبقه‌بندی شدند که یافته‌های دو روش ذکرشده در قالب نمودارهای زیر آمده است.

Archive of SID
www.SID.ir



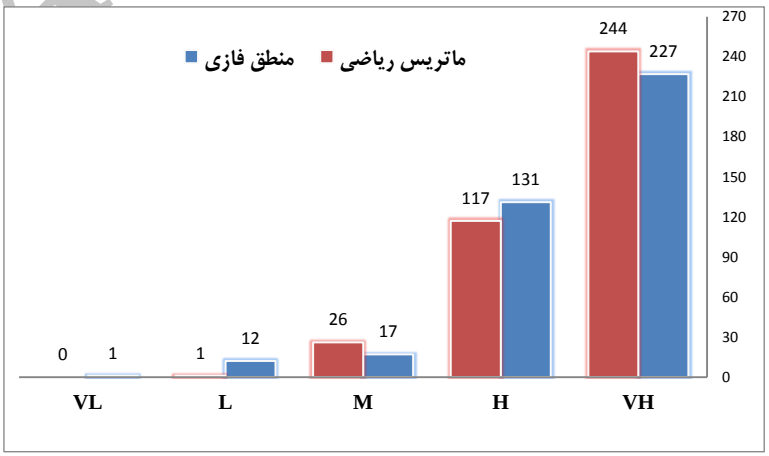
نمودار ۳. مقایسهٔ تعداد اهمیت طبقه‌بندی‌شدهٔ آثار منفی ارزیابی آثار مرحلهٔ اجرای سد کمال صالح در دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی

(منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۴. مقایسهٔ تعداد اهمیت طبقه‌بندی‌شدهٔ آثار مثبت ارزیابی آثار مرحلهٔ اجرای سد کمال صالح در دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی

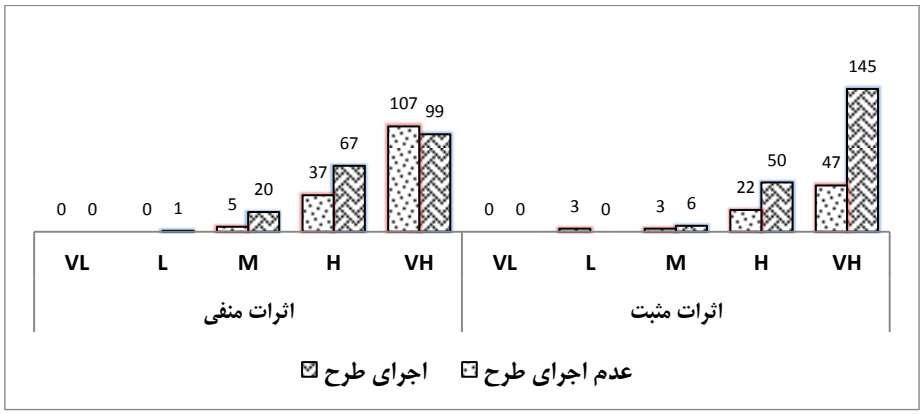
(منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۵. مقایسهٔ مجموع عددی کل اهمیت آثار (مثبت و منفی) ارزیابی آثار مرحلهٔ اجرای سد کمال صالح دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی

(منبع: یافته‌های تحقیق)

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار ۶. مقایسهٔ تعداد آثار مثبت و منفی اجرا و عدم اجرای طرح در ۵ طبقه (روش ماتریس ریاضی)

(منبع: یافته‌های تحقیق)

۷. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی نمودارهای ۳، ۴ و ۵ میزان تفاوت در تعداد متغیرهای زبانی دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی (خیلی کم: VL، کم: L، متوسط: M، زیاد: H و خیلی زیاد: VH) کاملاً مشهود است. این تفاوت‌ها ناشی از نوع تصمیم‌گیری است. مثال‌هایی از این تفاوت تصمیم‌گیری با جزئیات، در دو روش ماتریس ریاضی و استنتاج منطق فازی در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. مثال‌هایی از تعیین اهمیت یک اثر در دو روش ماتریس ریاضی و منطق فازی

اثر	منطق فازی				ماتریس ریاضی	
	عدد قطعی I_{ij}	درجهٔ عضویت	طبقه	طبقهٔ نهایی	طبقه	I_{ij}
۱	۰/۲۷	۰/۵۶ ۰/۴۴	*VL* *L*	*VL*	*VL*	۰/۵۱
۲	۰/۸۲	۰/۸۵ ۰/۱۵	*VH* *H*	*VH*	*VH*	۰/۸۴۹
۳	۰/۲۴	۰/۷۷ ۰/۲۳	*VL* *L*	*VL*	*L*	۰/۴۳
۴	۰/۶۶	۰/۸۷ ۰/۱۳	*H* *M*	*H*	*H*	۰/۷۴
۵	۰/۳۶	۱ ۰	*VL* -	*VL*	*M*	۰/۵۷
۶	۰/۸	۰/۷۵ ۰/۲۵	*VH* *H*	*VH*	*H*	۰/۸۳
۷	۰/۸۲	۰/۸۵ ۰/۱۵	*VH* *H*	*VH*	*VH*	۰/۸۵
۸	۰/۲۲	۰/۸۶ ۰/۱۴	*VL* *L*	*VL*	*L*	۰/۴۵

(منبع: یافته‌های تحقیق)

Archive of SID
www.SID.ir

برای مثال، اثر شمارهٔ ۳، اهمیت اثر یک فعالیت روی یکی از مؤلفه‌های محیط‌زیست را نشان می‌دهد، به طوری که این مقدار برای ماتریس ریاضی I_{ij} = ۰/۴۳ است که در طبقه‌بندی محدودهٔ L (کم) قرار گرفته (جدول ۲) است. ارزیابی همین اثر از طریق منطق فازی بر خلاف ماتریس ریاضی که تنها به محدودهٔ مورد نظر به حالت صفر و یک نگاه می‌کند، در منطق فازی یک اثر به دو تابع عضویت با درجهٔ عضویت‌های متفاوت متعلق می‌شود. بر اساس توابع عضویت و نمودار متغیرهای زبانی خروجی سیستم استنتاج فازی (شکل ۲)، این دو درجهٔ عضویت به دو متغیر زبانی L و VL متعلق‌اند که به ترتیب درجهٔ عضویت‌های μ_L=۰/۲۳ و μ_{VL}=۰/۷۷ دارند. در نهایت بیشترین درجهٔ عضویت، تعیین‌کنندهٔ اهمیت اثر از نوع متغیر زبانی است، اما در ماتریس ریاضی متغیرهای زبانی تنها بین دو عدد محدود می‌شوند که در صورت اهمیت اثر در این محدوده به آن متغیرهای زبانی اطلاق می‌شوند. در ماتریس ریاضی در صورتی که عدد در مرز دو محدوده قرار گیرد (محدودهٔ بالا یا پایین) باز هم به همان محدوده تعلق دارد. اهمیت اثر به‌دست‌آمده بر اساس طبقهٔ ماتریس ریاضی می‌تواند بی‌اطمینانی ایجاد کند که در مرزهای محدوده‌های طبقه‌بندی بیشتر اهمیت دارد. وقتی متغیر X در حال افزایش است، میزان ارزش اثر هم از صفت خیلی کم (متغیر زبانی خیلی کم) تا صفت خیلی زیاد در حال تغییر و افزایش است که این وضعیت در جدول ۲ و شکل ۳ مشخص است. یعنی هر چه به سمت افزایش متغیر X پیش می‌رویم ارزش متغیر زبانی در هر طبقه افزایش می‌یابد که این مسئله در خروجی ماتریس به صورت طبقه‌ای مشاهده می‌شود، برای مثال در صورتی که متغیر، X = ۰/۵۳ باشد متعلق به طبقهٔ متوسط است و اگر متغیر X = ۰/۶۷ باشد حتی با اینکه افزایش عددی زیادی داشته است باز هم متعلق به همین طبقه است. از طرفی فقط با افزایش ۰/۰۱ در X = ۰/۶۷، اهمیت اثر از متوسط به زیاد تغییر می‌کند و فقط با کمترین افزایش دستخوش تغییر می‌شود، اما روش منطق فازی این مسئله را حل می‌کند و خروجی آن بر اساس درجهٔ عضویت معنا می‌گیرد، برای مثال در صورتی که خروجی منطق فازی $\bar{Y}$ = ۰/۶۷ باشد آنگاه منطق فازی برای دو تابع عضویت درجه‌ای از عضویت تعیین می‌کند و بی‌اطمینانی در طبقه‌بندی ماتریس ریاضی که به صورت منطق صفر و یک عمل می‌کند را (که سبب می‌شود دچار بی‌اطمینانی شویم)، بهبود می‌بخشد. با توجه به نمودار ۷ و توابع عضویت (جدول ۳)، به متغیر زبانی متوسط درجهٔ عضویت μ_M = ۰/۰۶ و به متغیر زبانی زیاد درجهٔ عضویت μ_H = ۰/۹۴ تعلق می‌گیرد. از آنجا که در مدل‌های ارزیابی آثار محیط‌زیستی فرض قطعیت در طبقه‌بندی روش ماتریس ریاضی سبب ایجاد عدم قطعیت می‌شود در این تحقیق با استفاده از مدل استنتاج منطق فازی تلاش شد فاصلهٔ بین این مدل‌ها و واقعیت‌ها تا حد ممکن کم شود و مدل فازی جواب‌های بهتری نسبت به مدل‌های قطعی می‌دهد.

با بررسی جدول و نمودار ۶ قسمت آثار منفی اجرای طرح، ابتدا آثار بیولوژیکی و در سطح بعدی آثار فیزیکی دارای بیشترین آثار منفی‌اند. با بررسی نمودار ۸ مشاهده می‌شود که از ۱۰۰ مورد آثار منفی محیط بیولوژیکی گزینهٔ اجرای طرح، ۴۷ مورد مربوط به آثار خیلی زیاد، ۴۱ مورد آثار زیاد، ۱۱ مورد مربوط به آثار متوسط و ۱ مورد مربوط به آثار خیلی کم ارزیابی شده است. در محیط فیزیکی (نمودار ۹) از ۶۶ مورد آثار منفی، ۴۰ مورد آثار خیلی زیاد، ۱۹ مورد آثار زیاد و ۸ مورد آثار متوسط، ارزیابی شده و نشان‌دهندهٔ این مسئله است که بیشترین نوع اثرها در محیط بیولوژیکی وجود دارند و در مرحلهٔ بعدی محیط فیزیکی. در صورتی که یک سری اقدام‌ها و بهسازی‌های محیط‌زیستی صورت گیرد این پروژه قابل اجرا خواهد بود. با بررسی ماتریس بیولوژیکی اجرایی سد می‌توان مشاهده کرد که بیشترین آثار منفی را به ترتیب رویشگاه‌های گیاهی، خزندگان و دوزیستان، ماهیان، پستانداران و پرندگان در بر می‌گیرند (نمودار ۸) که باید اقدام‌های

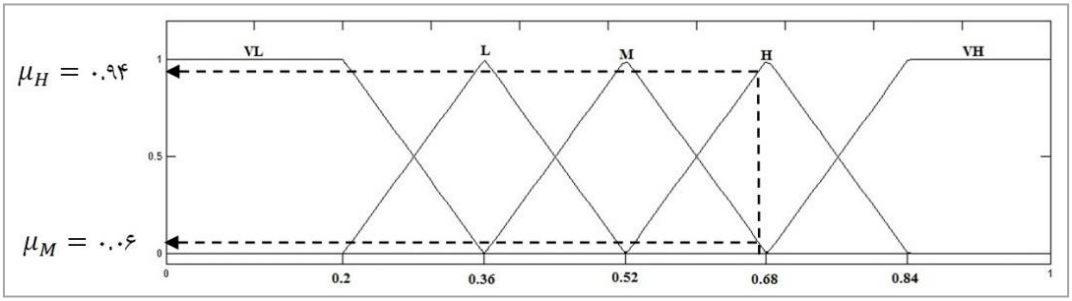
Archive of SID
www.SID.ir

اصلاحی و بهسازی در این زمینه‌ها شکل گیرد. در خصوص محیط فیزیکی نیز بیشترین آثار منفی را به ترتیب موارد: مورفولوژی (شکل زمین) و تغییر در فرسایش، بار مواد معلق و آلودگی به خود اختصاص داده‌اند (نمودار ۹) که در این موارد باید راه‌های کنترلی و پیشگیرانه و اقدام‌های اصلاحی برای رسیدن به توسعهٔ پایدار در منطقه منظور شود تا آثار سوء محیط‌زیستی احتمالی آن به طور چشمگیری حذف یا در حد مطلوب و قابل قبول کاهش یابد.

جدول ۶. جمع‌بندی اهمیت آثار (I_{ij}) کل محیط‌زیست با استفاده از روش ماتریس ریاضی در گزینه‌های اجرا و عدم اجرای سد کمال صالح

		گزینهٔ عدم اجرای سد			گزینهٔ اجرای سد		
		محیط اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی	محیط بیولوژیکی	محیط فیزیکی	محیط اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی	محیط بیولوژیکی	محیط فیزیکی
	تعداد $+I_{ij}$	۱	۴۲	۳۲	۸۸	۷۱	۴۲
	مجموع $+I_{ij}$	۱	۳۲/۳	۲۳/۸	۷۲/۳۶	۵۳	۳۸/۵۹
	تعداد $-I_{ij}$	۷۶	۳۳	۴۰	۲۰	۱۰۰	۶۷
	مجموع $-I_{ij}$	۶۹/۵۲	۲۶/۵۵	۳۳/۲۴	۱۵	۷۷/۵	۶۱/۴۲
آثار مثبت	VH	۱	۳۲	۱۴	۶۵	۴۴	۳۶
	H	۰	۱۰	۱۲	۲۰	۲۴	۶
	M	۰	۰	۳	۳	۳	۰
	L	۰	۰	۳	۰	۰	۰
	VL	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آثار منفی	VH	۶۰	۲۲	۲۵	۱۲	۴۷	۴۰
	H	۱۶	۹	۱۲	۷	۴۱	۱۹
	M	۰	۲	۳	۱	۱۱	۸
	L	۰	۰	۰	۰	۱	۰
	VL	۰	۰	۰	۰	۰	۰

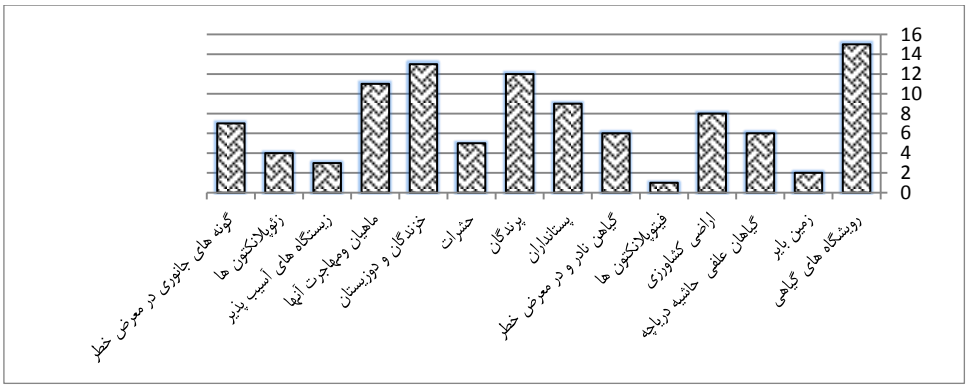
(منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۷. تعیین درجه‌های عضویت متغیر X=۰٫۶۷

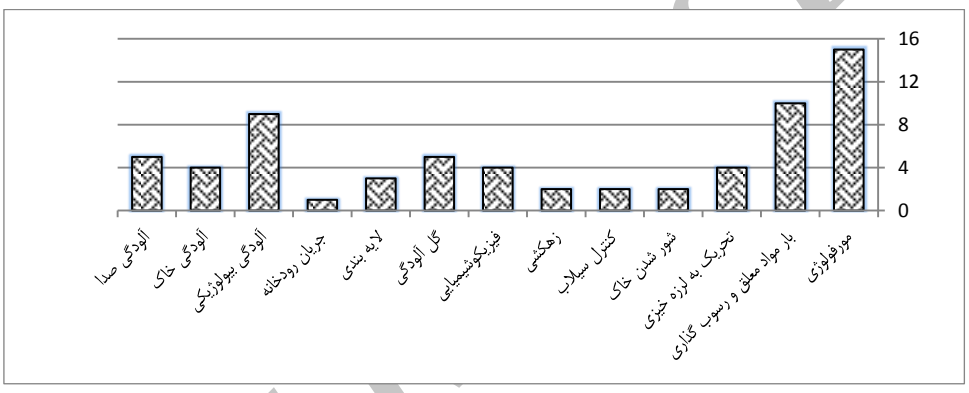
Archive of SID
www.SID.ir

(منبع: نگارنده)



نمودار ۸. تعداد آثار منفی محیط بیولوژیک در گزینهٔ اجرا (روش ماتریس ریاضی)

(منبع: یافته‌های تحقیق)



نمودار ۹. تعداد آثار منفی محیط فیزیکی در گزینهٔ اجرا (روش ماتریس ریاضی)

(منبع: یافته‌های تحقیق)

پیشنهادها

۱. در این مطالعه با توجه به بررسی و مقایسهٔ دو نوع طبقه‌بندی ماتریس ریاضی و منطق فازی، ضعف ماتریس ریاضی در محدوده‌های طرفین طبقات (مرزهای طبقه‌بندی) نشان داده شده است و منطق فازی با بیان درجهٔ عضویت به تصمیم‌گیری صحیح کمک می‌کند. نکتهٔ مهم در خصوص استفاده از مجموعه‌های فازی عدم قطعیت در خصوص مجموعه‌های فازی است که مستقل از نوع و شکل مجموعه یا نحوهٔ ارائهٔ آن هستند. کلیر و ویرمان سه نوع عدم قطعیت را شناسایی می‌کنند: نادقیقی، ناویژگی و تضاد. نادقیقی یا ابهام ناشی از مرزهای نادقیق مجموعه‌های فازی است، مجموعه‌های فازی تنها راه کمی‌سازی درجهٔ عضویت متغیرهای زبانی به‌دست‌آمده از یک اندازه‌گیری‌اند. در بحث مجموعه‌های فازی دو نوع مجموعهٔ فازی داریم: مجموعهٔ فازی نوع اول و مجموعه‌های فازی نوع دوم. در مجموعه‌های فازی نوع اول، این عدم قطعیت‌ها همگی با مکان تابع عضویت در فضای قلمرو ارتباط دارند. وقتی از مجموعهٔ فازی و تابع عضویت آن برای مدل‌سازی یک واژهٔ بدون اندازه‌گیری استفاده می‌شود، عدم قطعیت‌های به‌وجودآمده از نوع «زبانی» خواهد بود. یک طبقهٔ عمدهٔ عدم قطعیت در ارزیابی آثار توسعهٔ پیش‌بینی شرایط آیندهٔ محیط تحت هر یک از گزینه‌های مختلف طرح توسعه است. این پیش‌بینی‌ها با استفاده از یک سامانهٔ خبرهٔ فازی بر اساس

Archive of SID
www.SID.ir

قواعد «اگر- آنگاه» انجام می‌شوند. دانش انسانی به‌کاررفته در قواعد مدل‌سازی فازی ارزیابی آثار توسعه قطعی نیست و در نتیجه برای توصیف و تبیین کامل ارزیابی آثار توسعه باید از هر دو نوع مجموعه‌های فازی نوع اول و دوم همراه اعداد فازی استفاده (ب شپارد، ۲۰۰۵) و در مطالعات بعدی این مورد آزمون شود.

۲. برای ارزیابی آثار توسعه با استفاده از منطق فازی در آینده به طراحی نرم‌افزاری اختصاصی نیاز است، زیرا در ارزیابی آثار با اعداد و ارقام بسیاری مواجه‌ایم و استفاده از این روش با استفاده از نرم‌افزار متلب‌کاری بسیار دشوار و طاقت‌فرساست.

۳. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده برای هر اثر علاوه بر تعداد نوع اثر نهایی، میزان درجهٔ عضویت (جمع درجهٔ عضویت هر اثر در هر طبقه) نیز لحاظ شود تا نتیجهٔ دقیقی که نشان‌دهندهٔ نوع تصمیم‌گیری منطق فازی است کامل‌تر شود.

یادداشت

1. Environmental Impact Assessment
2. Crisp
3. Fuzzy set Theory
4. Fuzzy logic
5. Vagueness
6. Uncertainty
7. Mathematical Matrix
8. Basic Index
9. Supplementary Index
10. Magnitude
11. Duration
12. Time
13. Synergy Effects
14. Accumulative Effects
15. Probability of Occurrence
16. Nature
17. Impact Importance
18. Fuzzy Logic Interference
19. Membership Grade
20. Fuzzification
21. Membership Function (MF)
22. Triangular Shape MF_s
23. Trapezoidal Shape MF_s
24. Linguistic Value
25. Linguistic Variable
26. Rule Base
27. Fuzzification IF-THEN Logical Rules
28. Knowledge Base
29. Antecedent
30. Consequent
31. Compositional Rule of Interference
32. Implication Process
33. Minor Promise
34. Major Promise
35. Mamadani Implication Method
36. Sugeno Implication Method
37. And
38. Defuzzification
39. Centroid, Center of Area or Center Of Gravity (COG)
40. Height Defuzzification

منابع

امینی‌فسخودی، ع. ۱۳۸۴. کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای، مجلهٔ دانش و توسعه، شمارهٔ ۱۷، ص ۳۹ تا ۶۱.

ب شپارد، ر. ۲۰۰۵. ارزیابی اثرات توسعه با منطق فازی (مترجم: عبدالرسول سلمان‌ماهینی)، انتشارات مهر مهدیس، چاپ اول، ۲۶۸ ص.

پزشکی، و.، زرافشان، ک. ۱۳۸۷. کاربرد منطق فازی در ارائهٔ مدل ارزیابی سطوح توسعهٔ کشاورزی دهستان‌های شهرستان کرمانشاه، فصلنامهٔ روستا و توسعه، سال ۱۱، شمارهٔ ۴، ص ۵۳ تا ۷۰.

پورقاسمی، ح. ر، م، حمیدرضت.، محمدی، م.، و مهدوی‌فر، م. ر. ۱۳۸۷. تهیهٔ نقشه حساسیت به خطر زمین‌لغزش و ارزیابی آن با استفاده از اپراتورهای فازی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شمارهٔ ۴۶، ص ۳۷۵ تا ۳۸۹.

خدابخشی، ب.، جعفری، ح. ر. ۱۳۸۹. بررسی کاربرد مدل دسته‌بندی چندمعیارهٔ Electre - TRI در تعیین اهمیت آثار محیطزیستی (مطالعهٔ موردی: ارزیابی آثار محیطزیستی طرح سد و شبکهٔ آبیاری- زهکشی اردبیل)، مجلهٔ پژوهش‌های محیطزیست، سال اول، شمارهٔ ۲، ص ۳۱ تا ۴۲.

Archive of SID
www.SID.ir

شکیبایی، ع. ۱۳۸۷. برآورد کشش عرضهٔ خدمات درمانی با استفاده از منطق فازی (Fuzzy logic)، مجلهٔ توسعه و سرمایه، سال اول، شمارهٔ ۲، ص ۱۴۹ تا ۱۸۱.

صالحی، ج.، مرادی، ح. ۱۳۹۰. منطق فازی و کاربرد آن در ارزیابی اثرات محیط‌زیستی، محیط‌زیست و توسعه، سال ۲، شمارهٔ ۳، ص ۳۷ تا ۴۴.

طاهری، س. م. ۱۳۸۴. سیمای منطق فازی، مجلهٔ فرهنگ و اندیشه ریاضی، شمارهٔ ۳۵، ص ۷۳ تا ۹۲.

قاسمی، ع.، محمودزاده، س. ۱۳۸۹. ارزیابی طرح‌های اقتصادی در شرایط عدم قطعیت (رویکرد فازی)، مجلهٔ تحقیقات اقتصادی، شمارهٔ ۹۳، ص ۸۳ تا ۱۰۸.

کریمی، م.، مسگری، م.س.، و شریفی، م. ع. ۱۳۸۸. مدل‌سازی توان اکولوژیکی سرزمین، با استفاده از منطق فازی (منطقهٔ مورد مطالعه: شهرستان برخوار و میمه)، مجلهٔ سنجش از دور و GIS ایران، سال اول، شمارهٔ اول، ص ۱۷ تا ۳۸.

مخدوم، م. ۱۳۸۷. چهار نکته در ارزیابی اثرات توسعه، نشریهٔ علمی محیط و توسعه، سال دوم، شمارهٔ سوم، ص ۹ تا ۱۲.

منعم، م. ج.، خرمی، ج.، و حیدری‌یان، س. ا. ۱۳۸۶. ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری با استفاده از منطق فازی: مطالعهٔ موردی شبکهٔ مارون، مجلهٔ فنی و مهندسی مدرس، ص ۳۳ تا ۴۲.

مهندسان مشاور سامانهٔ فرایندهای محیطی. ۱۳۸۳. مطالعات ارزیابی زیست‌محیطی سد ماشکید، جلد چهارم، ارزیابی آثار محیط‌زیستی.

نجفی‌نژاد، ع.، مردیان، م.، وروانی، ج.، و شیخ، واحدبردی. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی ضرایب اصلاحی در بهینه‌سازی منحنی سنجه رسوب (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ سد کمال صالح استان مرکزی)، مجلهٔ پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم، شمارهٔ دوم، ص ۱۰۵ تا ۱۲۲.

Andriantiatsaholiniaina, L.A., Kouikoglou, V.S., Yannis, A.P. 2004. Evaluating Strategies for Sustainable development: Fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis. Ecological economics, 48 (2): 149-172.

Blanco Moron, A., Delgado Calvo-Floresa, M., Martín Ramo, JM., and Polo Almohano, M.P. 2008. AIEIA: Software for Fuzzy Environmental Impact Assessment, Expert Systems with Applications, 36: 9135-9149.

Bojorquez-Tapia, L.A., Ezcurra, E., Garcia., O. 1998. Appraisal of Environmental Impacts and mitigation Measures through Mathematical Matrices, Journal of Environmental Management, 53: 91-99.

Bojorquez-tapia, L.A., Juarez, L., Cruz-Bello, G. 2002. Integrating Fuzzy Logic, Optimization, and GIS for Ecological Impact Assessments, Environmental Management, 30(3): 418- 433.

Canter, L.W. 1996. Environmental Impact Assessment. Mc Grew Hill Book Co. Baltimore.

Liu, K.F.R., Yu, C.W. 2009. Integrating case-based and Fuzzy Reasoning to Qualitatively Predict Risk in an Environmental Impact Assessment Review. Environmental Modeling and Software 24:1241- 1251.

Maria Valente, T., Joao Ferreira, M., Leal Gomes, C. 2011. Application of Fuzzy logic to Qualify the Environmental Impact in Abandoned Mining Sites, Water Air Soil Pollution, 217: 303-315.

Pislaru, M., Trandabat, A. 2012. Assessment of c Environmental Impact using Fuzzy Logic, International Proceedings of Chemical, Biological & Environmenta, vol 32: 97.

Plillis, Y.A., Andriantiatsaholiniaina, L.A. 2001. Sustainability: an ill-defined Concept and its Assessment using Fuzzy logic, Ecological Economics, 37(3): 435- 456.

Silvert, W. 2000. Fuzzy Indices of Environmental Conditions, Ecological Modeling, 130(1-3): 11-119.

Archive of SID

www.SID.ir