پژوهش‌های مدیریت عمومی
سال نهم ، شماره سی و یکم ، بهار ۱۳۹۵
صفحه ۹۸ - ۷۳

بررسی رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

علی سردارشهرکی[G]
دکتر جواد شهرکی[GG]
دکتر سیدآرمان هاشمی منفرد[GGG]

چکیده

طبیعت پیچیده مسائل منابع آب، نیازمند روش‌هایی است که رویکردهای مختلف مدیریتی را در یک قالب بهم پیوسته گردآوری نماید. در این میان برای مدیریت همه جانبه در چنین مسائلی، روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، جایگاه ویژه‌ایی پیدا کرده است. منطقه سیستان به دلیل نیازهای روز افزون آب در بخش‌های مختلف، خشکسالی‌های پی‌درپی و ورشکستگی آبی، در وضعیت بحرانی قرار گرفته است که مدیریتی یکپارچه را در این باره می‌طلبد. لذا در مطالعه حاضر از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی جهت تعیین اولویت منابع آب منطقه سیستان با رویکردهای مدیریتیِ اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ استفاده گردیده است. طبق نتایج بر اساس سه رویکرد اقتصادی، اجتماعی و فنی، بخش کشاورزی با بیشترین وزن، در اولویت اول قرار گرفت. وزن بخش کشاورزی در رویکردهای مذکور به ترتیب ۰/۸۵۱، ۰/۷۱۰ و ۰/۷۸۹ بدست آمد. در رویکرد زیست‌محیطی، بخش محیط‌زیست (تالاب هامون) به عنوان گزینه برتر با وزن ۰/۶۰۳ و بخش کشاورزی و شرب به ترتیب با وزن ۰/۳۶۴ و ۰/۰۳۳ در اولویت دوم و سوم قرار گرفتند. از اینرو پیشنهاد می‌گردد، با توجه به وضعیت معیشتی مردم سیستان و در اولویت قرار گرفتن بخش کشاورزی در ۳ رویکرد مدیریتی (خصوصاً اقتصادی) مسئولان و دولتمردان بخش آب توجه ویژه‌ای به این بخش داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: **اولویت‌بندی، منابع آب، رویکردهای مدیریتی، تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، منطقه سیستان**

---

* دانشجوی دکتری دانشکده مدیریت و اقتصاد ، دانشگاه سیستان و بلوچستان (مستخرج از تز دکتری)
** نویسنده مسئول-دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد ، دانشگاه سیستان و بلوچستان J.shahraki@Eco.usb.ac.ir
*** استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

افزایش روز افزون تقاضای آب به دلیل رشد جمعیت، پیشرفت صنعتی و کشاورزی در دنیای امروز امری اجتناب‌ناپذیر است، از طرفی محدودیت منابع آبی و اصل پایداری در مدیریت آن، تأمین آب کلیه نیازهای موجود را غیرممکن ساخته است. لذا به منظور تأمین و عرضه آب با اطمینان‌پذیری بالا و رعایت اولویت‌های تخصیص در بین مصارف مختلف نیاز به برنامه‌ای کامل و مدیریتی دقیق می‌باشد. در مباحث مدیریتی منابع آب و تخصیص و تقاضای آب، روش‌های سنتی مدیریت، قابلیت‌های گذشته خود را از دست داده‌اند. این امر ایجاب می‌نماید تا با راهکارهای جدید و استفاده از فناوری‌های نو نسبت به انتخاب طرح‌ها اقدام شود که در این بین روش‌های تصمیم‌گیری صحیح در منابع آب می‌توانند کمک شایانی به مدیران و کارشناسان در این زمینه نماید. امروزه برنامه‌ریزی منابع آب با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه[1] توجه بسیاری از تصمیم‌گیران را به خود جلب کرده است و این بیانگر این است که این روش‌ها، راه حلی مناسب برای مسائل تصمیم‌گیری پیچیده آب فراهم می‌کنند. همواره در انجام پروژه‌ها و طرح‌های مدیریتی عوامل و گزینه-های مرتبط زیادی دخیل هستند که مدیریت خوب در طرح مستلزم بکارگیری و استفاده از تمامی عوامل یا حتی الامکان عوامل موثرتر و مهمتر و نیز بررسی و ارزیابی آنها برای انتخاب طرح‌ها و تخصیص بهینه آب است.

در تصمیم‌گیری صحیح در بیشتر مسائل مدیریتی، عموماً اهداف و عوامل متعددی مطرح است و فرد یا فرد تصمیم‌گیر سعی دارند که، بین چند گزینه موجود بهترین گزینه را انتخاب نمایند *(Hyde et al., 2005: 278)*. در این راستا، مدیریت پیچیده منابع آب نیز یکی از مسائل و نگرانی‌های مهم در هر کشور یا منطقه می‌باشد. مدیریت منابع آب، مجموعه‌ای از اقدامات متعدد مدیریتی است که، با هدف بهره‌برداری بهینه از منابع آب و کاهش خسارات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی صورت می‌گیرد. تصمیم‌گیری در مورد مدیریت پایدار و یکپارچه منابع آب، نیازمند نگرش جامع به اثرات اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی می‌باشد *(میان آبادی و افشار، ۱۳۹۰: ۱۲۳)*.

مدیریت و سیاست‌گذاری آب در سطح جهان تا آغاز دهه ۱۹۸۰، صرفاً به دنبال عرضه آب بیشتر برای تأمین تقاضای جمعیت رو به رشد بود. متأثر از این رویکرد، مبنای توسعه منابع همواره تک منظوره بوده و چنین رویکردی به روابط درونی و پیچیدگی‌های محیط

1-Multi Attribute Decision Making

Archive of SID

www.SID.ir

طبیعی و انسانی و برهم‌کنش آنها توجهی نداشت. به بیانی دیگر، طرح‌های توسعه صرفاً در پی کنترل فیزیکی آب در راستای منافع اقتصادی بودند و به تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی نیز توجه چندانی نمی‌شد. افزون بر این‌ها، مشارکت مردمی در فرایندهای تصمیم‌گیری به‌ندرت وجود داشت. چنین رویکردی آثار نامطلوب و گاه جبران‌ناپذیری را بر اکوسیستم‌ها و جوامع برجای می‌گذاشت *(Madani et al., 2014:579)*. این امر جامعه جهانی را به واکنش و اتخاذ نگرشی جدید در مدیریت بخش آب وادار کرد. تلاش‌های بین‌المللی ۳۰ سال اخیر، ضرورت جامع‌نگری را به الگوی جدید مدیریت آب تبدیل کرده است که مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM[1]) از مظاهر آن به شمار می‌رود *(Zarezadeh et al., 2012:2406)*. بنابراین ضروری است که تصمیم‌گیر با تخصص و مهارت مختلف همچون اقتصاد، محیط‌زیست، کشاورزی و جامعه شناختی و... در تصمیم-گیری منابع آب دخیل باشد *(جاویدی صباغیان و همکاران، ۱۳۸۹)*. گزاره‌های مدیریت یکپارچه منابع آب را می‌توان به صورت جدول (۱) خلاصه کرد:

1-Integrated Water Resource Management

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM)

گزاره‌ها	توضیحات
هدف IWRM	تلاش جهت برقراری تعادل و توازن میان تقاضا برای آب و تأمین آن، برقراری تعادل نیازهای اجتماعی و اقتصادی، محافظت زیست بوم
معیارهای اصلی IWRM	بازدهی اقتصادی در استفاده، پایداری اکولوژیکی و زیست محیطی، مساوات
رهیافت‌ها و خطی مشی IWRM	مدیریت مبتنی بر عرضه آب: تأکید بر برداشت از منابع آب جهت تأمین نیازهای آبی با محوریت پاسخ به تقاضای در حال رشد مدیریت جامع منابع آب با هدف حفظ پایداری آب و اکوسیستم و در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، اجتماعی رهیافت راهبردی (استراتژیک): سه هدف حفظ کارایی اکوسیستم منابع آب شیرین، مدیریت مبتنی بر اکوسیستم و بررسی نحوه تخصیص آب
محدودیت‌های IWRM	محدودیت طبیعی آب: توجه به منابع آب تجدید شونده با تأکید بر رشد جمعیت و سهم سرانه آب محدودیت اجتماعی و فرهنگی: تأکید بر ویژگی‌های اجتماعی و فرهنگی بهره برداران مثل سن و تحصیلات محدودیت اقتصادی: توجه به قیمت‌گذاری منطقی آب بر اساس ارزش کمیابی آب محدودیت‌های طرف تقاضا: تأکید بر مالکیت، اصلاح و یکپارچه سازی اراضی و نظام بهره برداری کشاورزی محدودیت آلودگی منابع آب: بررسی حجم پساب‌های کشور در بخش‌های مختلف بهره برداری آب
چالش‌های عمده IWRM	عدم اولویت‌بندی و اجرای طرح‌های توسعه آبی، تهدید فزاینده در تخریب کیفیت منابع سطحی و زیرزمینی، محدودیت‌های اطلاعات پایه، گزینه‌های جدید توسعه با تأکید بر فن آوری نوین، بومی کردن فن آوریها، تحلیل اثرات، ترویج تفکر راهبردی (استراتژیک)، محیط‌زیست در حال تغییر، محدودیت منابع آب، محدودیت‌های عمومی و ویژه اجتماعی-فرهنگی، ساختار بخش کشاورزی، زیر ساخت‌های ضعیف مدیریت منابع آب.
اصول و قوانین حاکم بر IWRM	تخصیص متعادل، لزوم حل مسائل به طور صلح آمیز، لزوم آسیب نرساندن به مناطق ساحلی دیگر، مبادله اطلاعات و داده‌ها و آگاهی از تغییرات هیدرولوژیکی سایر حوضه‌ها
ضرورت بهینه‌سازی IWRM	تدوین سیاست‌های مدیریت منابع آب، اقدامات مدیریتی برای دستیابی به این سیاست‌ها، ارزیابی اثرات آنها

منبع: (UN-Water, 2008)

تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM[1]) یکی از رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده در محیط تصمیم‌گیری است که به بررسی مسائل تصمیم‌گیری با رعایت تعدادی از معیارهای تصمیم می‌پردازد و به دو دسته کلی تصمیم‌گیری چندمنظوره (MODM[2]) و تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM[3]) تقسیم می‌شود. هدف از مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه انتخاب بهترین گزینه/گزینه‌ها از بین مجموعه‌ایی محدود از گزینه‌های موجود با توجه به

1- Multi Criteria Decision Making
2 -Multi Objective Decision Making
3 -Multi Attribute Decision Making

Archive of SID

www.SID.ir

معیارها و شاخص‌های تصمیم است. به طور کلی علل لزوم استفاده از مدل‌های تصمیم-گیری چند معیاره، در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب را می‌توان چنین عنوان کرد:

دستیابی به اهداف و محورهای مختلف اسناد بالادستی موجود در مدیریت منابع آب، ارتباط موثر و مستقیم مسائل مدیریت منابع آب با سایر حوضه‌ها از قبیل اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و ...؛ وجود شاخص‌ها و معیارهای متضاد در مسائل مدیریت منابع آب، وجود سازمان‌ها، نهادها و مصرف‌کنندگان مختلف در مدیریت منابع آب، لزوم در نظر-گرفتن پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی طرح‌ها و برنامه‌های پیشنهادی به منظور انتخاب گزینه‌های برتر، وجود شاخص‌ها و معیارهای کیفی و غیرقابل اندازه‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب *(میان‌آبادی و افشار، ۱۳۹۰:۱۲۳)*.

منطقه سیستان به دلیل بارندگی بسیار کم، دارای آب و هوای خشک و فراخشک (متوسط ۵۰ میلیمتر در سال، حدود یک پنجم میانگین بارندگی کشوری) و تبخیر بسیار بالا (۴ الی ۵ هزار میلیمتر، حدود ۲/۵ برابر میانگین کشوری *(سازمان هواشناسی، ۱۳۹۴)* از یک طرف و از طرفی وابستگی کامل آن به رودخانه مرزی هیرمند و اقدامات یکطرفه کشور افغانستان در مهار آب این رودخانه، سبب بروز بحران شدید آبی و تأثیرات منفی در اقتصاد، کشاورزی، اشتغال و محیط‌زیست این منطقه گردیده است. نوسان آب این رودخانه به دلیل دخالت طرف افغان و همچنین تغییرات آب و هوایی، مسئله مدیریت آب در این منطقه را با مشکلات فراوانی مواجه ساخته است *(Sardar Shahraki et al., 2016, 93)*. علاوه بر این وجود تالاب بین‌المللی هامون[1] و تأثیر پذیری آن از رودخانه هیرمند مسئله تصمیم‌گیری در خصوص مدیریت آب منطقه سیستان و حل مناقشات و اختلافات بر سر این رودخانه را پیچیده‌تر کرده است. از اینرو مطالعه حاضر با هدف تعیین اولویت بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی) انجام گرفته است.

پیشینه تحقیق

از مطالعات مربوط به مبحث آب با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- ثبت شده در کنواسیون رامسر (۱۳۵۱)

Archive of SID

www.SID.ir

شفائیان فرد و همکاران (۱۳۹۳) گزینه‌های برتر بهره‌برداری از منابع آب با استفاده از مدل WEAP و تحلیل تصمیم‌گیری چندشاخصه را در حوضه‌ی زرینگل مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج این تحقیق سناریوی توسعه بیشتر در کشت تابستانه برگزیده شده است. طالبی و همکاران (۱۳۹۲) در اولویت بندی تخصیص آب سد سنندج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به این نتیجه رسیدند که معیار اقتصادی با وزن جزیی ۰/۳۵۱ نسبت به دو معیار دیگر بیشترین اهمیت را دارد. صفاری و ضرغامی (۱۳۹۲) در تخصیص بهینه منابع آب سطحی حوضه آبریز زرینه رود به ذینفعان از مدل‌های چندشاخصه جمع وزنی ساده، برنامه ریزی سازشی و روش TOPSIS استفاده نمودند. شهرکی و محسنی (۱۳۹۲) در کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره تعاملی در تخصیص بهینه منابع آب شهرستان یزد برای تعیین وزن دو هدف حداکثر کردن سود اقتصادی و زیست محیطی از ماتریس بازده و روش مرحله ایی استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که امکان بهبود همزمان دو هدف مذکور وجود دارد و اولویت با حداکثر کردن سود اقتصادی و سپس سود زیست محیطی است.

ساسیکومار و ماجومدار (*Sasikumar and Mujomdar, 1998*) یک مدل چندهدفه فازی را برای مدیریت کیفی سیستم‌های رودخانه‌ایی پیشنهاد نمودند، در این تحقیق اهداف کیفی سازمان‌های مسئول حفاظت کیفی رودخانه و تخلیه‌کننده‌های آلاینده‌های مختلف به صورت فازی در نظر گرفته شد. چانتین (*Chuntian, 1999*) جهت مدیریت منابع آب در مواقع سیلابی، مدل بهینه‌سازی چندمعیاره فازی را بکار گرفت. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و کاربرد آن در مدیریت و کنترل سیل به کمک مخازن توسط فو (*Fu, 2008*) مورد استفاده قرار گرفت.

می‌می و ساوالهی (*Mimi and Sawalhi, 2003*)، به کمک یک روش بهینه‌سازی مبتنی بر جمع وزنی ساده و با لحاظ معیارهای مختلف تخصیص بهینه منابع آب رودخانه اردن بین ذینفعان را ارایه نمودند. در این مقاله به کاربرد قوانین بین المللی در حل اختلاف منابع آب رودخانه اردن که باعث ایجاد اختلاف در بین کشورهای ذینفع می‌باشد، پرداخته شده است و روش تصمیم‌گیری چند شاخصه را به‌عنوان روشی برای تخصیص منابع آب رودخانه اردن بین ذینفعان معرفی کرده است. دیگر مطالعات انجام گرفته با روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در مدیریت منابع آب در جدول (۲) اشاره گردیده است. از نظر تقسیم‌بندی مصارف آب، منطقه سیستان از ۳ بخش کشاورزی مهم به نام بخش سیستان،

Archive of SID

www.SID.ir

زهک و میانکنگی، ۶ بخش شرب شهری و یک بخش روستایی و یک بخش زیست‌محیطی (تالاب هامون) تشکیل شده است. اولویت اول، تأمین آب شرب منطقه می‌باشد. بخش کشاورزی و زیست‌محیطی به ترتیب در اولویت‌های دوم و سوم قرار دارند. مدیریت منابع در این منطقه بدلیل شرایط خکسالی دو دهه اخیر و عدم رعایت حقآبه ایران از سوی افغانستان از پیچیدگی‌های خاصی برخوردار است که، جهت مدیریت بهتر و مناسبتر، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در این منطقه ضرورت می یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: خلاصه ایی از دیگر مطالعات انجام گرفته با روش های تصمیم گیری چند شاخصه در مدیریت منابع آب

نویسنده	سال	کشور / منطقه	روش مدلسازی	اهداف
Mei et al	1989	منطقه بیجینگ در چین	AHP	تعیین اولویت، سیاست گذاری و مدیریت تخصیص منابع آب
Wicheins	2002	رودخانه نیل در مصر	تلفیق مدلهای چندشاخصه	تحلیل اقتصادی سیاستهای تخصیص آب با هدف حداکثر نمودن سود اجتماعی
Karamouz et al	2003	رودخانه زاینده رود در ایران	AHP	ارائه یک طرح توسعه منابع آب با توجه به شاخص‌های کنترل کیفیت آب
Srdjevic et al	2004	مخزنی در برزیل	Entropy و TOPSIS	مدیریت و تخصیص بهینه آب تحت سناریوهای مختلف
Hadjibiros et al	2005	سد پلاستیراس یونان	تصمیم گیری چند معیاره	تعیین آب جاری برای حداکثر سازی مطلوبیت مصرف کنندگان
Ánagnostopoulos et al	2005	رودخانه نیستو در یونان	AHP و PROMETHEE	تعیین اولویت تخصیص بهینه منابع آب
Bournaski et al	2006	رودخانه مستا در بلغارستان	تصمیم گیری چند شاخصه	مدیریت کیفیت آب رودخانه و تعیین اوزان معیارهای زیست محیطی و اقتصادی
Berbel et al	2009	کشورهای حوزه مدیترانه	MCDM	تعیین تقاضای آب و اولویت بندی سیاستهای طرحهای توسعه آب
Purushottam & Ravindra	2015	رودخانه ماهار اشترا در هند	FMCDM	مدیریت منابع آب با توجه به شاخص‌های آلودگی
Razavitoosi & Samani	2016	حوضه‌های آبریز در ایران	FANP	ارزیابی و تعیین استراتژی های مدیریت منابع آب
بریم نژاد و صدرالاشرافی	۱۳۸۴	منابع آب استان کرمان	تصمیم گیری چند معیاره	مدیریت منابع آب با هدف توسعه پایدار
رفیعی دارانی و همکاران	۱۳۸۶	استان اصفهان	برنامه ریزی چند معیاره	مدیریت آبیاری و انتخاب و رتبه بندی سیستم های آبیاری
ضرغامی و سیدروفسکی	۱۳۸۷	حوضه آبریز سفیدرود	تکنیک میانگین وزنی مرتب تدقیق شده	اولویت بندی طرحهای توسعه منابع آب
میان آبادی و افشار	۱۳۸۷	تأمین آب شهری زاهدان	میانگین گیری وزنی و TOPSIS	تعیین تخصیص و تأثیر انتخاب روش تصمیم گیری در رتبه بندی نهایی گزینه ها
هلیلی و همکاران	۱۳۸۸	سد بوستان استان گلستان	FAHP	تخصیص بهینه منابع آب سطحی
رضوی طوسی و همکاران	۱۳۹۰	رودخانه کارون	تصمیم گیری چندشاخصه گروهی فازی	اولویت بندی پروژه‌های انتقال آب بین حوضه ایی با توجه به معیارهای هزینه و سود
ضرغامی و احسانی	۱۳۹۰	حوضه آبریز دریاچه ارومیه	تحلیل چند معیاره گروهی و TOPSIS	اولویت بندی طرحهای انتقال آب
برشنده و همکاران	۱۳۹۱	دریاچه ارومیه	تکنیک‌های AHP، SAW و TOPSIS	مدیریت یکپارچه منابع آب
رضوی طوسی و سامانی	۱۳۹۲	حوضه‌های آبریز ایران	تلفیق تکنیک ANP و TOPSIS فازی	اولویت بندی حوضه‌های آبریز با توجه به وضعیت بحرانی آب
طالبی	۱۳۹۲	سد قشلاق در سنندج	FAHP	اولویت بندی تخصیص آب سد تحت معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی
رضائی تبار و فتائی	۱۳۹۲	بخش کشاورزی ایران	تلفیق AHP و FDM	ارزیابی پارامترهای کیفی آبهای غیرمتعارف در کشاورزی
درویشی و همکاران	۱۳۹۲	سد صیدون خوزستان	تلفیق TOPSIS و SOW	مدیریت منابع آب و ارزیابی ریسک زیست محیطی
نوحه گر و همکاران	۱۳۹۳	منابع آب در بندرعباس	تلفیق AHP و TOPSIS	اولویت بندی منابع آب تامین کننده شهر بندرعباس در شرایط خشک سالی
دحیماوی و همکاران	۱۳۹۴	مناطق روستایی خوزستان	SAW و WPM	اولویت بندی اجرای طرحهای توسعه منابع آب

Archive of SID
www.SID.ir

مبانی نظری و روش تحقیق

در سال ۱۹۶۵، عسگری زاده برای بیان متغیرهای زبانی و مفاهیم تقریبی به صورت کمی "تئوری مجموعه فازی" را مطرح نمود. این تئوری بیان می‌کند که که اگر X مجموعه مرجع باشد، آنگاه مجموعه فازی $\tilde{A}$ در X به صورت مجموعه دو عضوی $\tilde{A}=\{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\}$ بیان می‌شود که $\mu_{\tilde{A}}(x)$ بیانگر درجه عضویت X در مجموعه فازی $\tilde{A}$ و عددی بین صفر تا یک است. به عبارت دیگر x جزء مجموعه فازی $\tilde{A}$ با یک درجه عضویت است. جهت تعمیم مفاهیم ریاضی قطعی به مجموعه‌های فازی از اصل گسترش استفاده می‌شود. دو عدد متعارف فازی عبارتند از: عدد فازی مثلثی[1] و عدد فازی ذوزنقه‌ایی[2]. عدد فازی $\tilde{A}=(a,b,c)$ را یک عدد فازی مثلثی گویند به طوریکه تابع عضویت آن در بازه $[a,b]$ اکیداً صعودی و برابر $\mu_{\tilde{A}}(x)=x-a/b-a$ و در بازه $[b,c]$ اکیداً نزولی و برابر با $\mu_{\tilde{A}}(x)=c-x/c-b$ باشد. b بعد میانی و a و c به ترتیب پای چپ و پای راست عدد فازی مثلثی می‌باشند. همچنین عدد فازی $\tilde{A}=(a,b,c,d)$ را یک عدد فازی ذوزنقه‌ایی گویند به طوری‌که تابع عضویت آن در بازه $[a,b]$ اکیداً صعودی . برابر با $\mu_{\tilde{A}}(x)=x-a/b-a$، در بازه $[b,c]$ واحد و یکسان، و در بازه $[c,d]$ اکیداً نزولی و برابر $\mu_{\tilde{A}}(x)=d-x/d-c$ باشد. b و c به ترتیب پای چپ و پای راست عدد فازی ذوزنقه ایی می‌باشند (اصغرپور، ۱۳۸۱). جهت بکارگیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تحت منطق فازی روش‌های متعددی پیشنهاد شده است. از اولین تلاش‌ها برای فازی کردن AHP می توان به تکنیک ارائه شده توسط Laarhoven و Pedrycz در سال ۱۹۸۳ اشاره کرد که بر اساس روش "حداقل مجذورات لگاریتمی[3]"بنا شده بود. اما تعداد محاسبات و پیچیدگی در این روش سبب شد که چندان مورد استفاده قرار نگیرد (Pedrycz, 1983:229 & Laarhoven). در این راستا روش‌های ساده‌تری برای فازی نمودن AHP گسترش یافت که از آن جمله می‌توان به "روش باکلی[4]" در سال ۱۹۸۵ اشاره نمود. همچنین Chang (1996) روش جدیدی را جهت بکارگیری AHP به صورت فازی تحت عنوان "روش

1 -Triangular fuzzy number
2 -Trapezoidal fuzzy number
3 -Logarithmic least square
4- Buckley method

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل توسعه‌ایی" (EA) ارائه کرد که اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی بودند *(Chang, 1996)*. در این راستا Weck و همکاران (1997) با افزودن ریاضیات منطق فازی به روش کلاسیک AHP، روشی را جهت ارزیابی گزینه‌های متفاوت سیکل تولیدی ارائه کردند. در این روش ارزیابی هر سیکل تولیدی به صورت یک مجموعه فازی بدست می‌آید. سپس این ارزیابی‌های فازی با شکل‌دهی مرکز ثقل هر مجموعه فازی، غیر فازی شده و در نهایت سیکل‌های متناوب تولیدی با توجه به هدف اصلی مساله به ترتیب رتبه‌بندی می‌شوند *(Weck et al, 1997)*. در روش‌های نامبرده بررسی سازگاری فرآیند با مشکل مواجه شده و نیاز به بررسی سازگاری خواهد بود. کهرمان در سال ۲۰۰۸ این مشکل را حل نمود و روش تحلیل گسترش یافته چانگ را ارائه کرد. روش تحلیل گسترش-یافته چانگ مبتنی بر میانگین حسابی نظرات خبرگان و روش نرمالایز ساعتی[1] و با استفاده از اعداد فازی، توسعه داده شده است. در مطالعه حاضر نیز این روش بدلیل توانایی بالا در محاسبات مورد استفاده قرار گرفته است، که در ادامه این روش شرح داده شده است.

مراحل اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

گام ۱) ترسیم درخت سلسله مراتبی: در این مرحله ساختار سلسله مراتب تصمیم با استفاده از سطوح هدف معیار و گزینه ترسیم می‌شود.

گام ۲) تشکیل ماتریس قضاوت زوجی: ماتریس‌های توافقی بر طبق درخت تصمیم و با استفاده از نظرات خبرگان در قالب اعداد فازی مثلثی تشکیل می‌شود.

گام ۳) میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان طبق ماتریس زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix}(1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \tilde{a}_{1n}\\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \tilde{a}_{2n}\\ \vdots & \vdots & \vdots\\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & (1,1,1)\end{bmatrix} \qquad (۱)$$

1- Saaty

Archive of SID

www.SID.ir

$$\tilde{a}_{ij} = \sum_{k=1}^{p_{ij}} a_{ijk} \Big/ p_{ij} \qquad i, j = 1, 2, ..., n \tag{۲}$$

گام ۴) محاسبه مجموع عناصر سطر:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} \qquad i = 1, 2, ..., n \tag{۳}$$

گام ۵) نرمالایز کردن:

$$\tilde{M}_i = \tilde{S}_i \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \tilde{S}_i \right]^{-1} \qquad i = 1, 2, ..., n \tag{۴}$$

در صورتی که $\tilde{S}_i$ به صورت (l_i, m_i, u_i) نشان داده شود، رابطه فوق به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$\tilde{M}_i = \left(l_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} u_i , m_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} m_i , u_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} l_i \right) \tag{۵}$$

گام ۶) تعیین درجه احتمال بزرگتر بودن: درجه احتمال بزرگتر بودن هر A_i نسبت به سایر A_iها محاسبه و $d'(A_i)$ نامیده می‌شود.

$$d'(A_i) = MinV(M_i \geq M_k) \qquad k = 1, 2, ..., n \quad k \neq i \tag{۶}$$

بنابراین بردار وزن ماتریس به صورت زیر به دست می‌آید:

$$W' = [d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n)]^T \tag{۷}$$

گام ۷) نرمالایز کردن:

$$W = \left[d'(A_1) \Big/ \sum_{i=1}^{n} d'(A_i) , d'(A_2) \Big/ \sum_{i=1}^{n} d'(A_i) , ..., d'(A_n) \Big/ \sum_{i=1}^{n} d'(A_n) \right]^T \tag{۸}$$

Archive of SID

www.SID.ir

وزن‌های فوق، وزن قطعی (غیر فازی) هستند، با تکرار این فرآیند، دوران تمامی ماتریس‌ها بدست می‌آید.

گام ۸) ترکیب اوزان: با ترکیب وزن‌های گزینه و معیارها، وزن نهایی گزینه بدست خواهد آمد (زنجیرچی، ۱۳۹۳).

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{W}_i \tilde{r}_{ij} \qquad \forall i \tag{۹}$$

در جدول (۳) شاخص‌ها و گزینه‌های بکار گرفته شده در این مطالعه نشان داده شده‌اند. جهت بررسی و اجرای فرآیند مدل شاخص‌ها و گزینه‌ها با استفاده از نظرات ۱۰ کارشناس خبره سازمان شرکت آب منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی و سازمان محیط‌زیست تعیین و از طریق مصاحبه حضوری با آنها اقدام گردید.

جدول ۳: شاخص‌ها و گزینه‌های مورد استفاده در این مطالعه

شاخص‌ها				
اقتصادی	C_1	سودآوری	فنی	C_7 مقدار تقاضا
	C_2	سطح زیرکشت		C_8 عدم تأمین نیاز
	C_3	الگوی کشت		C_9 تأثیرپذیری از عدم قطعیت
اجتماعی	C_4	اشتغال‌زایی	زیست محیطی	C_{10} حفظ منابع آب
	C_5	سطح رفاه		C_{11} اکوسیستم پایین‌دست
	C_6	جمعیت		C_{12} تثبیت ریزگردها

گزینه‌ها	
بخش کشاورزی	OP_1
بخش شرب	OP_2
بخش محیط‌زیست	OP_3

نتایج و بحث

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در مطالعه حاضر بر اساس چهار رویکرد مدیریتی: ۱) اقتصادی، ۲) اجتماعی، ۳) فنی، ۴) زیست‌محیطی انجام گرفت. شاخص‌های اقتصادی عبارتند از: سودآوری، سطح زیر کشت و الگوی کشت؛ شاخص‌های اجتماعی: اشتغال‌زائی، سطح رفاه و جمعیت؛ شاخص‌های فنی: مقدار تقاضا، عدم تأمین نیاز و تأثیرپذیری از عدم

Archive of SID

www.SID.ir

قطعیت و شاخص‌های زیست‌محیطی: حفظ منابع آب، اکوسیستم پایین‌دست و تثبیت ریزگردها می‌باشد. انجام محاسبات مقایسه زوجی فازی شاخص‌ها و گزینه‌ها به تفکیک هر رویکرد مدیریتی در جداول ۴ تا ۱۹ در پیوست مقاله ارائه گردیده است. نتایج نهایی تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) بر اساس ۴ رویکرد اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی در نمودار (۱) نشان داده است.

نمودار ۱: مقایسه نهایی گزینه‌ها بر اساس ۴ رویکرد مدیریتی

طبق نتایج بر اساس رویکرد اقتصادی، مصرف‌کننده کشاورزی با وزن نهایی ۰/۸۵۱ بیشترین مقدار بوده است. لذا اگر مباحث اقتصادی مد نظر باشد، اولویت اول با بخش کشاورزی خواهد بود. در این رویکرد مدیریتی، بخش محیط‌زیست با وزن نهایی ۰/۱۴۲ در اولویت دوم و بخش شرب با وزن نهایی ۰/۰۰۷ در اولویت سوم قرار گرفت. آنچه در این رویکرد حائز اهمیت است، این است که بخش محیط‌زیست با اختلاف زیادی از بخش کشاورزی قرار دارد، چراکه بخش کشاورزی، شغل اصلی اکثریت مردمان منطقه سیستان را تشکیل می‌دهد و مباحث سودآوری، توسعه سطح زیر کشت و تغییرات الگوی کشت سهم بسزایی در تعیین وزن نهایی این بخش دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس رویکرد اجتماعی باز هم بخش کشاورزی با وزن نهایی ۰/۷۱۰ در رتبه اول قرار گرفت. بخش محیط‌زیست با وزن نهایی ۰/۲۷۰ در رتبه دوم و بخش شرب با وزن نهایی ۰/۰۲۰ در جایگاه سوم می‌باشند. آنچه مشخص است وزن نهایی بخش کشاورزی در رویکرد اجتماعی نسبت به رویکرد اقتصادی کاهش داشته است. مباحث اشتغال‌زائی، رفاه و جمعیتی در این رویکرد بیشترین تأثیر را داشته‌اند. در این رویکرد وزن نهایی بخش محیط-زیست افزایش حدود دو برابری را داشته است، که مشخص می‌گردد مباحث زیست‌محیطی در رویکرد اجتماعی پررنگتر و مهمتر می‌باشد.

در رویکرد فنی نیز، وزن نهایی بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها بیشترین مقدار بوده است. اما با این تفاوت که نسبت به رویکرد اقتصادی کمتر، ولی نسبت به رویکرد اجتماعی بیشتر بوده است، علت افزایش وزن نهایی بخش کشاورزی در رویکرد فنی به اجتماعی را می‌توان بدلیل شاخص‌های مقدار تقاضا و تأمین نیاز بخش کشاورزی دانست. در این رویکرد بخش محیط‌زیست در رتبه دوم و بخش شرب در رتبه سوم جای دارند.

در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس رویکرد زیست‌محیطی به این صورت بدست آمد که، بخش کشاورزی با وزن نهایی ۰/۳۶۴ در رتبه دوم قرار می‌گیرد. در این رویکرد، بخش محیط‌زیست با وزن نهایی ۰/۶۰۳ در رتبه اول و بخش شرب در رتبه سوم جای گرفت. در این رویکرد شاخص‌های حفظ منابع آب برای نسل آتی، اکوسیستم پایین‌دست و تثبیت ریزگردها از اهمیت ویژه‌ایی برخوردار بوده و سبب افزایش رتبه بخش محیط‌زیست در این رویکرد شده است.

جمع بندی و پیشنهادات

در این مطالعه اولویت‌بندی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از ۱۲ شاخص مهم برای تعیین وزن نهایی گزینه‌های کشاورزی، شرب و محیط زیست با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) مورد استفاده قرار گرفت. شاخص‌های مورد بررسی طبق نظرات کارشناسان خبره بر اساس ۴ رویکرد مدیریتی: اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی تنظیم گردید. طبق نتایج در ۳ رویکرد اقتصادی، اجتماعی و فنی، بخش کشاورزی در رتبه اول قرار گرفت. اما در رویکرد زیست محیطی بخش محیط‌زیست در رتبه اول قرار دارد. بر این اساس پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

Archive of SID

www.SID.ir

- تصمیم‌گیری چند شاخصه توانایی ایجاد یک محیط تصمیم‌گیری مناسب و نیز زمینه تدوین سناریوهای مختلف مدیریتی را فراهم می‌آورد، بنابراین به متولیان تخصیص آب در سطح منطقه توصیه می‌شود که جهت مدیریت و بهره‌برداری بهینه از سدهای مخزنی و سایر منابع آبی این متدها را مورد توجه قرار دهند.
- با مصاحبه با کارشناسان مربوطه مشخص گردید که برنامه مدونی برای بهره‌برداری، با توجه به شرایط بحرانی آب در منطقه سیستان وجود ندارد. لذا پیشنهاد می‌گردد سیاستگذاری‌ها، راهبردهای بلندمدت و برنامه‌های آتی در خصوص تخصیص و بهره-برداری آب، با توجه به شرایط کنونی منطقه تدوین گردد.
- با توجه به اینکه شغل اکثریت مردم سیستان کشاورزی می‌باشد، و از طرفی در ۳ رویکرد مدیریتی مورد بررسی (خصوصاً رویکرد اقتصادی) بخش کشاورزی در رتبه اول قرار گرفت، لذا توجه مسئولان مربوطه جهت رونق این بخش را بیش از پیش می‌طلبد.
- بخش کشاورزی بیشترین وزن را در ۳ رویکرد اول داشته است، در این ارتباط یکی از مسائلی که می‌تواند به توسعه این بخش کمک شایانی نماید، اعمال حقآبه ایران از سوی افغانستان (به میزان سالانه ۸۲۰ میلیون مترمکعب) می‌باشد، از طرفی اجرای طرح‌های توسعه منابع آب پیش‌بینی شده از سوی دولت، مانند افزایش راندمان آبیاری از طریق سیستم‌های تحت فشار قطعاً، سبب تأمین نیاز بیشتر بخش کشاورزی می‌گردد، لذا پیگیری جدی مسئولین جهت رعایت حقآبه و اجرا و پیشبرد طرح‌های مربوطه لازم بوده تا سبب بهبود وضعیت کشاورزی و طبعاً مردمان منطقه سیستان گردد.
- مطابق نتایج رویکرد زیست‌محیطی و در اولویت نخست قرارگرفتن بخش محیط‌زیست و تالاب هامون به عنوان نماینده این بخش، توجه به احیای تالاب‌های ۳ گانه هامون بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد. طبق مطالعات انجام گرفته، خسارات برآورده شده بر اساس کارکردهای مختلف تالاب هامون در زمان خشکسالی بسیار زیاد بوده که پیشنهاد می‌گردد، این اکوسیستم برای استفاده نسل‌های آتی و همچنین استفاده نسل حاضر در آینده محافظت شود. به عبارت دیگر با مدیریت پایدار این اکوسیستم هم حقوق نسل حاضر و هم حقوق نسل‌های آتی در استفاده از این تالاب در نظر گرفته شود و سرمایه گذاری لازم در این زمینه انجام گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست (مراحل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP))

جدول ۴: ماتریس فازی مقایسه زوجی شاخص‌ها بر اساس رویکرد اقتصادی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_1	۱،۱،۱	۹،۷/۲،۵/۴	۴،۴،۷/۶،۵/۸	۵/۳،۳/۵،۱/۷	۴،۶،۲/۶،۱/۵	۸،۶/۲،۴/۵	۴،۲،۱	۹،۷،۵	۸/۵،۶/۷،۴/۹	۱۰،۸،۶	۸/۸،۷،۵/۲	۱۱،۹،۷
C_2	۰/۱۸،۰/۱۴۰،۱۱	۱،۱،۱	۸/۱،۶/۳،۴/۲	۹،۷/۲،۵/۴	۷/۱،۵/۸،۳/۲	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۱۰،۸،۶	۵/۳،۳/۱،۷/	۸/۹،۷/۱،۵/۳	۶،۴،۲	۷/۱،۵/۳،۳/۵
C_3	۰/۱۷،۰/۱۳۰،۱	۰/۲،۰/۱۵،۰/۱۲	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۶/۱،۴/۳،۲/۵	۷،۵،۳	۷/۴،۵/۶،۳/۸	۱۰،۸،۶	۱۱،۹،۷	۹/۵،۷/۶،۵/۹	۹،۷،۵	۹،۳،۷/۵،۵/۷
C_4	۰/۵۰،۰/۳۰،۱	۰/۱۸،۰/۱۳۰،۱	۰/۵۰،۰/۳۵۰،۱۶	۱،۱،۱	۵/۱،۳/۳،۱/۵	۴،۲،۱	۶/۵،۴/۷،۲/۹	۸،۶،۴	۹،۷،۵	۶/۷،۴/۹،۳/۱	۱۰،۸،۶	۵/۷،۴/۹،۲/۱
C_5	۰/۶۰،۰/۳۸۰،۲۲	۰/۳۰،۰/۱۷۰،۱۴	۰/۴۰،۰/۲۰،۱۶	۰/۶۰،۰/۳۰،۱۹	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۵/۶،۳/۸،۲	۹،۷،۵	۴/۹،۳/۱،۱/۳	۹،۷،۵	۵/۹،۴/۱،۲/۳	۵،۳،۱
C_6	۰/۲۲،۰/۱۶۰،۱۲	۰/۲،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۰/۳۳۰،۰/۲،۰/۱۴	۱،۰/۵،۰/۳۵	۰/۵،۰/۳۵۰،۱۶	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۵،۳،۱	۵،۳،۱
C_7	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱	۰/۲،۰/۱۶۰،۰/۱۲	۰/۲،۰/۱۷۰،۰/۱۳	۰/۳۰،۰/۱۱۰،۰/۱۵	۰/۵،۰/۳۶۰،۰/۱۷	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۵/۶،۳/۵،۲	۴،۲،۱	۱/۴،۱/۲،۱	۱/۴،۱/۲،۱/۱
C_8	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱	۰/۲۰،۰/۱۶۰،۰/۱۲	۰/۳۰،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۱،۰/۵،۰/۳۵	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۵،۳،۱	۱،۱،۱
C_9	۰/۳۰،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۰/۵،۰/۲،۰/۱۸	۰/۱۴۰،۰/۱۱۰،۰/۹	۰/۳۰،۰/۱۴۰،۰/۱	۰/۷۰،۰/۳۶۰،۰/۲۰	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱/۹،۱/۵،۱/۱	۴،۲،۱	۵،۳،۱
C_{10}	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱	۰/۱۸۰،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱۱	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۴،۰/۶،۰/۲۵	۱،۰/۵،۰/۲۵	۰/۹،۰/۶۰،۰/۵	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱/۴،۱/۲،۱
C_{11}	۰/۱۰/۱،۰/۱	۰/۵،۰/۳۵،۰/۱۶	۰/۲،۰/۱۴۰،۰/۱۱	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱	۰/۴۰،۰/۲۰،۰/۱۷	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۱،۰/۳۰،۰/۲	۱،۰/۳۰،۰/۲	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۷،۵،۳
C_{12}	۰/۱،۰/۱،۰/۹	۰/۲،۰/۱۸،۰/۱۴	۰/۱۷،۰/۱۳۰،۰/۱	۰/۴۰،۰/۲،۰/۱۷	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۱،۰/۳۰،۰/۲	۱،۱،۱	۱،۰/۳،۰/۲	۱،۰/۸،۰/۷	۰/۳،۰/۲،۰/۱	۱،۱،۱

جدول ۵: ماتریس فازی مقایسه زوجی شاخص‌ها بر اساس رویکرد اجتماعی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_1	۱،۱،۱	۵/۲،۳/۲،۱/۲	۶/۹،۶/۹،۲/۹	۱،۰/۳،۰/۲	۰/۵،۰/۳،۰/۱	۱،۰/۵،۰/۲۵	۴،۲،۱	۵/۳،۱	۶،۴،۲	۴/۵،۲/۵،۱/۳	۶،۴،۲	۵/۹،۳/۴،۲
C_2	۰/۸۰،۰/۳۰،۰/۱۹	۱،۱،۱	۴،۲،۲/۳،۱/۲	۰/۱۶۰،۰/۱۰،۰/۱	۰/۴۰،۰/۱۰،۰/۹	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱	۱،۱،۱	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۳۰،۰/۲	۱،۰/۵۰،۰/۲۵
C_3	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۰/۸۳۰،۰/۴۱،۰/۲	۱،۱،۱	۰/۱۶۰،۰/۱۰،۰/۱	۰/۱۴۰،۰/۱۰،۰/۹	۰/۱،۰/۱۰،۰/۹	۱،۱،۱	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱
C_4	۵/۳،۱	۱۰/۸،۶	۱۰/۸،۶	۱،۱،۱	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱	۷/۵،۳	۰/۲۰،۰/۱۰،۰/۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱	۰/۲۵۰،۰/۱۶۰،۰/۱۲	۰/۲۵۰،۰/۲۰،۰/۱۶	۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱
C_5	۶،۴،۲	۱۱،۹،۷	۷/۵،۳	۱،۱،۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱	۱،۱،۱	۰/۱۰،۰/۱۰،۰/۹	۰/۱۶۰،۰/۱۰،۰/۱	۰/۱۴۰،۰/۱۱۰،۰/۱	۰/۲۰،۰/۱۰،۰/۹	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴
C_6	۴،۲،۱	۹،۷،۵	۱۱،۹،۷	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۰/۱۶۰،۰/۱۰،۰/۱۱	۰/۵۰،۰/۲۵۰،۰/۱۶	۰/۵۰،۰/۲۰،۰/۱۶	۱،۰/۳۳۰،۰/۲
C_7	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۹،۷،۵	۱۱،۹،۷	۷/۵،۳	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۵،۰/۲	۱،۰/۵،۰/۲۵
C_8	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۹،۷،۵	۱۰،۸،۶	۷/۵،۳	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱،۰/۵،۰/۲۵	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۱،۰/۳۳۰،۰/۲
C_9	۰/۵،۰/۲۵،۰/۱۶	۵/۳،۱	۵/۳،۱	۸،۶،۴	۹،۷،۵	۱۰،۸،۶	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۵/۱،۳/۱،۰/۲	۱،۰/۳۳۰،۰/۲	۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴
C_{10}	۰/۷۶،۰/۴۰،۰/۲۲	۴،۲،۱	۷/۵،۳	۶،۴،۲	۱۱،۹،۷	۶،۴،۲	۴،۲،۱	۴،۲،۱	۰/۸،۰/۳۰،۰/۱۹	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۰/۵،۰/۲۵،۰/۱۶
C_{11}	۰/۵،۰/۲۵،۰/۱۶	۵/۳،۱	۷/۵/۳	۱۰،۸،۶	۹،۷،۵	۶،۴،۲	۴،۲،۱	۵/۳،۱	۵/۳،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱
C_{12}	۰/۵،۰/۲۵،۰/۱۶	۴،۲،۱	۹،۷،۵	۹،۷،۵	۷/۵،۳	۵/۳،۱	۴،۲،۱	۵/۳،۱	۷/۵/۳	۶،۴،۲	۹،۷،۵	۱،۱،۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶: ماتریس فازی مقایسه زوجی شاخص‌ها بر اساس رویکرد فنی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_1	۱،۱،۱	۹/۷/۲،۵/۴	۹/۴۷/۶،۵/۸	۵/۳۳۴/۵،۱/۷	۴/۴۰۲/۶،۱/۵	۸،۶/۲،۴/۵	۹/۵۸۷/۷،۵/۹	۹/۵۸۷/۷،۵/۹	۸/۵۵۶/۷،۴/۹	۱۰-۸،۶	۸/۸۸۷/۵،۲/	۱۰/۸،۸/۸،۶/۷
C_2	۰/۱۸۰/۱۳۰/۱۱	۱،۱،۱	۸/۱،۶/۳،۴/۲	۹،۷/۲،۵/۴	۷/۱۵/۸،۵۳/۲	۹/۵۸۷/۷،۵/۹	۷/۹،۶/۱،۴/۳	۱۰-۸،۶	۵/۳۳۴/۵،۱/۷	۸/۹،۷/۱،۵/۳	۶،۴،۲	۷/۱،۵/۳،۳/۵
C_3	۰/۱۷۰/۱۳۰/۱۰	۰/۲۳۰/۱۵۰/۱۲	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۶/۱،۴/۳،۲/۵	۷،۵،۳	۷/۴،۵/۶،۳/۸	۱۰-۸،۶	۱۱،۹،۷	۹/۵۸۷/۷،۵/۹	۹/۳۸۷/۵،۵/۷	۹/۳۸۷/۵،۵/۷
C_4	۰/۵۸۰/۲۸۰/۱۸	۰/۱۸۰/۱۳۰/۱	۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۱،۱،۱	۵/۱،۳،۲/۱،۵	۴،۲،۱	۶/۵،۴/۷،۲/۹	۸،۶،۴	۹/۴،۷/۴،۵/۴	۶/۷،۴/۹،۳/۱	۱۰-۸،۶	۵/۷،۳/۹،۲/۱
C_5	۰/۶۰/۳۰/۲۲	۰/۳۱۰/۱۷۰/۱۴	۰/۴۰/۲۳۰/۱۶	۰/۶۶۰/۳۰۰/۱۹	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۵/۶۳۲/۸،۲	۹،۷،۵	۴/۹،۳/۱،۱/۳	۹،۷،۵	۵/۹،۴/۱،۲/۳	۵،۳،۱
C_6	۰/۲۰/۱۶۰/۱	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱	۰/۳۳۰/۲۰۰/۱۴	۱۰۰/۵۰۰/۲۵	۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۵،۳،۱	۵/۳۳۴/۳۱/۴
C_7	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱۰	۰/۲۳۰/۱۶۰/۱۲	۰/۴۳۰/۲۶۰/۱۷	۰/۳۳۰/۲۰۰/۱۵	۰/۵۰/۲۶۰/۱۷	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۵،۳،۱	۵،۳،۱	۱/۴،۱/۲،۱/۱
C_8	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱۰	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱۰	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱۰	۰/۲۵۰/۱۶۰/۱۰	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۱۰/۵۰۰/۲۵	۰/۳۳۰/۲۰۰/۱۴	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۹،۷،۵	۹/۴۷/۴،۵/۴	۷،۵،۳
C_9	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۰/۵۸۰/۲۸۰/۱۸	۰/۱۴۰/۱۱۰/۹۰	۰/۱۸۰/۱۳۰/۹۰	۰/۴۶۰/۳۲۰/۲۰	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۱،۰۳۰/۲	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۴،۲،۱	۸،۶،۴
C_{10}	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱	۰/۱۸۰/۱۴۰/۱۱	۰/۱۶۰/۱۲۰/۱۱	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴	۰/۲۰۰/۱۰۰/۱	۱۰/۵۰۰/۲۵	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۲۰۰/۱۰۰/۱۱	۰/۵۰۰/۲۵۰/۱۶	۱،۱،۱	۱/۴،۱/۲،۱	
C_{11}	۰/۱۰/۱۴۰/۱۱	۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۰/۱۰/۱۳۰/۱	۰/۱۶۰/۱۳۰/۱۴	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۱۸۰/۱۰/۱۰	۱۰/۵۰۰/۲۵	۱،۱،۱	۷،۵،۳	
C_{12}	۰/۱۴۰/۱۳۰/۰۹	۰/۲۸۰/۱۸۰/۱۴	۰/۱۷۰/۱۳۰/۱	۰/۴۰۰/۲۰۰/۱۷	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۷۱۰/۳۰۰/۱۸	۰/۹۰۰/۸۰۰/۷۱	۰/۳۳۰/۲۰۰/۱۴	۰/۲۵۰/۱۶۰/۱۲	۱،۰/۸۰۰/۷۱	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴۲	۱،۱،۱

جدول ۷: ماتریس فازی مقایسه زوجی شاخص‌ها بر اساس رویکرد زیست محیطی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
C_1	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۴/۲،۲/۲،۱/۱	۱۰/۳۳۰/۲	۱،۱،۱	۴/۴،۲/۴،۱/۲	۵،۳،۱	۴/۴،۲/۴،۱/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۲۵۰/۱۶۰/۱۲	۰/۳۰/۱۴۰/۱
C_2	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۰/۳۳۰/۲۰۰/۱۴	۱۰/۵۰/۲۵۰	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۵۰/۲۵۰	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۱۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۰/۳۰/۲۰/۱۴	۰/۱۴۰/۱۰/۰۹	۰/۱۰/۱۰/۰۹
C_3	۶،۴،۲	۷،۵،۳	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۰/۱۶۰/۱۲۰/۰۹	۰/۱۰/۱۰/۰۹
C_4	۰/۹۰/۴۵۰/۲۲	۴،۲،۱	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۴/۵،۲/۵،۱/۲	۴/۲،۲/۲،۱/۱	۴،۲،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۲۵۰/۱۰/۱۲	۰/۱۶۰/۱۲۰/۰۹	۰/۱۰/۱۰/۰۹
C_5	۵،۳،۱	۵،۳،۱	۷،۵،۳	۰/۸۰۰/۴۰۰/۲۲	۱،۱،۱	۴/۴،۲/۴،۱/۲	۱۰/۳۳۰/۲	۵،۳،۱	۴/۴،۳/۱،۳	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴	۰/۲۰/۱۴۰/۰۱
C_6	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۰/۹۰۰/۴۵۰/۲۲	۰/۸۳۰/۴۱۰/۲۲	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۰/۱۰/۱۰/۰۹
C_7	۰/۸۰۰/۴۰۰/۲	۴،۲،۱	۵،۳،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۵۰/۲۵۰/۱۶	۰/۲۵۰/۱۰/۰۱۲	۰/۲۰۰/۱۰/۰۱
C_8	۱۰/۳۰۰/۲	۵،۳،۱	۵،۳،۱	۴،۲،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۴،۲،۱	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۰/۳۳۰/۲۰۰/۱۴	۰/۱۴۰/۱۰/۰۹	۰/۱۰/۱۰/۰۹
C_9	۰/۸۳۰/۴۰۰/۲	۶،۴،۲	۵،۳،۱	۴،۲،۱	۰/۷۰۰/۳۰۰/۲	۴،۲،۱	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۰۰/۰۹	۰/۱۰۰/۱۰۰/۰۹	۰/۱۰۰/۱۰۰/۰۹
C_{10}	۵،۳،۱	۷،۵،۳	۶،۴،۲	۸،۶،۴	۵،۳،۱	۷،۵،۳	۶،۴،۲	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۰/۱۰۰/۱۰۰/۰۹
C_{11}	۸،۶،۴	۱۱،۹،۷	۱۰،۸،۶	۱۰،۸،۶	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۸،۶،۴	۱۱،۹،۷	۱۱،۹،۷	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴
C_{12}	۹،۷،۵	۱۱،۹،۷	۱۱،۹،۷	۱۱،۹،۷	۹،۷،۵	۱۱،۹،۷	۹،۷،۵	۱۱،۹،۷	۱۱،۹،۷	۷،۵،۳	۱،۱،۱	۱،۱،۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_1

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۱۰/۶۸/۶۶/۶	۸/۵۶/۵۴/۵	۱،۱،۱	۱۰/۶۸/۶۶/۶	۱۰/۸۸/۸۶/۸	۱،۱،۱	۸/۵۶/۵۴/۵	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۴/۴۲/۴۱/۲	۱۰/۳۰/۲
OP_2	۰/۱۵۰/۱۰/۰/۹	۱،۱،۱	۰/۲۰/۱۶۰/۱۲	۰/۱۵۰/۱۱۰/۰/۹	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۲۰/۱۵۰/۱۱	۱،۱،۱	۰/۲۰/۱۶۰/۱۲	۰/۸۰/۴۱۰/۲۲	۱،۱،۱	۰/۲۵۰/۱۰/۱
OP_3	۰/۲۰/۱۵۰/۱۱	۸،۶،۴	۱،۱،۱	۰/۱۴۰/۱۰۰/۰/۹	۵/۳،۱	۱،۱،۱	۱۰/۲۵۰/۲۵	۸،۶،۴	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۸،۶،۴	۱،۱،۱

جدول ۹ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_2

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۱۰/۳۸/۳۶/۳	۸/۱۶/۱۴/۱	۱،۱،۱	۱۱،۹،۷	۱۰/۸۸/۸۶/۸	۱،۱،۱	۱۰/۳۸/۳۶/۳	۸/۱۶/۱۴/۱	۱،۱،۱	۵/۱۳/۱،۱/۲	۰/۵۰/۳۵۰/۱
OP_2	۰/۱۵۰/۱۰/۰/۹	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۱۴۰/۱۰/۰/۹	۱،۱،۱	۱۰/۳۰/۲	۰/۱۰/۱۲۰/۰/۹	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۸۰/۳۰/۱۹	۱،۱،۱	۰/۳۰/۲۰/۱۴
OP_3	۰/۲۴۰/۱۰۰/۱۲	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۰/۱۴۰/۱۰۰/۰/۹	۵/۳،۱	۱،۱،۱	۰/۲۴۰/۱۰۰/۱۲	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۷،۵،۳	۱،۱،۱

جدول ۱۰ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_3

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۸/۲۶/۲۴/۳	۹/۷۷/۷۵/۷	۱،۱،۱	۱۰/۶۸/۶۶/۶	۱۱،۹،۷	۱،۱،۱	۸/۲۶/۲۴/۳	۹/۷۷/۷۵/۷	۱،۱،۱	۴/۲۲/۲۱/۱	۰/۱۰/۱۰/۰/۹
OP_2	۰/۲۰/۱۶۰/۱۲	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۱۵۰/۱۰۰/۰/۹	۱،۱،۱	۰/۳۰/۲۰۰/۱۴	۰/۲۰/۱۶۰/۱۲	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵	۰/۹۰/۴۰/۲	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۵
OP_3	۰/۱۰/۸۰/۱۰	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۰/۱۴۰/۱۰۰/۰/۹	۷/۵،۳	۱،۱،۱	۰/۱۷۰/۱۰۰/۱۰	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۱۱/۹،۷	۴،۲،۱	۱،۱،۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۱ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_4

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۹/۶۷/۶۵/۶	۷/۴۵/۴۳/۴	۱،۱،۱	۱۱،۹،۷	۱۰،۸،۶	۱،۱،۱	۹/۳۷/۵،۵/۷	۷/۴۵/۴۳/۴	۱،۱،۱	۹/۶۷/۶۵/۶	۷/۴۵/۴۳/۴
OP_2	۰/۱۷۰/۱۳۰/۱	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۰/۱۴۰/۱۰۰/۶	۱،۱،۱	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴	۰/۱۰۰/۱۳۰/۱۰	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱	۰/۱۰۰/۱۳۰/۱	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۴۰/۱۱
OP_3	۰/۲۰۰/۱۸۰/۱۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۰/۱۶۰/۱۲۵۰/۹	۷،۵،۳	۱،۱،۱	۰/۲۹۰/۱۰۰/۱۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۸۰/۱۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱

جدول ۱۲ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_5

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۶/۷۴/۷،۴/۸	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱۱،۹،۷	۱۰/۸۸/۸،۶/۸	۱،۱،۱	۶/۷۴/۷،۴/۸	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۶/۷۴/۷،۴/۸	۵،۳،۱
OP_2	۰/۳۵۰/۲۰۰/۱۴	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۰۰/۲۵	۰/۱۴۰/۱۱۰/۰۹	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۳۵۰/۲۰۰/۱۴	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۰۰/۲۵	۰/۳۰۰/۲۰۰/۱۴	۱،۱،۱	۱۰/۵۰/۲۰۰/۲۵
OP_3	۱۰/۳۳۰/۲	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۰/۱۴۰/۱۰۰/۰۹	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۴،۲،۱	۱،۱،۱

جدول ۱۳ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_6

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۶/۵۴/۵۲/۶	۴/۸۲/۸،۱	۱،۱،۱	۸/۳۶/۳۴/۴	۸/۳۶/۳۴/۴	۱،۱،۱	۶/۵۴/۵۲/۶	۴/۸۲/۸،۱	۱،۱،۱	۶/۵۴/۵۲/۶	۴/۸۲/۸،۱
OP_2	۰/۳۸۰/۲۰۰/۱۵	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۳۲۰/۱۵۰/۱۲	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۰/۳۸۰/۲۰۰/۱۵	۱،۱،۱	۱۰/۳۰/۲	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰/۲	۱۰/۳۳۰/۲
OP_3	۱۰/۳۵۰/۲۰	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۰/۲۲۰/۱۵۰/۱۲	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱۰/۳۵۰/۲	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۴: مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_7

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۱۰/۴۸/۴،۶/۴	۸،۶،۴	۱،۱،۱	۸،۶،۴	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱۰/۸۸/۸،۶/۷	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۱۰/۴۸/۴،۶/۴	۸/۲۶/۳،۴/۲
OP_2	۰/۱۰/۱،۰/۰۹	۱،۱،۱	۴/۶۲/۶،۱/۴	۰/۲۵،۰/۱۶،۰/۱۲	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۳،۰/۲	۰/۱۴،۰/۱،۰/۰۹	۱،۱،۱	۱۰/۰۵،۰/۲۵	۰/۱،۰/۱،۰/۰۹	۱،۱،۱	۴/۶۲/۶،۱/۴
OP_3	۰/۲،۰/۱،۰/۱۲	۰/۷۱،۰/۳۰،۰/۲۱	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۳،۰/۲	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۰/۵۰،۰/۲۵،۰/۱۶	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۰/۲،۰/۱،۰/۱۲	۰/۷۱،۰/۳۰،۰/۲۱	۱،۱،۱

جدول ۱۵: مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_8

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۷،۵،۳	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۷،۵،۳	۵/۸۳/۸،۲	۱،۱،۱	۹،۷،۵	۷،۵،۳	۱،۱،۱	۶/۸۴/۸۲/۸	۵،۳،۱
OP_2	۰/۳۳،۰/۲،۰/۱۴	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۰/۳۳،۰/۲،۰/۱۴۲	۱،۱،۱	۱۰/۵،۰/۲۵	۰/۲،۰/۱۴۰/۱۱	۱،۱،۱	۱۰/۵،۰/۲۵	۰/۳۰/۲،۰/۱۴	۱،۱،۱	۵،۳،۱
OP_3	۱۰/۳۳،۰/۲	۱۰/۳۳،۰/۲	۱،۱،۱	۰/۵،۰/۲۶،۰/۱۷	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۰/۳۳،۰/۲،۰/۱۴	۴،۲،۱	۱،۱،۱	۱۰/۳۳،۰/۲	۱۰/۳۳،۰/۲	۱،۱،۱

جدول ۱۶: مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_9

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۸،۶،۴	۴/۷،۲/۷،۱	۱،۱،۱	۵/۱۳/۱،۱/۲	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۸،۶،۴	۴/۷،۲/۷،۱
OP_2	۰/۲،۰/۱۶،۰/۱۵	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۳،۰/۲	۰/۸۳،۰/۳۲،۰/۱۹	۱،۱،۱	۱۰/۰۳،۰/۲	۰/۵،۰/۲۵،۰/۱۶	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۳،۰/۲	۰/۲،۰/۱۶،۰/۱	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۳،۰/۲
OP_3	۱۰/۳۷،۰/۲۱	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۰/۵،۰/۲۵،۰/۱۶	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۳،۰/۲	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۱۰/۰۳۰/۲۱	۵،۳،۱	۱،۱،۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۷ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_{10}

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۴/۱،۲/۱،۱	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۷۵،۳	۱،۱،۱	۴/۱،۲/۱،۱	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۸/۲،۶/۲،۴/۲	۱۰/۵،۰/۲۵
OP_2	۱۰/۴۷،۰/۲۴	۱،۱،۱	۰/۵۰،۲۵۰،۱۶۶	۱۰/۳۳۰،۲	۱،۱،۱	۰/۲۵۰،۵۰،۱	۱۰/۴،۰/۲۴	۱،۱،۱	۰/۵۰،۲۵۰،۱۶۰،۲۰،۱۶۰،۱	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱۰/۵۰،۰/۲۵
OP_3	۰/۵۰،۰/۲۵۰،۱۶	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۰/۳۳۰،۲۰،۰/۱۴	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۰/۵۰،۰/۲۰،۰/۱۶	۶،۴،۲	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۴،۲،۱	۱،۱،۱

جدول ۱۸ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_{11}

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۵/۱،۳/۱،۱/۱	۰/۵۰،۰/۲۵۰،۰/۱۶	۱،۱،۱	۶/۸،۴/۸،۲/۸	۵،۳،۱	۱،۱،۱	۵/۱،۳/۱،۱/۱	۰/۵۰،۰/۲۵۰،۰/۱۶	۱،۱،۱	۶/۸،۴/۸،۲/۸	۱۰/۵۰،۰/۲۵
OP_2	۰/۹۰،۳۰،۰/۱	۱،۱،۱	۰/۲۵۰،۰/۱۶۰،۰/۱۲ ۰/۳۵۰،۰/۲۰۰،۰/۱۴		۱،۱،۱	۰/۲۰۰/۱۴۰،۰/۱	۰/۹۰،۰/۳۰،۰/۱۹	۱،۱،۱	۰/۲۰،۰/۱۶۰،۰/۱۲۰،۰/۳۰،۰/۲۰،۰/۱۴	۱،۱،۱	۱،۱،۱	۱۰/۵۰،۰/۲۵
OP_3	۶،۴،۲	۸،۶،۴	۱،۱،۱	۱۰/۳۳۰،۲	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۶،۴،۲	۸،۶،۴	۱،۱،۱	۴،۲،۱	۴،۲،۱	۱،۱،۱

جدول ۱۹ : مقایسه زوجی گزینه‌ها بر حسب شاخص C_{12}

	اقتصادی			اجتماعی			فنی			زیست محیطی		
	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3	OP_1	OP_2	OP_3
OP_1	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۰/۳۳۰،۲۰،۰/۱۴۲	۱،۱،۱	۹/۱،۷/۱،۵/۱	۵/۱،۳/۱،۱/۲	۱،۱،۱	۵،۳،۱	۰/۳۳۰،۲۰،۰/۱۴	۱،۱،۱	۴/۵،۲/۵،۱/۲	۰/۳۰،۲۰،۰/۱۴
OP_2	۱۰/۳۳۰،۲	۱،۱،۱	۰/۲۰،۰/۱۴۲،۰/۱۱	۰/۱۹،۰/۱۴۰،۰/۱۰	۱،۱،۱	۰/۱،۰/۱،۰/۰۹	۱۰/۳۳۰،۲	۱،۱،۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱۱۰/۸۳۰،۴۰،۰/۲	۱،۱،۱	۰/۲۰،۰/۱۴۰،۰/۱	
OP_3	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۰/۸۳۰،۳۰،۰/۱۹	۱۱،۹،۷	۱،۱،۱	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱	۷،۵،۳	۹،۷،۵	۱،۱،۱

Archive of SID
www.SID.ir

منابع و مآخذ

۱-اصغرپور، محمدجواد، (۱۳۸۱)، تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۲-برشنده، سجاد؛ شمسایی، ابوالفضل؛ علیمحمدی، سعید، (۱۳۹۱)، کاربرد روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت یکپارچه منابع آب غرب دریاچه ارومیه، یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه.
۳-بریم نژاد، ولی؛ صدرالاشرافی، سیدمهیار، (۱۳۸۴)، مدلبندی در منابع آب با استفاده از تکنیک‌های تصمیم گیری چندمعیاره، علوم کشاورزی، ۱۱(۴)، ۱۸-۱.
۴-جاویدی صباغیان، رضا؛ شریفی، محمدباقر؛ رجبی مشهدی، حبیب، (۱۳۸۹)، مقایسه دو روش تعیین وزن شاخص‌ها در تصمیم‌گیری چندشاخصه در اولویت‌بندی و انتخاب ساختگاه مناسب سد، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۵-دحیماوی، عادل؛ غنیان، منصور؛ قوچانی، امید مهراب؛ زارعی، حیدر، (۱۳۹۴)، فرآیند بکارگیری مدلهای تصمیم گیری چندمعیاره در اولویت بندی اجرای طرح‌های توسعه منابع آب مناطق روستائی استان خوزستان، نشریه آب و توسعه پایدار، ۱(۳)، ۹-۱۶.
۶-درویشی، سحر؛ ملماسی، سعید؛ نظری دوست، علی، (۱۳۹۲)، ارزیابی ریسک زیست محیطی سد صیدون خوزستان در مرحله ساختمانی با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چندشاخصه، سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.
۷-رضائی تبار، سوسن؛ فتائی، ابراهیم، (۱۳۹۲)، بررسی و ارزیابی پارامترهای کیفی آبهای غیرمتعارف در کشاورزی با استفاده از روش تصمیم گیری چندشاخصه، سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران.
۸-رضوی طوسی، سیده لیلا؛ سامانی، جمال محمدولی، (۱۳۹۲)، اولویت بندی مدیریتی تعدادی از حوضه‌های آبریز کشور با استفاده از روش‌های فرآیند تحلیل شبکه ایی (ANP) و الگوریتم ترکیبی جدید بر اساس TOPSIS-ANP فازی، مدیریت آب و آبیاری، ۳(۲)، ۷۵-۹۰.
۹-رضوی طوسی، سیده لیلا؛ سامانی، جمال محمدولی؛ کوره‌پزان درفولی، امین، (۱۳۹۰)، مقایسه روش‌های تصمیم گیری چندشاخصه ای گروهی فازی در اولویت بندی پروژه‌های انتقال آب، تحقیقات منابع آب، ۷(۳)، ۱۲-۱.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰-رفیعی دارانی، هادی؛ بخشوده، محمد؛ زیبایی، منصور، (۱۳۸۶)، انتخاب و رتبه بندی سیستم‌های آبیاری در استان اصفهان: کاربرد ماتریس معیارها، کارایی کیفی گزینه‌ها و برنامه ریزی چندمعیاری، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۰، ۴۰۹-۳۹۹.
۱۱-زنجیرچی، سیدمحمود، (۱۳۹۳)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، انتشارات صانعی، تهران.
۱۲-سازمان هواشناسی سیستان و بلوچستان، گزارشات پژوهشکده اقلیم شناسی کشور، ۱۳۹۴.
۱۳-شفائیان فرد، دانیال؛ کوهیان افضل، فرشاد؛ محمدابراهیم، یخکشی، (۱۳۹۳)، تعیین گزینه‌های برتر بهره‌برداری از منابع آب با استفاده از مدل WEAP و تحلیل تصمیم‌گیری چندشاخصه (مطالعه موردی: حوضه‌ی زرینگل)، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، ۵(۹)، ۲۹-۴۵.
۱۴-صفاری، نسیم؛ ضرغامی، مهدی، (۱۳۹۲)، تخصیص بهینه منابه آب سطحی دریاچه ارومیه به استان ذینفع با روش‌های تصمیم گیری فاصله محور، نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۱)، ۱۴۹-۱۳۵.
۱۵-ضرغامی، مهدی؛ احسانی، ایمان، (۱۳۹۰)، ارزیابی روش‌های مختلف تصمیم گیری چند معیاره در انتخاب طرح‌های انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه، تحقیقات منابع آب ایران، ۷(۲)، ۱۴-۱.
۱۶-ضرغامی، مهدی؛ سیدرفسکی، فرانک، (۱۳۸۷)، یک مدل تصمیم گیری چندمعیاره برای مدیریت طرح‌های توسعه منابع آب، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانگشه تبریز. تبریز.
۱۷-طالبی، عرفان، (۱۳۹۲)، اولویت بندی تخصیص آب سد قشلاق با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه.
۱۸-طالبی، عرفان؛ قربانی، محمد علی؛ دانشفراز، رسول، (۱۳۹۲). اولویت‌بندی تخصیص آب سد قشلاق سنندج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، مجموعه مقالات اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب، دانشگاه گرگان.
۱۹-محسنی، سیمین؛ شهرکی، جواد، (۱۳۹۴)، کاربرد برنامه ریزی فازی خاکستری در تخصیص منابع آب شهرستان یزد، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۷(۳)، ۹۰-۷۳.

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰-میان آبادی، حجت؛ عباس، افشار، (۱۳۸۷)، تصمیم گیری چندشاخصه در رتبه بندی طرح‌های تأمین آب شهری، فصلنامه آب و فاضلاب، ۶۶، ۴۵-۳۴.
۲۱-میان‌آبادی، حجت؛ افشار، عباس؛ (۱۳۹۰)، تصمیم‌گیری گروهی فازی ناهمگن در مدیریت یکپارچه منابع آب، مجله شریف (مهندسی عمران)، ۲۷(۴)، ۱۳۱-۱۲۳.
۲۲-نوحه گر، احمد؛ طیبی، اشرف؛ مهدوی، رسول، (۱۳۹۳)، اولویت بندی منابع آب شهری در شرایط خشکسالی با کاربرد دلهای تصمیم گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: شهر بندر عباس)، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، سمنان.
۲۳-هلیلی، محمدقاسم؛ سعدالدین، امیر؛ مساعدی، ابوالفضل؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول، (۱۳۸۸)، تصمیم گیری چندمعیاره فازی به منظور مدیریت منابع آب سطحی در سد مخزنی بوستان استان گلستان، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۶(۴)، ۲۴-۱.
24-Ánagnostopoulos, K.P., Petalas, C. & Pisinaras, V. (2005). Water resources planning using the AHP and PROMETHEE multi-criteria methods: the case of Nestos River–Gressce, The 7th balkan conference on operational research, Constanta, Romania.
25-Berbel, J., Viaggi, D., & Manos, B. (2009). Estimating demand for irrigation water in European Mediterranean countries through MCDM models, Water Policy, 11(3), 348-361.
26-Bournaski, E.G., Kirilov, L.M., Iliev, R.S. & Diadovski, I. (2006). Decision support for water quality management, International conference on computer systems and technologies.
27-Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95, 649-655.
28-Chuntian, C. (1999). Fuzzy optimal model for the flood control system of the upper and middle reaches of the Yangtze River, J. Hydrological sciences, 44(4), 573-582.
29-Fu, G. (2008). A fuzzy optimization method for multi-criteria decision-making: An application to reservoir flood control operation, Expert Systems with Applications, 34(1), 145-149.
30-Hadjibiros, K., katsiri, A., & Andreadakis, A. 2005. Multi-criteria reservoir water management. Global NEST Journal, 7(3): 386-394.
31-Hyde, K.M., Maier, H.R., & Colby, C.B., (2005). A Distance-Based Uncertainty Analysis Approach to Multi Criteria Decision Analysis for Water Resource Decision Making, Journal of Environmental Management, 77, 278-290.

Archive of SID

www.SID.ir

32-Kahraman, C. (2008). Fuzzy multi criteria decision-making theory and application with recent development, springer science.
33-Karamouz, M., Zahraie, B., & Kerachian, R. (2003). Development of a Master Plan for Water Pollution Control Using MCDM Techniques: A Case Study, Water International, 28(4), 478-490.
34-Laarhoven, V., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory, Fuzzy set sand systems, 11, 229-241.
35-Madani, K., Sheikhmohammady, M., Mokhtari, S., Moradi, M., & Xanthopoulos, P. (2014). Social Planner's Solution for the Caspian Sea Conflict, Group Decision and Negotiation, 23, 579–596.
36-Mei, X., Rosso, R., Huang, G.L. & Nie, G.S. (1989). Application of analytical hierarchy process to water resources policy and management in Beijing, China, Proceedings of the Baltimore Symptoms, 180, 73-85.
37-Mimi, Z., & Sawalhi, BI. (2003). A decision tool for allocating the waters of the Jordan River basin between all riparian parties, Water Resources Management, 17, 447–461.
38-Purushottam, S.D., Ravindra, K.L. (2015). Sewage Water Quality Index of Sewage Treatment Plant Using Fuzzy MCDM Approach, Proceedings of the Fifth International Conference on Fuzzy and Neuro Computing.
39-RazaviToosi, S.L., & Samani, J.M.V. (2016). Evaluating water management strategies in watersheds by new hybrid Fuzzy Analytical Network Process (FANP) methods, Journal of Hydrology, 534, 364–376.
40-Sardar Shahraki a., Javad Shahraki, j., & Hashemi Monfared, s.a. (2016). Ranking and Level of Development According to the Agricultural Indices, Case Study: Sistan Region. International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD), 6(1), 93-100.
41-Sasikumar, K., & Mujumdar, P.P. (1998). Fuzzy optimization model for water quality management of a river system. J. water resource planning and management. 124(2), 79-80.
42-Srdjevic1, B., Medeiros, Y.D.P & Faria, A.S. (2004). An Objective Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios, Water Resources Management, 18, 35–54.
43-Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans, UN-Water, 2008.
44-Weck, M., Klocke, F., Schell, H. & Roenauver, E. (1997). Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy AHP method", European Journal of Operational Research, 100(2), 351-366.

Archive of SID

www.SID.ir

45-Wicheins, D. (2002). Economic analysis of water allocation policies regarding Nile River water in Egypt, Agricultural Water Management, 52(2), 155–175.

46-Zarezadeh, M., Madani, K., Morid, S. (2012). Resolving trans boundary water conflicts: lessons learned from the Qezelozan-Sefidrood river bankruptcy problem, World Environ, Water Resource Congeries. American Society of Civil Engineers, Reston, 2406–2412.

Archive of SID

www.SID.ir