

امکان‌سنجی استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه جبرانی در اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان

• امیر سعدالدین

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

• احسان الوندی

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: تیر ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۹۲

Email: alvandiu_2010@yahoo.com

چکیده

تصمیم‌گیری برای مدیریت یکپارچه حوزه آبخیز به دلیل وجود معیارها و شاخص‌های متعدد تصمیم‌گیری مسائل پیچیده‌ای هستند. برای دسترسی به یک هدف مشخص راه‌حل‌های مختلفی وجود دارد که هر یک ارجحیت‌های مختلفی را برای مسائل مختلف همچون فیزیکی، زیست محیطی، اقتصادی-اجتماعی، سیاسی تأمین می‌نمایند. این الزامات طبعاً موجب استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره می‌شود که هدف آن انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود مد نظر است. حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره دارای پیچیدگی است، به‌ویژه آنکه اغلب معیارهای مزبور با یکدیگر تضاد داشته، افزایش مطلوبیت یکی می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. بدین منظور در این تحقیق در یک مورد خاص (اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی پیشنهادی آبخیز چهل‌چای استان گلستان)، به بررسی میزان تفاوت جواب‌های حاصله بر اثر تغییر در نوع تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی و روش‌های متفاوت وزن‌دهی پرداخته شده است. در مطالعه حاضر شاخص‌های حاصل از چهار ملاک فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی استفاده شده است. به منظور اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی پیشنهادی از تکنیک‌های TOPSIS، SAW، تخصیص خطی و VIKOR، همراه با دو روش متفاوت وزن‌دهی (کمی و کیفی) استفاده شده است. در نهایت برای تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی از روش‌های بردا و کپلند استفاده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از اولویت‌بندی سناریوها در کلیه روش‌های پیشنهادی، سناریو یک (حفظ شرایط موجود) در آخرین اولویت قرار گرفته است. همچنین سناریوهایی که در ترکیب آن‌ها فعالیت احداث باغ وجود دارد، در اولویت‌های ابتدایی و سناریوهایی که در ترکیب آن‌ها فعالیت‌های آگروفارستری و جنگل‌کاری وجود دارد، اولویت‌های انتهایی را به خود اختصاص داده‌اند. لذا با توجه به این نتایج احداث باغ در این حوزه یک فعالیت مهم تلقی می‌شود که باید توجه ویژه‌ای به آن شود و فعالیت‌های دیگر در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. همچنین می‌توان گفت میزان وزن اختصاص یافته به شاخص‌ها در اولویت‌بندی سناریوها تأثیر به‌سزایی دارد، بنابراین برای محاسبه و استخراج اوزان باید اهمیت و دقت بیشتری را مد نظر قرار داد. نتایج حاصل از تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی نیز با استفاده از دو شیوه متفاوت وزن‌دهی بیشترین همخوانی را با روش VIKOR دارد، بنابراین این روش می‌تواند به عنوان یک تکنیک مناسب در اولویت‌بندی سناریوها مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: حوزه آبخیز چهل‌چای، روش‌های SAW، TOPSIS، تخصیص خطی، VIKOR

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 105 pp:67-79

The feasibility of multi-criteria decision making in prioritizing remediation scenarios for the management the Chel-chai Watershed, Golestan Province

By: A. Sadoddin, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. A. Alvandi, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (Corresponding Author).

Decision-making in the Integrated Watershed Management is quite complex due to existence of various factors and indices there. To access a specific purpose, there are several solutions, each with a different priority to the different issues such as physical, ecological, socioeconomic, and political and security sectors. This requirement leads naturally to multi-criteria decision-making method, which aims to choose the best answer from among the possible solutions. The solution of decision-making problems so complex that the finding an acceptable solution is not easily possible. In particular, they often conflict with each other, so the increase of the value of one factor in priority could reduce the desirability of another one. Therefore, a special case study (the prioritizing of managerial scenarios for Chel-chai Watershed, Golestan Province) is performed to survey the differences in rate of response, due to changes in the types of compensatory multi-criteria decision-making techniques. In this study, four standards of physical, social, economic, and ecological indices, with two different weighting methods (quantitative and qualitative) are used. In order to prioritize management scenarios, some proposed techniques of TOPSIS, SAW, linear assignment, and VIKOR are utilized. Finally, in order to combine rankings, the techniques of Borda and Copeland are applied. According to the obtained results from all the methods proposed to prioritize scenarios, Scenario A (maintain status quo) is validated as the last priority in the list. However, the scenarios with having the garden is the first priority, and the scenarios with agroforestry and forestry activities are listed as end ones. According to the results, here gardening is an important activity, which needs special attention, and other activities are next priorities. Furthermore, we can say that the weights assigned to the criteria in prioritizing scenarios have a significant impact. There should be given careful consideration in calculating the importance weights. The results of the combined ranking of the proposed techniques using two different weighting methods are more compatible with the VIKOR method. Therefore, this method can serve as an appropriate technique to prioritize scenarios.

Keywords: The Chel-chai Watershed, Methods of TOPSIS, SAW, linear assignment, VIKOR

قادر باشند تا نتایج مثبت و منفی آن را مشاهده و ارزیابی نماید(هللی و همکاران، ۱۳۸۸).

در دهه‌های گذشته، تصمیم‌گیری در مسائل مدیریت منابع آب و انتخاب گزینه برتر از بین گزینه‌های پیشنهادی برای حل مشکلات یک حوزه آبخیز، تنها بر اساس معیارهای اقتصادی و تبدیل معیارهای اجتماعی و زیست‌محیطی به معیارهای اقتصادی صورت می‌گرفت. ولی امروزه با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، می‌توان معیارهای مختلف کمی و کیفی را در اولویت‌بندی و انتخاب گزینه برتر در مدیریت حوزه آبخیز به کار برد (میان‌آبادی و همکاران، ۲۰۰۹). حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره دارای پیچیدگی است، به ویژه آن که اغلب معیارهای مزبور با یکدیگر تضاد داشته، افزایش مطلوبیت یکی می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت دیگری شود. به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چند معیاره 1 (MCDM) و به ویژه تصمیم‌گیری چند شاخصه 2 (MADM) توسعه داده شده است که به حل مسائل مزبور کمک می‌کند(پرهیزکار و غفاری گیلانده،

مقدمه

حوزه‌ی آبخیز به عنوان یک واحد فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی، اکولوژیکی و سیاسی، برای برنامه‌ریزی و مدیریت در نظر گرفته می‌شود. از این رو، مدیران و سیاست‌گذاران باید تمام ابعاد متشکله سامانه آبخیز را در برنامه‌ریزی حوزه آبخیز لحاظ نمایند (Sarangi و همکاران، 2004). از آنجایی که بین ابعاد محیط زیستی و اقتصادی-اجتماعی روابط متقابل و پیچیده‌ای وجود دارد، برای هماهنگ‌سازی آن‌ها رویکرد مدیریت یکپارچه آبخیز ضرورت می‌یابد (Cai و همکاران، 2003). مدیریت حوزه آبخیز، مجموعه‌ای از اقدامات مدیریتی است که با هدف بهره‌برداری بهینه از حوضه و کاهش خسارت اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی صورت می‌گیرد. در مقابل رویکرد استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی ریاضی، رویکرد مبتنی بر سناریو با افزایش ادراک ذینفعان از آبخیز سعی دارد تا آن‌ها را با سامانه آبخیز بهتر آشنا کند. این رویکرد اجازه می‌دهد تا ذینفعان خود سناریوهای مدیریتی را بررسی کنند، با انتخاب هر یک

مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. قاضی‌نوری و طباطبائی‌ان (۱۳۸۱) تحلیل حساسیت مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه نسبت به نوع روش مورد استفاده، همچنین توکلی و علی احمدی (۱۳۷۹) انتخاب و اولویت‌بندی روش‌های انتقال فناوری با تأکید بر دو روش 3TOPSIS و 4ELECTRE را مورد بررسی قرار دادند. Vivien و همکاران (۲۰۱۱)، از روش MCDM فازی برای انتخاب بهترین طرح‌های محیط‌زیستی حوزه آبخیز و نیز Kaya و Kahraman (2011) از رویکردهای VIKOR و AHP فازی برای تصمیم‌گیری در مدیریت جنگل استفاده کردند. به کارگیری روش تصمیم‌گیری چند معیاره به منظور مسئله انتخاب افراد، به وسیله Baykal (2005) مورد بررسی قرار گرفت. رضوانی و مهدی پور (۱۳۸۸) کاربرد فنون MADM فازی برای اولویت‌بندی محصولات تولیدی کارخانه چینی مقصود مشهد، همچنین Ahmed و همکاران (۲۰۰۲) رتبه‌بندی طرح‌های مختلف تصفیه آب کشاورزی برای استفاده مجدد را با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد بررسی قرار دادند.

آبخیز چهل‌چای از حوضه‌های مهم و در عین حال بحرانی از نظر تغییر کاربری، فرسایش و سیل‌خیزی در استان گلستان به شمار می‌رود. برای رفع این مشکلات و در نظر گرفتن تمام عوامل اثر گذار در آبخیز می‌توان با به کارگیری سناریوهای مدیریتی پیشنهادی و دستیابی به مدیریت یکپارچه آبخیز راهکارهای متعددی را مورد ارزیابی قرار داد. اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی برای اجرا با توجه به محدودیت زمان و منابع یک امر مهمی تلقی می‌شود.

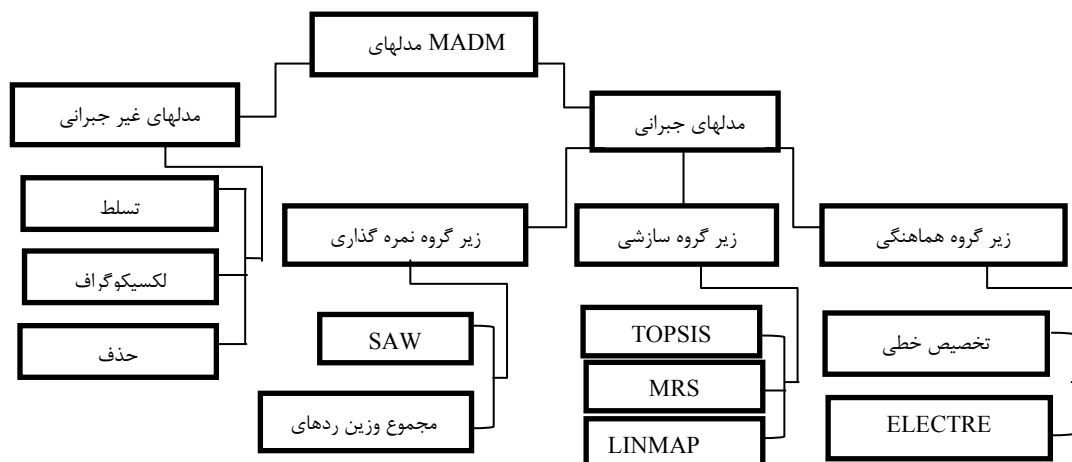
در این تحقیق به اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی پیشنهادی حوزه آبخیز چهل‌چای با توجه به مدل‌های MADM جبرانی پرداخته شده است، تا بتوان با استفاده از روش‌های مختلف سناریوها را اولویت‌بندی کرده و نتایج حاصله را مورد بررسی قرار داد. در واقع این تحقیق در یک مورد خاص (اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی پیشنهادی آبخیز چهل‌چای استان گلستان)، به بررسی میزان تفاوت جواب‌های حاصله بر اثر تغییر در نوع تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی و روش‌های متفاوت وزن‌دهی (کمی و کیفی) پرداخته است.

(۱۳۸۵). روش‌های چند شاخصه دارای تکنیک‌های متنوعی در مراحل مختلف تصمیم‌گیری هستند. در شکل ۱ طبقه‌بندی روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با توجه به مدل‌های جبرانی و مدل‌های غیر جبرانی نمایش داده شده است.

یک مسأله تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) را اصولاً می‌توان در یک ماتریس تصمیم خلاصه نمود، که سطرهای ماتریس گزینه‌های مختلف و ستون‌های ماتریس شاخص‌هایی هستند که ویژگی‌های گزینه‌ها را مشخص می‌کنند. همچنین سلول‌های داخل ماتریس، موقعیت گزینه سطر را نسبت به شاخص ستونی ذریبط نشان می‌دهند. پس از طرح مسأله، اولویت‌بندی گزینه‌ها، نیازمند یک تکنیک تصمیم‌گیری است. تکنیک تصمیم‌گیری با تبادل میان شاخص‌های مختلف، گزینه‌ای را که دارای موقعیت برتر باشد، مشخص می‌نماید. موضوع دیگر بحث وزن‌های هر یک از شاخص‌ها است. با این ترتیب، هر مسأله تصمیم‌گیری چند شاخصه با دو مشکل انتخاب تکنیک تصمیم‌گیری و انتخاب تکنیک وزن‌دهی روبرو است (قاضی‌نوری و طباطبائی‌ان، ۱۳۸۱).

در مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه جبرانی، تمامی شاخص‌ها برای گرفتن تصمیم نهایی در نظر گرفته می‌شود و در آن‌ها تبادل بین شاخص‌ها صورت می‌گیرد. بدین معنی که تغییر در یک شاخص به وسیله تغییری مخالف در شاخص یا شاخص‌های دیگر جبران می‌شود. مدل‌های جبرانی به سه زیر گروه به شرح ذیل تقسیم می‌شوند. الف: زیر گروه نمره‌گذاری و امتیاز دهی، در این زیر گروه سعی بر برآورد یک تابع مطلوبیت به ازای هر گزینه است، که از آنجا گزینه با بیشترین مطلوبیت برگزیده خواهد شد. ب: زیر گروه سازشی، دومین زیر گروه از مدل‌های جبرانی است، در روش‌های مربوط به این زیر گروه گزینه‌ای ارجح خواهد بود که نزدیک‌ترین گزینه به راه حل ایدآل باشد. ج: زیر گروه هماهنگ، سومین زیر گروه از مدل‌های جبرانی است که خروجی آن‌ها به صورت یک مجموعه از رتبه‌ها بوده به نحوی که هماهنگی لازم را به مناسب‌ترین صورت تأمین خواهد نمود (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۹).

کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در زمینه‌های مختلف

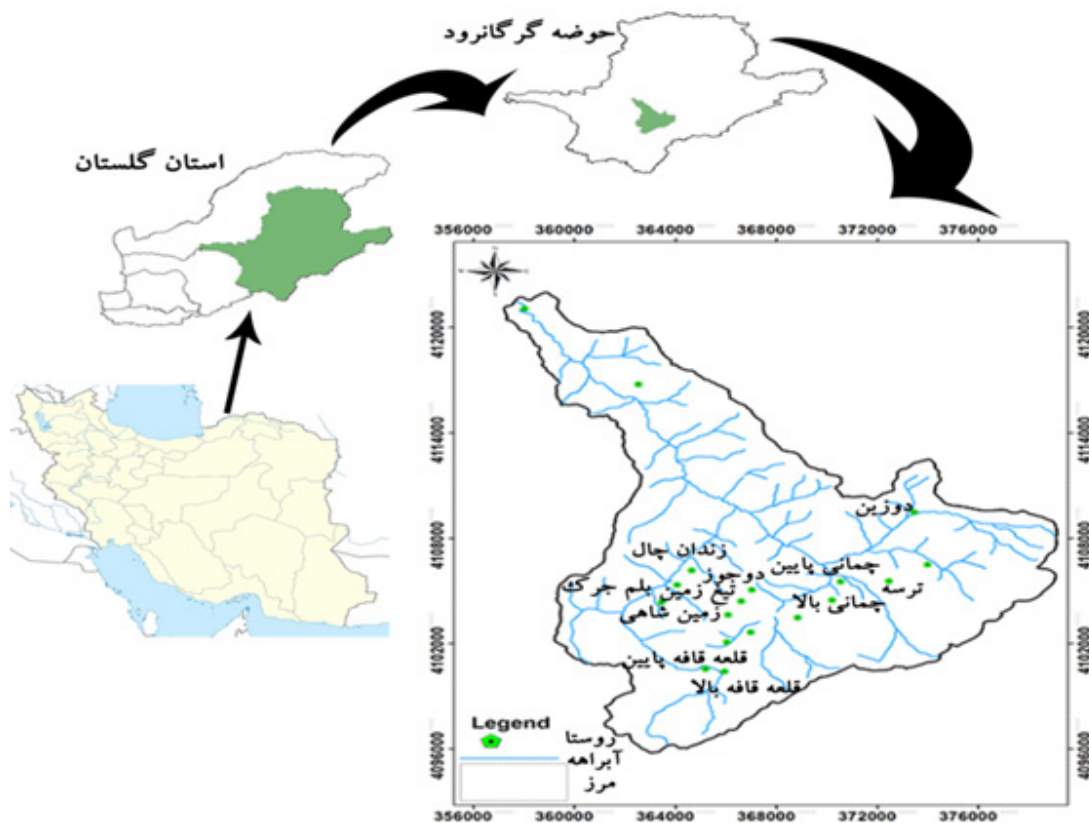


شکل ۱- مدل‌های MADM با توجه به طبقه‌بندی جبرانی و غیر جبرانی (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۹).

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز چهل‌چای در شرق استان گلستان بر دامنه‌های شمالی البرز شرقی قرار دارد، از نظر جغرافیایی بین ۳۶°۵۹' تا ۳۷°۱۳' عرض شمالی و ۵۵°۲۳' تا ۵۵°۳۸' طول شرقی واقع شده است. این حوزه دارای مساحتی حدود ۲۵۶ کیلومتر مربع است. کاربری عمده آن جنگل (۵۹ درصد) و زراعت (۳۹ درصد) است. شکل ۲ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

ساختار اقتصادی حوزه، کشاورزی زراعی و دامپروری است. حوزه آبخیز چهل‌چای دارای مشکلات زیادی از جمله تغییرات گسترده کاربری اراضی از جنگل به اراضی زراعی در دامنه‌های با شیب زیاد، حساس بودن بعضی از سازندهای زمین شناسی به فرسایش آبی، فشار چرای دام، رسوب دهی بالا، کاهش کیفیت آب، سیل‌خیزی بالا، تخریب اکولوژیک و مشکل اشتغال و درآمد است (شرکت مهندسی مشاور روان آب، ۱۳۸۴).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان

روش تحقیق

در این تحقیق به اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی پیشنهادی برای حوزه آبخیز چهل‌چای با توجه به شاخص‌های ارزیابی مورد نظر پرداخته شده است. این سناریوها از ترکیب پنج فعالیت مدیریتی ترانس‌بندی، احداث باغ، آگروفارستری، جنگل‌کاری و علوفه‌کاری که برای این حوزه پیشنهاد شده‌اند، ایجاد شده است. این فعالیت‌های مدیریتی با توجه به قابلیت‌ها و محدودیت‌های اجزایی موجود (فنی، زمان و هزینه استقرار) در حوزه مورد مطالعه انتخاب شده‌اند (بای،

۱۳۹۰). با توجه به انتخاب پنج فعالیت از رابطه $n2$ ترکیب‌های محتمل فعالیت‌های مدیریتی معادل ۳۲ سناریو تدوین شد. در جدول ۱ فهرست سناریوهای مدیریتی پیشنهادی برای این حوزه ارائه شده است.

هر یک از سوالات در سطح ۰/۰۵ معنی دار نمی‌باشد. همچنین همانطور که در جدول ۴ مشخص است تفاوت بین نظرات ذینفعان از نظر انتخاب طبقات هر یک از سوالات موجود در پرسش‌نامه در سطح ۰/۰۵ معنی دار می‌باشد.

جدول ۱- سناریوهای مدیریتی پیشنهادی برای حوزه آبخیز چهل‌چای

سناریو	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
تراسبندی	*						*	*	*	*						
احداث باغ		*					*				*	*	*			
اگروفارستری			*				*			*				*	*	
جنگل کاری				*			*		*			*	*	*	*	*
علوفه کاری					*		*		*				*	*	*	*
سناریو	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲
تراسبندی	*			*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
احداث باغ	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
اگروفارستری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
جنگل کاری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
علوفه کاری	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

(*): نماینده وجود فعالیت مدیریتی برای هر سناریو است.

اولویت‌بندی سناریوها پیشنهادی در نظر گرفته شده‌اند شاخص‌های پذیرش اجتماعی، میانگین وزنی اندازه لکه پوشش گیاهی، شاخص وزنی سطح پوشش گیاهی و درآمدناخالص مثبت و شاخص‌های فرسایش خاک، حجم روان آب و هزینه‌های متغیر منفی هستند.

تعیین وزن شاخص‌های مورد نظر

پس از جمع‌آوری مقدار هر یک از شاخص‌ها برای ۳۲ سناریو، لازم است اهمیت نسبی هر شاخص برآورد شود. در این تحقیق به دو روش کمی و کیفی به وزن‌دهی هر یک از شاخص‌ها پرداخته شده است. برای روش کیفی نظر سنجی از خبرگان مبنای تعیین اهمیت شاخص‌ها است، بدین منظور از روش دلفی برای برآورد اهمیت هر یک از شاخص‌ها استفاده شده است. در این روش با ارائه پرسش‌نامه و مراجعه به ۱۰ نفر از متخصصین در رشته مربوطه وزنی برای هر یک از شاخص‌ها از تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها استخراج شد. در این مطالعه برای وزن‌دهی به صورت کمی از روش آنتروپی شانون (۹ رابطه) استفاده شده است. بدین منظور ابتدا ماتریس تصمیم D با ۳۲ گزینه (سناریو) و هفت شاخص تشکیل شد. این روش بر مبنای ماتریس D عمل می‌کنند و ماتریس D را مبنای تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها قرار می‌دهند. وقتی داده‌های یک ماتریس تصمیم‌گیری به طور کامل مشخص باشد، روش آنتروپی می‌تواند برای ارزیابی وزن‌ها به کار رود (آذر و رجبزاده، ۱۳۸۹).

$$m, \dots, 1, 2 = i \quad (1)$$

$$E_i = S(P_1, P_2, \dots, P_m) = -k \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$$

در تحقیق حاضر شاخص‌های حاصل از چهار ملاک فیزیکی (فرسایش خاک، حجم روان آب)، اجتماعی (سطح پذیرش مردمی)، اقتصادی (درآمدناخالص، هزینه‌های متغیر) و اکولوژیکی (میانگین وزنی اندازه لکه پوشش گیاهی، شاخص وزنی سطح پوشش گیاهی) برای اولویت‌بندی سناریوها مورد استفاده قرار گرفته است. ابتدا به جمع‌آوری مقدار شاخص‌های ارزیابی برای هر یک از سناریوها پرداخته شده است. مقدار هر یک از این شاخص‌ها از منابع مختلف و معتبر که در حوزه آبخیز چهل‌چای طی سال‌های گذشته تهیه شده، جمع‌آوری شده است. برای بررسی اثرات فیزیکی سناریوهای مدیریتی آبخیز چهل‌چای از دو روش 5SCS و 6EPM استفاده شده است (بهنودی، ۱۳۹۱). برای بررسی اثرات اقتصادی سناریوهای مدیریتی پوشش گیاهی تجزیه و تحلیلی در سطح آبخیز 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 (گوهردوست، ۱۳۹۱). برای بررسی اثرات اجتماعی سناریوهای مدیریتی پوشش گیاهی، با یک بررسی میدانی- اجتماعی و استفاده از فرمول کوکران (ازکیا و آستانه، ۱۳۸۲) به ۸۴ نفر از آبخیز‌نشینان حوزه آبخیز چهل‌چای با پرسش‌نامه مراجعه شد. سپس برای استخراج احتمال پذیرش سناریوهای مدیریتی در بین جامعه آبخیز‌نشینان از توزیع احتمالاتی دو جمله‌ای استفاده شده است (محمدی الوار، ۱۳۸۹). برای بررسی اثرات اکولوژی سناریوهای مدیریتی پوشش گیاهی در این حوزه از دو شاخص میانگین وزنی اندازه لکه پوشش گیاهی 7(WMPSI) و شاخص وزنی سطح پوشش گیاهی 8(WLCAI) استفاده شده است (بای، ۱۳۹۰). در جدول پیوست مقادیر این شاخص‌ها برای ۳۲ سناریو مدیریتی پیشنهادی بیان شده است. از مجموع این شاخص‌ها که برای

است، که این روش در فرمول‌های محاسباتی روش VIKOR انجام شده است.

اولویت بندی سناریوها با روش‌های مختلف

پس از بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها به اولویت‌بندی سناریوها با روش‌های پیشنهادی پرداخته شده است. در روش SAW که یکی از قدیمی‌ترین روش‌های به کارگیری شده در MADM است، پس از تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها و با توجه به ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده، ضریب اهمیت هر یک از سناریوها با استفاده از رابطه ۶ برآورد شده است.

$$A^* = \left\{ A_i \mid \max \sum_{j=1}^n w_j r_j \right\} \quad (۶)$$

در این رابطه وزن اختصاص یافته به هر یک از شاخص‌ها و مناسب‌ترین گزینه است.

در روش TOPSIS با استفاده از وزن هر شاخص ماتریس بی‌مقیاس موزون برآورد شده است. 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 (۲). بدین منظور ابتدا راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی با استفاده از رابطه‌های ۷ و ۸ برآورد شده است.

$$A^+ = \{ \max v_j \mid j \in J_1 \} \quad (۷)$$

$$A^- = \{ \min v_j \mid j \in J_2 \} \quad (۸)$$

$$A_i^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+)$$

$$A_i^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$$

به طوری که :

$$J_1 = \{1, 2, \dots, n \text{ شاخص مثبت} \}$$

$$J_2 = \{1, 2, \dots, n \text{ شاخص منفی} \}$$

سپس اندازه فاصله براساس نرم اقلیدسی به ازاء راه حل ایده آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه را به ازاء راه حل ایده آل مثبت و گزینه منفی با استفاده از رابطه های ۹ و ۱۰ برآورد شده است.

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_j - v_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (i=m, \dots, 1, 2) \quad (۹)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_j - v_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (i=m, \dots, 1, 2) \quad (۱۰)$$

که در این رابطه k به عنوان یک مقدار ثابت مثبت، به منظور تأمین است و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود. از آنجا که رابطه فوق در محاسبات آماری مورد استفاده است به نام آنتروپی توزیع احتمال P_i نامیده می‌شود.

$$k = \frac{1}{L n m} \quad (۲)$$

در نهایت وزن برآورد شده برای هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون (w_j) و وزنی که متخصصین برای هر یک از

شاخص‌ها در نظر گرفته‌اند (λ_j)، با استفاده از رابطه ۳ تعدیل داده شد.

$$w_j = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j w_j} \quad (۳)$$

بی‌مقیاس‌سازی شاخص‌ها

در این تحقیق از هریک از زیر گروه‌های مدل جبرانی یک روش برای اولویت‌بندی سناریوها انتخاب شده است، همچنین با استفاده از روش VIKOR به اولویت‌بندی سناریوها پرداخته شده است. در این تحقیق با توجه به اینکه بین شاخص‌ها انتخاب شده برای اولویت‌بندی سناریوها امکان مبادله وجود دارد، مدل مورد نظر از مدل‌های جبرانی انتخاب شده است. داده‌های ورودی در فنون MADM داده‌های بی‌مقیاس شده هستند. به منظور آماده سازی ماتریس D و قابل مقایسه بودن سناریوها باید همه شاخص‌ها به مقیاس واحدی تبدیل شوند. لذا به منظور معنادار شدن محاسبات و نتایج از طریق روش‌های علمی به بی‌مقیاس کردن داده‌ها اقدام شد. روش‌های بی‌مقیاس‌سازی به خودی خود بر یکدیگر ترجیح ندارند، بلکه روش پردازش تعیین کننده نوع روش بی‌مقیاس‌سازی خواهد بود. بدین منظور در این تحقیق در روش 10SAW از روش نرم خطی برای بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها (رابطه ۴) استفاده شده است.

$$n_j = \frac{r_j - \text{Min}(r_j)}{\text{Max}(r_j) - \text{Min}(r_j)} \quad (۴)$$

در روش‌های TOPSIS از روش نرم اقلیدسی برای بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها (رابطه ۵) استفاده شده است.

$$n_j = \frac{r_j}{\left(\sum_{i=1}^m r_j^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (۵)$$

روش تخصیص خطی ۱۱ نیازی به یکسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری ندارد و شاخص‌ها می‌توانند از هر مقیاسی باشند. همچنین در روش VIKOR برای بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها از روش فازی استفاده شده

$$R_j = \max_i [w_i (f_i^* - f_j) / (f_i^* - f_j)] \quad (15)$$

در این رابطه w_i وزن شاخص‌ها است. در نهایت مقدار Q که یک تابع ترکیبی است و تابع مزیت نامیده می‌شود با استفاده از رابطه ۱۶ برآورد شده است، که این تابع S و R را با وزن به صورت معادله با هم یکی می‌کند. در پایان رتبه بندی سناریوها و انتخاب سناریو نهایی انجام شده است.

$$Q_j = V(S_j + S^+) / (S^- - S^+) + (1 - V)(R_j - R^+) / (R^- - R^+) \quad (16)$$

$$S^+ = \min_j S_j, S^- = \max_j S_j, R^+ = \min_j R_j, R^- = \max_j R_j$$

است و V به عنوان وزنی است که بر اساس میزان حداکثر توافق گروه تعیین می‌شود.

تلفیق روش‌های پیشنهادی

در این تحقیق برای تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی از روش بردار ۱۲ و روش کپ‌لند ۱۳ استفاده شده است. برای اجرای روش بردار یک ماتریس غیر قطری $m \times m$ شکل می‌گیرد که توضیح سطر به ستون از نظر تعداد برد مشخص می‌شود. اگر تعداد بردها در تکنیک‌ها بیشتر باشد آن با M کدگذاری می‌شود و در آن سطر به ستون ارجحیت دارد و اگر ستون به سطر ارجحیت داشته باشد یا آراء تعداد بردها مساوی بود آن با X کدگذاری می‌شود. در نهایت مجموع بردها در هر سطر مبنای رتبه بندی قرار می‌گیرد. هر چه تعداد بردها بیشتر باشد رتبه بالاتر خواهد بود. در روش کپ‌لند نه تنها تعداد بردها، بلکه تعداد باخت‌ها را نیز برای هر گزینه محاسبه می‌کند. در این روش تفاضل بردها به باخت‌ها مبنای رتبه بندی قرار خواهد گرفت (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۹).

نتایج

در این تحقیق با استفاده از دو شیوه متفاوت وزن دهی (کمی و کیفی) وزنی برای هر یک از شاخص‌ها برآورد شده است، در جدول ۲ مقدار این اوزان بیان شده است.

جدول ۲- آزمون معنی داری بین نظرات مدیران، کارشناسان و برنامه‌ریزان - نمایندگان آبخیز نشینان و بهره‌برداران

شاخص	میانگین وزنی		فرسایش خاک	سود ناخالص	هزینه‌های متغیر	پذیرش اجتماعی	شاخص ↓ روش
	شاخص وزنی	میانگین وزنی					
دلفی	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۱۵۱	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۵۷	۰/۲۵۵
آنتروپی شانون	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۵۴	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۱۹۱	۰/۷۲۴
وزن تعدیل شده	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۸	۰/۰۳۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۱۳۲	۰/۸۱۴

در نهایت به نزدیکی نسبی سناریوها از راه حل ایده‌آل با استفاده از رابطه ۱۱ پرداخته و سناریوها با توجه به فاصله آن‌ها اولویت‌بندی شده است.

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \quad (i=m, \dots, 1, 2) \quad (11)$$

همانطور که اشاره شد در این تحقیق از زیر گروه هماهنگ از روش تخصیص خطی استفاده شده است. همچنین به دلیل زیاد بودن تعداد گزینه‌های مورد بررسی (سناریوها) استفاده از روش ELECTRE با توجه به حجم محاسبات زیاد منطقی به نظر نمی‌رسد. در روش تخصیص خطی گزینه‌های مفروض از یک مساله بر حسب امتیازات آن‌ها از هر شاخص موجود رتبه‌بندی شده و سپس رتبه نهایی گزینه‌ها از طریق یک پروسه جبران خطی (به ازای تبادلات ممکن در بین شاخص‌ها) مشخص شده است (اصغر پور، ۱۳۸۵). در این روش ابتدا رتبه هر یک از سناریوها به ازای هر یک از شاخص‌های مورد بررسی

مشخص شد. در ادامه ماتریس $\mathcal{V}^{m \times m}$ با توجه به اوزان هر یک از شاخص‌ها استخراج شد. در نهایت با استفاده از ماتریس بدست آمده در مرحله قبل جواب بهینه با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی صفر-یک و حل این مدل استخراج شده است.

روش VIKOR یک ابزار موثر در تصمیم‌گیری چند معیاره است و در حل مسائلی که با معیارهای ناسازگار و تناسب ناپذیر همراه هستند استفاده می‌شود (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۹). در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم، به تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر شاخص در ماتریس تصمیم با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳ پرداخته شده است.

$$f_i^* = \max_j f_j \quad \text{و} \quad f_i^- = \min_j f_j \quad (12)$$

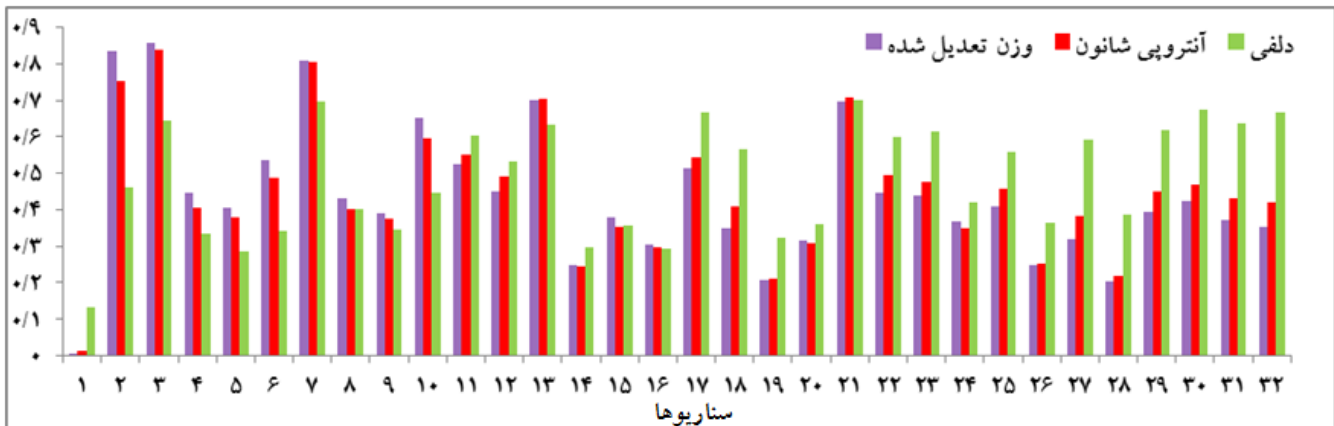
$$f_i^* = \min_j f_j \quad \text{و} \quad f_i^- = \max_j f_j \quad (13)$$

که در آن بهترین مقادیر و بدترین مقادیر هستند. در مرحله بعد به محاسبه مقادیر مطلوبیت گروهی بیشینه از اکثریت (S) و تأسف فردی حداقل از طرف مقابل (R) با استفاده از روابط ۱۴ و ۱۵ پرداخته شده است.

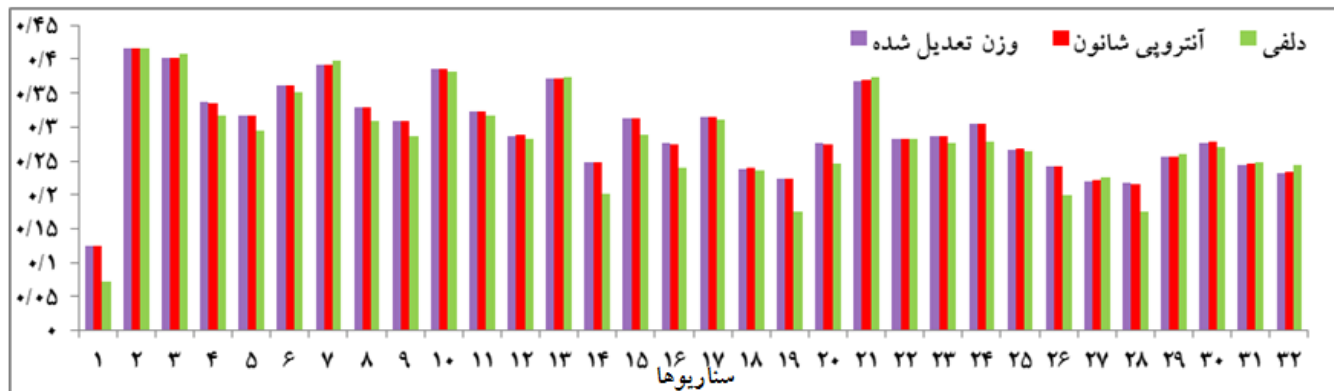
$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_j) / (f_i^* - f_i^-) \quad (14)$$

نتایج حاصل از اولویت‌بندی سناریوها به روش TOPSIS، با شیوه‌های متفاوت وزن‌دهی (کمی و کیفی) در شکل ۴ ارائه شده است. در این روش نیز مانند روش قبل هر چه مقدار شاخص مربوطه به سناریو بیشتر باشد آن سناریو اولویت بالاتر و هر چه کمتر باشد آن سناریو اولویت کمتری دارد. همانطور که مشخص است در کلیه شیوه‌های وزن‌دهی سناریو یک در آخرین اولویت قرار گرفته است.

نتایج حاصل از اولویت‌بندی سناریوها به روش SAW، با شیوه‌های متفاوت وزن‌دهی (کمی و کیفی) در شکل ۳ ارائه شده است. در این روش هر چه مقدار شاخص مربوط به سناریو بیشتر باشد آن سناریو اولویت بالاتر و هر چه کمتر باشد آن سناریو اولویت کمتری دارد، همانطور که مشخص است در کلیه شیوه‌های وزن‌دهی سناریو یک در آخرین اولویت قرار گرفته است.



شکل ۳- اولویت بندی سناریوهای پیشنهادی به روش SAW با شیوه‌های متفاوت وزن‌دهی



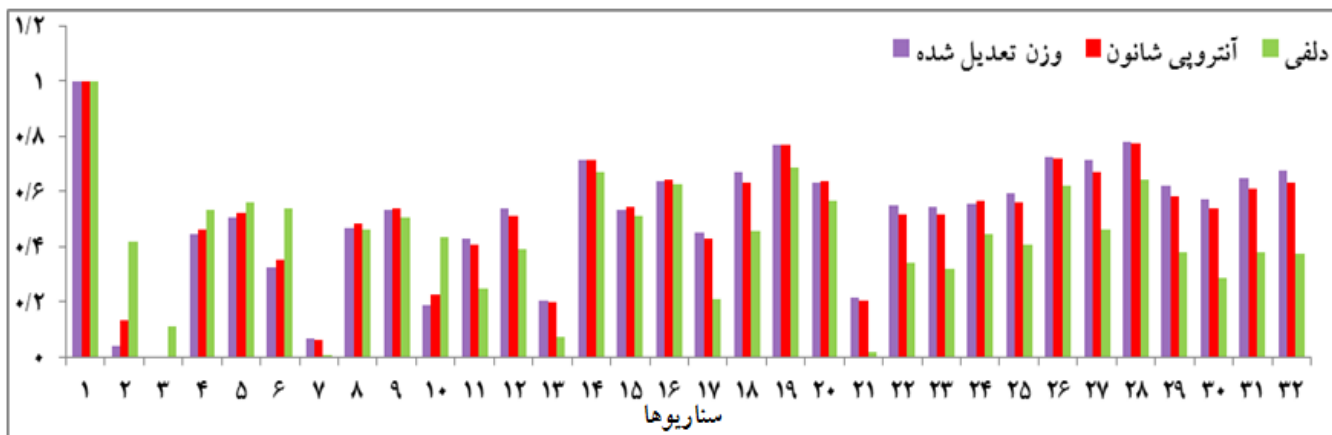
شکل ۳- اولویت بندی سناریوهای پیشنهادی به روش TOPSIS با شیوه‌های متفاوت وزن‌دهی

است در این روش در کلیه شیوه‌های وزن‌دهی سناریو یک در آخرین اولویت قرار گرفته است. در شکل‌های ۶ و ۷ نتایج حاصل از اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی با روش‌های پیشنهادی و دو شیوه متفاوت وزن‌دهی (وزن تعدیل شده و وزن به روش دلفی) به منظور مقایسه نتایج ارائه شده است. همانطور که در شکل ۶ مشخص است، نتایج حاصل از اولویت‌بندی سناریوها با وزن تعدیل شده در چهار روش پیشنهادی، به هم نزدیک بوده، نقاط مشترک زیادی بین آن‌ها وجود دارد، ولی با توجه به شکل ۷، در اولویت‌بندی سناریوها با وزن برآورد شده به روش دلفی در چهار روش پیشنهادی، اختلاف بیشتری بین نتایج وجود دارد و بی‌نظمی در این روش وزن‌دهی بیشتر است.

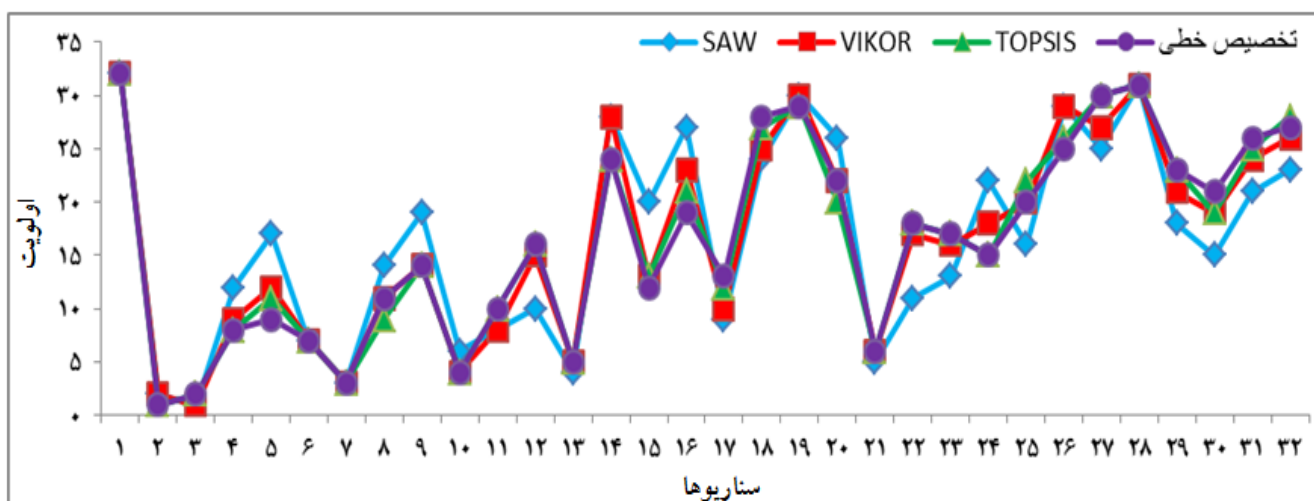
نتایج حاصل از اولویت‌بندی سناریوها به روش تخصیص خطی، با شیوه‌های متفاوت وزن‌دهی (کمی و کیفی) در جدول ۳ ارائه شده است. این روش به دلیل اینکه نتایج حاصل از اولویت‌بندی را به صورت یک ماتریس ارائه می‌دهد، برای سادگی ارائه آن به صورت جدول زیر بیان شده است. همانطور که مشخص است در کلیه شیوه‌های وزن‌دهی سناریو یک در آخرین اولویت قرار گرفته است. نتایج حاصل از اولویت‌بندی سناریوها به روش VIKOR، با شیوه‌های متفاوت وزن‌دهی (کمی و کیفی) در شکل ۵ ارائه شده است. در این روش برعکس روش‌های SAW و TOPSIS هر چه مقدار شاخص مربوط به سناریو کمتر باشد آن سناریو اولویت بالاتر و هر چه بیشتر باشد آن سناریو اولویت کمتری دارد، همانطور که مشخص

جدول ۳- اولویت‌بندی سناریوهای پیشنهادی به روش تخصیص خطی با شیوه‌های متفاوت وزندهی

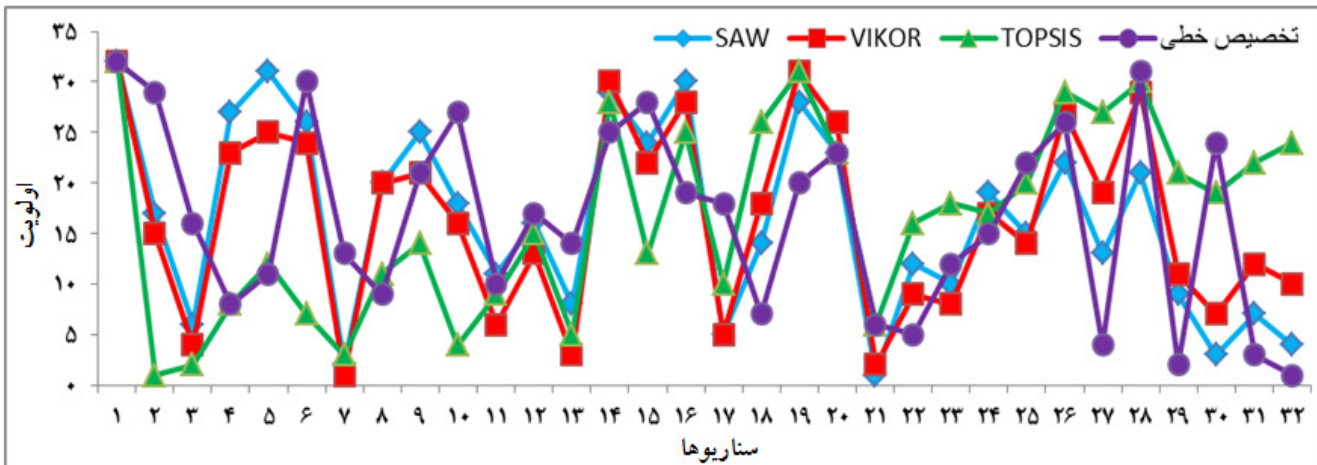
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
وزن تعدیل شده	۲	۳	۷	۱۰	۱۳	۲۱	۶	۴	۵	۱۱	۸	۱۵	۱۷	۹	۲۴	۱۲
آنتروپی شانون	۲	۳	۷	۱۰	۱۳	۲۱	۶	۴	۵	۱۱	۸	۱۵	۱۷	۹	۲۴	۱۲
دلفی	۳۲	۲۹	۳۱	۲۷	۲۲	۲۱	۲۲	۱۸	۴	۸	۱۱	۲۳	۷	۱۳	۲۴	۳
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
وزن تعدیل شده	۲۳	۲۲	۱۶	۲۵	۲۰	۲۹	۱۴	۲۶	۲۶	۳۱	۳۲	۱۸	۱۹	۲۸	۲۷	۲۸
آنتروپی شانون	۲۳	۲۲	۱۶	۲۰	۳۰	۲۵	۲۹	۱۴	۲۶	۳۱	۳۲	۱۸	۱۹	۲۸	۲۷	۲۸
دلفی	۱۲	۱۷	۱۶	۹	۲۵	۲۰	۲۹	۳۰	۱۴	۲۶	۱۰	۱۵	۲	۶	۲۸	۱



شکل ۵- اولویت‌بندی سناریوهای پیشنهادی به روش VIKOR با شیوه‌های متفاوت وزندهی



شکل ۶- اولویت‌بندی سناریوهای پیشنهادی با وزن تعدیل شده در چهار روش پیشنهادی



شکل ۷- اولویت‌بندی سناریوها با وزن برآورد شده به روش دلفی در چهار روش پیشنهادی

جدول ۴- تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی با استفاده از اوزان تعدیل شده

اولویت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
بردا	۲۰۳	۷	۱۰	۱۳	۲۱	۶	۱۱	۴	۱۷	۸	۵	۱۵	۹	۱۲	۲۳
کپلند	۲۰۳	۷	۱۰	۱۳	۲۱	۶	۱۱	۴	۱۷	۸	۵	۱۵	۹	۱۲	۲۳
اولویت	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	
بردا	۲۲	۲۴	۳۰	۲۵	۲۰	۱۶	۳۱	۱۴	۱۸	۳۲	۲۶	۱۹	۲۸	۱	
کپلند	۲۲	۲۴	۳۰	۲۵	۲۰	۱۶	۳۱	۱۴	۱۸	۳۲	۲۶	۱۹	۲۸	۱	

جدول ۵- تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی با استفاده از وزن دهی به روش دلفی

اولویت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
بردا	۲۱	۷	۱۳	۱۷	۳۰	۳۲	۲۹	۱۰	۲۳	۲۲	۲۵	۱۲
کپلند	۲۱	۷	۱۳	۱۷	۳۰	۳۲	۲۹	۱۰	۲۳	۲۲	۲۵	۱۲
اولویت	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
بردا	۳۱	۲۷	۱۸	۶	۲۴	۱۵	۴	۲۰	۲۸	۱۴	۲۶	۱۹
کپلند	۳۱	۲۷	۱۸	۶	۲۴	۱۵	۴	۲۰	۲۸	۱۴	۲۶	۱۹

در اولویت‌های انتخاب شده مشاهده می‌شود ولی با توجه به جدول ۵ که با استفاده از تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی با استفاده از وزن دهی به روش دلفی بدست آمده است، سناریوهای ۲۱ (تراس‌بندی، احداث باغ، علوفه کاری) و ۷ (تراس‌بندی، احداث باغ) و ۱۳ (احداث باغ و علوفه کاری) به ترتیب در اولویت‌های ابتدایی قرار گرفته است و همانطور که مشخص است سناریوی ۱ (حفظ شرایط موجود) آخرین اولویت را به خود اختصاص داده و سناریوهای ۱۹ (اگروفارستری، جنگل کاری، علوفه کاری) و ۲۶ (تراس‌بندی، اگروفارستری، جنگل کاری) و ۱۴ (اگروفارستری، جنگل کاری) به ترتیب در اولویت‌های انتهایی قرار

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق شاخص‌های حاصل از چهار ملاک فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی به عنوان شاخص‌های تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی سناریوهای مدیریتی برای آبخیز چهل‌چای مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق با توجه به اینکه، وزن‌دهی با استفاده از روش دلفی با خواسته‌های درونی تصمیم‌گیرندگان موافقت دارد، مبنای بررسی و انتخاب سناریوهای برتر قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۷ مشخص است در کلیه روش‌های مورد استفاده برای اولویت‌بندی سناریوها با وزن برآورد شده به روش دلفی، بی‌نظمی‌هایی

قاضی نوری و همکاران (۱۳۸۸) در این زمینه مطابقت دارد. همانطور که در شکل ۷ مشخص است، در اولویت‌بندی سناریوها با استفاده از روش‌های پیشنهادی و وزن برآورد شده به روش دلفی بی‌نظمی بیشتری در اولویت‌های انتخاب شده مشاهده می‌شود که این با توجه به وزن‌های معقولانه‌تر برای شاخص‌هاست که باعث شده در اولویت‌بندی سناریوها با استفاده از روش‌های پیشنهادی تفاوت‌هایی ایجاد شود ولی همانطور که در شکل ۶ مشخص است، اولویت‌بندی سناریوها با روش‌های پیشنهادی و وزن تعدیل شده، تقریباً شبیه به هم هستند، فقط روش SAW به نسبت تغییراتی را با دیگر روش‌های پیشنهادی نشان می‌دهد که این با توجه به اختلافات زیاد بین وزن شاخص‌ها در روش تعدیل شده است که اولویت‌بندی سناریوها را تحت تاثیر اوزان شاخص‌ها قرار داده و روش‌های پیشنهادی کمتر توانسته‌اند تفاوت‌هایی را در اولویت‌بندی سناریوها ایجاد کنند.

بدین منظور در این تحقیق با توجه به اوزان شاخص‌ها که تغییرات قابل توجهی بین آن‌ها وجود دارد و رتبه‌بندی سناریوها را تحت تاثیر قرار می‌دهند، نمی‌توان با این یافته‌های کم در مورد روش‌های تصمیم‌گیری قضاوت کرد. به عبارت دیگر نمی‌توان برتری را بین آن‌ها قائل شد و باید در این زمینه مطالعات بیشتری انجام شود. فقط همانطور که در جدول ۵ مشخص است، نتایج حاصل از تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی با استفاده از وزن‌دهی به روش دلفی بیشترین همخوانی را با روش VIKOR و کمترین همخوانی را با روش SAW داشته است. همچنین همانطور که در جدول ۴ مشخص است، تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی با استفاده از اوزان تعدیل شده بیشترین همخوانی را با روش VIKOR و کمترین همخوانی را با روش تخصیص خطی دارد. بنابراین روش VIKOR می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در اولویت‌بندی سناریوها مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

تکمیل این تحقیق مرهون فراهم شدن امکان استفاده از نتایج تحقیقات انجام شده به وسیله خانم‌ها مهندس سحر بهنودی، مهندس محبوبه بای، مهندس آزاده گوهردوست و آقای مهندس محمد محمدی الوار است. بدین وسیله مولفین مراتب قدردانی و تشکر خود را از آنان اعلام می‌دارند.

پاورقی‌ها

- 1- Multiple Criteria Decision Making
- 2- Multiple Attribute Decision Making
- 3- Technique For order Preference by Similarity to ideal Solution
- 4- Elimination Et Choice Translation Reality
- 5- Soil Conservation Service
- 6- Erosion Potential Method
- 7- Weighted Mean Patch Size Index
- 8- Weighted Land Cover Area Index

گرفته‌اند. همچنین با توجه به جدول ۴ که با استفاده از تلفیق رتبه تکنیک‌های پیشنهادی با استفاده از اوزان تعدیل شده به دست آمده است، سناریوهای ۳ (احداث باغ) و ۲ (تراس‌بندی) و ۷ (تراس‌بندی، احداث باغ) در اولویت‌های ابتدایی و سناریوهای یک (حفظ شرایط موجود) و ۲۸ (تراس‌بندی، آگروفارستری، جنگل‌کاری، علوفه‌کاری) و ۱۹ (آگروفارستری، جنگل‌کاری، علوفه‌کاری) به ترتیب در اولویت‌های انتهایی قرار گرفته‌اند. بنابراین همانطور که مشخص است سناریوهایی که در ترکیب آن‌ها فعالیت احداث باغ وجود دارد در اولویت‌های ابتدایی و سناریوهایی که در ترکیب آن‌ها فعالیت‌های آگروفارستری و جنگل‌کاری وجود دارد اولویت‌های انتهایی را به خود اختصاص داده‌اند، با توجه به این نتایج احداث باغ در این حوضه یک فعالیت مهم تلقی می‌شود که باید توجه ویژه‌ای به آن شود و فعالیت‌های دیگر در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

تغییر وزن شاخص‌ها به طور واضحی بر روی اولویت‌بندی سناریوها تاثیر می‌گذارد. بنابراین برای محاسبه و استخراج اوزان باید اهمیت و دقت بیشتری را مد نظر قرار داد. در این تحقیق همانطور که در جدول ۳ مشخص است، در کلیه روش‌های وزن‌دهی 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 هر سه روش وزن‌دهی، در اولویت‌بندی سناریوها در کلیه روش‌ها پیشنهادی تاثیر به سزایی دارد و تغییرات این شاخص بیشترین تغییرات را در اولویت‌بندی سناریوها به وجود می‌آورد. بنابراین پذیرش سناریوها از طرف مردم یک امر مهم تلقی می‌شود و برای اجرای موفق سناریوها باید به پذیرش اجتماعی آن‌ها از طرف مردم توجه بیشتری شود. همچنین با وجود اینکه به نظر می‌رسد هر دو روش وزن‌دهی (کمی و کیفی) در تعیین اوزان شاخص‌ها تقریباً هم راستا هستند ولی نباید فراموش کرد که وزن‌دهی به روش آنتروپی شانون، با خواسته‌های درونی تصمیم‌گیرنده وفق نمی‌نماید، به این دلیل که این روش فقط به ساختار درونی داده‌ها توجه می‌کند و به نظرات تصمیم‌گیرنده توجهی ندارد. بنابراین در روش آنتروپی شانون با توجه به تغییرات داده‌ها در شاخص پذیرش اجتماعی برای ۳۲ سناریو بیشترین وزن برای این شاخص لحاظ شده است و با توجه به شباهت داده‌ها در شاخص‌های اکولوژی کمترین اوزان برای شاخص‌های اکولوژیکی در نظر گرفته شده است. البته در این میان سادگی روش آنتروپی را نباید نادیده گرفت.

همانطور که در شکل ۳ و جدول ۳ مشخص است، در روش‌های SAW و تخصیص خطی نسبت به نوع شیوهی وزن‌دهی (کمی و کیفی)، اولویت‌بندی سناریوها تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد، همچنین در روش VIKOR همانطور که در شکل ۵ مشخص است، تغییرات حاصل از اولویت‌بندی سناریوها نسبت به نوع شیوهی وزن‌دهی از دو روش قبل کمتر است. ولی همانطور که در شکل ۴ مشخص است روش TOPSIS نسبت به نوع شیوهی وزن‌دهی (کمی و کیفی) اولویت‌بندی سناریوها تغییرات عمیقی را نشان نمی‌دهد. بنابراین می‌توان گفت روش TOPSIS در مقابل تغییر روش وزن‌دهی ثبات بیشتری را از خود نشان داده است که با اظهارات

- 9- Shannon Entropy
10- Simple Additive Weighting
11- Linear assignment
12- Borda Method
13- Copeland Method

منابع مورد استفاده

۱. آذر، ع. و رجب‌زاده، ع. (۱۳۸۹) تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM. تهران، انتشارات نگاه دانش. ۲۳۰ ص.
۲. ازکیا، م. و آستانه، ع. (۱۳۸۲) روش‌های کاربردی تحقیق. انتشارات کیهان. تهران. جلد اول. ۵۳۷ ص.
۳. اصغرپور، م. (۱۳۸۵) تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. تهران، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۹۹ ص.
۴. بای، م. (۱۳۹۰) پیش‌بینی اثرات اکولوژی سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۸۵ ص.
۵. بهنودی، س. (۱۳۹۱) کاربرد مدل تصمیم‌بیزین در پیش‌بینی اثرات بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی اقدامات مدیریتی بیومکانیکی در آبخیز چهل‌چای-استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۵۰ ص.
۶. پرهیزکار، ا. و غفاری گیلاننده، ع. (۱۳۸۵). (ترجمه). مالجفسکی، ی. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌چندمعیاری، انتشارات سمت. ۵۹۷ ص.
۷. توکلی، ع. و علی احمدی، ع. (۱۳۷۹) انتخاب و اولویت بندی روش‌های انتقال فناوری با تاکید بر دو روش ELECTRE و TOPSIS، مطالعه موردی، تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران. ۱۲ ص.
۸. رضوانی، ح. و مهدی‌پور، ص. (۱۳۸۸) کاربرد فنون MADM فازی جهت اولویت بندی محصولات تولیدی کارخانه چینی مقصود مشهد. مجله چشم انداز مدیریت. شماره ۳۱. ۱۷۹-۱۹۶ ص.
۹. شرکت مهندسی مشاور روان آب. (۱۳۸۴) طرح جامع جنگل‌کاری چند منظوره حوزه آبخیز ۹۲ (چهل‌چای). سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ۱۰۵ ص.
۱۰. قاضی نوری، س. طباطبائی، ح. (۱۳۸۱) تحلیل حساسیت مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه نسبت به نوع تکنیک مورد استفاده. مجله دانشکده مدیریت دانشگاه تهران. شماره ۵۶. ۱۲۹-۱۴۱ ص.
۱۱. گوهردوست، آ. (۱۳۹۱) تدوین سند چشم‌انداز (Blueprint) ۱۰ ساله مدیریت آبخیز چهل‌چای مینودشت- استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۳۵ ص.
۱۲. محمدی الوار، م. (۱۳۸۹) ارزیابی سطح پذیرش و مشارکت مردمی سناریوهای مدیریتی در آبخیز چهل‌چای استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۸۶ ص.
۱۳. میان‌آبادی، ح. افشار، ع و خاموشی، ه. (۱۳۸۸) تصمیم‌گیری گروهی فازی ناهمگن در مدیریت بهم‌پیوسته منابع آب. دومین کنفرانس بین‌المللی آب، اکوسیستم و توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تهران. ۱۱ ص.
۱۴. هلیلی، م. سعدالدین، ا. مساعدی، ا و سلمان ماهینی، ع. (۱۳۸۸) تصمیم‌گیری چند معیاره فازی به منظور مدیریت منابع آب سطحی به کمک سدهای مخزنی در آبخیز سد بوستان- استان گلستان. پنجمین همایش علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۳ ص.
15. Ahmed, S.A., S.R., Tewfik, and H.A., Talaa, (2002) Development and verification of a decision support system for the selection of optimum water reuse schemes, Desalination, v 152, pp. 352-339.
16. Baykal, I.O., (2005) Application of Multiple Criteria Decision Making Methods to the Personnel Selection Problem. Master's Thesis, Industrial Engineering Department, Galatasarary Univercity, Istanbul, Turkey. 173 p.
17. Cai, X., D.C., McKinney, and L., Lasdon, (2003) An integrated hydrologic-agronomic-economic model for river basin management. Journal of Water Resources Planning and Management, 17-4: 129.
18. Kaya, T., C., Kahraman, (2011) Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach. Journal of Expert Systems with Applications 7333-7326, 38.
19. Sarangi, A., C.A., Madramootoo, and C., Cox, (2004) A decision support system for soil and water conservation measures on agricultural watersheds. Land Degradation and Development. Land Degradation and Development, 63-49: 49) 15
20. Vivien, Y.C., P.L., Hui, H.L., Chui, J.H.L., James, H.T., Gwo, and S.Y., Lung, (2011) Fuzzy MCDM approach for selecting the best environment-watershed plan. Journal of Applied Soft Computing 275-265, 11.

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □

بیوست - مقادیر شاخص‌ها ارزیابی برای ۳۲ سناریو مدیریتی پیشنهادی آبخیز چهل چای استان گلستان

سناریوها	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
WLCAI	13422.67	13547.12	14054.37	13564.89	13536.82	13519.68	14178.82	13689.35	13661.28	13644.13	14196.60	14168.53	14151.38	13679.05	13661.90	13633.83
WMPSI	2865.55	2888.38	2898.43	3001.47	2941.17	2929.29	2921.26	3024.30	2963.99	2952.12	3034.35	2974.04	2962.16	3077.08	3065.21	3004.90
GM	3455.10	3516.62	5381.01	3513.86	3671.74	3463.07	5442.53	3575.37	3733.26	3524.58	5439.77	5597.65	5388.98	3730.50	3521.82	3679.71
Cost	862.78	873.08	892.62	856.35	957.54	874.20	902.92	866.65	967.84	884.50	886.18	987.38	904.03	951.11	867.76	968.96
Social	9.52	92.86	83.33	53.57	47.62	63.09	77.38	51.19	45.24	73.81	48.81	39.28	66.67	30.95	46.43	36.90
Qp	338.8643	319.87	299.36	331.72	285.81	323.33	282.45	313.11	269.62	305.16	292.99	252.09	285.53	279.72	316.49	272.56
Xa	0.460	0.441	0.425	0.455	0.454	0.454	0.406	0.436	0.435	0.435	0.420	0.418	0.418	0.449	0.449	0.447
سناریوها	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
WLCAI	14321.05	14310.76	13776.06	13758.29	14275.83	14292.98	14293.61	13786.35	14265.54	13803.50	14407.77	13900.51	14389.99	14418.06	14435.21	14532.22
WMPSI	3057.18	3109.96	3140.82	3027.73	2985.00	2996.87	3098.08	3088.04	3037.77	3099.91	3173.69	3163.65	3060.61	3120.92	3132.79	3196.53
GM	5501.28	5656.41	3738.46	3741.22	5450.50	5659.17	5447.74	3583.34	5605.62	3792.01	5664.38	3799.98	5667.14	5509.25	5717.93	5725.89
Cost	896.49	980.95	962.52	979.26	914.34	997.68	897.60	878.06	998.80	961.41	992.36	972.82	1009.10	907.90	991.25	1002.66
Social	46.43	28.57	26.19	36.90	65.48	38.09	39.28	44.05	34.52	29.76	25	25	32.14	36.90	29.76	27.38
Qp	276.43	246.66	266.73	257.06	269.35	237.65	279.44	298.69	240.28	263.84	235.08	251.53	226.44	263.51	232.50	221.50
Xa	0.401	0.413	0.442	0.428	0.399	0.399	0.413	0.430	0.411	0.430	0.406	0.423	0.392	0.394	0.394	0.387