مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵
ص ۲۲۸-۲۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۵
تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۱۵

بکارگیری تکنیک تاپسیس فازی در اولویت‌بندی گزینه‌های مدیریت بیولوژیک منابع حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دره ناری سروستان فارس)

❖ **امیررضا کشتکار*؛** استادیار، گروه آموزشی مدیریت مناطق بیابانی، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران

❖ **بهناز آصف‌جاه؛** دانش‌آموخته کارشناسی ارشد همزیستی با بیابان، گروه آموزشی مدیریت مناطق بیابانی، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران

❖ **یوسف عرفانی‌فرد؛** دانشیار، گروه مهندسی منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

❖ **علی افضلی؛** کارشناس گروه آموزشی مدیریت مناطق بیابانی، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران

چکیده

امروزه کاربری نامناسب اراضی و تخریب منابع طبیعی پیامدهایی مانند افزایش وقایع سیل و فرسایش خاک را بدنبال داشته است. در چنین شرایطی باید با برنامه‌ریزی منسجم در منابع طبیعی با هدف کنترل، احیاء و حفاظت از این منابع اقدام کرد، که مدیریت منابع حوزه آبخیز چنین اهدافی را برآورده خواهد کرد. این تحقیق با هدف مدیریت منابع آبخیز با رویکرد سناریوسازی، به ارزیابی پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی و اکولوژیک حاصل از مدیریت بیولوژیک در حوزه آبخیز دره ناری سروستان پرداخته است. با انتخاب سه فعالیت مدیریت بیولوژیک، هشت سناریوی مدیریتی در منطقه تدوین شد. سپس با استفاده از مدل‌سازی بر اساس معیارهای فیزیکی، اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی، پیامدهای ناشی از اجرای هریک از سناریوهای مدیریتی و اولویت هریک از سناریوها بر اساس چهار معیار مذکور تعیین گردید. در نهایت گزینه و سناریو برتر با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل تاپسیس فازی انجام شد. نتایج نشان داد که سناریو شماره هشت برترین سناریو و دارای اولویت اول بوده است. همچنین نتایج نشان داد، که تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از توانایی و قابلیت بالایی در بیان ابعاد گوناگون مسئله برخوردار بوده و ابزار مناسبی برای مدیریت جامع منابع حوزه‌های آبخیز می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، حوزه آبخیز دره‌ناری، رویکرد سناریو سازی، مدیریت بیولوژیک.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۲۱۸۸۹۷۱۷۱۷
Email: keshtkar@ut.ac.i

۱. مقدمه

امروزه بهره‌برداری‌های بی رویه و نامناسب و توسعه صنعتی و آلودگی‌های گوناگون ناشی از آن، باعث تضعیف و از بین رفتن منابع طبیعی، افزایش سیل، فرسایش خاک، رسوبگذاری در سدها، بروز جریان‌های گلی و لغزش زمین و آسیب‌های گوناگون انسانی و محیطی دیگر شده است. بنابراین در شرایط رشد روزافزون جمعیت انسانی، گریزی نخواهد بود مگر اینکه با برنامه‌ریزی منسجم و قانونمند در مدیریت منابع طبیعی با هدف کنترل، احیاء و حفاظت در راستای استفاده بهینه از این منابع به صورت پویا، برنامه‌ریزی کرد. بدین دلیل است که مدیریت جامع حوزه آبخیز به صورت دخالت برنامه‌ریزی شده و قانونمند در مدیریت منابع محیط زیستی شامل آب و زمین و ... با هدف کنترل یا حفاظت و استفاده بهینه از این منابع پا به عرصه وجود می‌گذارد [۲۰].

مدیریت حوزه آبخیز تحت عنوان یکپارچه‌سازی و هماهنگ کردن و نیز مدیریت فعالیت‌های بشر در محدوده یک حوزه آبخیز تعریف می‌گردد [۲۱، ۶]. مدیریت جامع آبخیز فرایندی است که توسعه یکپارچه آب، خاک و سایر منابع مرتبط را، به منظور به حداکثر رساندن عایدات اقتصادی و اجتماعی، به‌شرطی که با نگرش عادلانه، عواید اقتصادی منجر به هدر رفت منابع اصلی نگردد، ممکن می‌سازد [۲۷]. تلفیق معضلات، عوامل مؤثر بر بخش‌های مختلف آبخیز، ابعاد مختلف (بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی)، افراد مرتبط با آبخیز و نیز مدل‌ها و داده‌ها در مقیاس‌های مختلف از ابعاد ارزیابی و مدیریت یکپارچه آبخیز هستند [۱۶]. مدیریت جامع حوزه آبخیز با ساکنان و بهره‌برداران زیاد و نیازهای گوناگون، نیازمند ارزیابی جامع‌تر و به چالش کشیدن بیشتر گزینه‌های مدیریتی و اقدامات اجرایی مربوط به هر گزینه مدیریتی از قبیل عملیات مدیریت پوشش گیاهی، ساختمانی و غیرساختمانی و نتایج حاصل از آنها می‌باشد [۱۹].

در همین راستا ناکارآمد بودن نگرش تک بعدی و لزوم جامع نگری در مدیریت آبخیز مستلزم بهره‌گیری و تلفیق تخصص‌های مختلف، ارائه گزینه‌ها و سناریوهای مختلف مدیریتی و اتخاذ بهترین تصمیم‌ها و شیوه‌های مدیریتی از میان این گزینه‌هاست. از این‌رو استفاده از روش‌های تحلیل چند معیاره در این ارتباط می‌تواند راهگشای مؤثری برای تصمیم‌گیری درست و مؤثرتر باشد. فنون تصمیم‌گیری چند معیاره روش‌هایی هستند که به کمک آنها می‌توان با مد نظر قرار دادن معیارهای کمی و کیفی متعدد و گوناگون، بهترین گزینه را از میان چندین گزینه تعیین و انتخاب کرد [۴]. از مهمترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به تخصیص خطی، روش اولویت‌بندی بر اساس تشابه به راه حل ایده‌آل، تئوری مطلوبیت چند معیاره و تحلیل سلسله مراتبی اشاره کرد [۱۳]. تکنیک‌های مذکور هر چند که در زمینه‌های گوناگونی مانند اقتصاد، مهندسی، کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست بکار گرفته شده‌اند [۲، ۵، ۷، ۹، ۱۷، ۲۸، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۳]، ولی فقط در چند سال اخیر تحقیقات نسبتاً محدودی در ارتباط با کاربرد آنها در مدیریت یکپارچه و جامع منابع آبخیز انجام شده است [۲۲، ۲۳، ۳۰]. در پژوهشی به منظور مدیریت بهره‌برداری از مخزن سد بوستان در استان گلستان از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده گردید. بدین منظور با بررسی داده‌های دبی جریان، ۱۶ سناریوی مدیریتی تدوین و بعد برای ارزیابی سناریوها، پنج معیار که عبارت بودند از میزان حجم خالی مخزن در ماه‌های سیلابی، میزان آب ذخیره شده در پایان یک سال آبی، خطر احتمال طغیان در پایاب سد، میزان دبی خروجی از مخزن و خطر شکست سد در هنگام وقوع سیل، در نظر گرفته شد. سپس این معیارها به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن‌دهی و بعد ۱۶ سناریوی تدوین شده به کمک روش تاپسیس اولویت‌بندی گردید. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که سناریوی شماره هفت شامل انجام اقدامات کنترل سیل در ماه‌های اردیبهشت و مرداد،

در اولویت اول اهمیت قرار گرفته است [۱۵]. در مطالعه دیگری نیز با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی به مدیریت جامع حوزه آبخیز شهری قیدار در استان زنجان پرداخته شد. در این تحقیق برای حل مشکلات موجود در حوضه، ابتدا تعدادی گزینه مدیریتی شامل عملیات مکانیکی (احداث سازه‌های تأخیری، افزایش ضریب زبری معبر عبور سیل در بالادست حوضه و کاهش ضریب زبری به همراه پاک‌سازی معابر عبور سیل)، عملیات بیولوژیک (نهال‌کاری، بوته کاری و بذرپاشی) و عملیات عمرانی و خدماتی (احداث جایگاه سوخت، ایجاد خطوط ارتباطی و احداث مراکز تفریحی) انتخاب گردید. در مرحله بعد به‌منظور ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه، چهار معیار شامل هزینه، حفاظت خاک، سهولت اجرا و کاهش سیلاب در نظر گرفته شد. سپس بر اساس نظرات کارشناسان مختلف اقدام به ارزیابی گزینه‌ها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی شد. نتایج این تحقیق حکایت از آن داشت که معیار هزینه مهمترین معیار و عملیات اصلاح بیولوژیک به عنوان بهترین گزینه مدیریتی انتخاب شدند [۳۰]. تحقیقی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، به ارزیابی سناریوهای مدیریت بیولوژیک در مدیریت جامع حوزه آبخیز رامیان در استان گلستان انجام شد. در این تحقیق در راستای اهداف مدیریت یکپارچه به بررسی آثار فیزیکی و اقتصادی-اجتماعی سناریوهای مدیریت بیولوژیک با تأکید بر مشکلات ناشی از سیل و فرسایش در زیرحوزه‌های آبخیز رامیان پرداخته شده است. پس از انتخاب چهار گزینه مدیریت بیولوژیک و تدوین ۱۶ سناریوی مدیریتی در هر زیرحوضه، ملاک‌های ارزیابی مشخص گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که در موازنه نتایج با تأکید بر ملاک اجتماعی در بیشتر زیرحوضه‌ها، بعد از سناریوی اول (حفظ شرایط موجود)، سناریوی شماره دو (اگروفارستری) اولویت انتخابی آبخیزنشینان بوده است. همچنین تکنیک‌های چند معیاره از قابلیت قابل توجهی در کمک به تصمیم‌گیران در اخذ تصمیمات مدیریتی در مدیریت جامع و یکپارچه حوزه آبخیز برخوردار بوده و به منظور مقایسه نتایج اجرای گزینه‌های مدیریتی در بخش‌های مختلف آبخیز و در بازه‌های گوناگون زمانی، تجزیه و تحلیل موازنه نتایج و درک بیشتر آنها می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتری منتهی گردد [۲۷]. در تحقیقی به تحلیل سناریوهای مدیریت بیولوژیک با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره در حوزه آبخیز وطن استان گلستان پرداخته شده است. در این تحقیق با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره و انتخاب چهار معیار کلیدی اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی و اکولوژیکی اثرات سناریوهای پیشنهادی مدیریت بیولوژیک، پیش بینی و سناریوهای اجرایی برتر تعیین شد. با توجه به بررسی مشکلات منطقه، چهار گزینه مدیریتی (اگروفارستری، درخت‌کاری، کپه‌کاری و بانکت‌بندی) تعیین و ۱۶ سناریوی مدیریتی تدوین گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که سناریوی ۱۴ (اگروفارستری، درخت‌کاری و بانکت‌بندی) برترین سناریو بوده که نشان دهنده انتخاب و پیش بینی گزینه مدیریتی متناسب با شرایط منطقه و آبخیزنشینان بوده است [۲۱]. در پژوهشی سناریوهای مختلف بهبود کیفیت آب حوزه آبخیز گرگان رود- استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق، ۹ پارامتر کیفی آب به عنوان متغیر وابسته و ۴۱ متغیر مستقل سیمای سرزمین انتخاب و بعد رابطه بین متغیرها از طریق تحلیل همبستگی و رگرسیون بررسی گردید. در نهایت، با توجه به دیدگاه‌ها و اهداف مدیریتی مختلف در میان کارشناسان، فعالیت‌های مدیریتی ممکن پیشنهاد گردید. پنج فعالیت مدیریتی کاهش چین‌خوردگی پوشش درختی، افزایش مرتع به ازای کاهش مناطق بایر، کاهش سطح کشاورزی بر اساس روش ارزیابی چند معیاره تناسب سرزمین، کاهش جاده با کاهش سطح کشاورزی براساس روش الگوریتم هزینه (فواصل هزینه‌ای) و افزایش مرتع و افزایش تعداد لکه‌های درختی به منظور موازنه نتایج به دست آمده از اجرای سناریوهای تدوین شده و نیز تعیین سناریو یا سناریوهای برتر، با استفاده از

تکنیک تصمیم گیری چندمعیاره، به‌کار گرفته شد. به این منظور پس از محاسبه مقدار معیارها در همه سناریوها، معیارهای یاد شده به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی و بعد ۳۲ سناریوی تدوین شده با تکنیک تاپسیس برای تعیین برترین سناریوها، اولویت‌بندی گردید. با توجه به نتایج برترین سناریو، یعنی سناریوی ۲۱ شامل کاهش جاده با الگوریتم هزینه و افزایش مرتع، به ازای کاهش مناطق بایر انتخاب شد [۲۹]. ارزیابی آثار اقتصادی - اجتماعی و بیوفیزیکی سناریوهای بیولوژیک مدیریت شوری در استرالیا با استفاده از شبکه‌های تصمیم بیزین انجام شد. در این تحقیق گزینه‌های احیاء مراتع، استفاده از بقایای گیاهی، حفاظت اراضی حاشیه رودخانه و عملیات پمپاژ با هدف کاهش مناطق تعذیه و تخلیه و کاهش ارتفاع و حجم رواناب به عنوان راه‌حل‌های ممکن، پیشنهاد گردیدند. پس از ارائه بهترین سناریوهای مدیریتی نتیجه گرفتند که مدل مورد استفاده به لحاظ نمایش ارتباط بین متغیرهای کمی و کیفی و در نظر گرفتن عدم قطعیت دارای توانایی بالایی در نمایش سیستم می‌باشد [۲۵]. همچنین رویکرد برنامه‌ریزی چند معیاره با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس در رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریت اراضی در حوزه آبخیز کن استان تهران مورد استفاده قرار گرفت. هدف از انجام این تحقیق تجمیع معیارهای کمّی و کیفی تصمیم-گیری در فرایند برنامه‌ریزی بوده است. نتایج حاصل نشان داد که در زیرحوضه‌های گوناگون، بجز گزینه تأمین منابع آبی که در تمامی زیرحوضه‌ها گزینه برتر بود، با توجه به شرایط هر زیرحوضه، گزینه‌های دیگر ازجمله توریسم و گردشگری، مدیریت مراتع، باغداری و اقدامات کنترل سیلاب در اولویت دوم اهمیت قرار داشتند [۱۲]. تحقیقی با هدف مدیریت جامع کیفی منابع آب سطحی با استفاده از مدل شبکه تصمیم بیزین و رویکرد سناریوسازی، در حوضه حبله‌رود گرمسار انجام شد. در این تحقیق با انتخاب چهار گزینه فعالیت مدیریت بیولوژیک، ۱۶ سناریو مدیریتی برای منطقه تدوین گردید. با توجه به شرایط منطقه و اهداف مطالعه، چهار پارامتر کیفی اسیدیته، نسبت جذب سدیم، کل مواد محلول و هدایت الکتریکی به عنوان شاخص‌های کیفی جریان سطحی منطقه تعیین و بعد با استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی متغیرهای کلیدی مؤثر بر پارامترهای کیفی فوق در ۱۰ زیرحوضه منتخب واقع در فلات مرکزی ایران تعیین گردید. نتایج نشان داد که فعالیت مدیریتی اصلاح اراضی حاشیه رودخانه، برترین گزینه مدیریتی در بهبود کیفیت منابع آب سطحی منطقه بوده است[۱۹]. این تحقیق با هدف ارائه و توسعه روشی در جهت دستیابی به مدیریت منابع حوزه آبخیز با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره اولویت‌بندی بر اساس تشابه به راه حل ایده‌آل (مدل تاپسیس فازی) و انتخاب بهترین سناریوی مدیریت بیولوژیک در حوزه آبخیز دره‌ناری سروستان فارس، انجام شده است.

۲. روش‌شناسی

۱.۲. منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز دره ناری سروستان با مساحتی برابر ۵۵۴ هکتار و موقعیت جغرافیایی ′۴۵ °۵۲ و ′۴۸ °۵۲ شرقی و ′۲۱ °۲۹ و ′۲۲ °۲۹ شمالی قرار گرفته است. این حوضه در فاصله بین شیراز سروستان در ۳۴ کیلومتری شیراز و ۵۲ کیلومتری سروستان در کنار دریاچه مهارلو قرار گرفته و در محدوده جغرافیایی شهرستان سروستان و دهستان مهارلو می‌باشد. محدوده مورد مطالعه از شرق به جاده شیراز سروستان در نزدیکی دریاچه مهارلو می‌رسد، در واقع خروجی حوضه به سمت دریاچه مهارلو (نمک) می‌باشد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در حوضه دره ناری سروستان، استان فارس و در ایران در شکل یک نشان داده شده است. متوسط بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۴۹۳ میلی‌متر و ۱۴/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. محدوده مورد مطالعه فاقد رودخانه دائمی است [۱]. به علت نفوذپذیری کم سازندهای موجود در منطقه و شیب زیاد حوضه، امکان

وقوع سیلاب‌های مخرب در منطقه بسیار زیاد است. حوضه به سه تیپ اصلی و یک تیپ فرعی و جمعاً به شش واحد اراضی تفکیک گردیده است که تیپ های موجود در منطقه شامل کوه، تپه، مخروط‌افکنه واریزه‌ای و مخلوط می‌باشد. بر اساس میزان کل تولید علوفه مراتع منطقه، ۱۶۲۱ واحد دامی مازاد در منطقه وجود دارد که عدم رعایت تعداد دام مجاز در سامانه عرفی تعریف شده و دوره بهره‌برداری طولانی و بصورت مفرط و غیراصولی، باعث تخریب و فشار بر مراتع محدوده مورد مطالعه شده است، به‌طوری‌که میزان علوفه قابل استحصال از مراتع جوابگوی نیاز دام منطقه در مدت چرا از مراتع نمی‌باشد [۱]. بنابراین در این تحقیق به منظور کاهش آثار هدررفت منابع آبخیز، رویکرد مبتنی بر تدوین سناریوهای مدیریت بیولوژیک، بکار گرفته شده است.

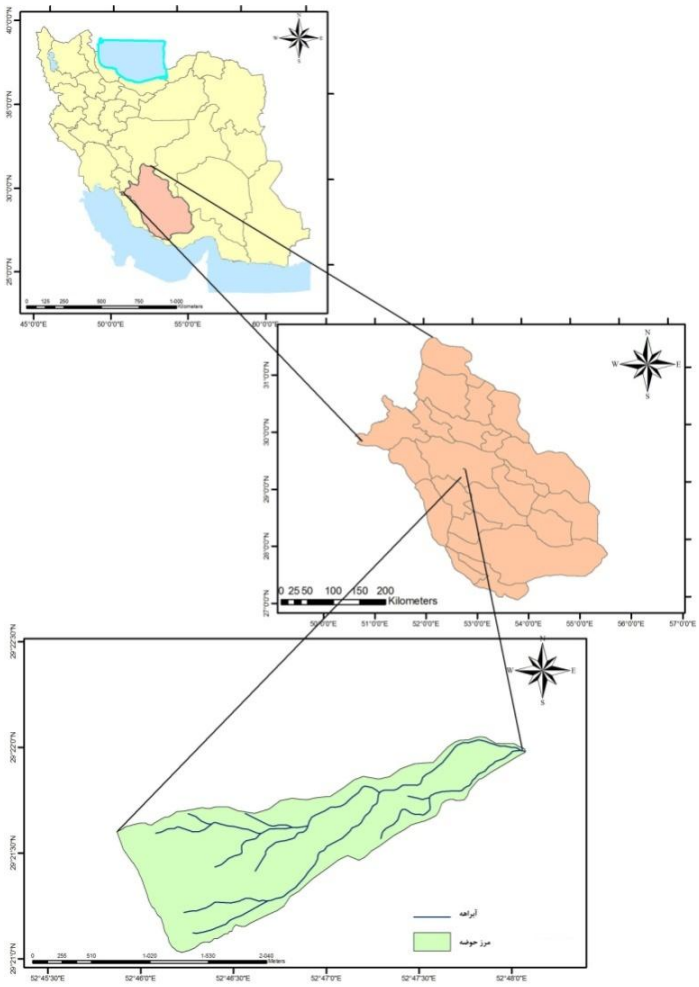
۲.۲. روش تحقیق

در مقابل رویکرد استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی، رویکرد مبتنی بر سناریو با افزایش ادراک کارشناس، بهره‌بردار و آبخیزنشینان از آبخیز، سعی دارد تا سیستم آبخیز را بهتر به آنها شناسانده و اجازه دهد تا کارشناس خود سناریوهای مدیریتی را بررسی کند و با انتخاب هر یک، نتایج مثبت و منفی هر یک را مشاهده و ارزیابی کند. با این رویکرد می‌توان به سیستم‌های پشتیبان تصمیم دست یافت و به جای ارائه نسخه مدیریتی از قبل تعیین شده، سعی شود علاوه بر در نظر گرفتن اجزای سیستم، امکان اضافه کردن سایر عوامل به کارشناس داده شود [۲۷].

۱.۲.۲. تعیین فعالیت‌ها و تدوین سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی

به منظور تعیین توانمندی‌ها و محدودیت‌ها، نتایج کلی مطالعات پایه در یک نگرش جامع مد نظر قرار گرفت و سعی گردید با تلفیق داده‌های پایه و سنتز آنها راهکارهای اجرایی مناسب تدوین گردد. پس از شناسایی عوامل تولید رواناب و رسوب در منطقه مطالعاتی، می‌توان به نفوذپذیری کم سازندها و امکان وقوع سیلاب‌های مخرب، ناهمگن بودن بارش در طول سال و به عبارتی فصل خشک با تداوم ۸ ماهه، تبدیل مراتع به دیمزارهای کم بازده، بافت عمدتاً سنگین خاک، عدم رعایت تعداد دام مجاز در سامان عرفی و وجود سازندهای حساس به فرسایش، اشاره کرد؛ بنابراین فهرستی از راهکارهای ممکن و قابل اجرا برای برطرف کردن مشکلات موجود تهیه و پیشنهاد گردید. گزینه حفظ شرایط موجود، عملیات ساختمانی و رویکردهای مبتنی بر پوشش گیاهی از جمله فعالیت‌های مدیریتی آبخیز محسوب می‌شوند. البته گزینه حفظ شرایط موجود در بعضی موارد می‌تواند راه حلی برای اصلاح آبخیز طی فرایندهای طبیعی تلقی شود و اساس مقایسه با سایر گزینه‌ها را فراهم کند.

با در نظر گرفتن محدودیت‌های اجتماعی (سامان‌های عرفی)، فنی، زمانی و هزینه اجرا و همچنین با لحاظ کردن پارامترهایی از جمله بارندگی، شیب، وضعیت پوشش گیاهی، فرسایش و خاک حوضه، عملیات اصلاحی در واحدهای کاری تعیین شده، پیشنهاد شد. برای تعیین پراکنش مکانی فعالیت‌های مدیریتی در سطح آبخیز، نقشه‌های رقومی مرز حوضه، شیب، کاربری اراضی، فرسایش و گروه هیدرولوژیکی خاک منطقه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه و با در نظر گرفتن قواعد سناریوسازی، مناطق مستعد اجرای هریک از سناریوهای مدیریتی برای حوزه آبخیز دره ناری مشخص گردید. سپس فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک ممکن و قابل اجرا در واحدهای کاری تعیین و در نهایت با استفاده از رابطه ۲^n ترکیب‌های محتمل فعالیت‌های مدیریتی و سناریوها، تدوین شد. در جدول ۱ مناطق مستعد اجرای هر یک از فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک پیشنهادی و همچنین در جدول ۲ ترکیب‌های محتمل این فعالیت‌های مدیریتی (سناریوها)، برای حوزه آبخیز دره ناری سروستان، ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران و استان فارس

جدول ۱. فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی و نواحی مستعد اجرای هر فعالیت

فعالیت بیولوژیک	ویژگی‌های مناطق مستعد اجرای عملیات پیشنهادی
کپه‌کاری	مناطق با خاک نیمه‌عمیق، پوشش نیمه متراکم و شیب ۲۰- ۴۰ درصد
بذرکاری	مناطق با خاک نیمه‌عمیق، پوشش نیمه متراکم و شیب کمتر از ۲۰ درصد
مدیریت چرا	استقرار گیاهان و بهبود وضعیت منطقه، مناطق با خاک سبک تا نیمه‌سنگین و شیب‌های مختلف

جدول ۲. سناریوهای تدوین شده برای مدیریت بیولوژیک حوزه آبخیز دره‌ناری سروستان

سناریو / فعالیت بیولوژیک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
مدیریت چرا	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱
بذرکاری	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۱
کپه کاری	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱

در جدول ۲ عدد یک، نماینده استفاده از فعالیت مورد نظر و عدد صفر به منزله عدم استفاده از فعالیت مذکور در سناریو مورد نظر می‌باشد. البته باید توجه کرد که سناریوهای مدیریتی باید کاملاً از یکدیگر قابل تفکیک باشند.

۲.۲.۲. تجزیه و تحلیل و ارزیابی مدیریت منابع در حوزه آبخیز دره ناری

۱.۲.۲.۲. مدل‌سازی آثار فیزیکی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

برای شبیه سازی اثرات تغییر پوشش گیاهی بر روی خصوصیات هیدرولوژیکی از روش شماره منحنی رواناب[1] یا شماره منحنی، استفاده شده است. این روش قابلیت ایجاد ارتباط بین خصوصیات آبخیز با پارامترهای جریان را دارا می‌باشد. در سناریوهای پیشنهادی، شماره منحنی بر حسب مساحت هر یک از فعالیت مدیریتی محاسبه و با توجه به اینکه در هر سناریو چه فعالیتی اجرا شود، شماره منحنی محاسبه و پس از محاسبه شماره منحنی وزنی حوضه، ارتفاع رواناب و در نهایت دبی اوج سیلاب با استفاده از آمار متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته و بارندگی یک ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله، محاسبه گردید.

۲.۲.۲.۲. مدل‌سازی آثار اقتصادی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

در مدیریت یکپارچه آبخیز توجه به سلامت اقتصادی و اجتماعی افراد و جوامع آبخیزنشینان ضروری می‌باشد. از این‌رو مطالعه اثرات اقتصادی از جمله بخش‌های مهم در مطالعات آبخیزداری تلقی می‌گردد. بنابراین برای شبیه سازی اثرات تغییر پوشش گیاهی بر روی وضعیت اقتصادی از نشانگرهای درآمد (سود) ناخالص و هزینه متغیر استفاده شده است، که میزان درآمد ناخالص هر فعالیت اقتصادی با استفاده از معادله یک محاسبه شد [۱۸].

$$G = \sum_{i=1}^{n}(PiYi - Ci)A_i \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه Pi: بهای محصول تولید شده در فعالیت i (به ریال)، yi: عملکرد محصول برای فعالیت i (واحد تولید در هکتار)، Ci: هزینه‌های متغیر مورد نیاز در فعالیت i (به ریال)، Ai: مساحت اختصاص یافته به فعالیت i (هکتار) و n: تعداد فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد.

در محاسبه هزینه‌های استقرار و نگهداری برای تمامی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی در حوضه دره‌ناری، یک دوره زمانی مشترک در محاسبات اقتصادی در نظر گرفته شده است که به این دوره اصطلاحاً افق برنامه‌ریزی نیز می‌گویند که شاخص‌های اقتصادی برای این دوره ارزیابی می‌گردد. در این تحقیق با توجه به دامنه زمانی عمر فعالیت‌ها، افق برنامه‌ریزی برابر ۶ سال در نظر گرفته شده است. این دوره زمانی حداقل بازه زمانی است تا عملیات بیولوژک اجرایی پس از کاشت و استقرار به زمان بهره‌برداری برسد. بدین‌ترتیب در محاسبات اقتصادی برای آبخیز دره‌ناری جریان پول برای یک دوره ۶ ساله تنظیم شده است. برای محاسبه ارزش فعلی هزینه و یا درآمد ناخالص از معادله زیر استفاده شده است:

$$Pv = \sum_{t=1}^{T}\frac{X_t}{(1+i)^t} \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که در این رابطه X_i: هزینه یا درآمد برای هر یک فعالیت مدیریتی معین در سال t، T: دوره تولید برای فعالیت مدیریتی و i: میزان تنزیل بر حسب درصد می‌باشد. در این مطالعه میزان تنزیل به صورت مرکب و برابر ۱۰٪ لحاظ شده است. میزان تنزیل مرکب با اعمال اثر ترکیبی تورم و نرخ بهره بدست می‌آید.

[1] Runoff Curve Number

۳.۲.۲.۲. مدل‌سازی آثار اجتماعی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

با توجه به گستره و دامنه سئوالات مرتبط با سناریوهای مدیریتی برای بررسی اثرات اجتماعی اجرای سناریوها، تعداد آبخیزنشینانی که مورد مراجعه قرار می‌گیرند در مطالعات مختلف متفاوت خواهد بود. به هر حال با توجه به پارامترهایی مانند هزینه، زمان، قابلیت اجرا و همچنین تنوع و پویایی جامعه آبخیزنشینان باید تعداد مناسب افراد شرکت کننده در مطالعه اجتماعی را تعیین کرد. تعداد مراجعه به بهره‌برداران و آبخیزنشینان حوضه با توجه به تعداد و دامنه سئوالات مرتبط با بررسی اثرات اجتماعی سناریوهای مدیریتی و بر اساس عواملی مانند هزینه، زمان، قابلیت اجرا و همچنین تنوع و پویایی جامعه مورد مطالعه متفاوت خواهند بود [۲۷]. در این مطالعه به منظور دستیابی به اطلاعات صحیح، با یک بررسی میدانی- اجتماعی به سرگروه‌ها و تصمیم‌گیران از جمله شورای ده، به عنوان نماینده جامعه آبخیزنشینان حوضه مطالعاتی مراجعه شده است. شرکت‌کنندگان در مطالعه اجتماعی از نظر قصد آنها برای اجرای فعالیت‌های مدیریت پوشش‌گیاهی در آبخیز برای آینده نزدیک مورد پرسش قرار گرفته‌اند. برای استخراج احتمال پذیرش فعالیت‌های مدیریتی از توزیع احتمالاتی دوجمله‌ای استفاده شده‌است.

رابطه (۳)
$$P_{r(yi)}=\frac{n!}{Yi(n-i)!}\quad pi^{yi}\times qi^{n-yi}$$
$(y_{1=0,1,2,\ldots}n)$

که در رابطه فوق n تعداد سعی‌ها در آزمایش دو جمله‌ای، pi احتمال پذیرش سناریو i در هر سعی، qi احتمال عدم پذیرش، yi تعداد موارد پذیرش سناریو i در n سعی و Pr(yi) احتمال پاسخ مثبت می‌باشد. در تجزیه و تحلیل پذیرش اجتماعی سناریوهای مدیریت بیولوژیک، چهار سطح (عدم پذیرش، پذیرش کم، پذیرش متوسط و پذیرش زیاد) در نظر گرفته شد.

۴.۲.۲.۲. مدل‌سازی آثار اکولوژیک ناشی از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

مدل سازی و محاسبه توزیع های احتمال پیامدهای اکولوژیکی ناشی از اجرای سناریوهای مدیریتی پوشش گیاهی، با محاسبه میزان نسبی درصد تغییرات انواع پوشش گیاهی سطح حوضه از حالت اولیه انجام شده است .در این مدل سازی چند لایه رقومی پوشش گیاهی برای شرایط حال حاضر و اراضی مستعد اجرای سه فعالیت مدیریتی بصورت جداگانه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد کرده و بر اساس شاخص وزنی سطح پوشش اراضی، نسبت به ارزیابی میزان تأثیر عملیات اصلاحی با استفاده از شاخص وزنی سطح پوشش اراضی (معادله ۴) اقدام گردید.

رابطه (۴)
$$WLCAI = \sum_{m=1}^{6} \alpha_m \sum_{k=1}^{nm} P_{k,m}$$

WLCAI: شاخص وزنی سطح پوشش اراضی، αm: ارزش وزنی برای هر نوع تیپ پوشش گیاهی m (به روش دلفی، جدول ۳)، m: نوع پوشش، Pk,m: مساحت کاربری، nm: شماره کاربری و عدد شش تعداد پارامترها می‌باشد.

جدول ۳. مقادیر وزنی برای پوشش‌های مختلف زمین به روش دلفی [۲۶]

نوع پوشش	مرتع طبیعی	مرتع اصلاح شده	درخت	غلات	علوفه کاری	اراضی حاشیه رودخانه
αm	۰/۶	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۱	۱

۳.۲.۲. تعیین سناریو مدیریتی برتر با استفاده از مدل تاپسیس فازی

در این تحقیق به‌منظور انتخاب بهترین گزینه یا گزینه‌ها به منظور مدیریت منابع حوزه آبخیز، از مدل تاپسیس که ازجمله تکنیک‌های روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد، استفاده گردید. در مدل تاپسیس پس از انتخاب معیارهای مناسب و غربال‌گری معیارها، وزن‌دهی و اولویت‌بندی انجام، و در نهایت بهترین گزینه یا گزینه‌ها برای مدیریت منابع حوضه مورد مطالعه، انتخاب می‌شود. مدل تاپسیس بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل مثبت و کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی داشته باشد. در ادامه مراحل انجام مدل تاپسیس به تفصیل شرح داده شده است.

گام اول در این مدل تشکیل ماتریس داده‌ها یا ماتریس تصمیم بر اساس n معیار و k شاخص می‌باشد که به طور کلی، ماتریس $n \times m$ که دارای m گزینه و n معیار می‌باشد، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} X_1 & X_2 & & X_j & & X_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1j} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2j} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \cdots & X_{ij} & \cdots & X_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mj} & \cdots & X_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

A_i: گزینه iام و X_{ij}: مقدار عددی بدست آمده گزینه iام با شاخص jام می‌باشد.

در گام بعدی باید نسبت به استاندارد کردن داده‌ها اقدام کرد. به دلیل آنکه احتمال قوی وجود دارد که مقادیر کمّی تعلق گرفته به معیارها و شاخص‌ها دارای یک واحد نباشد، باید ابعاد و واحد آنها از بین رفته و این مقادیر کمّی به ارقام بی‌بُعد تبدیل گردد و مقادیر ماتریس تصمیم، نرمال شده و همگی مقادیری در بازه صفر و یک خواهند گرفت. در این گام مقیاس‌های موجود در ماتریس تصمیم را بدون مقیاس می‌کنیم. به این ترتیب که هریک از مقادیر بر اندازه بردار مربوط به همان شاخص تقسیم می‌شود. در نتیجه هر درایه rij از رابطه ۵ زیر به‌دست می‌آید:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}}$$

رابطه (۵)

مرحله سوم تعیین وزن معیارها و تعدیل آنها می‌باشد. ماتریس تصمیم در واقع پارامتری بوده و لازم است کمی شود. به این منظور تصمیم‌گیرنده برای هر معیار، وزنی را معین می‌کند. در این مرحله، وزن هر یک از معیار بر اساس رویکردها و نظریات کارشناسی، نظیر روش مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و آنتروپی نیز بر اساس اهمیت هر معیار، محاسبه می‌گردد [۱۴]. باید در نظر داشت که مجموع وزن معیارها باید برابر با یک باشد. پس از تعیین وزن نهایی تمامی معیارها، مجموعه وزن‌ها (W) در ماتریس تصمیم نرمال شده (R) ضرب می‌شود.

$$W = \left(w_1, w_2, \ldots, w_j, \ldots, w_n\right) \quad \sum_{j=1}^{n} wj = 1$$

رابطه (۶)

برای هم ارزش کردن مقادیر درایه‌های ماتریس استاندارد، تک تک اوزان معیارها را باید به صورت نظیر به نظیر در ستون‌های ماتریس تصمیم استاندارد ضرب کرد. ماتریس به‌دست آمده از این فرایند ماتریس تصمیم استاندارد و وزن‌دهی شده می‌باشد.

گام چهارم تعیین گزینه برتر و بهینه می‌باشد. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از راه حل ایده‌آل و در عین حال دورترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی دارد. به عبارتی در رتبه‌بندی و تعیین اولویت گزینه‌ها به روش تاپسیس، گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایده‌آل داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌آل مثبت و

راه‌حل ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند. راه حل ایده آل مثبت راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. این جواب‌ها یا به طور مستقیم توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شوند و یا از طریق کمینه و بیشنه کردن هر یک از معیارها به‌دست می‌آید.

$$A^{*} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \middle| j \in J \right) و \left(\min_i v_{ij} \middle| j \in J' \right) \middle| i = 1 و 2 و \ldots و m \right\} = \left\{ v_1^{*} و v_2^{*} و \cdots و v_j^{*} و \cdots و v_n^{*} \right\}$$ گزینه ایده ال مثبت

$$A^{-} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \middle| j \in J \right) و \left(\max_i v_{ij} \middle| j \in J' \right) \middle| i = 1 و 2 و \ldots و m \right\} = \left\{ v_1^{-} و v_2^{-} و \cdots و v_j^{-} و \cdots و v_n^{-} \right\}$$ گزینه ایده ال منفی

$$J = \{ j = 1,2,3,\cdots,n \} \mapsto$$ j های مربوط به شاخص سود

$$J' = \{ j = 1,2,3,\cdots,n \} \mapsto$$ j های مربوط به شاخص هزینه

محاسبه اندازه جدایی و فاصله گزینه‌ها از ایده‌آل‌ها با استفاده از روش اقلیدوسی انجام می‌شود. در این مرحله فواصل گزینه‌ها نسبت به ایده‌آل و ضدایده‌آل به صورت نسبی و در قالب یک عدد بدست می‌آید.

$$Si=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j)} \quad i= 1,2,3,\ldots,m$$ رابطه (۷)

گام نهایی و آخر محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل است که از طریق رابطه زیر محاسبه و تعیین می‌گردد.

$$Ci^{*}=\frac{Si-}{Si*+Si-} \qquad 0 < Ci^{*} < 1$$ رابطه (۸)

مشخص است که هر چه فاصله گزینه Ai از راه حل ایده آل کمتر باشد، نزدیکی نسبی به ۱ بیشتر خواهد بود.

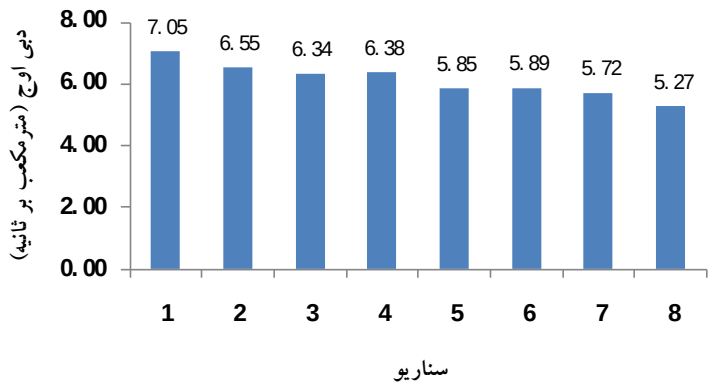
ملاحظه می‌شود که اگر $Ai= A^{*}$ آنگاه $Ci^{*}=1$ و اگر $Ai= A^{-}$ آنگاه $Ci^{*}=0$ خواهد بود.

۳. نتایج

۱.۳. مدل‌سازی نتایج حاصل از اجرای فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک پیشنهادی

۱.۱.۳. مدل‌سازی فیزیکی

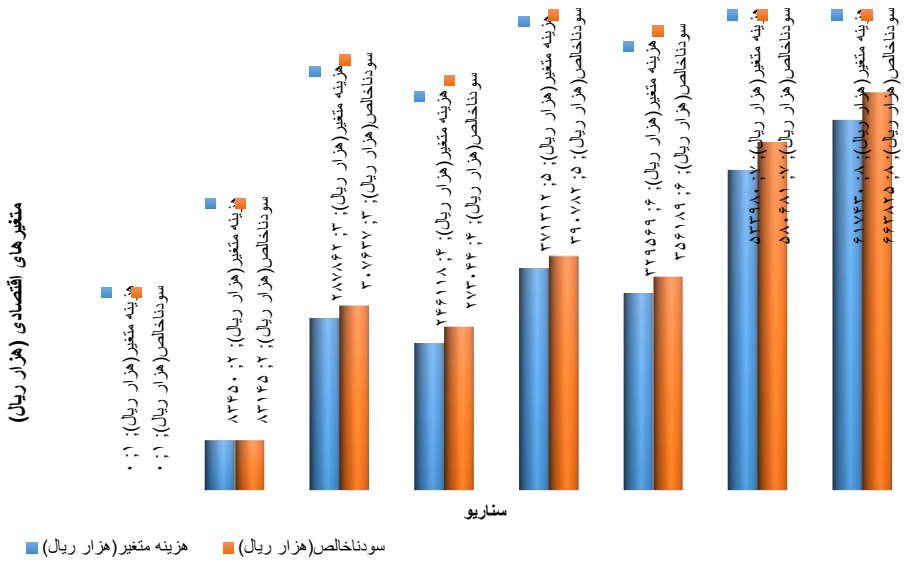
مقادیر پیش بینی شده دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله پس از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک در حوزه آبخیز دره ناری سروستان محاسبه شد (شکل ۲).



شکل ۲. مقادیر دبی حداکثر سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای سناریوهای مختلف در حوزه آبخیز دره ناری سروستان

۲.۱.۳. مدل‌سازی اقتصادی

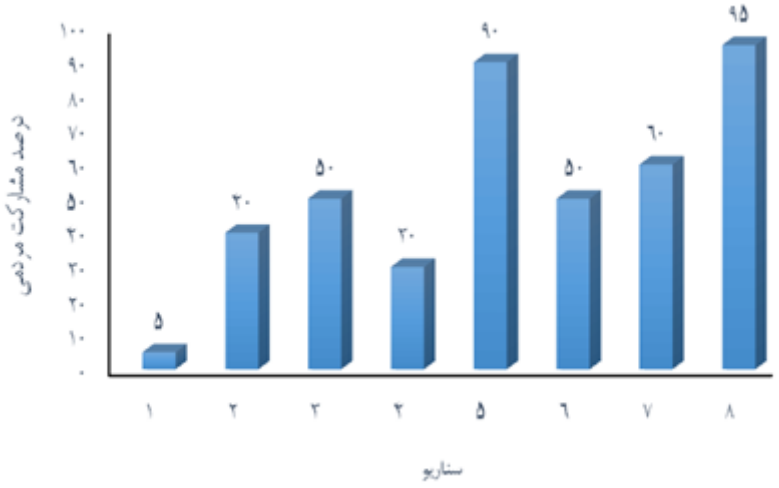
همانطور که بیان شد هزینه اجرای هر یک از فعالیت‌های پیشنهادی در هر یک از سناریوها در شکل ۳ مقادیر هزینه‌های متغیر و درآمد ناخالص متناظر هریک از سناریوهای مدیریت بیولوژیک در منطقه مطالعاتی نشان داده شده است.



شکل ۳. مقادیر هزینه‌های متغیر و سود ناخالص حاصل از اجرای سناریوهای مدیریتی در حوزه آبخیز دره ناری سروستان

۳.۱.۳. مدل‌سازی اجتماعی

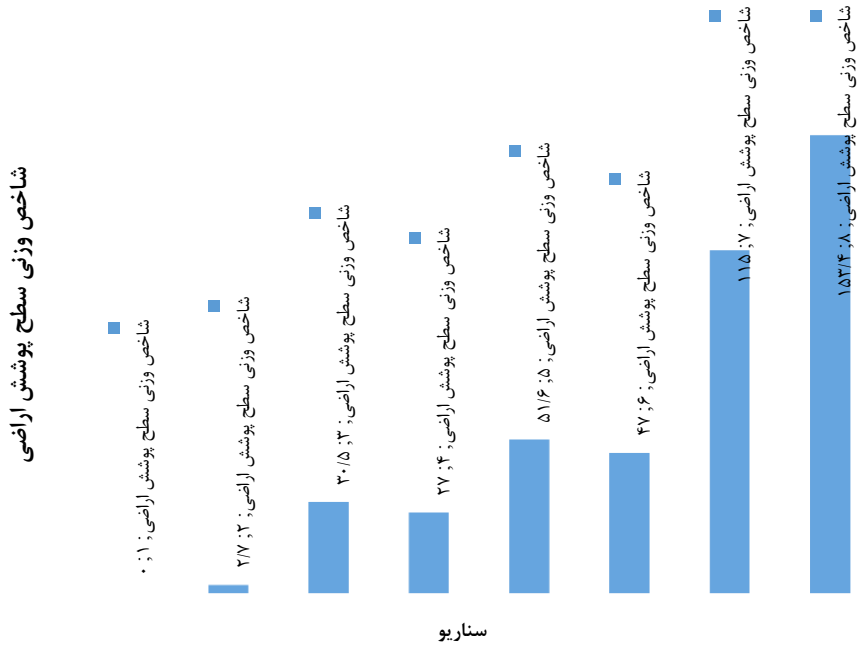
همانطور که در بخش مدل‌سازی پیامدهای اجتماعی ناشی از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک بیان شد، بر اساس نظرسنجی به عمل آمده از اعضای شورای ده محمودآباد، میزان درصد مشارکت و پذیرش آبخیزنشینان در حوزه آبخیز دره ناری سروستان مشخص گردید. در شکل ۴ نتایج حاصل از مدل‌سازی اجتماعی در منطقه مطالعاتی ارائه شده است.



شکل ۴. میزان درصد مشارکت مردمی هریک از اجرای سناریوهای مدیریتی در حوزه آبخیز دره ناری سروستان

۴.۱.۳. مدل‌سازی اکولوژیک

مقادیر شاخص اکولوژیک سناریوهای مدیریت بیولوژیک حوزه آبخیز دره ناری سروستان با استفاده شاخص وزنی درصد پوشش اراضی برای هر یک از سناریوها به صورت جداگانه محاسبه شد که نتایج آن در شکل ۵ آورده شده است.



شکل ۵. نتایج مدل‌سازی اکولوژیک سناریوهای مدیریتی در حوزه آبخیز دره ناری سروستان

۲.۳. تعیین سناریو برتر با استفاده از مدل تاپسیس فازی

به‌منظور تعیین سناریو و گزینه برتر و بهینه، ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل و در ادامه ماتریس نرمال شده محاسبه شد (جدول‌های ۴ و ۵).

پس از محاسبه معیارهای ۸ سناریو تدوین شده، این معیارها به منظور اولویت‌بندی سناریوها وزن‌دهی شدند.

جدول ۴. ماتریس تصمیم مدیریت منابع حوزه آبخیز دره‌ناری سروستان

سناریو	فیزیکی (مترمکعب بر ثانیه)	اکولوژیک	هزینه (هزار ریال)	سود ناخالص (هزار ریال)	اجتماعی (درصد)
۱	۷/۰۵۳	۰	۰	۰	۰/۰۵
۲	۶/۵۲۱	۲/۷	۸۳۴۵۰/۳	۸۳۱۴۴/۷	۰/۴
۳	۶/۳۳۹	۳۰/۵	۲۸۷۸۶۱/۹	۳۰۷۶۳۶/۸	۰/۵
۴	۶/۳۷۶	۲۷	۲۴۶۱۱۸/۳	۲۷۳۰۴۴	۰/۳
۵	۵/۸۵۳	۵۱/۶	۳۷۱۳۱۲/۲	۳۹۰۷۸۱/۵	۰/۸
۶	۸/۸۸۸	۴۷	۳۲۹۵۶۸/۶	۳۵۶۱۸۸/۶	۰/۵
۷	۵/۷۲	۱۱۵	۵۳۳۹۸۰/۲	۵۸۰۶۸۰/۸	۰/۶
۸	۵/۲۷۴	۱۵۳/۴	۶۱۷۴۳۰/۵	۶۶۳۸۲۵/۵	۰/۹۵

جدول ۵. ماتریس تصمیم بی مقیاس شده مدیریت جامع حوزه آبخیز دره‌ناری سروستان

سناریو	فیزیکی	اکولوژیک	هزینه	سود ناخالص	اجتماعی
۱	۰/۱۴۴	۰	۰	۰	۰/۰۳۱
۲	۰/۱۳۴	۰/۰۱۳	۰/۰۸۱	۰/۰۷۵	۰/۲۴۵
۳	۰/۱۲۹	۰/۱۴۶	۰/۲۷۹	۰/۲۷۷	۰/۳۰۷
۴	۰/۱۳۰	۰/۱۳	۰/۲۳۹	۰/۲۴۶	۰/۱۸۴
۵	۰/۱۱۹	۰/۲۴۸	۰/۳۶	۰/۳۵۲	۰/۴۹۱
۶	۰/۱۲۰	۰/۲۲۶	۰/۳۲	۰/۳۲۱	۰/۳۰۷
۷	۰/۱۱۷	۰/۵۵۳	۰/۵۱۸	۰/۵۲۳	۰/۳۶۸
۸	۰/۱۰۸	۰/۷۳۷	۰/۵۹۹	۰/۵۹۸	۰/۵۸۳

در وزن‌دهی از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. در این روش، ابتدا ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی به کمک ۶ کارشناس و متخصص مدیریت آبخیز، امتیازدهی و کلاس‌بندی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مشخص گردید. سپس، ماتریس‌های فازی مقایسات زوجی معیارها با توجه به جدول ۶ تعیین شد. در نهایت وزن نهایی معیارها در قالب اعداد فازی مثلثی به کمک روش مذکور به‌شرح زیر تعیین شد.

جدول ۶. مقادیر فازی عبارت‌های زبانی توابع عضویت کلاس‌های روش تحلیل سلسله مراتبی فازی [۷]

عبارت کلامی	عدد فازی مثلثی	عدد فازی معکوس
اهمیت دقیقاً مساوی	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
کمی مهمتر	(۱/۲، ۱، ۳/۲)	(۲/۳، ۱، ۲)
مهمتر	(۱، ۳/۲، ۲)	(۱/۲، ۲/۳، ۱)
خیلی مهمتر	(۳/۲، ۲، ۵/۲)	(۲/۵، ۱/۲، ۲/۳)
خیلی زیاد مهمتر	(۲، ۵/۲، ۳)	(۱/۳، ۲/۵، ۱/۲)
کاملاً مهمتر	(۵/۲، ۳، ۷/۲)	(۲/۷، ۱/۳، ۲/۵)

W=(۰/۲۲, ۰/۱۹,۰/۱۸, ۰/۲۱, ۰/۲۰)

در ادامه با ضرب کردن درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها، ماتریس تصمیم بی مقیاس وزنی محاسبه شد (جدول ۷).

جدول ۷. ماتریس تصمیم وزن‌دهی شده مدیریت جامع حوزه آبخیز دره‌ناری سروستان

سناریو	فیزیکی	اکولوژیک	هزینه	سود ناخالص	اجتماعی
۱	۰/۰۲۹	۰	۰	۰	۰/۰۰۷
۲	۰/۰۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۵۴
۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸
۴	۰/۰۲۶	۰/۰۲۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۷	۰/۰۴۰
۵	۰/۰۲۴	۰/۰۵۲	۰/۰۶۵	۰/۰۶۷	۰/۱۰۸
۶	۰/۰۲۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۸	۰/۰۶۱	۰/۰۶۸
۷	۰/۰۲۳	۰/۱۱۶	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹	۰/۰۸۱
۸	۰/۰۲۲	۰/۱۶۲	۰/۱۰۸	۰/۱۱۴	۰/۱۲۸

با استفاده از نتایج حاصل، فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت و منفی و نیز میزان نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل محاسبه شد، که نتایج آن در جدول ۸ آورده شده است. در نهایت اولویت‌بندی گزینه‌های تصمیم (سناریوها) انجام شد (جدول ۸). نتایج نشان داد که سناریوهای ۸، ۵ و ۷ به‌ترتیب دارای اولویت‌های اول تا سوم بودند. البته رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم بر اساس میزان نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل بوده است، به‌طوری‌که هرچه به یک نزدیک‌تر باشند، از مطلوبیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

جدول ۸. اولویت‌بندی سناریوها و تعیین گزینه برتر با استفاده از مدل تاپسیس

سناریو	فاصله از ایده‌آل مثبت	فاصله از ایده‌آل منفی	نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل	اولویت
۱	۰/۲۳۲	۰/۱۰۸	۰/۳۱۷	۸
۲	۰/۲۰۳	۰/۱۰۶	۰/۳۴۳	۶
۳	۰/۱۶۵	۰/۱۰۴	۰/۳۸۶	۵
۴	۰/۱۷۹	۰/۰۹۱	۰/۳۳۷	۷
۵	۰/۱۳۷	۰/۱۳۹	۰/۵۰۲	۳
۶	۰/۱۵۱	۰/۱۱۰	۰/۴۲۲	۴
۷	۰/۱۱۵	۰/۱۷۱	۰/۵۹۷	۲
۸	۰/۱۰۸	۰/۲۳۲	۰/۶۸۳	۱

۴. بحث و نتیجه‌گیری

از آنجا که بر اساس شرایط و وضعیت حاکم بر حوزه آبخیز، نیازمند اقدامات اصلاحی مدیریتی گوناگون می‌باشد، از این‌رو تعیین و کاربرد بهترین ترکیب مدیریتی برای مدیریت بهینه منابع در عرصه‌های مختلف منطقه مطالعاتی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. یکی از کارآمدترین روش‌های مدیریتی شناخته شده در دنیا برای بررسی به هم پیوسته ترکیب‌های محتمل مدیریتی در یک حوزه آبخیز، رویکردهای مبتنی بر تدوین سناریوهای مدیریتی می‌باشد. از آنجا که هر یک از سناریوهای ممکن، پیامدهای گوناگون و گاهی متضاد را بدنبال خواهند داشت، از این‌رو با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره، سناریوهای دارای اولویت و اهمیت برتر مدیریتی به منظور رفع مشکلات و بهبود و مدیریت منابع آب و خاک حوزه آبخیز دره‌ناری پیش‌بینی شده‌اند. بدین‌ترتیب هدف از انجام تحقیق که تدوین سناریوهای مدیریت بیولوژیک به منظور مدیریت منابع آب و خاک می‌باشد، محقق شده است.

نتایج حاصل از بررسی معیار فیزیکی نشان داد که سناریوهای دارای بیشترین مساحت اجرا، دارای بهترین وضعیت می‌باشند. به منظور بررسی تأثیر سناریوهای مدیریت بیولوژیک بر معیار فیزیکی مورد بررسی، در این تحقیق کاهش ارتفاع رواناب و حجم سیل در حوزه آبخیز دره ناری مورد توجه قرار گرفت و نتایج حاصل حکایت از آن داشت که بیشترین کاهش حجم سیل مربوط به سناریوی ۸ بوده و به عنوان اولویت برتر انتخاب شد. سناریو ۷ نیز در اولویت بعدی اهمیت قرار گرفت. از آنجا که سناریوهای ۸ و ۷ به ترتیب دارای بیشترین مساحت اجرا و به‌تبع آن اصلاح وضعیت پوشش گیاهی و در نهایت ارتفاع رواناب و حجم سیلاب کاهش، دارای اولویت اول و دوم اهمیت قرار گرفتند. سناریو اول (حفظ شرایط موجود) نیز اولویت آخر را به خود اختصاص داده است. همچنین بررسی نتایج حاصل از معیار اکولوژیک نیز نشان داد که سناریوهای ۸ و ۷ به ترتیب در اولویت‌های اول و دوم قرار گرفتند. نتایج مدل‌سازی اجتماعی نشان داد که با توجه به آگاهی سرگروه‌ها (اعضای شورای ده)، و نیز اعتماد سایر بهره‌برداران و آبخیزنشینان به شورای ده،

فعالیت‌های پیشنهادی برای اصلاح وضعیت مراتع منطقه بشرط استفاده ار نیروی کارگری بومی از استقبال خوبی برخوردار شد، به‌طوری‌که نتایج حاصل از معیار اجتماعی نیز به اهمیت برتر سناریو ۸، به عنوان اولویت اول و سناریو ۵ اولویت دوم اهمیت، اشاره داشت. بررسی‌ها نشان داد که این سناریوها به دلیل سطح بالای عملیات اجرایی و نیاز به نیروی کار محلی بیشتر برای اجرا، از استقبال بیشتری برخوردار بوده‌اند. همانطور که در قبل نیز اشاره شد، در این تحقیق ارزیابی معیار اقتصادی، با استفاده دو شاخص هزینه متغیر و درآمد ناخالص، انجام شد. نتایج نشان داد که فعالیت‌های کپه‌کاری و مدیریت چرایی و سناریوهای مرتبط با آنها، دارای حداکثر احتمال سود حاصل از تولید علوفه می‌باشند. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از معیار اقتصادی، سناریو ۷ به عنوان سناریو برتر و سناریو ۲ در اولویت آخر قرار گرفت. برخلاف سایر معیارها، سناریو ۱ به عنوان سناریو دارای اولویت آخر مشخص شد؛ در معیار اقتصادی سناریو ۲ در اولویت آخر اهمیت قرار گرفت، که این مهم ناشی از عدم اجرای فعالیت مدیریتی در سناریو شماره ۱ و نبود هزینه برای این سناریو بوده، در حالیکه اجرای عملیات بذرکاری در سناریو ۲، نیازمند صرف هزینه و با توجه به شرایط منطقه و نیز نیازمندی‌های اجرای عملیات فوق، مقرون به صرفه نبوده و در اولویت آخر اهمیت قرار گرفته است.

به منظور تعیین میزان اهمیت و اثرگذاری هر یک از معیارها، وزن هر یک از معیارها بر اساس نظرات کارشناسی و با استفاده تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی، در قالب اعداد فازی مثلثی انجام شد. نتایج بیانگر این مطلب بود که معیار اجتماعی دارای بیشترین وزن و شاخص هزینه کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. نظر به اینکه عمده مشکلات ناشی از عدم موفقیت طرح‌های اجرا شده در عرصه‌های طبیعی در سالهای گذشته، عمدتاً ناشی از عدم همکاری آبخیزنشینان بوده است، از این‌رو موجب شده از نظر کارشناسان این معیار دارای وزن بیشتری نسبت به سایر معیارها داشته باشد.

همچنین نتایج حاصل از وزن‌دهی با استفاده از مقادیر فازی بیانگر این مطلب بود که عدم قطعیت در داده‌های ورودی به سیستم، منجر به گنجاندن خطاها و عدم قطعیت در نتایج حاصل می‌گردد، که بکارگیری و استفاده از مقادیر فازی و عبارت‌های زبانی، نتایج را بیشتر قابل پذیرش و قابل مدیریت می‌کند. نتایج حاصل از سایر تحقیقات مشابه نیز بر مطلوب بودن نتایج حاصل از وزن‌دهی با استفاده از عبارت‌های فازی تأکید دارند [۳، ۱۰، ۱۵].

نتایج بدست آمده بیانگر آن است که با بررسی معیارهای فیزیکی، اکولوژیک، اجتماعی و اقتصادی به صورت جداگانه، حداقل دو گروه متفاوت سناریو مدیریتی برای معرفی سناریو برتر، مشخص می‌گردد. در چنین شرایطی به منظور تلفیق نتایج مبتنی بر انتخاب فقط یک گروه سناریو به عنوان سناریو برتر، از بررسی به هم پیوسته و توأم چهار معیار منتخب با بکارگیری تکنیک تاپسیس، استفاده شده است. از این‌رو سناریویی که در اولویت قرار می‌گیرد، نتیجه تعامل بین راه‌حل ایده‌آل و ضد ایده‌آل می‌باشد. به عبارت دیگر، سناریویی که در اولویت قرار می‌گیرد ممکن است دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل و یا بیشترین فاصله از راه‌حل ضد ایده‌آل نباشد، بلکه با توجه به وضعیت سناریو نسبت به هر دو راه‌حل و تعامل بین آنها در اولویت قرار گیرد. بنابراین، این یکی از مهمترین ویژگی‌های اولویت‌بندی به روش تاپسیس است [۱۱، ۱۵].

در این تحقیق بر اساس مشکلات موجود در حوضه مطالعاتی پس از تعیین گزینه‌ها و معیارهای مورد نظر و استفاده از مدل تاپسیس در نهایت سناریو ۸ به عنوان برترین گزینه بر اساس معیارهای مورد نظر مشخص شد. نتایج نشان داد این سناریو که شامل سه فعالیت مدیریت چرا، بذرکاری و کپه‌کاری بود، بهترین وضعیت را با توجه به گزینه‌ها و معیارهای در نظر گرفته شده در حوزه آبخیز دره‌ناری فراهم می‌کند. البته اجرای فعالیت‌های مدیریتی تغییر قابل لمسی را در وضعیت عرصه‌های طبیعی منطقه

مطالعاتی ایجاد خواهند کرد. بنابراین با افزایش درصد پوشش و بیومس گیاهی، درصد سطوح فاقد پوشش و عرصه‌های لخت کاهش یافته، در نتیجه بر نفوذپذیری نیمرخ خاک مؤثر بوده و با کاهش ارتفاع رواناب، حجم رواناب حاصل و میزان فرسایش خاک نیز کاهش خواهد یافت. به‌تبع آن نیز میزان تولید علوفه گیاهی ناشی از احیاء پوشش گیاهی طبیعی منطقه نیز افزایش یافته و می‌تواند به طور محسوسی سود حاصل از تولیدات دامی را در منطقه افزایش دهد. روش و نتایج حاصل از این تحقیق با روش و نتایج برخی تحقیقات دیگر مطابقت دارد [۱۲، ۱۸، ۲۱، ۲۷، ۲۸].

رویکرد سناریوسازی بکار گرفته شده در این تحقیق، با در نظر گرفتن نتایج مدل‌های گوناگون و موازنه بین نتایج، ابزار کارآمد و مؤثری برای در نظر گرفتن حوزه آبخیز به عنوان یک سیستم واحد و یکپارچه و نیز تسهیل تصمیم‌گیری برای مدیریت جامع حوزه آبخیز می‌باشد. نتایج این تحقیق حکایت از آن داشت که مدیریت جامع حوزه آبخیز، مدیریتی هماهنگ و موزون بر سیستم‌های فیزیکی، بیولوژیک، اجتماعی و اقتصادی بوده و شرایطی را فراهم می‌سازد که ضمن تأمین منابع مورد نیاز، تأثیر منفی بر منابع حداقل بگذارد.

هدف اساسی مدیریت جامع حوزه آبخیز ارتقاء و همکاری مؤثر و برنامه‌ریزی و مدیریت متعادل و کافی و استفاده پایدار از منابع محیطزیستی شامل آب و خاک و منابع دیگر می‌باشد. نتایج حاصل نشان داد که تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره با توجه به وجود آثار گوناگون سناریوهای مدیریتی و تفاوت در طبیعت و ماهیت معیارها، به مدیر و کارشناس در اخذ تصمیم نهایی کمک می‌کند. همچنین در تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، معیارهای منتخب برای نیل به اهداف لحاظ شده از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. تدوین سناریوهای مدیریتی نیز یکی از رویکردهای مناسب با در نظر گرفتن وضعیت‌های مدیریتی گوناگون می‌باشد. در این مورد با پیشنهاد و تدوین سناریوهای گوناگون، شرایط بررسی و ارزیابی مدیریت این منابع از دیدگاه‌های گوناگون و شرایط مختلف، مهیا می‌گردد [۲۹].

بر اساس نتایج این تحقیق، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، توانایی ایجاد یک محیط تصمیم‌گیری مطلوب و نیز شرایط تدوین سناریوهای گوناگون مدیریتی را مهیا می‌سازند. همچنین مشاهده شد که مدل تاپسیس قابلیت اولویت‌بندی و تعیین سناریوهای برتر مدیریتی را با تلفیق آثار معیارها، دارا می‌باشد. قابل توجه است که لحاظ کردن دیدگاه‌های گوناگون، خود فرایند مدیریتی را با مشکل مواجه می‌سازد، از این‌رو اهداف دارای اهمیت کمتر، باید بخشی از اهداف اصلی باشند تا تنوع اهداف مدیریتی به حداقل رسیده و در عین حال بهترین نوع و سطح مدیریت با توجه به شرایط منطقه ارائه گردد و نیز معیارها و شاخص‌های اصلی و مهم که تأثیر مستقیم بر اهداف مدیریتی دارند، در نظر گرفته شوند.

References

[1] Abgostar-e-Jonoub Consulting Engineering. (2012). Watershed management studies: Darenari catchment, Sarvestan county. Report no 9. 68p.

[2] Ahmadi, H., Mohammadkhan, Sh., Feiznia, S. and Ghoddousi, J. (2006). A Modeling of Mass Movement Hazard, Case Study: Taleghan Drainage Catchment. Iranian Natural Resources Journal, 58, 3-14.

[3] Asefjah, B., (2015). Integrated catchment modelling and management using Fuzzy TOPSIS approach. M.S. Thesis. International Desert Research Center (IDRC), University of Tehran. 154p.

[4] Asgharpour, M.J. (2013). Multi criteria decision making. University of Tehran Press.

[5] Azimpour, A. and Sadough, H. (2010). Analitical hierarchy process results evaluation in landslide hazard zonation (case study: Aharchai watershed). Geographical Environment Research and Scientific Journal, 26, 71-87.

[6] Brüschweiler, S. (2003). Integrated water resources management (IWRM): A way to sustainability. Report of Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC).

[7] ChabokBoldaji, M., HasanzadehNafouti, M. and EbrahimiKhousfi, Z. (2011). Flood spreading site selection using analitical hierarchy process method (case study: Eshghabad catchment, Tabas). Iranian Journal of Watershed Management Engineering and Science, 13, 31-38.

[8] Chang, D.Y., (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy-AHP. European Journal of Operational Research, 95, 649-655.

[9] Chowdhury, A.K., Jha, M. and Chowdary, V.M. (2010). Delieation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS & GIS and MCDM techniques. Environmental Earth Science, 59, 1209-1222.

[10] Feizi, Z., (2015). Application FAHP for site selection flood spreading using geograghical information system (GIS). M.S. Thesis. International Desert Research Center (IDRC), University of Tehran. 98p.

[11] Fu, G. (2006). A fuzzy optimization method for multicriteria decision making: an application to reservoir flood control operation. Journal of Expert Systems with Applications, 34, 145-149.

[12] Ghanbarpour, M.R. and Hipel, K.W. (2011). Multi-criteria Planning Approach for Ranking of Land Management Alternatives at Different Spatial Scales. Research Journal of Environmental and Earth Sciences, 3, 167-176.

[13] Ghassemi, S.A. and Danesh, Sh. (2012). Application of fuzzy analitical hierarchy process in determining the optimum alternative of brackish water desalination. Journal of Water and Soil, 26, 999-1009.

[14] Ghodsipour, H. (2003). Analytical Hierarchy Process. AmirKabir Univesrity. 221p.

[15] Halili, M.Gh., Sadoddin, A., Mosaedi, A., and Salman Mahini, A. (2009). Fuzzy multicriteria decision making for surface water resources management in Bustan Dam-Golestan Province. Journal of Water and Soil Conservation, 16, 1-24.

[16] Jakeman, A.J., Letcher, R.A., Rojanasoonthon, S., Cuddy, S. and Scott, A. (2005). Integrating knowledge for river basin management: progress in Thailand. ACIAR Monograph No. 118. 220p.

[17] Jamali, A., Ghoddousi, J. and Farahpour, M. (2002). Spatial multi criteria analylitic and decision making techniques for watershed ranking in gabion dams building. Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh and Sazandegi), 90, 1-9.

[18] KarimiSangchini, A., Hezbi, A. and Sadoddin, A. (2011). Multi criteria decision making in integrated watershed management (case study: Talkhab catchment, Khouzestan). In Proceeding: 2nd Conference of Watershed Management Issues Recognition and suitable Solution in Karoun and Zaianderoud watersheds, Shahrekord, Iran, pp. 1399-1407.

[19] Keshtkar, A.R., Salajegheh, A., Sadoddin, A. and Allan, M.G. (2013). Application of Bayesian networks for sustainability assessment in catchment modeling and management (Case study: The Hablehrood river catchment). Ecological Modelling, 268, 48-54.

[20] Mohammadifar, A.A. (2014). Comparing MCDM approach with traditional pattern in integrated catchment management. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Yazd University.

[21] Moradipour, Sh., Behboudi, S., Ghazeri, R., (2012). Biological management scenarios analysis using multi criteria decision making (case study: Vatan catchment, Golestan province). In Proceeding: 8th Conference of Science and Engineering of Watershed Management, KhorramAbad, Lorestan, Iran, pp. 1-7.

[22] Naderi, N., Mohseni Saravi, M., Malekian, A. and Ghasemian, D. (2012). Analytic hierarchy process, a technique for decision making in watersheds. Environment and Development, 4, 41-50.

[23] Ojan, M., Jalilian, H. and Rostamizad, Gh. (2008). Integrated watershed management using analitical hierarchy process as a decision making technique. In Proceeding: 4th Conference of Science and Engineering of Watershed Management, Karaj, Iran, pp. 1-10.

[24] Reimold, R.J. 1998. Watershed management practice, policies and coordination. McGraw-Hill, New York.

[25] Sadoddin, A., Letcher. R.A. and Jakeman. A.J. (2003). A Bayesian Decision Network Approach for Salinity Management in the Little River Catchment, NSW.

[26] Sadoddin, A., Letcher, R.A., Jakeman, A.J. and Newham, L.T.H. (2005). A Bayesian decision network approach for assessing the ecological impacts of salinity management. Mathematics and Computers in Simulation, 69, 162–176.

[27] Sadoddin, A., Sheikh, V., Mostafazadeh, R. and Halili, M.Gh. (2010). Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. International Journal of Plant Production, 4, 51-62.

[28] Sadoddin, A., Akhzari, D. and Noora, N. (2010). Prediction of vegetation management impacts on the risk of wind erosion (case study: south of the Varamin Plain, Iran). Journal of Water and Soil Conservation, 17, 63-80.

[29] Safavian, A., SalmanMahini, A.R., Mirkarimi, S.H. and Sadoddin, A. (2013). A multi-criteria approach for selection of the best water quality improvement scenarios (case Study: Gorganrud-River Basin, Golestan Province). Journal of Water and Soil Conservation, 20, 172-193.

[30] SamadiArghini, H., SamadiGheshlaghchaei, M. and Ghasemi, A. (2013). Analytical hierarchy process technique application in integrated watershed management (case study: Ghidar urban catchment, Zanjan province). In Proceeding: 8th National Conference of Science and Engineering of Watershed Management, KhorramAbad, Lorestan, Iran, pp. 1-8.

[31] Seif, A. and Kargar, A. (2012). Groundwater potential using analytical hierarchy process and GIS, Case study: Sirjan catchment. Natural Geography, 12, 75-90.

[32] TorabiMirzaei, F. (2012). Hasanabad ecoturism feasability study by analitical hierarchy process and GIS and it’s economic value. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Yazd University.

[33] Vivien, Y.C. (2011). Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment- watershed plan. Journal of applied soft computing, 45, 265-275.