مقاله پژوهشی

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۳۰، سال نهم، بهار ۱۴۰۱، صص ۱۵۹-۱۳۹
Hydrogeomorphology, Vol. 9, No. 30, Spring 2022, pp (139-159)
CC BY-NC

مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی به‌منظور بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS

احسان الوندی *[1]

۱- دانش‌آموخته‌ی دکترای علوم و مهندسی آبریزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۵

چکیده

در این تحقیق به مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی به‌منظور بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS پرداخته شده است. حوضه‌آبریز تویسرکان به وسعت حدود ۸۰۴۲۰ هکتار در استان همدان واقع شده است. برای انجام این تحقیق ابتدا، از طریق رویکرد DPSIR به تحلیل وضعیت سیستم حوضه‌آبریز پرداخته شد. سپس با توجه به نتایج رویکرد DPSIR، هفت فعالیت مدیریتی برای بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه و کاهش فشارها با توجه به نظرات خبرگان تهیه شد. در ادامه به پیش‌بینی اثرات اجرای هر یک از فعالیت‌های مدیریتی با استفاده از شاخص‌های ارزیابی فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی پرداخته شد. در نهایت با استفاده از تکنیک‌های TOPSIS و SAW در محیط نرم‌افزار mDSS به اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی پرداخته شد. نتایج حاصل از رویکرد DPSIR نشان داد، مهم‌ترین فشارهای موثر بر حوضه تصرف و تغییر کاربری و از بین رفتن پوشش گیاهی است. هم‌چنین از مهم‌ترین اثرات ایجاد شده بر وضعیت سیستم حوضه‌آبریز، معیارهای از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش تغذیه‌ی آب زیرزمینی و افزایش خطر و خسارت سیل معرفی شده است. در نهایت با توجه به نتایج رویکرد DPSIR، مجموعه راهکارهای اصلاح بیولوژیکی مرتع و عملیات بیومکانیکی جهت ذخیره‌ی نزولات، برای بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه پیشنهاد شد. با توجه به نظرات خبرگان و شرایط محیطی منطقه هفت فعالیت مدیریتی (قرق، درختکاری، احداث‌باغ، علوفه‌کاری، کنتورفار، کپه‌کاری و بذرپاشی) از مجموعه راهکارهای اصلاح بیولوژیکی مرتع و عملیات بیومکانیکی جهت ذخیره‌ی نزولات انتخاب شد. با توجه به نتایج بدست آمده از اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی در کلیه روش‌های پیشنهادی، فعالیت درختکاری بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و در اولویت ابتدایی قرار گرفته است و فعالیت کنتورفارو کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و در اولویت انتهایی قرار دارد. لذا با توجه به این نتایج، درختکاری در این حوضه یک فعالیت مهم تلقی می‌شود که باید توجه ویژه‌ای به آن شود. همچنین کاشت درختان بومی و سازگار با منطقه از جمله بادام کوهی، سماق و سنجد پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش‌های TOPSIS، SAW، حوضه‌آبریز تویسرکان، غرب ایران.

* نویسنده‌ی مسئول

E-mail:alvandiu_2010@yahoo.com

۱- مقدمه

مدیریت حوضه‌آبریز، مجموعه‌ایی از اقدامات مدیریتی است که با هدف بهره‌برداری بهینه از حوضه و کاهش خسارت اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی صورت می‌گیرید (توربان و همکاران[۱]، ۲۰۰۷: ۱۲۳). اثرات تغییرات کاربری اراضی روی منابع آبی اصولاً در تغییرات وضعیت هیدرولوژیکی، کمیت و کیفیت آب منعکس شده‌اند (ژانگ و همکاران[۲]، ۲۰۱۵: ۸). بنابراین لازم است تا یک سیستم مدیریت کاربری اراضی مؤثر برای مدیریت تغییرات الگوی کاربری اراضی به منظور توسعه‌ی پایدار جامعه ایجاد گردد (پونگ و همکاران[۳]، ۲۰۱۰: ۲۹). از آنجایی که رواناب سطحی حاصله در محیط‌های توسعه‌یافته نمی‌تواند به جریان‌های زیر سطحی بپیوندد در نتیجه سطح جریان پایه نیز کاهش می‌یابد. بنابراین اقدامات کنترلی برای کاهش حجم رواناب و تغذیه‌ی آب‌های زیر زمین امری ضروری است (بیتینگ[۴]، ۲۰۰۶: ۵۴). در مقابل رویکرد استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی، رویکرد مبتنی بر سناریو با افزایش ادراک ذینفعان از آبریز سعی دارد تا آن‌ها را با سامانه آبریز بهتر آشنا کند. این رویکرد اجازه می‌دهد تا ذینفعان خود سناریوهای مدیریتی را بررسی کنند، با انتخاب هر یک قادر باشند تا نتایج مثبت و منفی آن را مشاهده و ارزیابی نماید (سعدالدین و همکاران، ۲۰۱۰: ۵۹). DPSIR[۵] یا چارچوب پیشران، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ ابزاری است که از طریق روابط علت و معلولی میان فعالیت‌های انسانی و محیط‌زیست به توصیف مشکلات محیط‌زیستی می‌پردازد. این چارچوب به عنوان جامع‌ترین مدل مورد تایید آژانس محیط‌زیست اروپا، زمینه‌ای را فراهم می‌کند تا انواع شاخص‌های متفاوت با یکدیگر ترکیب شوند و نه تنها تأثیرات محیط‌زیستی بلکه تأثیرات اقتصادی- اجتماعی ناشی از تغییرات در وضعیت اکوسیستم‌ها را نیز در نظر می‌گیرد. همان‌گونه که اظهار شد این مدل بر اساس مفهوم علیت به وجود آمده است. فعالیت‌های انسانی فشار به محیط‌زیست وارد کرده، موجب تغییر کیفیت و کمیت فعالیت‌های سازگار شونده، بازدارنده و تسکین‌دهنده شده و پایه و اساس مفهوم مدل DPSIR شده است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۱).

امروزه در مدل‌سازی ریاضی حوضه‌های آبریز، دو روند کلی قابل شناسایی می‌باشد. یکی مدل‌های هیدرولوژیکی، که برای مدل نمودن رفتار اجزای چرخه‌ی آب، از بارش باران تا تبدیل شدن به رواناب به کار می‌روند، دیگری سامانه‌های پشتیبان تصمیم، که برای مدل نمودن رفتارهای مختلف فرایندهای فیزیکی، طبیعی، اجتماعی و اقتصادی صورت گرفته در یک حوضه هیدرولوژیکی به کار می‌روند (آکو و همکاران[۶]، ۲۰۰۹: ۵۳). نرم‌افزار

1-Turban et al.
2-Zhang et al.
3-Pong et al.
4-Biting
5-Driving force-Pressure-State- Impact-Response (DPSIR)
6-Ako et al.

mDSS یک محیط مدل‌سازی حوضه‌های آبریز است، که به منظور توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم محیط-زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل اجزای یک پروژه در نرم‌افزار mDSS شامل مراحل چهارگانه‌ی تبیین مدل مفهومی، طراحی، انتخاب و تصمیم‌گیری گروهی می‌باشد (گیوپونی و همکاران[1]، ۲۰۰۸: ۱۸).

مطالعات مختلف و با اهداف مختلفی در زمینه مدیریت جامع حوضه‌آبریز، مدل‌سازی حوضه‌های‌آبریز، سامانه پشتیبان تصمیم و DPSIR صورت گرفته است. الوندی و همکاران (۲۰۱۸) توسعه سامانه پشتیبان تصمیم مبتنی بر وب برای انتخاب بهترین اقدامات مدیریتی (BMP) به‌منظور بهبود کمیت و کیفیت آب در آبریز بنکوه حوضه‌ی رودخانه‌ی حبله‌رود را مورد مطالعه قرار دادند. شیخ و همکاران (۱۳۹۸) طی تحقیقی به مکان‌یابی مشارکتی راهکارهای پیشنهاد شده برای مدیریت کردن حوضه‌ی حبله‌رود پرداختند. قرمزچشمه و همکاران (۱۳۹۸)، ارزیابی تاثیر اقدامات مدیریتی آبریزداری در تغییر برخی از مشخصات سیلاب حوضه‌آبریز هفتان را مورد بررسی قرار دادند. مصفایی و صالح پورجم (۱۳۹۹)، طی تحقیقی ارزیابی کمی اثرات اقدامات آبریزداری بر وضعیت هیدرولوژیکی حوضه آبریز آکوجان را مورد مطالعه قرار دادند. توکلی و همکاران (۱۴۰۰)، تهیه سند راهبردی مدیریت جامع حوضه‌آبریز با استفاده از مدل SWOT و QSPM را در حوضه‌آبریز میمه استان ایلام را مورد بررسی قرار دادند. یلماز و همکاران[2](۲۰۱۰)، طی تحقیقی به مدل‌سازی مدیریت منابع آب پرداختند. در این تحقیق از روش تصمیم‌گیری چند معیاره همراه با شاخص‌های محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی برای حوضه‌ی رودخانه‌ی گدیز ترکیه استفاده شده است. آتکینز و همکاران[3] (۲۰۱۱) در تحقیقی به‌منظور مدیریت محیط‌های دریایی، خدمات اکوسیستمی را با منافع اجتماعی در رویکرد DPSIR تلفیق کردند. شی و همکاران[4] (۲۰۱۲)، مدل‌سازی اثرات مدیریت یکپارچه آبریز کوچک در زمینه‌ی فرسایش خاک و تولید رسوب را در چین مورد بررسی قرار دادند. ویدال و همکاران[5] (۲۰۱۴)، برای درک ارتباطات پیچیده میان اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و شاخص‌های اجتماعی در اسپانیا از مدل DPSIR استفاده کردند. آنها ۵۸ شاخص در سطح ملی که اطلاعات بلندمدت فراهم می‌کرد، انتخاب کردند تا بتوانند به بررسی روند اکوسیستم با استفاده از مدل DPSIR بپردازند. بازو و تزار[6] (۲۰۱۹)، اثرات حفاظت از خاک و آب بر روی عملکرد محصول، خصوصیات خاک، منابع آب و ترسیب کربن در مناطق خشک و مرتفع اتیوپی را مورد مطالعه قرار دادند. مکنون و گتحون[7] (۲۰۲۰)، اثر روش‌های حفاظت از خاک در تله‌اندازی رسوبات و کربن آلی خاک را در ارتفاعات شمال‌غربی اتیوپی مورد مطالعه قرار دادند. الوندی و همکاران (۲۰۲۱)، به منظور ارزیابی سناریوهای مدیریتی در آبریزهای مناطق خشک

1-Giupponi et al.
2-Yelmaz et al.
3-Atcinz et al.
4-Shi et al.
5-Vidal et al.
6-Bezu & Tezera
7-Mekonnen & Getahun

و نیمه‌خشک از روش TOPSIS بهبود یافته استفاده کردند. ماهاجان و همکاران[1] (۲۰۲۱)، طی تحقیقی اثرات اقدامات حفاظت از خاک و آب بر بهبود ترسیب کربن خاک و کیفیت خاک را در هند مورد مطالعه قرار دادند.

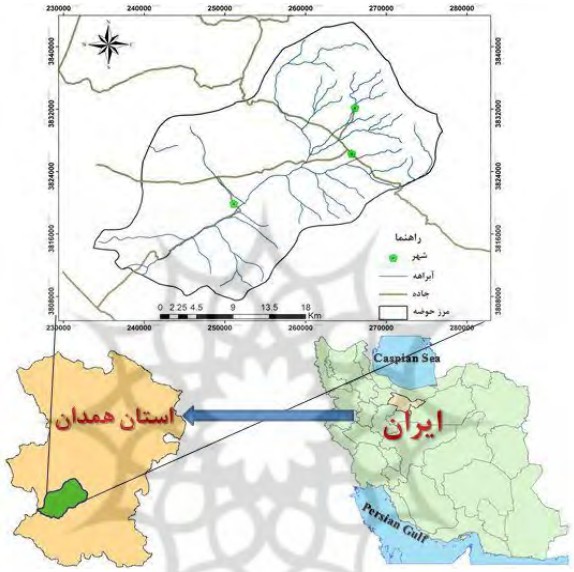
حوضه‌آبریز تویسرکان با توجه به وجود بخش‌های مختلف کشاورزی، مرتع، صنعتی و سکونت‌گاهی سیستمی پیچیده و پویا می‌باشد، این منطقه به دلیل چرای بی‌رویه، از بین رفتن پوشش گیاهی و شیب زیاد، از مناطق حساس به فرسایش به شمار می‌آید، به‌گونه‌ای که فرسایش شدید خاک در این ناحیه باعث افزایش رواناب، تولید رسوب و گل آلودگی رودخانه‌ها شده است (فرزام، ۲۰۱۲: ۲). بنابراین برای ارزیابی جامع ابعاد مختلف آن و شناخت ساختار مشکلات، نیاز است از رویکردها و ابزارهای مختلفی بهره گرفته شود. همچنین ضرورت دارد به منظور افزایش کارایی اقدامات مدیریتی و جلوگیری از اتلاف منابع ارزیابی جامعی در زمینه‌ی نقش این اقدامات مدیریتی در بهبود وضعیت منابع آب و خاک صورت گیرد. با توجه به اینکه تاکنون در سطح حوضه‌آبریز تویسرکان مدل‌سازی جامع اثرات اقدامات مدیریتی انجام نشده است؛ بدین منظور این تحقیق با هدف شناسایی و اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی برمبنای مدل DPSIR در راستای مدیریت جامع حوضه‌آبریز تویسرکان انجام شده است سپس به مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی به منظور بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS پرداخته شده است. شایان ذکر این تحقیق از جنبه مدل‌سازی جامع اثرات اجرای اقدامات مدیریتی در سطح حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS دارای نوآوری می‌باشد.

۲-مواد و روش

این تحقیق در حوضه‌آبریز تویسرکان در استان همدان در غرب کشور ایران انجام شد. حوضه‌آبریز تویسرکان به وسعت حدود ۸۰۴۲۰ هکتار می‌باشد که حدود ۲۱ درصد از مساحت آن را دشت تویسرکان تشکیل می‌دهد. منطقه‌ی مورد مطالعه از شرایط آب و هوایی نیمه‌مرطوب-نیمه‌خشک برخوردار می‌باشد و میانگین بارندگی سالیانه آن، ۳۹۸/۲ میلی‌متر است. متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه در این منطقه، به ترتیب، ۱۰/۴- و ۳۸ درجه سلسیوس می‌باشند (بصیری و همکاران، ۲۰۱۴: ۱۴۰). این حوضه‌آبریز دارای کاربری‌های اراضی متعدد بوده و بخش اصلی دشت را مناطق کشاورزی آبی و دیم تشکیل می‌دهد. به عبارتی، ۲۴ درصد از حوضه‌ی‌آبریز دارای کاربری اراضی دیم و آبی می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه‌آبریز تویسرکان ارائه شده است. در این حوضه‌آبریز ایستگاه باران‌سنجی سرابی وجود دارد. همچنین ایستگاه هیدرومتری کارخانه

1-Mahajan et al.

در خروجی حوضه با ۵۴ سال سابقه‌ی آماری و ایستگاه علی‌آباد در یکی از سرشاخه‌ها با ۳۵ سال سابقه‌ی آماری می‌باشد (پورمحمدی و همکاران، ۲۰۱۷: ۹۳).

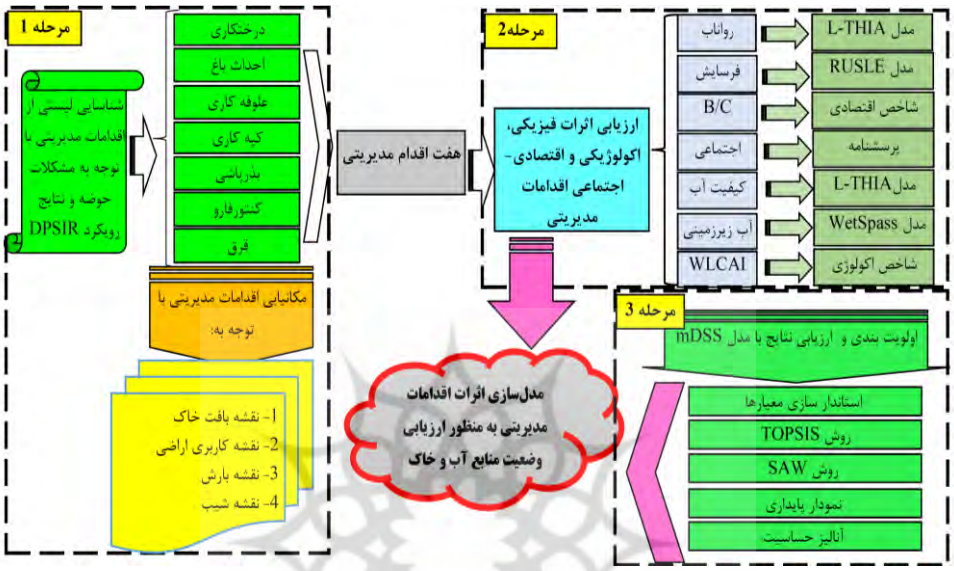


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه در استان همدان-ایران

Fig (1): Geographical location of the study area in Hamadan province - Iran

۲-۱-روش تحقیق

در این تحقیق به منظور مدل‌سازی اثرات اقدامات مدیریتی در وضعیت حوضه‌آبریز از نرم‌افزار mDSS استفاده شد. نرم‌افزار mDSS یک محیط مدل‌سازی است، که به منظور توسعه سامانه‌های پشتیبان تصمیم محیط‌زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل اجرای یک پروژه در نرم‌افزار mDSS شامل مراحل چهارگانه تبیین مدل مفهومی، طراحی، انتخاب و تصمیم‌گیری گروهی می‌باشد (گیوپونی و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۷). در شکل ۲ نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق ارائه شده است. در بخش‌های زیر به جزئیات مراحل مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار mDSS پرداخته شده است.



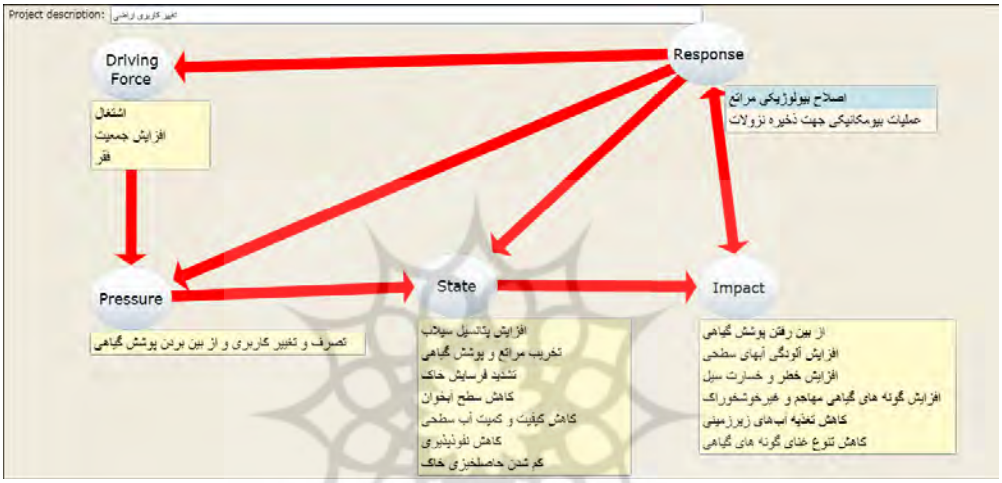
شکل (۲): نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق

Fig (2): Flowchart of research steps

۲-۱-۱-مرحله‌ی تبیین مدل مفهومی

در نرم‌افزار mDSS بر مبنای رویکرد DPSIR مدل مفهومی شکل خواهد گرفت. رویکرد DPSIR به عنوان چارچوب تحلیل فشارها و اثرات آن بر اساس دستورالعمل آب اروپا پایه‌گذاری شده است. این رویکرد یک مکانیزم کلی برای تحلیل مشکلات محیط‌زیستی بر اساس توسعه‌ی پایدار فراهم می‌کند. همچنین یک رویکرد تحلیلی و سیستمی برای تعیین پارامترهای مختلف تأثیرگذار و تأثیرپذیر سیستم‌های محیط‌زیستی می‌باشد. بدین منظور، با استفاده از نیروی‌های پیشران، فشارها، وضعیت سیستم و اثرات شناسایی شده با استفاده از نظرات کارشناسان و جوامع محلی، چهار مؤلفه اول مدل DPSIR در محیط mDSS تشکیل شد. سپس با استفاده از لیست راهکارهای پیشنهادی به منظور برنامه‌ریزی مدیریت حوضه‌آبریز، مؤلفه پنجم یعنی راهکارها تعیین شد. در ادامه با استفاده از فرایند مدل‌سازی و شاخص‌های ارزیابی، میزان اثربخشی هر کدام از این فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی محاسبه شد. در شکل ۳ مدل DPSIR تهیه شده برای حوضه‌آبریز تویسرکان به عنوان نمونه در محیط نرم‌افزار mDSS ارائه شده است. همانطور که در شکل مشخص است، مهم‌ترین فشارهای موثر بر سیستم تصرف و تغییر کاربری و از بین رفتن پوشش گیاهی معرفی شده است. همچنین مهم‌ترین تغییر در وضعیت سیستم، معیارهای افزایش پتانسیل سیلاب، تخریب مرتع و پوشش گیاهی، تشدید فرسایش خاک، کاهش سطح آبخوان و کاهش کیفیت و کمیت آب سطحی معرفی شد. در نهایت از مهم‌ترین اثرات ایجاد شده، معیارهای از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش تغذیه‌ی آب زیرزمینی و افزایش خطر و خسارت

سیل انتخاب شدند. همچنین مجموعه راهکارهای اصلاح بیولوژیکی مرتع و عملیات بیومکانیکی جهت ذخیره‌ی نزولات، برای اولویت‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل (۳): مدل DPSIR تهیه شده برای حوضه‌ی آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS

Fig (3): DPSIR model for Tuyserkan watershed in mDSS software

۲-۱-۲-مرحله طراحی

پس از شناسایی مشکلات متنوع موجود در سطح آبریز مورد مطالعه و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها و با توجه به نتایج رویکرد DPSIR و اولویت‌بندی راهکارها، هفت فعالیت مدیریتی برای برطرف نمودن مشکلات حوضه و کاهش فشارها تهیه گردید. قواعد اجرای هر فعالیت مدیریتی در حوضه‌آبریز تویسرکان نیز با توجه به شرایط طبیعی حاکم بر آن، شناخت و بازدید از منطقه، بررسی منابع علمی و نظرخواهی از کارشناسان واحد اجرا و بخش دانشگاهی تعیین گردید (جدول ۱)، (ضیائی و همکاران، ۲۰۲۱: ۱۲۷؛ خاوریان و همکاران، ۲۰۲۰: ۲۵).

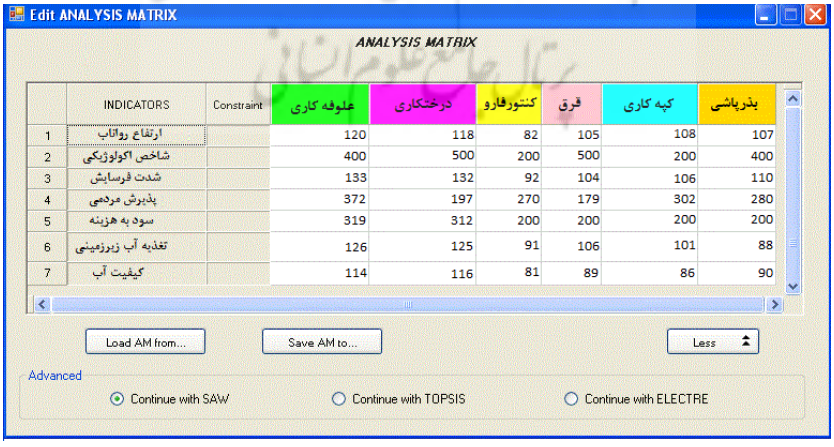
جدول (۱): شرایط ایجاد فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی برای حوضه‌آبریز تویسرکان

Table (1): Conditions for creating proposed management activities for Tuyserkan watershed

ردیف	عنوان فعالیت	ویژگی‌های مناطق مستعد اجرا
۱	قرق (قرقبان)	اراضی مرتعی، بارندگی ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر، شیب بیش از ۶۰درصد، خاک کم‌عمق تا نیمه‌عمیق و ارتفاع بدون محدودیت
۲	درخت‌کاری	مناطق باسابقه جنگلی و جنگلی کم تراکم، بارندگی بیش از ۴۰۰ میلی‌متر، خاک عمیق-نیمه‌عمیق و ارتفاع ۱۰۰تا۲۶۰۰ متر
۳	علوفه کاری	اراضی زراعی، بارندگی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، شیب بیشتر از ۵۰ درصد، خاک عمیق – نیمه‌عمیق و ارتفاع بدون محدودیت
۴	احداث باغ	اراضی زارعی، بارندگی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، شیب ۳۰ تا ۵۰ درصد، خاک عمیق- نیمه‌عمیق
۵	کنتور فارو همراه با بذرکاری	اراضی مرتعی، بارندگی ۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌متر، شیب کمتر از ۲۰ درصد، خاک نیمه عمیق تا عمیق (مقدم، ۱۳۹۱)
۶	بذرپاشی	اراضی مرتعی، بارندگی بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، شیب ۲۵ تا ۴۵ درصد، خاک نیمه عمیق تا عمیق (مقدم، ۱۳۹۱)
۷	کپه‌کاری	اراضی مرتعی، بارندگی بیش از ۳۰۰ میلی‌متر، شیب ۴۵ تا ۶۰ درصد، خاک کم‌عمق تا متوسط (مقدم، ۱۳۹۱)

سپس به منظور فرایند مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار mDSS، ابتدا به تشکل ماتریس تجزیه و تحلیل پرداخته خواهد شد. در سطرهای این ماتریس معیارهای ارزیابی انتخابی (فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی) و در ستون‌های ماتریس راهکارهای منتخب (فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی) قرار داده خواهند شد. اعداد ارائه شده در این ماتریس مقادیر برآورد شده برای پیش‌بینی اثرات هر یک از فعالیت‌های مدیریتی است که با استفاده از روش‌های زیر بدست آمده است. برای بررسی اثرات فیزیکی اقدامات مدیریتی از مدل‌های L-THIA، WetSpass و RUSLE استفاده شده است. برای بررسی اثرات اقتصادی اقدامات مدیریتی پوشش گیاهی تجزیه و تحلیلی در سطح آبریز به عمل آمد. به منظور ارائه یک تصویر از مفاهیم هزینه و درآمد از دو نشانگر اقتصادی سود ناخالص و هزینه‌های متغیر استفاده شده است (هربون و هریسون[1]، ۲۰۰۲: ۷۸). برای بررسی اثرات اجتماعی اقدامات مدیریتی پوشش گیاهی، با یک بررسی میدانی- اجتماعی و استفاده از فرمول کوکران به ۸۴ نفر از آبریزنشینان حوضه‌آبریز با پرسش‌نامه مراجعه شد. سپس برای استخراج احتمال پذیرش اقدامات مدیریتی در بین جامعه‌ی آبریزنشین از توزیع احتمالاتی دو جمله‌ای استفاده شده است. برای بررسی اثرات اکولوژی اقدامات مدیریتی پوشش گیاهی در این حوضه از شاخص وزنی مساحت پوشش گیاهی (WLCAI) استفاده شده است.

در شکل ۴ ماتریس ارزیابی تهیه شده برای حوضه‌آبریز تویسرکان ارائه شده است. لازم به ذکر است در نرم‌افزار mDSS سه روش تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW، TOPSIS و ELECTRE به منظور اولویت‌بندی تعبیه شده است. کاربران به منظور ارزیابی ماتریس تصمیم می‌توانند نسبت به انتخاب هر یک از این روش‌ها اقدام نمایند.



شکل (۴): ماتریس تجزیه و تحلیل معیارها و راهکارهای حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط mDSS

Fig (4): Analysis matrix of criteria and solutions of Tuyserkan watershed in mDSS software

1-Herpon & Herison

روش SAW

در روش SAW که یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به کارگیری شده در MADM است، پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها و با توجه به ماتریس تصمیم نرمال شده، ضریب اهمیت هر یک از راهکارها با استفاده از رابطه‌ی ۱ برآورد می‌شود (اصغرپور، ۲۰۰۶: ۳۰۱).

$$A^* = \{A_i \mid \max \sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij}\} \quad (۱)$$

در این رابطه w_j وزن اختصاص یافته به هر یک از معیارها و A^* مناسب‌ترین راهکار است.

روش TOPSIS

در روش TOPSIS با استفاده از وزن معیارها ماتریس نرمال شده موزون برآورد خواهد شد. این تکنیک بر این مفهوم بنا شده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، A^+_i) و بیشترین فاصله با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، A^-_i) را داشته باشد. بدین منظور ابتد راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی با استفاده از رابطه‌های ۲ و ۳ برآورد می‌شوند (آذر و رجب‌زاده، ۲۰۱۰: ۱۸۲).

$$A^- = \{(\max v_{ij} \mid j \in J_1), (\min v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1,2,...,m\} \quad \text{گزینه ایده‌آل مثبت} \quad (۲)$$

$$A^0 = \{(\min v_{ij} \mid j \in J_1), (\max v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i = 1,2,...,m\} \quad \text{گزینه ایده‌آل منفی} \quad (۳)$$

$$A_i^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-)$$

$$A_i^0 = (v_1^0, v_2^0, ..., v_n^0)$$

به‌طوری‌که:

$J_1 = \{$ ۱ به ازاء عناصر مثبت معیارها $j, 2, ..., n\}$

$J_2 = \{$ ۱ به ازاء عناصر منفی معیارها $j, 2, ..., n\}$

سپس اندازه‌ی فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به ازاء راه‌حل ایده‌آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه را به ازاء راه‌حل ایده‌آل مثبت و گزینه منفی با استفاده از رابطه‌های ۴ و ۵ برآورد خواهد شد (آذر و رجب‌زاده، ۲۰۱۰: ۱۸۳).

$$d_i^{\cdot} \cong \left(\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^{\cdot})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (i=1,2,\ldots,m) \qquad (۴)$$

$$d_i^{0} \cong \left(\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^{0})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (i=1,2,\ldots,m) \qquad (۵)$$

در نهایت به نزدیکی نسبی راهکارها از راه‌حل ایده‌آل با استفاده از رابطه‌ی ۶ پرداخته و راهکارها با توجه به فاصله آن‌ها اولویت‌بندی می‌شوند.

$$C_i \cong \frac{d_i^{-}}{(d_i^{-} + d_i^{+})} \qquad ,(i=1,2,\ldots,m) \qquad (۶)$$

۲-۱-۳-مرحله انتخاب

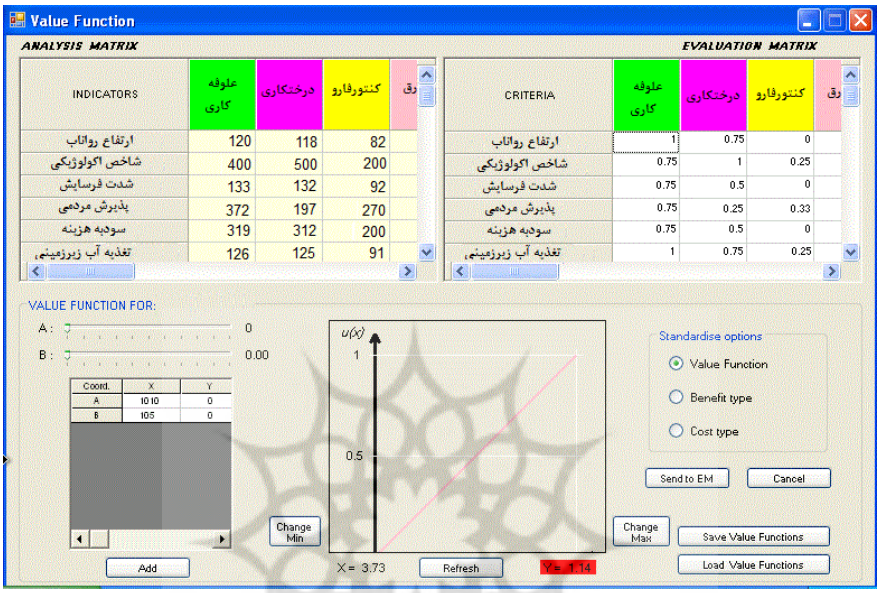
به منظور آماده‌سازی ماتریس تصمیم و قابل مقایسه بودن راهکارها باید همه معیارهای ارزیابی انتخابی به مقیاس واحدی تبدیل شوند. در این مرحله پس از تشکیل ماتریس تجزیه و تحلیل، اقدام به استانداردسازی معیارهای ارزیابی خواهد شد. روش‌های استانداردسازی به خودی خود بر یکدیگر ترجیح ندارند، بلکه روش پردازش تعیین‌کننده‌ی نوع روش استانداردسازی خواهد بود. بنابراین روش‌های استانداردسازی با توجه به نوع روش تصمیم‌گیری چندمعیاره انتخابی (SAW و TOPSIS) متفاوت خواهد بود. در نرم‌افزار mDSS برای روش SAW از روش نرم خطی برای استانداردسازی داده‌ها (رابطه‌ی ۷) استفاده می‌شود (آسیابی‌هیر و همکاران، ۱۳۹۶: ۹۹۹).

$$n_{ij} \cong \frac{r_{ij} - Min(r_{ij})}{Max(r_{ij}) - Min(r_{ij})} \qquad (۷)$$

همچنین در نرم افزار mDSS برای روش TOPSIS از روش نرم اقلیدسی برای استانداردسازی داده‌ها (رابطه‌ی ۸) استفاده می‌شود.

$$n_{ij} \cong \frac{r_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \qquad (۸)$$

مراحل استانداردسازی ماتریس تجزیه و تحلیل با استفاده از روش نرم خطی برای حوضه‌آبریز تویسرکان به عنوان نمونه در شکل ۵ ارائه شده است.



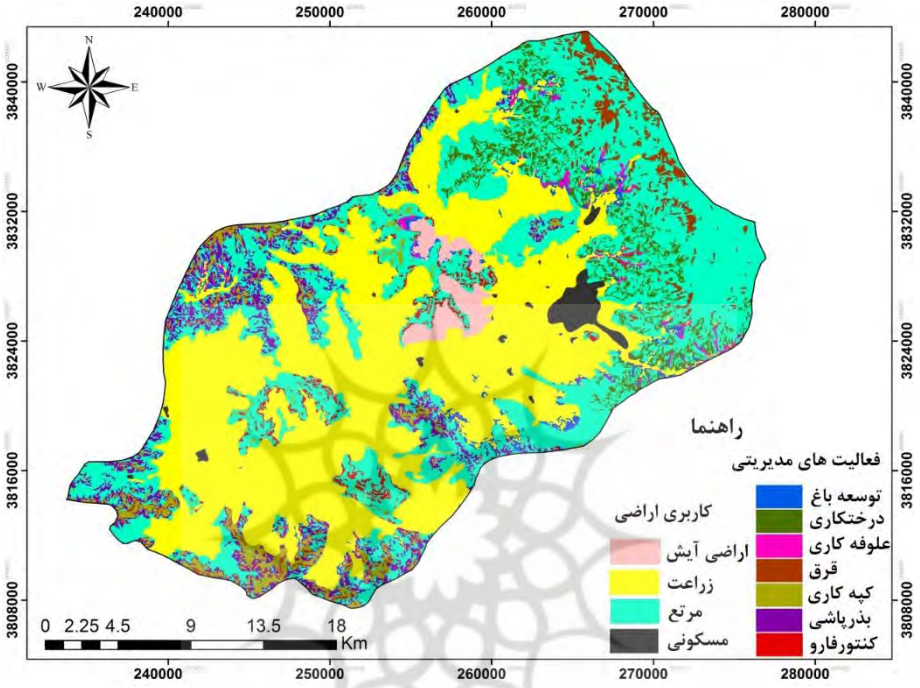
شکل (۵): استاندار سازی ماتریس تجزیه و تحلیل، حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط mDSS

Fig (5): Standardization of analysis matrix, Tuyserkan watershed in mDSS software

۳-یافته‌ها و بحث

۳-۱- پراکنش مکانی اقدامات مدیریتی پیشنهادی در سطح حوضه آبریز تویسرکان

همانطور که در بخش روش تحقیق اشاره شد، پس از شناسایی مشکلات متنوع موجود در سطح حوضه آبریز مورد مطالعه و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها و با توجه به نتایج رویکرد DPSIR و اولویت‌بندی راهکارها، هفت فعالیت مدیریتی برای برطرف نمودن مشکلات حوضه و کاهش فشارها با توجه به نظرات خبرگان تهیه گردید. در شکل ۶ مناطق مستعد اجرای هر یک از این فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی با توجه به قواعد اجرای هر فعالیت مدیریتی در سطح حوضه‌آبریز تویسرکان ارائه‌شده است. پراکنش مکانی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی در سطح آبریز نشان داد ۱۰۰۸/۰۳، ۲۶۳۲/۸۷، ۱۸۷۶/۵۶، ۷۴۳/۸۹، ۱۰۲۷/۰۱، ۳۷۷۹/۵۶ و ۲۴۹۹/۱۲ هکتار از سطح حوضه به ترتیب شرایط احداث باغ، قرق، درختکاری، علوفه کاری، کنتورفارو، پذرپاشی و کپه‌کاری را دارا هستند.



شکل (۶): مناطق مستعد اجرای فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی در سطح حوضه‌آبریز تویسرکان

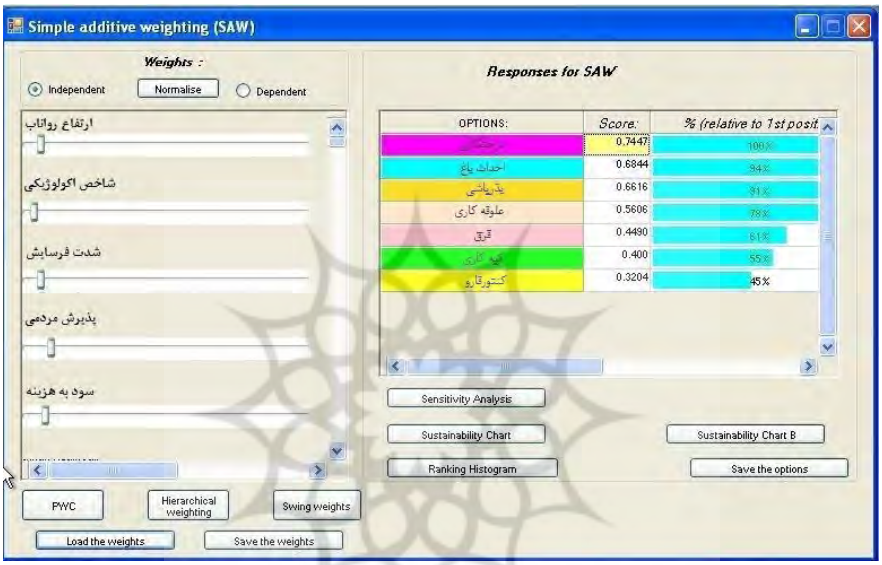
Fig (6): Location of proposed management activities at the level of Tuyserkan watershed

۳-۲-اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری SAW و TOPSIS

پس از تشکیل ماتریس ارزیابی برای هفت فعالیت مدیریتی پیشنهادی، لازم است اهمیت نسبی هر یک از معیارهای ارزیابی برآورد شود. در نرم‌افزار mDSS روش‌های مختلفی برای وزن‌دهی معیارها در نظر گرفته شده است. در این تحقیق با استفاده از روش سلسله مراتبی و نظر سنجی از خبرگان وزن معیارهای ارزیابی استخراج شد، سپس با اجرای مدل SAW نتایج زیر برآورد شده است. در شکل ۷ نتایج اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی با استفاده از روش SAW ارائه شده است. همانطور که در شکل مشخص است فعالیت درختکاری بیشترین امتیاز (۰/۷۴۴۷) را به خود اختصاص داده است و در اولویت ابتدایی قرار گرفته است و فعالیت کنتورفارو کمترین امتیاز (۰/۳۲۰۴) را به خود اختصاص داده است و در اولویت انتهایی قرار دارد. همچنین با مبنا قرار دادن فعالیت مدیریتی درختکاری به عنوان اولویت اول، فعالیت احداث باغ ۹۴ درصد، فعالیت علوفه کاری ۹۱ درصد و فعالیت بذرپاشی ۷۸ درصد نسبت به فعالیت مدیریتی درختکاری در اولویت بعدی قرار دارند.

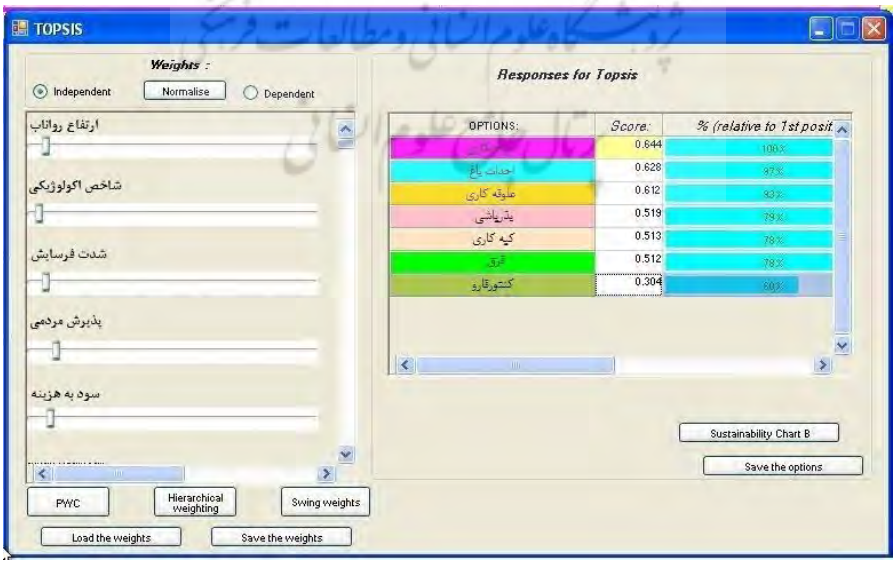
همچنین در شکل ۸ نتایج اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی با استفاده از روش TOPSIS ارائه شده است، با استفاده از این روش نیز فعالیت مدیریتی درختکاری بیشترین امتیاز (۰/۶۴۴) را به خود اختصاص داده

است و در اولویت ابتدایی قرار گرفته است و فعالیت کنتورفارو کمترین امتیاز (۰/۳۰۴) را به خود اختصاص داده است و در اولویت انتهایی قرار دارد.



شکل (۷): اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی با استفاده از روش SAW در محیط mDSS

Fig (7): Prioritize the proposed management activities using the SAW method in mDSS software

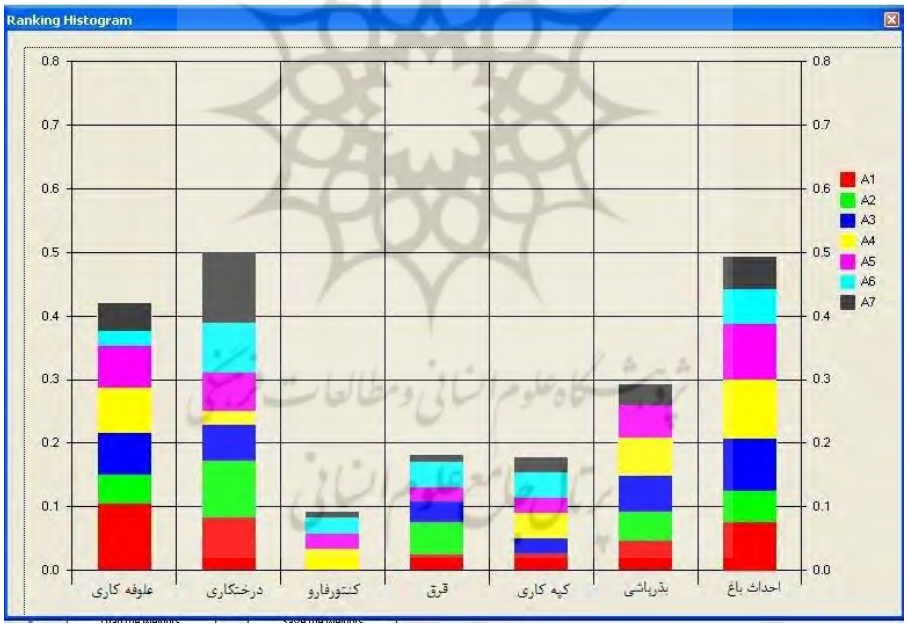


شکل (۸): اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی با استفاده از روش TOPSIS در محیط mDSS

Fig (8): Prioritize the proposed management activities using the TOPSIS method in mDSS software

۳-۳-هیستوگرام رتبه‌بندی

هیستوگرام رتبه‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی به ازای هر معیار ارزیابی برای حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS در شکل ۹ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۹ ملاحظه می‌شود، از بین هفت راهکار پیشنهادی، فعالیت مدیریتی "درختکاری" از نظر مجموع شاخص‌های ارزیابی بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است، اما فعالیت مدیریتی "کنتورفارو" از نظر مجموع شاخص‌های ارزیابی کمترین امتیاز را داشته است. همچنین با استفاده از این هیستوگرام میزان امتیاز هر یک از فعالیت‌های مدیریتی برای تک‌تک معیارهای ارزیابی به منظور مقایسه ارائه شده است. به‌عنوان مثال از نظر معیار ارزیابی "پذیرش اجتماعی"، فعالیت مدیریتی"احداث باغ" بیشترین امتیاز را کسب کرده است.



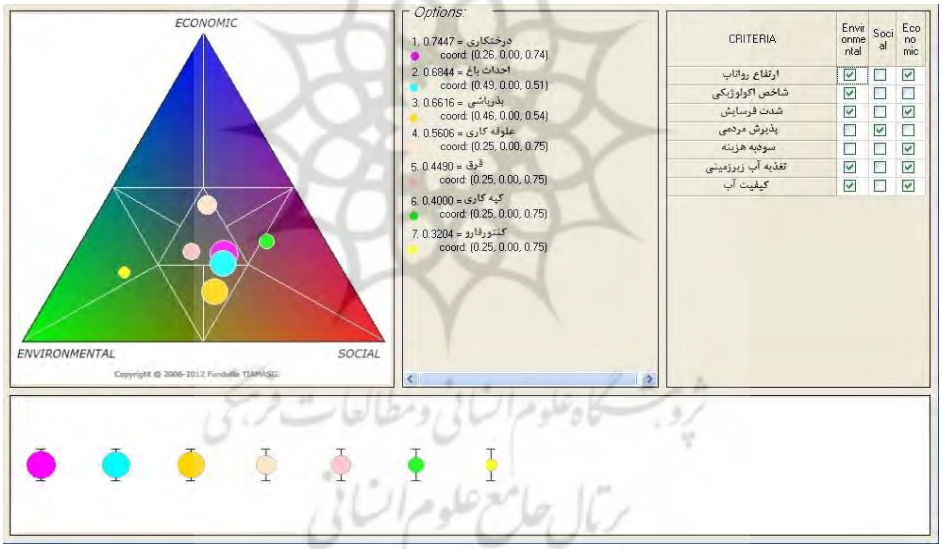
شکل (۹): هیستوگرام رتبه‌بندی راهکارها به ازای هر معیار ارزیابی برای حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS
Fig (9): Histogram of ranking solutions for Tuyserkan watershed in mDSS software

۳-۴-نمودار پایداری

نمودار پایداری برای حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS در شکل ۱۰ ارائه شده است. در نمودارد پایداری، اگر سه معیار کلان (محیطی، اقتصادی و اجتماعی)، وزن‌های برابر داشته باشند، نقطه‌ای که عملکرد انتخاب را نشان می‌دهد دقیقاً در مرکز مثلث واقع می‌شود. اما اگر این نقطه نزدیک به یکی از گوشه‌های مثلث باشد، به این معنی است که معیار کلان مربوطه بیشتر از دو معیار دیگر مدنظر قرار گرفته است. همان‌طور که

در شکل‌مشخص است، نقاطی که عملکرد را در نمودار پایداری حوضه‌آبریز تویسرکان نشان می‌دهد در نزدیکی مرکز مثلث قرار دارد؛ به عبارتی دیگر می‌توان گفت تاثیر معیارهای اجتماعی، اقتصادی و محیطی در مثلث پایداری حوضه‌آبریز تویسرکان تقریباً متعادل است.

در پایین نمودار پایداری دایره‌های رنگی به همراه خطوط سیاه رنگ نشان داده شده است. دایره‌ها نشان‌دهنده‌ی فعالیت‌های مدیریتی و اندازه دایره‌ها میزان امتیازات کلی مربوط به هریک از آن‌ها هستند. طول خطوط سیاه نیز نشان دهنده تغییر پذیری مقادیر امتیاز مربوط به هر یک از فعالیت‌های مدیریتی می‌باشد. هرچه قدر خطوط طولانی‌تر باشد، دامنه‌ی امتیاز آن گسترده‌تر است.



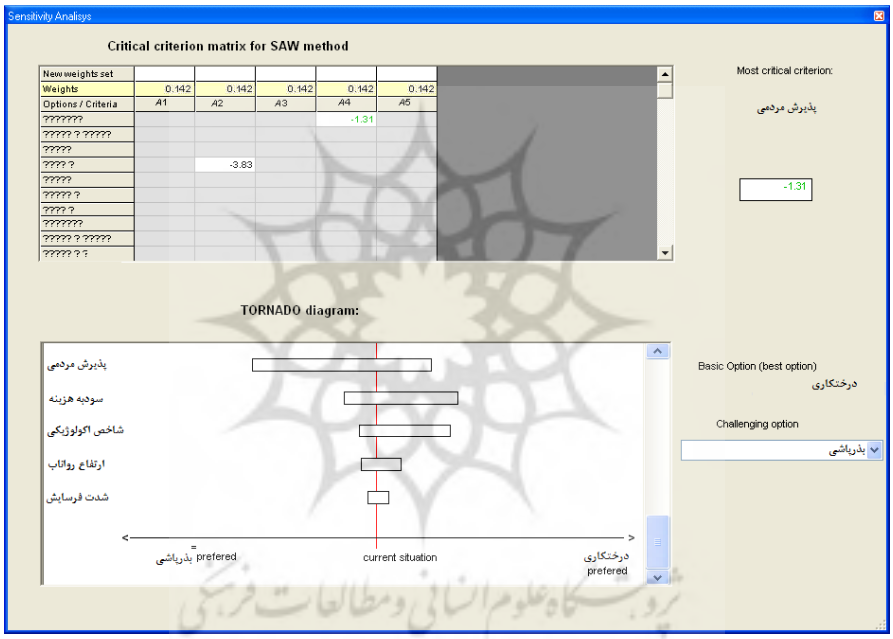
شکل (۱۰): نمودار پایداری بر اساس سه معیار محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم افزار mDSS

Fig (10): Sustainability chart based on three environmental, economic and social criteria for Tuyserkan watershed in mDSS software

۳-۵-آنالیز حساسیت

یکی از بخش‌های ارائه شده در محیط نرم‌افزار mDSS در بحث مدلسازی، تحلیل حساسیت می‌باشد که نتایج این تحلیل عموما توسط نموداری موسوم به نمودار تورنادو (Tornado Diagram) نمایش داده می‌شود. با انجام تحلیل حساسیت، مشخص می‌شود که کدام معیار ارزیابی، بیشترین پتانسیل اثر گذاری را دارد. در شکل ۱۱ نمودار تورنادو بین دو فعالیت مدیریتی پیشنهادی "درختکاری" و فعالیت مدیریتی "بذرپاشی" برای حوضه‌آبریز تویسرکان به عنوان نمونه با توجه به نتایج بخش قبل رسم شده است. همانطور که در نمودار مشخص است، از

نظر کلیه معیارهای ارزیابی به جز معیار پذیرش مردمی، فعالیت مدیریتی درختکاری امتیاز بیشتری را نسبت به فعالیت مدیریتی بذرپاشی به خود اختصاص داده است. همچنین همانطور که در نمودار مشخص است، معیار پذیرش مردمی، شدیدترین اثر (انحراف) و معیار شدت فرسایش کمترین اثر (انحراف) را در بین دو فعالیت مدیریتی پیشنهادی خواهد داشت.



شکل (۱۱): نمودار تورنادو بین دو فعالیت مدیریتی"درختکاری" و " بذرپاشی" در محیط نرم‌افزار mDSS

Fig (11): Tornado diagram between two management activities "tree planting" and "seeding" in mDSS software

۴-نتیجه‌گیری

در این تحقیق به مدلسازی اثرات اقدامات مدیریتی به منظور بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه‌آبریز تویسرکان در محیط نرم‌افزار mDSS پرداخته شد. برای این منظور ابتدا، از طریق رویکرد DPSIR به تحلیل وضعیت سیستم حوضه‌آبریز پرداخته شد. سپس با توجه به نتایج رویکرد DPSIR و اولویت‌بندی راهکارها، مجموعه‌ای از فعالیت مدیریتی پیشنهادی برای بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه و کاهش فشارها با توجه به نظرات خبرگان تهیه شد. در نهایت به اولویت‌بندی فعالیت‌های مدیریتی پیشنهادی و انتخاب راه حل‌ها برتر با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط نرم‌افزار mDSS پرداخته شد.

با توجه به نتایج حاصل از رویکرد DPSIR، مهم‌ترین فشارهای موثر بر سیستم تصرف و تغییر کاربری و از بین رفتن پوشش گیاهی معرفی شده است. همچنین مهم‌ترین تغییر در وضعیت سیستم، معیارهای افزایش پتانسیل سیلاب، تخریب مرتع و پوشش گیاهی، تشدید فرسایش خاک، کاهش سطح آبخوان و کاهش کیفیت و کمیت آب سطحی معرفی شد. در ادامه از مهم‌ترین اثرات ایجاد شده بر وضعیت سیستم حوضه‌آبریز، معیارهای از بین رفتن پوشش گیاهی، کاهش تغذیه آب زیرزمینی و افزایش خطر و خسارت سیل معرفی شده است. در نهایت با توجه به نتایج رویکرد DPSIR، مجموعه راهکارهای اصلاح بیولوژیکی مرتع و عملیات بیومکانیکی جهت ذخیره‌ی نزولات، برای بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه پیشنهاد شد. با توجه به نظرات خبرگان و شرایط محیطی منطقه هفت فعالیت مدیریتی پیشنهادی "قرق"، "درختکاری"، "علوفه کاری"، "احداث باغ"، "کنتورفارو"، "کپه‌کاری" و "بذرپاشی"، از مجموعه راهکارهای اصلاح بیولوژیکی مرتع و عملیات بیومکانیکی جهت ذخیره‌ی نزولات به منظور بهبود وضعیت منابع آب و خاک حوضه‌آبریز تویسرکان انتخاب شد.

در این تحقیق شاخص‌های حاصل از چهار ملاک فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی به عنوان شاخص‌های تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی برای آبریز تویسرکان مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق با توجه به اینکه، وزن‌دهی با استفاده از روش دلفی با خواسته‌های درونی تصمیم‌گیران موافقت دارد، مبنای بررسی و انتخاب اقدامات مدیریتی برتر قرار گرفته است. شایان ذکر است، تغییر وزن شاخص‌ها به طور واضحی بر روی اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی تاثیر می‌گذارد. بنابراین برای محاسبه و استخراج اوزان باید اهمیت و دقت بیشتری را مد نظر قرار داد. در این تحقیق بیشترین وزن به شاخص پذیرش اجتماعی و کمترین اوزان هم به شاخص‌های اکولوژیکی اختصاص داده شده است، که شاخص پذیرش اجتماعی به دلیل وزن زیاد و قابل ملاحظه آن، در اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی پیشنهادی تأثیر به سزایی دارد و تغییرات این شاخص بیشترین تغییرات را در اولویت‌بندی اقدامات به وجود می‌آورد. بنابراین پذیرش اقدامات مدیریتی از طرف مردم یک امر مهم تلقی می‌شود و برای اجرای موفق اقدامات مدیریتی باید به پذیرش اجتماعی آن‌ها از طرف مردم توجه بیشتری شود.

نتایج حاصل از اولویت‌بندی اقدامات مدیریتی، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره SAW و TOPSIS در محیط نرم‌افزار mDSS نشان داده که اقدام مدیریتی "درختکاری" بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و در اولویت ابتدایی قرار گرفته است و فعالیت "کنتورفارو" کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده است و در اولویت انتهایی قرار دارد. لذا با توجه به این نتایج، درختکاری در این حوضه یک فعالیت مهم تلقی می‌شود که باید توجه ویژه‌ای به آن شود و فعالیت‌های دیگر در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. بنابراین به منظور مدیریت بهتر حوضه‌های‌آبریز و دست‌یابی به توسعه‌ی پایدار باید به اقدامات مدیریتی

مبتنی بر پوشش گیاهی توجه بیشتری شود و در دستور کار مدیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد. همچنین کاشت درختان بومی و سازگار با منطقه از جمله بادام کوهی، سماق و سنجد پیشنهاد شود.

شایان ذکر است، نرم‌افزار mDSS یک محیط مدلسازی است که به منظور توسعه‌ی سامانه‌های پشتیبان تصمیم محیط زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مراحل اجزای یک پروژه در نرم‌افزار mDSS شامل مراحل چهار گانه مفهوم، طراحی، انتخاب و تصمیم‌گیری گروهی می‌باشد. نتایج نشان داد نرم‌افزار mDSS، می‌تواند به‌عنوان یک ابزار به منظور تسهیل در فرایند تصمیم‌گیری و توسعه‌ی سامانه‌های پشتیبان تصمیم محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گیرد.

از مهم‌ترین محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به دسترسی به داده‌ها و اطلاعات موجود اشاره کرد، که می‌تواند در دقت خروجی‌ها و نتایج نهایی عیناً ظاهر شود. از این رو عدم قطعیت و کاهش قابلیت اطمینان به نتایج تحقیق را افزایش خواهد داد. از دیگر محدودیت‌های تحقیق ابزارها و نرم‌افزارها می‌باشند که اکثرا بومی نبوده و قابلیت دسترسی به صورت رایگان را ندارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵-منابع

Alvandi, E. (2019). Development of a Web-based Decision Support System for Choosing Best Management Practices to Improve Quantity and Quality of Water in Bonkoh Watershed of Hable-roud River Basin. Ph.D. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 225 p. (in Persian)

Alvandi, E., Soleimani-Sardo, M., Gajbhiye Meshram, S., Farid Giglou, B., & Dahmardeh Ghaleno, M. (2021). Using Improved TOPSIS and Best Worst Method in prioritizing management scenarios for the watershed management in arid and semi-arid environments. *Soft Computing*. doi.org/10.1007/s00500-021-05933-9.

Asgharpoor, M. (2006). Multi-criteria decisions, Tehran University Publishing, 399p. (In Persian)

Asiabi Hir, R., Mostafazadeh, R., Raoof , M., & Esmali Ouri, A. (2018). Multi-criteria evaluation of water poverty index spatial variations in some watersheds of Ardabil Province. *Iranian Journal of Ecohydrology*. 4(4): 997-1009. 10.22059/IJE.2017.63231. (In Persian)

Azar, A., & Rajabzadeh, A. (2010). Applied Decision Making MADM Approach. Tehran. Look Knowledge Publishing. 230 p. (In Persian)

Basiri, M., Esfandiarpour Borujeni, I., Akhavan, S., Hamidpour, M., & Kamali, A. (2014). Effect of soil map scale on the results of SWAT model in monthly runoff simulation of Tuyserkan watershed. *J. of Soil Management and Sustainable Production*, 4(3):135-153. (In Persian)

Beheshtian, M., & Abolhasani, H. (2005). Management Information Systems, Pardis Publications. 342 pp. (In Persian)

Bezu, A., & Tezera, K. (2019). Impacts of soil and water conservation on crop yield, soil properties, water resources, and carbon sequestration: A review, *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 10(5): 103-113.

Farzam, B. (2012). Tuyserkan-Tourist. http://Toyserkantour.blogfa.com.

Gheorghe, A.V., Mock, R., & Kroger, W. (2000). Risk assessment of regional 142 Systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 70(2): 141-156.

Ghermezcheshmeh, B., Nikcheh Farahani, Sh., & Agharazi, H. (2019). Effect s of Watershed Management Practices on Some of Flood Characteristics Change in Haftan Watershed. *Journal of Watershed Management Research*. 10(19):106-116. (In Persian)

Giupponi, C., Jaroslav Mysiak, J., & Sgobbi, A. (2008). Participatory Modelling and Decision Support for Natural Resources Management in Climate Change Research, Fondazione Eni Enrico Mattei, web site: www.feem.it, e-mail: working.papers@feem.it.

Khavarian, H., Aghaie, M., & Mostafazadeh, R. (2020). Predicting the effects of land use changes on the monthly flow using hydrological model and Remote Sensing in the Kouzetopraghi watershed, Ardabil. *Hydrogeomorphology*. 7(24): 19-39. (In Persian)

Kragt, M.E. (2009). A beginners guide to Bayesian network modeling for integrated catchment management. *Landscape Logic*. Hobart, 22p.

Mahajan, G., Das, B., Manivannan, S., Manjunath, B., & Verma, R. (2021). Soil and water conservation measures improve soil carbon sequestration and soil quality under cashews. *International Journal of Sediment Research*. 36(2): 190-206.

Mekonnen, M., & Getahun, M. (2020). Soil conservation practices contribution in trapping sediment and soil organic carbon, Minizr watershed, northwest highlands of Ethiopia. *Journal of Soils and Sediments*. 20(11): 2484–2494.

Merritt, W.S., Pollino, C., Powell, S., & Rayburg, S. (2009). Integrating hydrology and ecology models into flexible and adaptive decision support tools: the IBIS DSS. 18th World IMACS /MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13-17.

Mosaffaie, J., & Salehpour Jam, A. (2020). Quantitative analysis of the impacts of watershed management activities on catchment hydrological status. *Journal of Watershed Engineering and Management*. 12(2): 526-534.10.22092/IJWMSE.2019.110451.1295. (In Persian)

Parhizkar, A., & Ghafarie gilande, A. (2006). GIS analysis and multi-criteria decision. Samt Publications. 597 pp. (In Persian)

Poormohammadi, S., Dastorani, M., Bavani, A., & Jafari, H. (2017). The Impact of Climate Change on the Climatic Parameters in Tuyserkan Catchment Using General Circulation Models. *Hydrogeomorphology*. 12(4): 89-110. (In Persian)

Sadoddin, A., Sheikh, V., Mostafazadeh, R., & Halili, M. (2010). Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan. *International Journal of Plant Production*, 4(1): 51-62.

Sheikh, V., Zare Garizi, A., Alvandi, E., Asadi Nalivan, O., Khosravi, Kh., Sadoddin, A., & Ownegh, M. (2020). Participatory Site Selection for the Proposed Options in the Management of the Hable-Roud Basin. *Watershed Management Research*. 32(4): 2-18. (In Persian)

SheshukovKyle, A., Douglas-Mankin, K., Sinnathamby, S., & Daggupati, P. (2016). Pasture BMP effectiveness using an HRU-based subarea approach in SWAT, *Journal of Environmental Management*. 166: 276-284.

Solaimani, K., Modallaldoust, S., & Lotfi, S. (2009). Investigation of land use changes on soil erosion process using geographical information system. *International Journal of Environmental Science Technology*. 6(3):415-424. (In Persian)

Tang, Z., Engel, B., Pijanowski, B., & Lim, K. (2005). Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. Environmental impact at a watershed scale. *J. of Environmental Management*. 76: 45-35.

Teh, S.H. (2011). Soil erosion modeling using RUSLE and GIS on CAMERON HIGHLANDS, MALAYSIA for hydropower development, A 30 ECTS credit units Master´s thesis, PP.1-71.

Ticehurst, J.L., Newham, L., Rissik, D., Letcher, R., & Jakeman, A.J. (2007). A Bayesian network approach for assessing the sustainability of coastal lakes in New South Wales, Australia. *Environ. Model. Soft*. 22: 1129–1139.

Turban, E., Aronson, J., Liang, T., & Sharda, R. (2007). Decision support and business intelligence systems (8th Edition). Prentice Hall, New Jersey.

Turner, B.L., Moss, R., & SKole, D. (1993). Relating land use and global Land-cover change: A proposal for an IGBP- HDP core project global change report, Stokholm, Sweden: 221-223.

Van der Knijff, J.M., Jones, R., & Montanarella, L. (2000). Soil erosion risk assessment in Europe, EUR19044 EN. Office for Official Publications of the European Communities, *Luxembourg*, PP. 34.

Vipul Shinde, K., Tiwari, S., & Manjushree, S. (2010). Prioritization of micro watersheds on the basis of soil erosion hazard using remote sensing and geographic information system. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 2(3):130-136.

Wang, G., Gertner, G., Fang, S., & Anderson, A. (2003). Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM images and a slope map. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 69(8): 889-898.

Yelmaz, B., & Harmancioglu, N. (2010). Multi- criteria decision making for water resource management: A case study of the Gediz River Basin, Turkey. *Journal of Water SA*, 36(5): 563-576.

Zeiaei, Kh., Esmali, A., Mostafazadeh, R., & Golshan, M. (2021). Assessing the effects of various land use change scenarios on runoff using SWAT model in the Ahl Iman watershed. *Hydrogeomorphology*. 8(27): 123-138. (In Persian)

Zhang, F., Zhang, J., Wu, R., Ma, Q., & Yang, J. (2015). Ecosystem health assessment based on DPSIRM framework and health distance model in Nansi Lake, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessmen*t, DOI 10.1007/s00477-015-1109-2. 15p.