الویت‌بندی گزینه‌های مدیریت بیولوژیک حوزه آبخیز با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دلیچای)

امیررضا کشتکار[1*]، شیرین محمدخان[2]، رقیه هوشمندی[1] و صادق دلفاردی[3]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۷)

چکیده

امروزه حوزه‌های آبخیز به‌عنوان واحدهای برنامه‌ریزی و مدیریتی بسیاری از مسائل در جهت توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند. مدیریت منابع در حوزه آبخیز، به‌عنوان یک اصل جدید برای برنامه‌ریزی توسعه و مدیریت منابع آب، خاک و گیاه با تأکید بر شرایط اجتماعی- اقتصادی منطقه، به‌منظور معیشت پایدار و بدون آسیب‌پذیری برای گیاه و ساکنان یک حوضه درنظر گرفته شده است. زمانی این اهداف محقق خواهند شد که مدیریتی صحیح بر منابع حوزه‌های آبخیز اعمال شود و این مدیریت بایستی بتواند تمامی فرآیندهای مخرب موجود در سیستم را کاهش داده و فرآیندهای سازنده را تقویت نماید. تحقیق حاضر با هدف مدیریت بیولوژیک منابع حوزه آبخیز با رویکرد سناریوسازی، به ارزیابی و الویت‌بندی گزینه‌های مدیریت بیولوژیک در حوزه آبخیز دلیچای پرداخته است. با بررسی شرایط حوضه و لحاظ نمودن ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیک اجرای گزینه‌ها، چهار فعالیت مدیریت بیولوژیک تعیین و ۱۶ سناریوی مدیریتی در منطقه تدوین گردید. سپس با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن معیارها تعیین و درنهایت با استفاده از مدل تاپسیس، بهترین گزینه مدیریتی، تعیین گردید. نتایج حاصل از اجرای مدل تاپسیس حاکی از آن بود که در بین چهار معیار سنجش گزینه‌های مدیریتی پیشنهادی نسبت به هدف، معیارهای اجتماعی، اکولوژیک، اقتصادی و فیزیکی به‌ترتیب در اولویت‌های اول تا چهارم و سناریو شماره ۱۰ که شامل فعالیت‌های مدیریت چرا و کپه‌کاری بود، به‌عنوان برترین سناریو و الویت اول تعیین گردید. 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 الویت‌بندی و مدیریت بهینه منابع حوزه‌های آبخیز می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پوشش گیاهی، سناریو سازی، مدل تاپسیس

۱. گروه آموزشی مدیریت مناطق بیابانی، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران
۲. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۳. بخش مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: keshtkar@ut.ac.ir

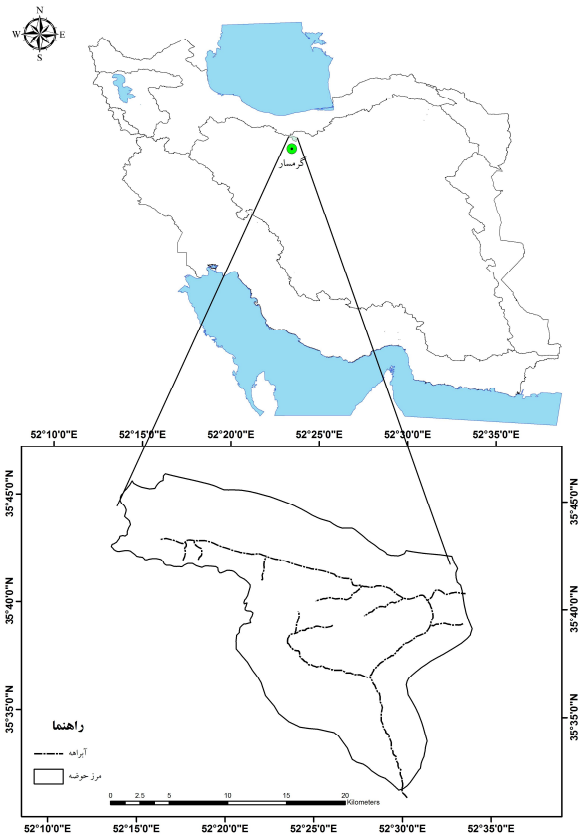
۱. مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت انسانی و استفاده نادرست از منابع تجدیدپذیر طبیعی، گریزی نخواهد بود مگر این که با برنامه‌ریزی منسجم و قانونمند در مدیریت منابع طبیعی با هدف کنترل، احیاء و حفاظت در راستای استفاده بهینه از این منابع به‌صورت پویا، برنامه‌ریزی نمود. بدین‌خاطر است که مدیریت منابع حوزه آبخیز به‌صورت دخالت برنامه‌ریزی شده و قانونمند در مدیریت منابع محیط‌زیستی شامل آب، خاک و... با هدف کنترل یا حفاظت و استفاده بهینه از این منابع مطرح شده است.

مدیریت حوزه آبخیز تحت عنوان یکپارچه‌سازی و هماهنگ نمودن و نیز مدیریت فعالیت‌های بشر در محدوده یک حوزه آبخیز تعریف می‌گردد (۳۲ و ۳۶). لذا، اساس و زیربنای این مدیریت با توجه به تعریف فوق، یکپارچه نمودن و ایجاد هماهنگی بین عناصر حاضر می‌باشد. در واقع این روش یک محصول نیست، بلکه فرآیندی انعطاف‌پذیر شامل چندین بخش می‌باشد که با وارد شدن هر بخش یک گام به سوی دستیابی به مدیریت جامع پایدار برداشته می‌شود (۲۳). 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 (۲۹ و ۳۱). مدیریت منابع 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 (۳۰ و۳۵).

در همین راستا ناکارآمد بودن نگرش تک بعدی و لزوم نگرش چندبعدی در مدیریت آبخیز مستلزم بهره‌گیری و تلفیق تخصص‌های مختلف، ارائه گزینه‌ها و سناریوهای مختلف مدیریتی و اتخاذ بهترین تصمیم‌ها و شیوه‌های مدیریتی از بین این گزینه‌هاست. لذا 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 به‌کمک آنها می‌توان با مد نظر قرار دادن معیارهای کمی و کیفی متعدد و گوناگون، بهترین گزینه را از بین چندین گزینه تعیین و انتخاب نمود (۳، ۱۲ و ۲۴). از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به تخصیص خطی، روش الویت‌بندی براساس تشابه به راه حل ایده آل، تئوری مطلوبیت چند معیاره و تحلیل سلسله مراتبی اشاره کرد (۱، ۷ و۱۵). تکنیک‌های مذکور هر چند که در زمینه‌های گوناگونی چون اقتصاد، مهندسی، کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست به‌کار گرفته شده‌اند (۵، ۹، ۱۱، ۱۴ و ۲۸)، ولی فقط در چند سال اخیر تحقیقات نسبتاً محدودی در ارتباط با کاربرد آنها در مدیریت منابع آبخیز صورت پذیرفته است (۴، ۶، ۱۳،۳۴). در همین راستا نادری و همکاران (۲۰)، به بررسی قابلیت‌ها و توانمندی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان روشی برای تصمیم‌گیری درحوزه‌های آبخیز پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، شیوه‌ای منطقی برای مقایسه گزینه‌ها و معیارها و انتخاب گزینه بهینه با درنظر گرفتن تمامی مشخصه‌های تأثیرگذار است و چارچوب مناسبی برای مشارکت گروهی در تصمیم گیری ایجاد می‌نماید. صمدی ارقینی و همکاران، با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی در مدیریت جامع حوزه آبخیز شهری قیدار در استان زنجان پرداختند (۱۳). نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که معیار هزینه مهم‌ترین معیار و عملیات اصلاح بیولوژیک به‌عنوان بهترین گزینه مدیریتی انتخاب شدند. سعدالدین و همکاران با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره به ارزیابی سناریوهای مدیریت بیولوژیک در مدیریت جامع حوزه آبخیز رامیان در استان گلستان پرداختند (۳۵). نتایج این مطالعه نشان داد که این تکنیک‌ها از قابلیت قابل توجهی در کمک به تصمیم‌گیران در اخذ تصمیمات مدیریتی در مدیریت جامع و یکپارچه حوزه آبخیز برخوردار می‌باشند. در تحقیق قنبرپور و همکاران، 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 (۲۷). نتایج حاصل نشان داد که در زیرحوضه‌های گوناگون، به‌جز گزینه تأمین منابع آبی که در تمامی زیرحوضه‌ها گزینه برتر بود، با توجه به شرایط هر زیرحوضه، گزینه‌های دیگر از جمله توریسم و گردشگری، مدیریت مراتع، باغداری و اقدامات کنترل سیلاب در الویت دوم اهمیت قرار داشتند. بذرافکن و صالح‌پور، با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی شبکه تحلیلی به تعیین گزینه‌های برتر توسعه سیستم‌های مدیریت بهینه منابع آب در حوزه آبخیز خانزیون فارس پرداختند (۲۲). نتایج این مطالعه نشان داد که گزینه‌های توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار، شخم عمود بر جهت شیب، تغییر الگوی کشت از غلات به سایر محصولات، کاشت گونه‌های مقاوم به سرما، شوری و خشکی جهت کاشت در باغات و روش‌های مدیریت بیولوژیک مراتع از جمله بذرکاری، به‌عنوان بهترین گزینه‌های مدیریتی انتخاب شدند. الوندی و همکاران، به بررسی پیامدهای فیزیکی، اکولوژیک، و اقتصادی-اجتماعی ناشی از اجرای سناریوهای گوناگون مدیریت پوشش گیاهی در حوزه آبخیز آقسو گلستان پرداختند (۲۱). در این مطالعه چهار فعالیت مدیریتی شامل کنتورفارو توام با بذرکاری، جنگل‌کاری، تراس‌بندی همراه با نهال‌کاری و اگرفارستری به‌عنوان فعالیت‌های مدیریتی منتخب تعیین و ۱۶ سناریو مدیریتی مربوط تدوین گردید. سپس با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره به ارزیابی پیامدهای ناشی از اجرای این سناریوها پرداخته شد. نتایج نشان داد که سناریو شماره ۱۱ (شامل جنگل‌کاری و اگروفارستری) و سناریو شماره هفت (شامل کنتورفارو همراه با بذرکاری و جنگل‌کاری) به‌عنوان بهترین سناریوها و الویت برتر تعیین گردیدند. نتیجه‌گیری حاصل از این تحقیق بیانگر این مطلب بود که رویکرد سناریو پایه به‌کار گرفته شده، کمک به‌سزایی به پیش‌بینی نتایج حاصل از اجرای فعالیت‌های مدیریتی می‌نماید. دبریتو و ایورز (۲۶) به بررسی ۱۲۸ تحقیق انجام شده در طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ژوئن ۲۰۱۵، در خصوص به‌کارگیری انواع مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت خطر سیل پرداختند. نتایج این بررسی حاکی از آن بود که مدل‌های تحلیل سلسله مراتبی، الویت‌بندی براساس تشابه به راه حل ایده آل و وزندهی تجمعی ساده، به‌ترتیب بیشترین کاربرد را داشته‌اند. جاویدی و همکاران، با به‌کارگیری فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره به انتخاب بهترین سناریوهای کشاورزی به‌منظور مدیریت مؤثر در حوزه آبخیز هانیویی، ایالت میشیگان ایالات متحده پرداختند (۳۰). در این تحقیق رویکرد جدیدی از اجرای فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس مقایسه و آنالیز خطر که منجر به انتخاب مناسب‌ترین سناریو برای استفاده در تمام سطح حوزه آبخیز می‌گردد، معرفی شده است. نتایج نشان داد که عامل و شرایط خطر بایستی در تعدادی از زیرحوضه‌ها معیارهای مربوطه را در وضعیت مطلوبی قرار داده و درنهایت الویت‌بندی سناریوهای موجود صورت پذیرد. نتایج نهایی این تحقیق حاکی از آن بود که روش پیشنهادی در حوزه آبخیز هانیویی نتایج موفقیت آمیزی را جهت ارزیابی و تعیین بهترین عملیات مدیریتی، هم برای آبخیزنشینان و هم برای سلامتی کل شبکه آبراهه ارایه نموده است. چاوداری و همکاران، با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره و مدل ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و شاخص تولید رسوب در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به الویت‌بندی اجرای عملیات مدیریتی در حوزه‌های آبخیز کوچک، در حوزه آبخیز مایوراکشی هندوستان پرداختند (۲۵). این مدل از شاخص فرسایش بالقوه و نسبت تحویل رسوب که بیانگر ظرفیت انتقال رسوب خوضه هستند، بهره برده است. مقایسه نتایج حاصل از این مدل با نقشه‌های الویت‌بندی تولید شده براساس برداشت‌های میدانی و آمار مشاهداتی، حکایت از صحت ۷۸ درصدی مدل مذکور داشته است. از آنجا که بیشتر تحقیقات محدود انجام شده در خصوص الویت‌بندی و ارزیابی پیامدهای ناشی از اجرای گزینه‌های مدیریت بیولوژیک منابع آبخیز از مدل‌هایی چون تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن‌های هر یک از معیارها و شاخص‌ها و الویت‌بندی گزینه‌ها، استفاده نموده‌اند، لذا تحقیق حاضر با هدف ارایه و توسعه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی در ایران

روشی در جهت دستیابی به مدیریت بهینه منابع حوزه آبخیز با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره الویت‌بندی براساس تشابه به راه حل ایده آل (تاپسیس) و انتخاب بهترین سناریوی مدیریت بیولوژیک در حوزه آبخیز دلیچای، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز دلیچای با وسعت تقریبی ۳۵ هزار هکتار یکی از زیرحوضه‌های اصلی رودخانه دائمی حبله‌رود می‌باشد که در زیرحوضه کویر مرکزی از حوضه اصلی فلات مرکزی ایران (زیرحوضه شماره ۴) قرار گرفته است. این حوضه در شمال‌شرقی استان تهران و شمال‌غربی استان سمنان قرار گرفته است (شکل ۱). رودخانه دلیچای از ارتفاعات جنوبی البرز سرچشمه گرفته و با حرکت به سمت جنوب‌شرقی در قسمت انتهایی به حبله‌رود می‌پیوندد. این رودخانه با متوسط آبدهی سالیانه ۲۷۰ میلیون متر مکعب، مهم‌ترین منبع آب کشاورزی و شرب مردم گرمسار از گذشته بوده است. متوسط درجه حرارت سالیانه در منطقه ۶/۷ درجه سانتی‌گراد (ایستگاه فیروزکوه) و میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۳۱۸ میلی‌متر بوده (ایستگاه سیمین‌دشت و ایستگاه یهر) می‌باشد. ارتفاع متوسط منطقه ۱۸۵۰ متر از سطح دریا بوده و با توجه به شیب متوسط وزنی که بین ۲۵ تا ۴۴ درصد متغیر است، منطقه کوهستانی و دارای شیب زیاد می‌باشد (۸ و ۱۸). منطقه مورد مطالعه دارای اشکال مختلف فرسایشی شامل فرسایش‌های بین شیاری، شیاری، خندقی و کناره‌ای است. فرسایش شیاری با بیشترین سطح پراکنش، به‌جز مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم و یا

دارای واریزه درشت در پای دامنه‌ها، مخروط افکنه‌ها، برونزدسنگی و باغات هستند، تمامی منطقه را در برگرفته و فرسایش خندقی محدوده‌ای از منطقه که متشکل از سازند هزار دره می‌باشد، را شامل شده است (۸ و ۱۸). بنابراین در تحقیق حاضر به‌منظور کاهش آثار هدر رفت منابع آبخیز و نیل به سوی مدیریت منابع حوزه آبخیز، رویکرد مبتنی بر تدوین سناریوهای مدیریت بیولوژیک، به‌کارگرفته شده است.

روش تحقیق

در مقابل رویکرد به‌کارگیری مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی، رویکرد مبتنی بر استفاده از سناریوسازی، با افزایش ادراک کارشناس، بهره‌بردار و آبخیزنشینان از آبخیز، سعی در شناساندن بهتر سیستم آبخیز و میسرساختن بررسی سناریوهای مدیریتی توسط کارشناس و مشاهده و ارزیابی پیامدهای مثبت و منفی ناشی از انتخاب هر یک از گزینه‌ها را دارد. با این رویکرد می‌توان به سیستم‌های پشتیبان تصمیم دست یافت و به‌جای ارایه نسخه مدیریتی از قبل تعیین شده سعی شود علاوه بر درنظر گرفتن اجزای سیستم، امکان اضافه نمودن سایر عوامل، به کارشناس داده شود (۳۴).

تعیین فعالیت‌ها و تدوین سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی

پس از شناسایی عوامل تولید رواناب و رسوب در منطقه مطالعاتی و تعیین اهمیت نسبی هر یک از آنها، فهرستی از راهکارهای ممکن و قابل اجرا برای برطرف نمودن 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. گزینه حفظ شرایط موجود در بعضی موارد می‌تواند راه حلی برای اصلاح آبخیز طی فرآیندهای طبیعی تلقی شده و همچنین اساس مقایسه با سایر گزینه‌ها را فراهم می‌کند. در این تحقیق پس از تعیین فعالیت‌های مدیریتی، با درنظرگرفتن محدودیت‌های موجود (فنی، اقتصادی- اجتماعی و زمانی) و همچنین با لحاظ نمودن پارامترهایی از جمله بارندگی، شیب، وضعیت پوشش گیاهی، فرسایش و خاک حوضه، عملیات اصلاحی در واحدهای کاری تعیین و پیشنهاد گردید. جهت تعیین پراکنش مکانی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی در سطح آبخیز، نقشه‌های رقومی مرز حوضه، شیب، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، فرسایش و گروه هیدرولوژیکی خاک منطقه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه و با درنظر گرفتن قواعد سناریوسازی، مناطق مستعد اجرای هریک از سناریوهای مدیریتی برای محدوده مطالعاتی مشخص گردید. سپس فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک ممکن و قابل اجرا در واحدهای کاری تعیین و درنهایت با استفاده از رابطه 2^n ترکیب‌های محتمل فعالیت‌های مدیریتی و سناریوهای معادل، تدوین گردید. در جدول (۱) مناطق مستعد اجرای هر یک از فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک و در جدول (۲) نیز ترکیب‌های محتمل این فعالیت‌های مدیریتی (سناریوها)، ارایه شده است.

در جدول فوق عدد یک نماینده استفاده از فعالیت مورد نظر و عدد صفر به منزله عدم استفاده از آن در هر سناریو می‌باشد. باید توجه نمود که سناریوهای مدیریتی باید کاملاً از یکدیگر قابل تفکیک باشند.

تعیین معیارهای تحقیق

گام و مرحله اصلی دستیابی به اهداف مورد نظر تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی پیامدهای ناشی از اجرای فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک پیشنهادی، تعیین معیارها و شاخص‌های مرتبط برای تشکیل ماتریس داده‌ها می‌باشد. از آنجایی که در منابع علمی معیارها و شاخص‌های بسیار گوناگون و متنوعی برای ارزیابی مدیریت بیولوژیک حوزه‌های آبخیز وجود دارد، لذا به‌منظور تعیین معیارها و شاخص‌های مهم و کاربردی متناسب با شرایط محدوده مطالعاتی و جلوگیری از کاهش وزن و میزان اثرگذاری هر یک از این عوامل تأثیرگذار، پس از بررسی مطالعات مشابه انجام شده، تصمیم گرفته شد، با نظرخواهی از کارشناسان

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

فعالیت بیولوژیک	ویژگی‌های مناطق مستعد اجرای عملیات پیشنهادی
کپه‌کاری	مناطق با خاک نیمه عمیق، پوشش نیمه متراکم و شیب ۲۰- ۴۰ درصد
بذرکاری	مناطق با خاک نیمه عمیق، پوشش نیمه متراکم و شیب کمتر از ۲۰ درصد
بذرپاشی	مناطق با خاک نیمه عمیق، پوشش نیمه متراکم و شیب بیش از ۴۰ درصد
مدیریت چرا	استقرار گیاهان و بهبود مراتع متوسط دارای فرسایش، مناطق با خاک سبک تا نیمه سنگین

جدول ۲. سناریوهای تدوین شده برای مدیریت بیولوژیک حوزه آبخیز دلیچای

سناریو / فعالیت بیولوژیک	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
مدیریت چرا	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱
بذرکاری	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱
بذرپاشی	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱
کپه‌کاری	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱

جدول ۳. معیارها و شاخص‌های مورد استفاده در تحقیق

معیار	شاخص
معیار اقتصادی	هزینه اجرا (استقرار و نگهداری)
معیار اجتماعی	میزان درصد پذیرش و مشارکت مردمی
معیار اکولوژیکی	شاخص وزنی وضعیت پوشش گیاهی
معیار فیزیکی	حجم رواناب

منابع‌طبیعی (افراد خبره و دارای تجربه در امر مدیریت منابع حوزه آبخیز و البته آشنا به شرایط منطقه مطالعاتی و اهمیت الویت‌های تدوین شده در محدوده مذکور) در خصوص معیارهای به‌کار گرفته شده در تحقیقات مشابه داخلی و بین‌المللی و مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های مؤثر و مرتبط، با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی، تعیین گردند. به‌منظور لحاظ نمودن تمامی دیدگاه‌ها و نظریات موجود، ابتدا پرسش‌نامه باز برای ۱۲ نفر نماینده بخش تحقیقات (پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری به جهت مشارکت در مطالعات جامع منطقه مطالعاتی)، بخش اجرا (دفتر مطالعات حبله‌رود معاونت آبخیزداری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور؛ اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان سمنان، اداره منابع‌طبیعی و آبخیزداری شهرستان گرمسار؛ و اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان تهران) و دانشگاه (افراد دارای سابقه تحقیقاتی در محدوده مطالعاتی) ارسال و پس از دریافت، بررسی و نهایی نمودن معیارها و مهم‌ترین شاخص مربوط به هر معیار، پرسش‌نامه دوم (پرسش‌نامه بسته و در قالب ماتریس) به‌منظور تعیین ضریب اهمیت و وزن هریک از معیارها و شاخص‌ها، تنظیم و ارسال گردید. معیارها و شاخص‌های نهایی تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی نتایج سناریوهای مدیریتی پیشنهادی، در جدول (۳) آورده شده است.

ارزیابی پیامدهای ناشی از اجرای سناریوهای مدیریتی پیشنهادی در حوزه آبخیز دلیچای

مدل‌سازی آثار فیزیکی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

به‌منظور شبیه‌سازی آثار تغییر وضعیت پوشش گیاهی برروی خصوصیات هیدرولوژیکی از روش شماره منحنی رواناب 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 برحسب مساحت هر یک از فعالیت‌های 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 درنهایت دبی اوج سیلاب با استفاده از آمار متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته و بارندگی یک ساعته با دوره بازگشت ۱۰ ساله، محاسبه گردید. مراحل انجام محاسبات مربوط به مدل‌سازی آثار فیزیکی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک پیشنهادی با استفاده از روش شماره منحنی، به تفصیل در منابع گوناگون شرح داده شده است (۱۳، ۱۷ و ۳۴).

مدل‌سازی آثار اقتصادی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

در مدیریت منابع آبخیز توجه به سلامت اقتصادی و اجتماعی افراد و جوامع آبخیز نشینان ضروری می‌باشد. لذا مطالعه آثار و پیامدهای اقتصادی از جمله بخش‌های مهم در مطالعات آبخیزداری تلقی می‌گردد. بنابراین برای شبیه‌سازی آثار تغییر پوشش گیاهی برروی وضعیت اقتصادی از نشانگر هزینه متغیر استفاده شده است (۱۷).

به‌منظور محاسبه هزینه‌های استقرار و نگهداری برای تمامی فعالیت‌های مدیریت بیولوژیک پیشنهادی در حوضه دلیچای، یک دوره زمانی مشترک در محاسبات اقتصادی درنظر گرفته شده است که به این دوره اصطلاحاً افق برنامه‌ریزی نیز می‌گویند که شاخص‌های اقتصادی برای این دوره ارزیابی می‌گردد. در تحقیق حاضر با توجه به دامنه زمانی عمر فعالیت‌ها، افق برنامه‌ریزی معادل ۶ سال درنظر گرفته شده است. این دوره زمانی حداقل بازه زمانی است تا عملیات بیولوژیک اجرایی پس از کاشت و استقرار به زمان بهره‌برداری برسد. بدین‌ترتیب در محاسبات اقتصادی برای آبخیز دلیچای 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:

$$P_V = \sum_{t=1}^{T} \frac{X_t}{(1+i)^t} \qquad (1)$$

که در این رابطه X_t: هزینه یا درآمد برای هر یک فعالیت مدیریتی معین در سال t، T: دوره تولید برای فعالیت مدیریتی، i: نرخ تنزیل برحسب درصد، می‌باشند. در این مطالعه نرخ میزان تنزیل به‌صورت مرکب و معادل ۱۰٪ لحاظ گردیده است. نرخ تنزیل مرکب با اعمال اثر ترکیبی نرخ تورم و نرخ بهره به‌دست می‌آید. در تحقیق حاضر هزینه‌های مربوط به هر یک از فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی براساس فهرست بهاء اجرای عملیات بیولوژیک آبخیزداری سال ۱۳۹۳ برآورد شده است.

مدل‌سازی آثار اجتماعی حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

با توجه به گستره و دامنه سوالات مرتبط با سناریوهای مدیریتی برای بررسی پیامدهای اجتماعی حاصل از اجرای سناریوها، تعداد آبخیزنشینانی که مورد مراجعه قرار می‌گیرند در مطالعات مختلف متفاوت خواهد بود. در 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 نمود. تعداد مراجعه به بهره‌برداران و آبخیزنشینان حوضه با توجه به تعداد و دامنه سوالات مرتبط با بررسی آثار اجتماعی سناریوهای مدیریتی و براساس عواملی چون هزینه، زمان، قابلیت اجرا و همچنین تنوع و پویایی جامعه مورد مطالعه متفاوت خواهند بود (۳۵). در مطالعه حاضر

جدول ۴. مقادیر وزنی برای پوشش‌های مختلف زمین به‌روش دلفی (۳۳)

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

به‌منظور دستیابی به اطلاعات صحیح، با یک بررسی میدانی- اجتماعی به سرگروه‌ها و تصمیم‌گیران از جمله شورای ده، به‌عنوان 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 شده است.

$$P_{r(yi)} = \frac{n!}{Yi(n-i)!} p_i^{yi} \times q_i^{n-yi} \quad (Y_i = ۰, ۱, ۲, \ldots n) \qquad (۲)$$

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، 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) درنظر گرفته شد.

مدل‌سازی آثار اکولوژیک حاصل از اجرای سناریوهای مدیریت بیولوژیک

مدل‌سازی و محاسبه توزیع‌های 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 گردیده است. در این مدل‌سازی چند لایه رقومی پوشش گیاهی برای شرایط حال حاضر و اراضی مستعد اجرای فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی به‌صورت جداگانه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد نموده و براساس شاخص وزنی سطح پوشش اراضی و نسبت به ارزیابی میزان تأثیر عملیات اصلاحی با استفاده از شاخص وزنی سطح پوشش اراضی معادله (۳) اقدام گردید.

$$WLCAI = \sum_{m=۱}^{۶} \alpha_m \sum_{k=۱}^{nm} P_{k,m} \qquad (۳)$$

WLCAI: شاخص وزنی سطح پوشش اراضی، α_m: ارزش وزنی برای هر نوع تیپ پوشش گیاهی m (به روش دلفی، جدول ۴)، m: نوع پوشش، $P_{k,m}$: مساحت کاربری، nm: شماره کاربری و عدد شش تعداد پارامترها می‌باشد.

تعیین سناریو مدیریتی برتر با استفاده از مدل تاپسیس

در تحقیق حاضر به‌منظور انتخاب بهترین گزینه یا گزینه‌های مدیریت بیولوژیک به‌منظور مدیریت منابع حوزه آبخیز دلیچای، از مدل تاپسیس که از جمله تکنیک‌های روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد، استفاده گردید. در مدل تاپسیس پس از انتخاب معیارهای مناسب و غربال‌گری معیارها و شاخص‌های مرتبط، وزندهی و الویت‌بندی انجام، و درنهایت بهترین گزینه یا گزینه‌ها جهت 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. مراحل انجام مدل تاپسیس شامل تشکیل ماتریس داده‌ها یا ماتریس تصمیم براساس n معیار و k شاخص، استاندارد کردن داده‌ها، تعیین وزن معیارها و تعدیل آنها، و درنهایت تعیین گزینه برتر و بهینه می‌باشد که به تفصیل در منابع گوناگون شرح داده شده است (۳، ۱۰ و ۱۶).

نتایج

تعیین سناریو برتر با استفاده از مدل تاپسیس

به‌منظور ارزیابی پیامدهای ناشی از اجرای سناریوهای مدیریت

جدول ۵. ماتریس تصمیم مدیریت منابع حوزه آبخیز دلیچای براساس مقادیر محاسبه شده معیارهای منتخب

سناریو	فیزیکی	اکولوژیک	اقتصادی	اجتماعی
۱	۸۴۷۱۲۳	۰	۰	۰/۰۵
۲	۵۲۳۶۳۳	۳۳۵۱/۰۲	۳۷۴۷۷۷۸	۰/۶۵
۳	۷۱۶۰۴۵	۳۸۱۸/۲۴	۵۵۶۳۷۶	۰/۱
۴	۵۸۴۹۵۶	۸۷۴/۶۲	۳۷۴۷۶۶۱	۰/۰۳
۵	۶۴۴۳۶۳	۱۹۶۶/۹۵۲	۲۳۱۴۲۶۸	۰/۳۵
۶	۴۳۰۰۱۱	۴۱۶۹/۳۴	۴۳۰۴۱۵۴	۰/۵۳
۷	۴۸۴۰۳۳	۱۶۹۲/۹۱	۴۳۰۴۰۳۷	۰/۰۶
۸	۴۲۹۱۳۳	۲۸۴۱/۶۱	۶۰۶۱۹۲۹	۰/۲۹
۹	۳۳۷۳۷۴	۴۲۲۵/۷۱	۲۸۷۰۶۶۴	۰/۵
۱۰	۳۷۹۲۰۰	۵۳۱۷/۷۲	۸۰۵۱۸۱۵	۰/۷۲
۱۱	۵۳۶۴۸۳	۲۷۸۵/۲۱	۲۸۷۰۶۴۴	۰/۳۶
۱۲	۲۶۷۱۲۱	۵۰۴۳/۹۱	۸۰۵۱۸۱۵	۰/۴۷
۱۳	۳۴۷۰۸۷	۳۶۵۹/۸۲	۶۶۱۸۳۰۵	۰/۳۱
۱۴	۳۰۳۴۸۷	۶۱۳۶/۲۱	۶۶۱۸۴۲۲	۰/۶۱
۱۵	۲۲۹۴۷۱	۶۱۹۲/۶۰	۹۸۰۹۷۰۷	۰/۵۸
۱۶	۱۷۴۲۵۸	۷۰۱۰/۸۴	۱۰۳۶۶۰۸۳	۰/۵۴

جدول ۶. وزن نهایی و اولویت بندی معیارهای تحقیق

اولویت‌بندی	معیار	وزندهی نهایی
۱	اجتماعی	۰/۴۷
۲	اکولوژیکی	۰/۲۸
۳	اقتصادی	۰/۲۴
۴	فیزیکی	۰/۰۱

بیولوژیک پیشنهادی، ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل (جدول ۵) و در ادامه ماتریس نرمال شده محاسبه گردید. سپس وزن معیارها با تشکیل ماتریس مقایسه زوجی و وزندهی به معیارها، با استفاده از نظرات کارشناسی تعیین و درنهایت وزن نهایی معیارها محاسبه گردید (جدول ۶).

در ادامه با ضرب کردن درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در بردار وزن معیارها، ماتریس تصمیم بی مقیاس وزنی محاسبه گردید (جدول ۷). با استفاده از نتایج حاصل، فاصله از راه حل ایده‌آل مثبت و منفی و نیز میزان نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل محاسبه گردید، که نتایج آن در جدول (۸) آورده شده است. درنهایت الویت‌بندی گزینه‌های تصمیم (سناریوها) انجام شد (جدول ۸). نتایج نشان داد که سناریوهای ۱۰، ۱۴ و ۲ به‌ترتیب دارای الویت‌های اول تا سوم بودند. رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم براساس میزان نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل بوده است، به‌طوری که هرچه به یک نزدیک‌تر بوده باشند، از مطلوبیت بیشتری برخوردار می‌باشند.

جدول ۷. ماتریس تصمیم وزنی مدیریت منابع حوزه آبخیز دلیچای

سناریو	فیزیکی	اکولوژیک	اقتصادی	اجتماعی
۱	۰/۰۰۱۷	۰	۰	۰/۰۰۴
۲	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰۸۴۶۳	۰/۰۵
۳	۰/۰۰۰۹۹	۰/۰۱۸	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۸
۴	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰۸۴۵۹	۰/۰۰۲
۵	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶۷	۰/۰۲۷
۶	۰/۰۰۰۵۹۴	۰/۰۲	۰/۰۱۲۴۵۶۵	۰/۰۴۱
۷	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲۴۵۶۱	۰/۰۰۵
۸	۰/۰۰۰۵۹۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۷۵۴۳۵	۰/۰۲۲
۹	۰/۰۰۰۴۷	۰/۰۲	۰/۰۲۱۷	۰/۰۳۹
۱۰	۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷۵۴۳۹	۰/۰۵۶
۱۱	۰/۰۰۰۷۴	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸۳	۰/۰۲۸
۱۲	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۲۴	۰/۰۲۳۳	۰/۰۳۶
۱۳	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۹۱۵۳۷	۰/۰۲۴
۱۴	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۰۱۹۱۵۴۱	۰/۰۴۷
۱۵	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۸۴	۰/۰۳۹
۱۶	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۳۳	۰/۰۳	۰/۰۴۲

جدول ۸. اولویت‌بندی سناریوها براساس نتایج به‌دست آمده از مدل تاپسیس

سناریو	فاصله از ایده‌آل مثبت	فاصله از ایده‌آل منفی	نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل	الویت
۱	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۹	۰/۱۹۲	۱۴
۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲۸	۰/۸۶۱	۳
۳	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۱	۰/۳۱۲	۱۲
۴	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴	۰/۰۹۲	۱۶
۵	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۱۲	۰/۴۴۹	۱۰
۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲۱	۰/۷۹	۴
۷	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۰۴	۰/۰۹۹	۱۵
۸	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۷	۰/۲۷۴	۱۳
۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۷	۰/۶۴۳	۷
۱۰	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۳۵	۰/۹۰۳	۱
۱۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۲	۰/۴۹۵	۹
۱۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱۷	۰/۶۲۵	۸
۱۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۸	۰/۳۳۶	۱۱
۱۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲۸	۰/۸۶۱	۲
۱۵	۰/۰۰۱۰۸	۰/۰۰۲۱	۰/۶۶۳	۶
۱۶	۰/۰۰۱۰۹	۰/۰۰۲۵	۰/۶۹۹	۵

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که تدوین سناریوهای مدیریتی یکی از رویکردهای مناسب با درنظر 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. از آنجا که هر یک از سناریوهای ممکن، پیامدهای گوناگون و گاهی متضاد را به‌دنبال خواهند داشت، لذا با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره با توجه به‌وجود آثار گوناگون سناریوهای مدیریتی و تفاوت در طبیعت و ماهیت معیارها، سناریوهای دارای الویت و اهمیت برتر مدیریتی، به‌منظور رفع مشکلات و بهبود و مدیریت منابع حوزه آبخیز دلیچای پیش‌بینی شده‌اند. بدین ترتیب هدف از انجام این تحقیق که تدوین سناریوهای مدیریت بیولوژیک به‌منظور مدیریت منابع آب، خاک و گیاه بوده، محقق گردیده است.

نتایج حاصل از مدل‌سازی پیامدهای مدیریت بیولوژیک براساس معیار فیزیکی نشان داد که، سناریوهای دارای بیشترین مساحت اجرا، دارای بهترین وضعیت می‌باشند. به‌منظور بررسی تأثیر سناریوهای مدیریت بیولوژیک بر معیار فیزیکی مورد بررسی در تحقیق حاضر کاهش ارتفاع رواناب و حجم سیل در حوزه آبخیز دلیچای مد نظر قرار داشته و نتایج حاصل حاکی از آن بود که بیشترین کاهش حجم سیل مربوط به سناریوی ۱۶ بوده و به‌عنوان اولویت برتر انتخاب گردید. همچنین سناریو ۱۵ نیز در اولویت بعدی اهمیت قرار گرفت. از آنجا که سناریوهای ۱۶ و ۱۵ به‌ترتیب دارای بیشترین مساحت اجرا و به تبع آن اصلاح وضعیت پوشش گیاهی و درنهایت با توجه به شرایط منطقه، با اصلاح و افزایش شماره منحنی و به‌دنبال آن کاهش ارتفاع رواناب و حجم سیلاب، در الویت اول و دوم اهمیت قرار گرفتند. سناریو اول (حفظ شرایط موجود) نیز به لحاظ عدم اجرای عملیات اصلاحی، اولویت آخر را به خود اختصاص داده است. همچنین بررسی نتایج حاصل از معیار اکولوژیک نیز نشان داد که سناریوهای ۱۶ و ۱۵ به‌ترتیب در اولویت‌های اول و دوم قرار گرفتند. بررسی‌ها نشان داد که اهمیت برتر این دو سناریو ناشی از دارا بودن بالاترین مقدار شاخص وزنی سطح پوشش گیاهی و اثرگذاری بر سطوح اصلاح شده در مراتع منطقه بوده است. نتایج حاصل از مدل‌سازی اجتماعی حاکی از آن بود که با توجه به آگاهی سرگروه‌ها (اعضاء شورای ده)، و نیز اعتماد سایر بهره‌برداران و آبخیزنشینان به شورای ده، تمایل اهالی به فعالیت‌های پیشنهادی برای اصلاح وضعیت مراتع منطقه تابعی از سود اقتصادی حاصل از اجرای آنها بوده است، چنانکه نتایج حاصل از معیار اجتماعی به اهمیت برتر سناریو ۱۰، به‌عنوان الویت اول و سناریو ۲ الویت دوم اهمیت، اشاره داشت. نتایج نشان داد که در سال‌های اخیر یکی از عوامل مؤثردر جذب مشارکت مردمی در منطقه مطالعاتی، تهیه و اجرای طرح اولیه مدیریت آب و خاک حبله‌رود، به‌دنبال آن طرح واگذاری بهره‌برداری از مراتع به مرتعداران و سیاست‌های تشویقی و حمایتی که توسط اداره منابع طبیعی شهرستان گرمسار اجرا گردیده، بوده است. اجرای عملیات‌های اصلاحی و کاشت گیاهان مرتعی مانند باریجه (در قالب عملیات بذرپاشی، کپه‌کاری و ...) به‌وسیله برخی از مرتعداران پیشرو در منطقه و سود حاصل از جمع‌آوری و فروش محصول آنغوزه، باعث گردیده تا سایر مرتعداران نیز با مراجعه به اداره منابع طبیعی شهرستان گرمسار، متقاضی بذر باریجه برای اجرای عملیات اصلاح مراتع باشند. سود حاصل از آن به قدری برای دامداران و مرتعداران منطقه حایز اهمیت بوده است که با کمک و راهنمایی کارشناسان منابع طبیعی، اقدام به اجرای سیستم‌های چرایی مناسب نموده تا از آسیب‌رسانی به پایه‌های باریجه و مراتع جلوگیری گردد. همچنین بذر مازاد مرتعداران توسط اداره منابع طبیعی شهرستان گرمسار خریداری شده و سود بیشتری را نصیب مرتعداران منطقه نموده است. همان‌طور که در قبل نیز اشاره شد در تحقیق حاضر ارزیابی معیار اقتصادی، با استفاده شاخص هزینه متغیر، انجام شد. بنابراین براساس نتایج حاصل از معیار اقتصادی، سناریو ۱ به‌عنوان سناریو برتر و سناریو ۱۶ در الویت آخر قرار گرفتند. برخلاف سایر معیارها که سناریو ۱ به‌عنوان سناریو دارای الویت آخر تعیین گردید، در معیار اقتصادی، سناریو ۱۶ در الویت 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 حالی که اجرای تمامی عملیات مدیریتی در سناریو ۱۶، نیازمند صرف هزینه و با توجه شرایط منطقه و نیز

نیازمندی‌های اجرای عملیات فوق، مقرون به صرفه نبوده و در الویت آخر اهمیت قرار گرفته است.

همچنین نتایج حاصل از اجرای مدل تاپسیس در مدیریت بیولوژیک منطقه مورد مطالعه حاکی از آن بود که در بین چهار معیار سنجش گزینه‌های مدیریتی پیشنهادی نسبت به هدف، معیارهای اجتماعی، اکولوژیک، اقتصادی و فیزیکی به‌ترتیب در اولویت‌های اول تا چهارم قرار گرفته‌اند. اما پس از وزندهی و مقایسه سناریوها در قالب چهار معیار اجتماعی، اقتصادی، اکولوژیکی و فیزیکی، سناریو ۱۰ به‌عنوان برترین سناریو شناخته شد. نتایج نشان داد این سناریو که شامل دو فعالیت مدیریتی مدیریت چرا و کپه‌کاری بوده، بهترین وضعیت را با توجه به گزینه‌ها و معیارهای درنظر گرفته شده در حوزه آبخیز دلیچای فراهم می‌نماید. بررسی‌ها نشان داد که اجرای فعالیت‌های مدیریتی بیولوژیک پیشنهادی تغییر قابل مشاهده‌ای را در وضعیت عرصه‌های طبیعی منطقه مطالعاتی ایجاد خواهند کرد، چنانکه با توجه به شرایط موجود در منطقه مطالعاتی، با افزایش درصد پوشش و بیومس گیاهی، درصد سطوح فاقد پوشش و عرصه‌های لخت کاهش یافته و در نتیجه با افزایش میزان نفوذپذیری نیمرخ خاک و کاهش ارتفاع رواناب، حجم رواناب حاصل و میزان فرسایش خاک نیز کاهش خواهد یافت. به تبع آن نیز میزان تولید علوفه گیاهی ناشی از احیاء پوشش گیاهی طبیعی منطقه نیز افزایش یافته و می‌تواند به‌طور محسوسی سود حاصل از تولیدات دامی را در منطقه افزایش دهد. همان‌طور که در نتایج مشاهده گردید علی‌رغم این که سناریو ۱۰ تنها ۵۸ درصد از کل اراضی اصلاح شده را به خود اختصاص داده و نسبت به سناریوهای ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ که به‌ترتیب ۷۸/۵، ۶۳/۵، ۷۱/۴، ۸۶/۶ و ۱۰۰ کل اراضی اصلاحی را به خود احتصاص داده‌اند، دارای سطح عملیات اجرایی کمتری می‌باشد، اما با توجه به وزن مربوط به معیارهای گوناگون در رتبه و الویت اول قرار گرفته است. چنانکه یکی از عواملی که به‌طور مشابه در تمامی پنج سناریو مذکور به‌طور مشابه دارای اثر منفی بوده، هزینه اجرا می‌باشد که با افزایش سطح اجرای عملیات در سناریوهای مذکور، هزینه اجرای عملیات به‌عنوان پیامدی، که عامل هزینه (منفی) و کاهش دهنده میزان نزدیکی از گزینه ایده‌آل می‌باشد، مؤثر واقع شده است. لذا می‌توان چنین بیان نمود که مدل براساس نتایج حاصل، قابلیت و توانایی تعیین گزینه بهینه و برتر را براساس و با لحاظ نمودن معیارهای گوناگون، که دارای وزن و میزان تأثیرگذاری متفاوت می‌باشند، دارا بوده و با استفاده و به‌کارگیری آن در مدیریت منابع آبخیز می‌توان از هدررفت منابع جلوگیری و ارتقاء کیفی آنها را محقق نمود. نتایج تحقیقات مشابه انجام شده در به‌کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نتایج مشابهی را از قابلیت و توانایی بالای این مدل‌ها در مدیریت منابع‌طبیعی و محیط زیست به‌ویژه مدیریت منابع در حوزه‌های آبخیز گزارش نموده‌اند که می‌توان به نتایج تحقیقات اسدی و همکاران (۲)، هلیلی و همکاران (۱۹)، سعدالدین و همکاران (۳۴)، سپهر و همکاران (۱۰)، صفویان و همکاران (۱۲) و جاویدی و همکاران (۳۰) نیز اشاره نمود.

براساس نتایج تحقیق حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، توانایی ایجاد یک محیط تصمیم‌گیری مطلوب را برای تعیین گزینه مدیریتی بهینه در مدیریت منابع آبخیز مهیا می‌سازند. همچنین مشاهده گردید که مدل تاپسیس قابلیت الویت‌بندی و تعیین سناریوهای برتر مدیریتی را با تلفیق آثار معیارها و شاخص‌های مربوط دارا می‌باشد. قابل توجه است که لحاظ نمودن دیدگاه‌های گوناگون، خود فرآیند مدیریتی را با مشکل مواجه می‌سازد، لذا 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 ارایه گردد و نیز معیارها و شاخص‌های اصلی و مهم که تأثیر مستقیم بر اهداف مدیریتی دارند، درنظر گرفته شوند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه حمایت‌های مادی و معنوی مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران در جهت انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، ح.، ش. محمدخان، س. فیض‌نیا، ج. قدوسی. ۱۳۸۴. ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها، مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان. مجله منابع‌طبیعی ایران ۵۸ (۱): ۱۴-۳.

۲. اسدی نلیوان، ا.، م. رستمی خلج، م. محسنی ساروی، ا. سور. ۱۳۹۴. الویت اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز با استفاده از روش تاپسیس (مطالعه موردی: زیدشت-طالقان). پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز ۶ (۱۲): ۱۰۷-۹۸.

۳. اصغرپور، م. ج. ۱۳۹۲. *تصمیم‌گیری چند معیاره*. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۴. اوژن، م.، ح. جلیلیان، ق. رستمی‌زاد. ۱۳۸۶. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌عنوان یک تکنیک تصمیم‌گیری. چهارمین همایش علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشگاه تهران. ۴ تا ۶ اسفند ۱۳۸۶.

۵. ترابی میرزایی، ف. ۱۳۹۰. توان سنجی طبیعت گردی (اکوتوریسم) منطقه حسن آباد بافق به روش تحلیل سلسله مراتبی و استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و ارزش گذاری اقتصادی آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده منابع‌طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

۶. جمالی. ع.، ج. قدوسی و م. فرح پور. ۱۳۸۰. تحلیل چند معیاره مکانی و فنون تصمیم‌گیری در اولویت‌بندی حوزه آبخیز برای احداث سدهای اصلاحی توری سنگی. مجله پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی) ۲۴ (۹۰): ۹-۱.

۷. چابک بلداجی، م.، م. حسن زاده نفوتی و ز. ابراهیمی خوسفی. ۱۳۸۹. مکان‌یابی عرصه پخش سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، (مطالعه موردی: حوزه آبخیز عشق آباد طبس). مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ۴ (۱۳): ۳۸-۳۱.

۸. سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۱۳۸۹. گزارش نهایی مطالعات جامع منابع آب و خاک حوزه آبخیز حبله‌رود. تهران.

۹. سعدالدین، ا.، د. اخضری و ن. نورا. ۱۳۸۹. پیش‌بینی اثرات سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی بر خطر فرسایش بادی، (مطالعه موردی: جنوب دشت ورامین). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۷ (۱): ۶۳-۱۷.

۱۰. سپهر، ع.، م. ر. اختصاصی و س. ع. المدرسی. ۱۳۹۱. ایجاد سامانه شاخص‌های بیابان‌زایی براساس DPSIR (بهره‌گیری از روش فازی-تاپسیس). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی ۲۳ (۴۵): ۵۰-۳۳.

۱۱. سیف، ع. و ا. کارگر. ۱۳۹۰. پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم جغرافیایی، مطالعه موردی: حوضه آبریز سیرجان. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی ۴ (۱۲): ۹۰-۷۵.

۱۲. صفویان، آ.، ع. الف. سلمان ماهینی، ح. میرکریمی و ا. سعدالدین. ۱۳۹۲. انتخاب بهترین سناریوی بهبود کیفیت آب با استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره، (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرگان رود استان گلستان). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۰ (۳): ۱۹۲-۱۷۳.

۱۳. صمدی ارقینی، ح.، م. صمدی قشلاقچایی و ع. قاسمی. ۱۳۹۱. استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی جهت مدیریت جامع حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهری قیدار در استان زنجان). هشتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشگاه لرستان. ۲۷ تا ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۱.

۱۴. عظیم پور، ع. ر. و ح. صدوق. ۱۳۸۸. ارزیابی نتایج مدل تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطر زمین لغزش، (مطالعه موردی: حوزه آبخیز اهرچای). مجله علمی پژوهشی فضای جغرافیایی ۸ (۲۶): ۸۷-۷۱.

۱۵. قاسمی، س.ع. و ش. دانش. ۱۳۹۱. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در تعیین گزینه بهینه نمک زدایی از آب های لب شور. نشریه آب و خاک ۲۶ (۴): ۱۰۰۹-۹۹۹.

۱۶. قدسی‌پور، ح. ۱۳۸۱. *فرآیند تحلیل سلسله مراتبی*. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

۱۷. کریمی سنگ چینی، ا.، ع. حزبی و ا. سعدالدین. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چند معیاره در مدیریت یکپارچه آبخیز، (مطالعه موردی: آبخیز تلخ آب خوزستان). دومین همایش شناخت معضلات آبخیزداری و ارائه راه حل‌های مناسب در حوزه‌های آبخیز کارون و زاینده‌رود. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی چهارمحال و بختیاری. یکم آبان ۱۳۸۹.

۱۸. کشتکار، ا. ر.، ۱۳۸۹. مدیریت جامع منابع آب‌های سطحی حوزه آبخیز حبله‌رود با استفاده از مدل شبکه تصمیم بیزین. رساله دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران.

۱۹. هلیلی، م. ق.، ا. سعدالدین، ا. مساعدی و ع. سلمان ماهینی. ۱۳۸۸. تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به‌منظور مدیریت منابع آب سطحی در سد مخزنی بوستان، استان گلستان. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۱۶ (۴): ۲۴-۱.

۲۰. نادری، ن.، م. محسنی ساروی، آ. ملکیان و د. قاسمیان. ۱۳۹۰. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تکنیکی برای تصمیم‌گیری در حوزه های آبخیز. محیط زیست و توسعه ۲ (۴): ۵۰-۴۱.

21. Alvandi, E., M. Forootan and M. R. Nojavan. 2015. The application of multi-criteria decision making method in integrated management: A case study of aghsu watershed, golestan province, Iran. Int. Bul. Water Resour. Dev. (IBWRD). 3: 1-12.
22. Bazrafkan, A. A. and A. Salehpour. 2014. Fractional management of watersheds by using the ANP, study Case: the basin of khanzenyoon in fars. BEPLS. 3: 118-125.
23. Brüschweiler, S. 2003. Integrated water resources management (IWRM): A way to sustainability. Report of Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC).
24. Chowdhury, A. K., M. Jha and V. M. Chowdary. 2010. Delieation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS & GIS and MCDM techniques. Environ. Earth. Sci. 59: 1209-1222.
25. Chowdhury, V. M., D. Chakraborthy, A. Jeyaram, Y. V. N. Krishna Murthy, J. R. Sharma and V. K. Dadhwal. 2013. Multi-Criteria decision making approach for watershed prioritization using analytic hierarchy process technique and GIS. Water Resour. Manag. 27: 3555-3571.
26. De Berito, M. M. and M. Evers. 2016. Multi-criteria decision-making for flood risk management: a survey of the current state of the art. Nat. Hazard Earth Sys. 16: 1019-1033.
27. Ghanbarpour, M. R. and K. W. Hipel. 2011. Multi-criteria planning approach for ranking of land management alternatives at different spatial scales. Res. Env. Earth Sci. 3: 167-176.
28. Giri, S. and A. Pouyan Nejadhashemi. 2014. Application of analytical hierarchy process for effective selection of agricultural best management practices. J. Environ. Manage. 132: 165-177.
29. Jakeman, A. J., R. A. Letcher, S. Rojanasoonthon, S. Cuddy and A. Scott. 2005. Integrating knowledge for river basin management: progress in Thailand. ACIAR Monograph No. 118. 220p.
30. Javidi Sabbaghian, R., M. Zarghami, A. Pouyan Nejadhashemi, M. B. Sharifi, M. R. Herman and F. Daneshvar. 2016. Application of risk-based multiple criteria decision analysis for selection of the best agricultural scenario for effective watershed management. J. Environ. Manage. 168: 260-272.
31. Keshtkar, A. R., A. Salajegheh, A. Sadoddin and M. G. Allan. 2013. Application of bayesian networks for sustainability assessment in catchment modeling and management (Case study: The Hablehrood river catchment). Ecol. Model. 268: 48-54.
32. Reimold, R. J. 1998. Watershed Management Practice, Policies and Coordination. McGraw-Hill, New York.
33. Sadoddin, A., R. A. Letcher, A. Jakeman and L. T. H. Newham. 2005. A Bayesian decision network approach for assessing the ecological impacts of salinity management. Math. Comput. Simulat. 69: 162-176.
34. Sadoddin, A., V. Sheikh, R. Mostafazadeh and M. Gh. Halili. 2008. Multiple-criteria decision making for integrated watershed management in the Ramian watershed, Golestan, Iran. International Congress on Environmental Modelling and Software (iEMSs), 7-10 July, Spain.
35. Sadoddin, A., V. Sheikh, R. Mostafazadeh and M. Gh. Halili. 2010. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. IJPP. 4: 51-62.
36. Vivien, Y. C. 2011. Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan. Appl. Soft. Comput. 45: 265-275.

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 3, Fall 2017, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

Prioritizing Determination of Watershed Biological Management Options using Multi-Criteria Decision making Techniques (Case Study: Delichay Catchment)

A. R. Keshtkar[1*], Sh. Mohammadkhan[2], R. Houshmandi[1] and S. Dalfardi[3]

(Received: Feb. 120-2015 ; Accepted: Dec. 07-2016)

Abstract

Recently, catchments were considered as planning and management units for sustainable development in many issues. Catchment sources management is considered as a new principle for development planning and management of water and soil resources emphasizing on socio-economic characteristics of the region to sustainable livelihoods and without vulnerability of plant and the residents of an area. These objectives will be achieved when the proper management of resources and the management should be applied to decrease destructive processes and strengthen the improvement processes. Aiming at biological management of watershed resources with scenario building approach, this study has assessed and prioritized biological management options in the Delichay Catchment. With a choice of four biological management activities, 16 scenarios were developed in the study area. Then, criteria weighting was carried out using analytic hierarchy process and ultimately, the best management option was chosen using TOPSIS model. The results indicated that social, ecological, economic and physical criteria were respectively prioritized from one to four and scenario number 10 was determined as the best scenario and the first priority. Also, the results showed that the multi-criteria decision making techniques included capability of expressing different aspects of the problem and are perfect tools for integrated watershed resources management.

Keywords: Vegetation management, Scenario, TOPSIS, Delichay.

1. Dept. of Desert Manage., International Desert Res. Center (IDRC), Univ. of Tehran, Tehran, Iran.
2. Dept. of Natural Geography, Faculty of Geography, Univ. of Tehran, Tehran, Iran.
3. Dept. of Range and Watershed, Natural Resour., Jiroft Univ., Jiroft, Iran.
*: Corresponding Author, Email: keshtkar@ut.ac.ir