مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
ص۱۹۷-۲۱۲

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۱۱/۱۰

تصمیم‌گیری چندشاخصهٔ دومرحله‌ای برای ارزیابی پایداری گزینه‌های احیای دریاچهٔ ارومیه

❖ **علی آذرنیوند***؛ دانشجوی دکتری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
❖ **محمدابراهیم بنی‌حبیب؛** دانشیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

Archive of SID

چکیده

نیازهای در حال تحول حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه، با توجه به رشد جمعیت، ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب را در این زیست‌بوم دشوار ساخته و وضعیتی بحرانی را در تأمین نیاز اکولوژیکی دریاچه رقم زده است. در این شرایط منابع آب حوضه باید در چارچوبی پایدار مدیریت شود. از این رو، از چارچوب تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده شد تا برتری گزینه‌های موجود برای تأمین آب یا حفاظت از این منابع مشخص شود. وزن شاخص‌های توسعهٔ پایدار در ساختاری سلسله‌مراتبی و بر اساس مقایسهٔ زوجی تعیین و، به جای پیروی از قالب معمول، از روش درجه‌بندی استفاده شد. این روش، به جای مقایسهٔ گزینه‌ها، مقیاس‌های کیفی را به صورت زوجی مقایسه می‌کند و مشکل وارونگی رتبه‌ها و وقت‌گیربودن فرایند نظرسنجی را برطرف می‌سازد. برای ارزیابی گزینه‌ها نیز از مدل *VIKOR* استفاده شد؛ این مدل قابلیت ارائهٔ مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی را به جای یک جواب داراست. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد *VIKOR* مدلی مطلوب و مؤثر برای رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریت منابع آب به‌شمار می‌رود و مطابق نتایج این رویکردِ دومرحله‌ایِ سلسله‌مراتبی- توافقی رویارویی با بحران آب در حوضه با هدفمندساختن مشارکت جوامع محلی، بهینه‌سازی، و حفاظت از منابع طبیعی موجود امکان‌پذیر به‌نظر می‌رسد و همچنین اتکای کلیشه‌ای به تأمین آب بر اساس احداث سازه‌های آبی جدید بدون ارزیابی‌های مربوط به توسعهٔ پایدار کارگشا نخواهد بود.

واژگان کلیدی: بحران آب، پایداری، روش درجه‌بندی، ساختار سلسله‌مراتبی، *VIKOR*.

*. نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۴۱۱۹
Email: Azarnivand_ali@ut.ac.ir

www.SID.ir

مقدمه

بررسی سیرِ مطالعات مختلف در بسیاری از نقاط جهان بیانگر این است که منابع آب، به منزلهٔ یکی از ارکان اساسی دستیابی به توسعهٔ پایدار، طی دههٔ اخیر در بحرانی خزنده فروغلتیده و محققان راه برون‌رفت از این چالش را در الگووارهٔ توسعهٔ پایدار یافته‌اند [۲۱]. بر اساس گزارش کمیسیون برانتلند، توسعهٔ پایدار جهانی را توصیف می‌کند که در آن نظام‌های انسانی و طبیعی توأماً به ادامهٔ حیات تا آیندهٔ دور می‌پردازند و فرایندی است که در استفاده از منابع، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها، و سَمت‌گیری توسعهٔ فناوری تغییر و تحول‌پذیر و با نیازهای حال و آینده سازگار است [۳۶]. امروزه، مفهوم توسعهٔ پایدار و شناخت و کنترل سیاست‌های بهره‌برداری، نظارت، و مدیریت منابع آب بنا به دلایلی- نظیرِ محدودیت منابع آبی موجود، گسترش شهرنشینی، افزایش جمعیت، و استفادهٔ غیراصولی و بی‌رویه از منابع آب- بیش از پیش مطرح شده است [۱۸].

سامانهٔ پایدار سامانه‌ای است که بقا و کارکرد خود را در طول دورهٔ زمانی معیّن حفظ می‌کند و دورهٔ کامل زندگی مورد انتظار خود را طی می‌نماید[۶]. بهره‌برداری بی‌رویه، تغییرات نادرست کاربری اراضی، و دست‌اندازی‌های بشر بر منابع طبیعی روز به روز موجب برهم‌زدن تعادل طبیعی پایدار منطقه‌ای می‌شود [۱۵]. نمونه‌های بسیاری از زیست‌بوم‌ها را در سراسر جهان می‌توان یافت که به سبب اهتمام‌نورزیدن به مفهوم توسعهٔ پایدار دچار بحران‌های زیست‌محیطی و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، و سیاسیِ ناشی از آن شده‌اند. مساحت دریای آرال، واقع در آسیای مرکزی، طی پنجاه سال اخیر، به طور مداوم کاهش یافته و، به تبع آن، منابع آبی هم کاهش یافته و معیشت مردم بومی به خطر افتاده است. محققان علت این امر را توسعهٔ اراضی و برداشت بی‌رویهٔ منابع آب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی بیان کرده‌اند [۷]. تغییر کاربری اراضی در حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ لاکار[1] واقع در آرژانتین مشکلاتی نظیر افت کیفیت آب، فرسایش خاک، افزایش خطر بروز سیلاب، و اختلال در خدمات زیست‌محیطیِ این دریاچه پدید آورده است [۳۲]. در ایران نیز نیازهای در حال تحول حوضه‌های کشور سبب شده است که ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب فقط با اتکا به بُعد مدیریتی عرضه و احداث تأسیسات و سازه‌های جدید و جنبه‌های سخت‌افزاری مفید نباشد [۲۲]. به دلیل فقدان مدیریت یکپارچه‌ی منابعِ آبِ حوضهٔ آبخیز زاینده‌رود، مصارف آب از تعادل طبیعی خارج شده است؛ بررسی سناریوهای مختلف حاکی از آن است که اگر صنعت و کشاورزی با همین سرعت به رشد خود ادامه دهند، تا سال ۲۰۲۱ منابع آب حوضه دیگر قادر به تأمین تقاضای آب نیست [۳۱]. خشک‌شدن دریاچهٔ هامون واقع در استان سیستان و بلوچستان همهٔ کارکردهای معیشتیِ وابسته به این دریاچه را از چرخهٔ اقتصادی خارج کرده است [۱۴]. مهم‌ترین چالش مدیریتی منابع آب کشور طی یک دههٔ اخیر بحران تأمین نیاز اکولوژیکی دریاچهٔ ارومیه است. تراز دریاچه در حال حاضر ۱۲۷۱٫۴ متر است که حدوداً سه متر از تراز اکولوژیک پایین‌تر است. همچنین، شوری دریاچه نزدیک ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برآورد می‌شود؛ در حالی که شوری معمول دریاچه ۲۴۰ میلی‌گرم بر لیتر است.

1. Lacar

Archive of SID

www.SID.ir

علاوه بر آثار تغییر اقلیم، نقش عوامل انسانی در پس‌روی و خشک‌شدن دریاچه به دلایل برداشت فراتر از توان تعادلی منابع آب زیرزمینی، گسترش کشاورزی، و چندتکه‌شدن دریاچه در اثر ساخت پل میان‌گذر درخور ذکر است [۱۰، ۱۲]. در حال حاضر، سالانه حدوداً ۴۷۰۰ میلیون متر مکعب از منابع آب حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه برداشت می‌شود و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۱ به بیش از ۶ میلیارد متر مکعب برسد. ذکر این نکته لازم است که ۹۰ درصد از این منابع به کشاورزی اختصاص یافته است [۱۲].

تعدّد ذی‌نفعان با علایق عمدتاً ناسازگار مسئله‌ای مهم در مدیریت منابع آب در دسترس است، اما این عامل تنها چالش پیشِ روی مدیریت آب نیست. خصوصیات شاخص[1]های ارزیابی و تصمیم‌گیری منابع آب در بیشتر پروژه‌ها با هم تضاد دارند. غیرقابل اندازه‌گیری‌بودن بیشتر شاخص‌ها و نیاز به کاربردِ شاخص‌های کیفی، عامل چالش‌برانگیز دیگری است که ارزیابی شاخص‌ها را به کاربردِ مقیاس‌های زبانی (کیفی) نیازمند می‌سازد [۱۳]. در این شرایط، با توجه به مسائل ذکرشده در مدیریت منابع آب، اهمیت مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه[2] بیش از گذشته حس می‌شود. در پژوهش حاضر، با درنظرگرفتن وضعیت بحرانی حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه، از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه به منظور ارزیابی گزینه[3]های احیای دریاچه توسط شاخص‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، و فنی استفاده شد. در این مدل‌ها، هر گزینه با چند شاخص ارزیابی می‌شود و انتخاب گزینه از طریق تعیین سطح مورد نظر شاخص‌ها یا از مقایسهٔ زوجی شاخص‌ها و گزینه‌ها صورت می‌گیرد. شاخص‌های کیفی، کمّی‌شده، و مقایسهٔ شاخص‌ها با یکدیگر ارجحیت و اهمیت هر یک را معین می‌کند [۳].

طی چهار دههٔ اخیر، بیش از ۲۵۰ مطالعه و پژوهش بین‌المللی با محوریت تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چندشاخصه دربارهٔ انرژی و آب در سراسر جهان انجام شده است [۳۴]. انتخاب نوع مدل وابسته به هدف تصمیم‌گیرنده، نوع مسئله، و تعداد افراد شرکت‌کننده در فرایند تصمیم‌گیری است و بررسی مطالعات و تحقیقات نشان می‌دهد که امروزه محققان به سمت استفادهٔ هم‌زمان از چند مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه برای تحلیل یک مسئله روی آورده‌اند. برخی از چند مدل تصمیم‌گیری استفاده و نتایج هر مدل را با دیگری مقایسه می‌کنند. مثلاً، در تحقیقی به منظور بررسی طرح‌های انتقال آب به دریاچهٔ ارومیه نتایج چهار مدل تصمیم‌گیری میانگین وزن‌دهی ساده[4]، برنامه‌ریزی سازشی[5]، شباهت به گزینهٔ ایده‌آل[6]، و عملگر وزنی میانگین مرتب[7] بررسی شد و مدل عملگر وزنی میانگین مرتب برترین مدل در تحقیق مذکور به منظور رتبه‌بندی[8] گزینه‌های توسعهٔ سازه‌ای منابع آب انتخاب شد [۳۷]. در تحقیقی دیگر، که در کشور ترکیه انجام گرفت، از روش‌های میانگین وزن‌دهی ساده، برنامه‌ریزی سازشی، و شباهت به گزینهٔ ایده‌آل بهره گرفته شد تا بتوان میزان تخصیص بهینهٔ آب آبیاری را با لحاظ‌کردن شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی تعیین کرد. نتایج این تحقیق حاکی از این بود که رتبه‌بندی نهایی مستقل از مدل‌های به‌کاررفته است، ولی به وزن شاخص‌ها حساس است [۳۵]. رویکرد ترکیبی دیگر استفادهٔ چندمرحله‌ای از مدل‌هاست؛ برای نمونه می‌توان به

1. attribute
2. multi attributes decision making models
3. alternative

4. SAW
5. CP
6. TOPSIS
7. OWA
8. Ranking

Archive of SID
www.SID.ir

تحقیقی در زمینهٔ مدیریت پساب در پرتغال اشاره کرد؛ در تحقیق مذکور وزن‌ها با مدل تحلیل سلسله‌مراتبی[1] (*AHP*) تعیین شد و گزینه‌ها با مدل شباهت به گزینهٔ ایده‌آل انتخاب شد [۲۶].

در تحقیق حاضر، از رویکرد دوم استفاده شد: در مرحلهٔ اول مدل *AHP* و در مرحلهٔ بعدی مدل *VIKOR* (مخفف عبارتی صربستانی: *Vlsekriterijumska optimizacija I Kompromisno Resene*) به‌کار گرفته شد. با درنظرگرفتن این نکته که تعیین وزن شاخص‌ها به مقایسهٔ زوجی و تعیین ارجحیت نیاز دارد، تصمیم گرفته شد که وزن‌ها در ساختاری سلسله‌مراتبی ارزیابی شود. مدل *AHP* به تصمیم‌گیر امکان می‌دهد تا یک مسئلهٔ پیچیده را در قالب یک ساختار سلسله‌مراتبی و با لحاظ‌نمودن شاخص‌های کمّی و کیفی مدل‌سازی کند [۲۷]. کاربرد مدل *AHP* در رتبه‌بندی نُه پارامتر تأثیرگذار در فرسایش حوضهٔ آبخیز بنیساگار[2] واقع در هند توانایی مدل مذکور را در بررسی سازگاری[3] قضاوت‌ها نشان داد [۱۷]. در پژوهشی دیگر، رویکرد دومرحله‌ای *AHP-TOPSIS* برای مدیریت بهره‌برداری منابع آب سطحی سد مخزنی بوستان در استان گلستان استفاده شد؛ در مطالعهٔ مذکور وزن شاخص‌های ارزیابی در ساختار سلسله‌مراتبی تعیین شد و از طریق مقایسات زوجی انجام پذیرفت. این رویکرد یک سامانهٔ نظام پشتیبان تصمیم‌گیری برای دستیابی به مدیریت بهینهٔ منابع آب سطحی حوضه معرفی کرد [۲۹]. در میان مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، *VIKOR* از جمله مدل‌هایی است که از آن در مسائل منابع آب کمتر استفاده شده است، ولی، با توجه به کاربرد آن در بهینه‌سازی سامانه‌های پیچیدهٔ تصمیم‌گیری چندشاخصه، مدل مطلوبی برای ارزیابی سامانه‌های منابع آب به‌شمار می‌رود [۲۵]. از جمله مواردی که از مدل مذکور در علوم آب و خاک استفاده شده است می‌توان اشاره کرد به: اولویت‌بندی گزینه‌های نگه‌داری کاربری زمین با استفاده از شاخص‌های جغرافیایی و هواشناسی [۸]؛ و ارزیابی شبکه‌های نظارت کیفیت آب در چین تایپه [۹]. این روشْ رتبه‌بندی نهایی را بر مبنای اجماع رتبه‌های سه پارامتر مختلف ارائه می‌دهد؛ این ویژگی، یعنی ارائهٔ مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی[4] (سازشی) به جای یک راه‌حل، مدل مذکور را از سایر مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه متمایز می‌کند. در اینجا راه‌حل سازشی نزدیک‌ترین جواب موجّه به جواب ایده‌آل است و کلمهٔ «سازش» به یک توافق متقابل اطلاق می‌شود. این جواب سازشی یک شاخص رتبه‌بندی چندمعیاره بر اساس نزدیکی به جواب ایده‌ال را مطرح می‌سازد [۴، ۲۴]. همچنین، این مدل دارای نوعی تحلیل حساسیت داخلی در ساختار محاسباتی خود است که امکان رویارویی بهتر با عدم قطعیت پرسش‌شونده‌ها را فراهم می‌کند [۴].

هدف این تحقیق توسعهٔ چارچوب تصمیم‌گیری چندشاخصه برای فائق‌آمدن بر بحران مدیریت منابع آب در سطح حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه، با درنظرگرفتن شاخص‌های مؤثر اقتصادی، اجتماعی، فنی، و زیست‌محیطی، به منظور تعیین گزینهٔ مطلوب حفاظت و تأمین منابع آب، طی دو مرحله ارزیابی است. بدین منظور، جلسهٔ تصمیم‌گیری گروهی توفان فکری[5] (بارش مغزی) با حضور گروه متخصصان تشکیل و مجموعه راهکارهای پیشنهادی جمع‌آوری شد. در انتخاب شاخص‌ها، منبع اصلی مقالات داخلی و خارجی با موضوع توسعهٔ پایدار و بررسی قوانین و مصوبه‌های ملی نظیر سند چشم‌انداز بلندمدت کشور

1. Analytical Hierarchical Process (AHP)
2. Benisagar
3. consistency
4. compromise solutions
5. Brainstorming

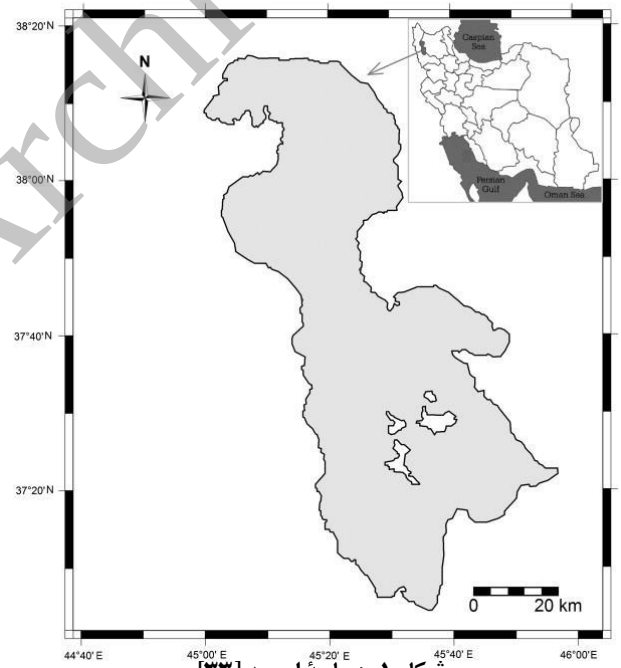
Archive of SID
www.SID.ir

و راهبردهای بلندمدت توسعهٔ منابع آب ایران است. بررسی شاخص‌های توسعهٔ پایدار در منابع مذکور نشان از شباهت‌ها و تفاوت‌هایی دارد که ریشه در ویژگی‌های منطقهٔ مورد مطالعه و چالش‌هایی دارد که حوضهٔ مذکور با آن‌ها درگیر است. در این تحقیق، از شاخص‌هایی مبتنی بر توسعهٔ پایدار استفاده شد تا دیدگاه‌های ذی‌نفعان دربارهٔ پایداری توسعه در حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه هم در آن لحاظ شود. شاخص‌ها باید چهار جنبهٔ اصلی پایداری (اجتماعی، اقتصادی، فنی، و محیط‌زیستی) را پوشش دهند و با هدف مطالعه هم‌خوانی داشته باشند. سپس، فرم نظرسنجی در اختیار افراد حاضر در فرایند تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد و امتیاز شاخص‌های توسعهٔ پایدار نسبت به هم در ساختار سلسله‌مراتبی و امتیاز گزینه‌ها به روش *VIKOR* تعیین می‌شود. در ارزیابی اجزای مختلف مدل، نظیر تعیین وزن شاخص‌ها و تعیین امتیاز گزینه‌ها، از ترکیب گروهی از مدیران، متخصصان، و ذی‌نفعان استفاده می‌شود. در اغلب مطالعات پیشین، اهداف به صورت گزینه‌های متجانس سازه‌ای یا مدیریتی در مقیاس منطقه‌ای یا پروژهٔ صنعتی بوده‌اند؛ در حالی که در تحقیق پیش رو رویکرد جدیدی اتخاذ شده و رتبه‌بندی راهکارهای سازه‌ای و مدیریتی حاصل‌شده از روش تصمیم‌گیری گروهی در کنار هم در دستور کار قرار گرفته است. در گام آخر نیز دو نوع تحلیل حساسیت[1] بر نتایج نهایی انجام می‌گیرد: نوع اول بر اساس پارامتر حساسیت مدل *VIKOR* است و نوع دوم بر اساس اعمال تغییرات جزئی در وزن آرای شرکت‌کنندگان در فرایند تصمیم‌گیری است.

روش‌شناسی تحقیق

معرفی منطقه

حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه دارای مساحت تقریبی ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع است. این مساحت میان استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و کردستان تقسیم شده است. بیش از ۳۶ شهر و ۳۱۵۰ روستا با جمعیتی در حدود پنج میلیون نفر در این حوضه وجود دارد. بیش از ۶۰ درصد از جمعیت در روستاها ساکن‌اند [۱۲].



شکل ۱. دریاچهٔ ارومیه [۳۳]

1. sensitivity analysis

Archive of SID
www.SID.ir

نرخ رشد جمعیت در استان‌های آذربایجان غربی، شرقی، و کردستان به‌ترتیب ۱٫۴۰، ۰٫۸۸، و ۰٫۷۰ است [۳۰]. منابع آب حوضهٔ آبخیز نقش مهمی در حمایت از تنوع زیستی و ایجاد چرخه‌های متنوع غذایی، تعدیل آب و هوا، و ممانعت از تولید و پخش ریزگردها دارند. متوسط میزان بارش بلندمدت حوضه حدود ۳۳۰ میلی‌متر و متوسط سالانهٔ آب ورودی به دریاچه ۵۳۰۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌شود و بین ۷۶۰ تا ۱۵۲۶۰ میلیون متر مکعب متغیر است. هفده رودخانهٔ دائمی، ۱۲ رودخانهٔ فصلی، و ۳۹ مسیل منابع آب سطحی این حوضه را تأمین می‌کنند. دریاچه یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین زیست‌بوم‌های ایران است که در تراز نرمال بلندمدت خود ۱۲۷۵ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد بوده و حجمی معادل ۳۲ میلیارد مکعب و سطحی در حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع را داراست [۱۰، ۱۲] (شکل ۱).

روش تحقیق

برای اجرای یک مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه، نخست باید اهداف تصمیم‌گیری و تصمیم‌گیرندگان شناسایی شود. سپس، گزینه‌ها و شاخص‌ها تعیین شود. محاسبهٔ مقادیر شاخص‌ها به ازای گزینه‌ها و تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری مرحلهٔ بعدی این فرایند است. می‌توان تصمیم‌گیرندگان را درگروه‌های مختلف قرار داد و، بر حسب میزان شناخت آن‌ها از مسئله، وزنی به آن‌ها تخصیص داد. رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری مشخص‌کنندهٔ اولویت اجرایی آن‌هاست و در آخرین گام تحلیل حساسیت بر روی اجزای غیرقطعی مدل تصمیم‌گیری- که در این تحقیق وزن شاخص‌هاست- انجام می‌گیرد [۳].

گزینه‌ها طی جلسهٔ توفان فکری و با ارائهٔ اطلاعات اسناد بالادستی- مانند سند چشم‌انداز توسعهٔ استان‌های واقع در حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ ارومیه- و با بررسی تنگناها و ظرفیت‌های این حوضه انتخاب شد. این روش برای برانگیختن خلاقیت در گروه و تولید شمار زیادی ایده دربارهٔ یک مسئله به‌کار می‌رود؛ چهار قاعدهٔ اساسی آن عبارت است از: تمرکز بر کمّیت؛ اجتناب از انتقاد؛ استقبال از ایده‌های غیرمعمول؛ ترکیب و بهبود ایده‌ها. مراحل اجرای این روش بدین ترتیب است: جمع‌آوری اطلاعات روزآمد از منابع معتبر؛ انتخاب گروه متخصصان؛ تشکیل جلسه و طرح مسئله توسط مدیر جلسه؛ ارائهٔ ایده‌ها به صورت گردشی؛ دسته‌بندی نتایج و جمع‌بندی [۴].

همان طور که پیش‌تر ذکر شد، برای تعیین وزن شاخص‌ها از مجموعه‌ای از مراحل محاسباتی روش *AHP* استفاده می‌شود. نخست مجموع اعداد هر ستون از ماتریس مقایسات زوجی محاسبه می‌شود. سپس، هر عنصر ستون بر مجموع اعداد آن ستون تقسیم می‌شود. ماتریس جدیدی که بدین صورت به‌دست می‌آید ماتریس مقایسات نرمال‌شده نام دارد. سپس، میانگین اعداد هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال‌شده محاسبه می‌شود. این میانگین وزن نسبی عناصر تصمیم با سطرهای ماتریس را ارائه می‌کند. به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در این مرحله باید وزن نسبی هر عنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن به‌دست آید. با اجرای این مرحله برای هر گزینه مقدار وزن نهایی به‌دست می‌آید [۳]. این روش شامل سه مرحلهٔ اساسی است [۵]:

مرحلهٔ اول: ترسیم درخت سلسله‌مراتبی برای ترکیب مسئلهٔ پیچیده به شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های تصمیم؛

مرحلهٔ دوم: تعیین اولویت‌ها به صورت مقایسات زوجی از طریق تخصیص امتیازات عددی برای تعیین ارجحیت یا اهمیت بین شاخص‌ها، گزینه‌ها، و مقایسهٔ وزن نسبی.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. مقیاس‌های کیفی

معادل کمّی	۱	۳	۵	۷	۹	۲، ۴، ۶، ۸
مقیاس کیفی	بدون ارجحیت	ارجحیت اندک	ارجحیت قوی	ارجحیت کاملاً قوی	ارجحیت مطلق	مقادیر بینابینی

با توجه به این امر که در تحقیق حاضر جامعهٔ آماری شرکت‌کننده در فرایند تصمیم‌گیری بالاست و با درنظرگرفتن این نکته که مقایسات زوجی وقت‌گیر است و وارونگی رتبه‌ها[1] در مقایسات سطر و ستون‌ها نیز فرم‌های نظرسنجی را محتاج به توضیحات طولانی می‌کند، معمولاً ناسازگاری بسیاری در نتایج مشاهده می‌شود. به همین علت، از روش جدیدتر درجه‌بندی یا اندازه‌گیری مطلق[2] استفاده شد که گزینه‌ها را مستقل از یکدیگر فرض می‌کند و، به جای مقایسهٔ گزینه‌ها، مقیاس‌های ارزیابی کیفی را به صورت زوجی مقایسه می‌کند. پس از کنترل سازگاری ماتریس و تعیین وزن هر یک از اجزای مقیاس ارزیابی، وزن هر یک از این اجزا بر بزرگ‌ترین وزن موجود تقسیم می‌شود تا ایده‌آل‌سازی‌ای[3] صورت گیرد. سپس، تصمیم‌گیرنده به منظور ارزیابی گزینه‌ها، بر اساس آن شاخص خاص، به هر یک از گزینه‌ها یکی از وزن‌های نرمال‌شدهٔ مربوط به مقیاس ارزیابی را تخصیص می‌دهد [۲۳، ۲۸].

مرحلهٔ سوم: برقراری سازگاری منطقی برای اینکه دریافت تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. مثلاً، اگر ارجحیت گزینهٔ A نسبت به B قوی (ارزش ترجیحی ۵) و ارجحیت B نسبت به C اندک (ارزش ترجیحی ۳) باشد، آنگاه باید انتظار داشت ارجحیت A نسبت به C کاملاً قوی یا مطلق (ارزش ترجیحی ۷ یا بیشتر) ارزیابی شود. در غیر این صورت، نتایج ناسازگار است. شاخص سازگاری[4] (CI) از رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود [۲۷]:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \qquad (۱)$$

در این رابطه، n بُعد ماتریس A و $\lambda_{\max}$ مقدار ویژهٔ[5] ماتریس مقایسهٔ زوجی است که از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود:

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\lambda_i}{n}, \lambda_{\max} \geq n \qquad (۲)$$

نرخ سازگاری[6] (CR) نیز از رابطهٔ ۳ حاصل می‌شود. در این رابطه، RI نرخ ناسازگاری تصادفی[7] است که از جدول ۲ استخراج خواهد شد. حداکثر مقدار نرخ ناسازگاری قابل قبول ۰٫۱ است.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۳)$$

برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از روش *VIKOR* استفاده می‌شود. مراحل این روش به شرح زیر است [۲۴].

تشکیل ماتریس تصمیم:

$$\begin{bmatrix} f_{11} \ldots f_{1n} \\ \ldots \\ f_{m1} \ldots f_{mn} \end{bmatrix}$$

در این ماتریس، f_{ij} عملکرد گزینهٔ i$(i=1,2,\ldots,m)$ در رابطه با شاخص j$(j=1,2,\ldots,n)$ است.

1. rank reversal
2. absolute measurement
3. idealization

4. Consistency Index
5. Eigen value
6. Consistency Ratio
7. random index

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. مقادیر نرخ ناسازگاری تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰٫۵۸	۰٫۹	۱٫۱۲	۱٫۲۴	۱٫۳۲	۱٫۴۱	۱٫۴۵	۱٫۴۵

جواب ایده‌آل و ضدایده‌آل به‌ترتیب مطابق دو رابطهٔ ۴ و ۵ حساب می‌شود:

$$f_j^* = \mathrm{Max}_i f_{ij} \qquad (۴)$$

$$f_j^- = \mathrm{Min}_i f_{ij} \qquad (۵)$$

محاسبهٔ مقدار سودمندی[1] (S) و تأسف[2] (R) از روابط ۶ و ۷ حاصل می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} \left(w_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right) \qquad (۶)$$

$$R_i = Max\left(w_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right) \qquad (۷)$$

در روابط فوق w_j وزن شاخص است. محاسبهٔ شاخص *VIKOR* از روابط ۸ و ۹ انجام می‌پذیرد:

$$Q_i = v\left(\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right) + (1-v)\left(\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right) \qquad (۸)$$

$$S^- = Max(S_i) \;\&\; S^+ = Min(S_i)$$
$$R^- = Max(R_i) \;\&\; R^+ = Min(R_i) \qquad (۹)$$

ضرایبی که در v و $(1-v)$ ضرب شده‌اند به‌ترتیب فاصله از حل ایده‌آل و ضدایده‌آل را نشان می‌دهند. در حالت کلی، v=۰٫۵ در نظر گرفته می‌شود و سپس در محدودهٔ ۰٫۱ تا ۱ تحلیل حساسیت می‌شود. گزینه‌ها در گروه‌های S، R ، و Q با توجه به امتیازی که به‌دست می‌آورند رتبه‌بندی می‌شوند و آنکه در هر سه گروه به عنوان گزینهٔ برتر شناخته شود گزینهٔ محوری انتخاب می‌شود. در گروه Q، گزینهٔ برتر باید از دو شرط زیر تبعیت کند:

۱. اگر A_1 و A_2 اولین و دومین گزینه‌های برتر و n تعداد گزینه‌ها باشد:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \left(\frac{1}{n-1}\right) \qquad (۱۰)$$

در غیر این صورت، مجموعه‌ای از گزینه‌ها جواب مسئله خواهد بود. بیشترین مقدار از رابطهٔ ۱۱ محاسبه می‌شود:

$$Q(A_m) - Q(A_1) < \left(\frac{1}{n-1}\right) \qquad (۱۱)$$

۲. A_1 باید حداقل در یکی از گروه‌های R و Sبرترین گزینه باشد که اگر این گونه نباشد، دو گزینهٔ A_1 و A_2 به گزینه‌های برتر برگزیده می‌شوند.

برای بررسی اثر عدم قطعیت مقادیر ورودی (وزن نهایی شاخص‌ها که از آرای پرسش‌شونده‌ها اخذ می‌شود)، بر روی رتبه‌بندی نهایی باید چند سناریو طراحی کرد و وزن‌های هر یک از شاخص‌ها را طوری تغییر داد که وزن بقیه ثابت بماند و رتبه‌بندی‌های متفاوتی که از گزینه‌ها به‌دست می‌آید تحلیل شود. بدین منظور، محدودهٔ تغییرات ٪۲۰± در نظر گرفته می‌شود؛ یعنی در صورتی که به وزن نهایی هر شاخص ۲۰ درصد از وزنش اضافه شود یا همین درصد از وزن نهایی‌اش کم شود، در رتبه‌بندی نهایی چه تغییری رخ می‌دهد. علاوه بر این، در مدل *VIKOR* مقدار Q به ازای اینکه v در بازهٔ ۰٫۱ تا ۱ در رابطهٔ ۸ تغییر کند ارزیابی می‌شود.

نتایج

راهکارهای احیای دریاچه طی جلسهٔ توفان فکری به شرح زیر تعیین شد (جدول ۳):

1. utility measure
2. regret measure

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص‌های انتخاب‌شده در این پژوهش به شرح زیر است:

اقتصادی‌بودن: مقرون به‌صرفه‌بودن و توجیه اقتصادی هر گزینه.

مقبولیت و مشارکت اجتماعی- فرهنگی ذی‌نفعان: میزان پذیرش گزینه توسط ذی‌نفعان و مسئولیت‌پذیری و تمایل آنان به حضور فعال در اجرای گزینه.

حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست‌محیطی: هر گزینه به چه میزان در جهت حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست‌محیطی است و از پیامدهای مخرب زیست‌محیطی بر زیست‌بوم جلوگیری می‌کند.

اثرگذاری: میزان تأثیر گزینه در تأمین کمبود آب حوضه یا حفاظت از منابع آب موجود در حوضه.

جدول ۳. راهکارهای احیای دریاچه

گزینه‌ها	
انتقال بین‌حوضه‌ای از حوضه‌های مجاور (ارس، زاب، خزر، و گلفرج تبریز)	A۱
بارورسازی ابرها	A۲
اجرای طرح آمایش سرزمین	A۳
نهادینه‌کردن نظام یک‌پارچهٔ حفاظتی– نظارتی برای منابع آب و خاک حوضه	A۴
ارتقای مشارکت ذی‌نفعان در فرایند آموزش، برنامه‌ریزی، و اجرای الگوی بهینهٔ مصرف	A۵
اجرای طرح الگوی بهینهٔ کشت سازگار با اقلیم	A۶
ارتقای بهره‌وری و کاهش تلفات در سامانه‌های آبیاری و آب‌رسانی	A۷
بهینه‌سازی خروجی سدها بر اساس حجم اکولوژیک دریاچه	A۸

جدول ۴. رتبه‌بندی شاخص‌های توسعهٔ پایدار

شاخص	وزن	رتبه‌بندی
اقتصادی‌بودن (*C1*)	۰٫۱۲	۵
مقبولیت و مشارکت اجتماعی- فرهنگی ذی‌نفعان (*C2*)	۰٫۱۳	۴
حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست‌محیطی (*C3*)	۰٫۲۷	۱
اثرگذاری (*C4*)	۰٫۲۰	۲
امکان‌پذیری (*C5*)	۰٫۱۹	۳
انعطاف‌پذیری (*C6*)	۰٫۰۹	۶

Archive of SID

www.SID.ir

امکان‌پذیری: قابلیت اجرای گزینه با توجه به ظرفیت‌های فنی، مطالعاتی، و اجرایی موجود و محدودیت‌های جغرافیایی، سیاسی، و حقوقی در اجرای گزینه.

انعطاف‌پذیری: ظرفیت گزینه در واکنش به فشارهای طبیعی، تحمیلی، یا ضربه‌های ناگهانی. به عبارتی دیگر، قابلیت ترمیم یا نگه‌داری سامانه در بی‌نظمی‌های کوتاه یا درازمدت.

در فرایند تعیین وزن شاخص‌ها و گزینه‌ها، مجموعه‌ای متشکل از ۴۸ نفر از کارشناسان علوم آب، محیط زیست، هواشناسی، اقتصاد، به همراه افرادی ذی‌صلاح و بامعلومات از کشاورزان و باغداران حوضه و فعالان زیست‌محیطی شرکت کردند. طبق نتایجِ وزن‌دهی شاخص‌های توسعهٔ پایدار، که در جدول ۴ قابل رؤیت است، بالاترین وزن و رتبهٔ نخست به حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست محیطی تخصیص داده شد.

جدول ۵ نشان می‌دهد که تفاضل مقادیر Q در گزینه‌های A۵ و A۳، که رتبه‌های ۱ و ۲ را برای Q به دست آورده‌اند، برابر ۰٫۱۵۰ است. مقدار $\frac{1}{n-1}$ برابر با ۰٫۱۴۳ است. بنابراین، مطابق رابطهٔ ۱۰ شرط اول برقرار است. چون $A5$ در هر سه دسته صدرنشین است، شرط دوم نیز برقرار است و ارتقای مشارکت ذی‌نفعان در فرایند آموزش، برنامه‌ریزی، و اجرای الگوی بهینهٔ مصرف با فاصلهٔ زیاد حائز رتبهٔ اول شده است.

جدول ۵. رتبه‌بندی گزینه‌ها در مدل *VIKOR*

گزینه	S	رتبه	R	رتبه	Q	رتبه	رتبهٔ نهایی
A۱	۰٫۸۷	۸	۰٫۲۷	۸	۱	۸	۸
A۲	۰٫۸۱	۷	۰٫۲۰	۷	۰٫۸	۷	۷
A۳	۰٫۲۳	۲	۰٫۰۸	۲	۰٫۱۵	۲	۲
A۴	۰٫۲۶	۳	۰٫۰۹	۴	۰٫۲۰	۳	۳
A۵	۰٫۰۷	۱	۰٫۰۵	۱	۰	۱	۱
A۶	۰٫۲۸	۴	۰٫۰۹	۳	۰٫۲۱	۴	۴
A۷	۰٫۳۶	۵	۰٫۱۱	۵	۰٫۳۲	۵	۵
A۸	۰٫۳۹	۶	۰٫۱۹	۶	۰٫۵۱	۶	۶

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها در مدل *VIKOR* به ازای مقادیر مختلف *v*

گزینه	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۹	۱
A۱	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
A۲	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷
A۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
A۴	*۴	*۴	*۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
A۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
A۶	*۳	*۳	*۳	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
A۷	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
A۸	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶

طبق جدول ۵، گزینه‌های انتقال بین‌حوضه‌ای و بارورسازی ابرها، نسبت به سایر گزینه‌ها، وزن بسیار کمتری را به خود اختصاص داده و در انتهای جدول جای گرفته‌اند. آمایش سرزمین، که به تنظیم منابع آب و خاک حوضه با درنظرگرفتن پتانسیل‌های موجود می‌پردازد، در رتبهٔ دوم قرار گرفت و حفاظت از منابع آب حوضهٔ آبخیز، به منزلهٔ یک راهکار مدیریتی دیگر در اولویت سوم، باید مورد توجه قرار گیرد. تغییر الگوی کشت، ارتقای راندمان آبیاری، و بهینه‌سازی خروجی سدها نیز در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

این نتایج به ازای v=۰٫۵ حاصل شده است. به منظور تحلیل حساسیت، مقدار Q به ازای اینکه پارامتر مذکور در بازهٔ ۰٫۱ تا ۱ در رابطهٔ ۸ تغییر کند ارزیابی شد. دو نوع رتبه‌بندی رؤیت می‌شود: اولی در بازهٔ ۰٫۱ ـ ۰٫۳ است که در آن «اجرای الگوی کشت بهینهٔ سازگار با اقلیم» حائز رتبهٔ سوم و «نهادینه‌کردن نظام یکپارچهٔ حفاظتی- نظارتی برای منابع آب و خاک حوضه» حائز رتبهٔ چهارم است و دیگری در بازهٔ ۰٫۴ ـ ۱ که دو گزینهٔ فوق‌الذکر رتبه‌هایشان با هم عوض می‌شود (جدول ۶).

تحلیل حساسیت بر اساس تغییر وزن شاخص‌های ارزیابی هیچ گونه تغییری در رتبه‌بندی‌ها ایجاد نکرد.

بحث و نتیجه‌گیری

رعایت‌نکردنِ الگوی بهینهٔ مصرفِ آب در بخش‌های مختلف، از جمله کشاورزی، در کنار آثار ناشی از تغییر اقلیم، وضعیت بحرانی دریاچهٔ ارومیه را در تأمین نیاز اکولوژیکی‌اش رقم زده است. با تلفیق روش تصمیم‌گیری گروهی توفان فکری و روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصهٔ *AHP* و *VIKOR* راهکارهای احیای منابع آب دریاچهٔ ارومیه ارزیابی و اولویت‌بندی شد. برای ارزیابی گزینه‌ها در ساختار سلسله‌مراتبی، شش شاخص توسعهٔ پایدار در گروه‌بندی‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، و فنی تعیین شد؛ شاخص حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست‌محیطی بیشترین امتیاز را به‌دست آورد. با توجه به مشکل دریاچه در تأمین نیاز اکولوژیک خود و وابستگی زیست‌بوم حوضه به این منبع آب، وزن بالای این شاخص دور از انتظار نبود. به‌نظر

Archive of SID

www.SID.ir

می‌رسد فعالیت‌نکردنِ *NGO*های زیست‌محیطی نقشی مهم در حضور شاخص مقبولیت و مشارکت اجتماعی- فرهنگی ذی‌نفعان در رتبهٔ چهارم با وزن پایین داشته است. در پژوهشی دیگر با هدف بررسی طرح‌های انتقال آب به دریاچهٔ ارومیه نیز شاخص زیست‌محیطی بالاترین امتیاز را به‌دست آورد و پذیرش اجتماعی، پس از این شاخص و شاخص‌های فنی و اقتصادی، در مکان چهارم جای گرفت [۳۷]. همچنین، نکتهٔ درخور توجه دیگر این است که در بین شاخص‌های فنی «اثرگذاری» و «امکان‌پذیری» وزن بالایی کسب کردند که مبیّن آن است که تصمیم‌گیران اجرایی‌بودن راهکارها را بسیار مهم می‌دانند و با توجه به این وزن بالا گزینه‌هایی که در اجرا و تأمین آب پایدار دچار مشکل باشند امتیاز پایینی کسب می‌کنند.

مطابق رتبه‌بندی نهایی، گزینهٔ «ارتقای مشارکت ذی‌نفعان در فرایند آموزش، برنامه‌ریزی، و اجرای الگوی بهینهٔ مصرف آب» با اختلاف زیاد حائز رتبهٔ نخست شد؛ اول‌شدن این گزینه تأییدکنندهٔ این نظر است که حضور سیستماتیک، گسترده، و سازمان‌دهی‌شدهٔ ذی‌نفعان منفعتی بزرگ در مدیریت جدید منابع آب است [۲۰]. بر اساس نتایج مطالعهٔ بیست‌ساله در حوضهٔ آبخیز دریاچهٔ لاکار، مشخص شد که مشارکت ذی‌نفعان و مسئولان بومی در مدیریت منابع آب و بهبود خدمات زیست‌محیطی بسیار تأثیرگذار است. البته، تأکید شده است که ذی‌نفعان به زمان و آموزش نیاز دارند تا با سیاست‌گذاری‌ها و خط‌مشی‌های جدید و شیوه‌های نو آشنا شوند [۳۲]. مدیریت پایدار با ساختار اقتصادی- اجتماعی بهره‌برداران و وضعیت اکولوژیک منطقه ارتباط مستقیم دارد. بنابراین، امروزه بدون مشارکت فعال بهره‌برداران دستیابی به حفاظت، احیا، و توسعه امکان‌ناپذیر است و ایجاد فضای مشارکت و اعتمادسازی در میان کنشگران ضروری به‌نظر می‌رسد [۱۶]. بنابراین، نخستین گام در تدوین چارچوب مدلی جامع در زمینهٔ توسعهٔ پایدار برای حفظ هم‌زمان محیط‌زیست و تأمین امنیت غذایی؛ سازمان‌دهیِ هدفمند مشارکت ذی‌نفعان و مسئولان بومی است.

«انتقال بین‌حوضه‌ای» و «بارورسازی ابرها» پایین‌ترین امتیازات را به‌دست آوردند و قعرنشین شدند. در انتقال بین‌حوضه‌ای ممکن است در مبدأ مشکلاتی پدید آید و به تعارضات بین حوضهٔ مبدأ و گیرنده منجر شود. در پژوهشی، دربارهٔ انتقال بین‌حوضه‌ای در کشور برزیل، نیز اشاره شده است که این امر چنانچه در فرایندی دموکراتیک و با درنظرگرفتن ملاحظات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی حوضهٔ مبدأ انجام نپذیرد، عواقبی منفی در پی خواهد داشت [۱۱]. یک پروژهٔ انتقال بین‌حوضه‌ای زمانی می‌تواند اثرگذار باشد که امکان‌پذیری فنی آن تأیید شود و ارزیابی اقتصادی و زیست‌محیطی آن توجیه‌پذیر باشد [۱۹]. تصمیم‌گیران دربارهٔ بارورسازی ابرها اثرگذاری لازم را تشخیص نداده‌اند. البته، در تحقیقاتی که در زمینهٔ اثرگذاری این راهکار انجام شده اثربخشی آن موقت و کوتاه‌مدت ارزیابی شده است [۱].

نتایج تحلیل حساسیت نیز نشان داد که *VIKOR* مدلی مناسب برای تصمیم‌گیری در این حوضه به‌شمار می‌رود و این مدل هیچ گونه حساسیتی به تغییرات وزن شاخص‌ها نشان نداد. مطابق نتایج تحلیل حساسیت، مدل *VIKOR* نسبت به تغییرات

Archive of SID

www.SID.ir

وزن آراء و قضاوت تصمیم‌گیران پایداری خوبی نشان می‌دهد و می‌توان آن را به عنوان مدلی مطلوب برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت منابع آب معرفی کرد. ارزش اصلی کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در مدیریت منابع آب نه‌تنها رسیدن به پاسخ قطعی، بلکه شفاف‌نمودن زوایای تاریک مسئله و ساختاربخشیدن به آن در کنار تعلیم‌دادن ذهن تصمیم‌گیرنده است [۲]. تصمیم‌گیری گروهی دومرحله‌ای و چندشاخصه‌ای گزینه‌ها در چارچوب *AHP-VIKOR* در کنار عینیت‌بخشیدن به موارد طرح‌شده چهار امتیاز عمده در برداشت که سبب می‌شود این رویکرد برای مطالعات و تحقیقات آتی پیشنهاد شود:

۱. تعیین وزن شاخص‌های توسعهٔ پایدار در ساختار سلسله‌مراتبی: در این حالت، ارجحیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر سنجش می‌شود و به دلیل استفاده از تکنیک درجه‌بندی تحلیل مجموعه آرای فراوان هم تسهیل می‌شود. در این صورت، ضمن حفظ دقت تصمیم‌گیری، در وقت و حجم محاسبات صرفه‌جویی می‌شود.

۲. اولویت‌بندی گزینه‌ها بر مبنای ارضانمودن شاخص‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی، و فنی.

۳. امکان دستیابی به مجموعه‌ای از راه‌حل‌های توافقی در مدل *VIKOR*. در این مدل، گزینه‌ها در سه گروه رتبه‌بندی می‌شوند و مکانیزم اولویت‌بندی نهایی بر مبنای اجماع‌یافتن بر رتبه‌ها در هر گروه است.

۴. مشارکت مدیران، متخصصان، مدرسان دانشگاه، و ذی‌نفعان در فرایند تصمیم‌گیری گروهی.

به طور کلی، مطابق نتایج تحقیق حاضر، حرکت به سمت توسعهٔ پایدار در حوضه با فرهنگ‌سازی در زمینهٔ صرفه‌جویی در مصرف آب و حفاظت از منابع آبی موجود میسّر است و اتکای کلیشه‌ای به تأمین آب بر اساس احداث سازه‌های جدید و جنبه‌های سخت‌افزاری فناوری‌های تازه چنان تأثیرگذار به‌نظر نمی‌رسد. نکته‌ای که حتماً باید در نظر داشت و اثربخشی مشارکت جوامع محلی و مسئولان را تقویت می‌کند تدوین سازوکاری اجرایی برای گسترش اعتماد و مشارکت بین بهره‌برداران است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی به منظور سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی مشارکت اجتماعی در سامانه‌های اجتماعی- اکولوژیکی از رویکردهای نو نظیر تحلیل شبکهٔ اجتماعی[1] استفاده شود.

سپاسگزاری

از همهٔ کسانی که در فرایند تصمیم‌گیری گروهی در این پژوهش با محققان همکاری کردند تشکر و قدردانی می‌شود. سپاس ویژه از جناب آقای مهندس ساجد متولیان به سبب راهنمایی‌های راهگشای ایشان در طراحی فرم نظرسنجی.

1. social network analysis

Archive of SID
www.SID.ir

References

[1] Acharya, A., Piechota, T.C., Stephen, H. and Tootle, G. (2011). Modeled streamflow response under cloud seeding in the North Platte River watershed, *Journal of Hydrology*, 409(1-2), 305-314.

[2] Ananda, J. and Herath, G. (2003). The use of Analytic Hierarchy Process to incorporate stakeholder preferences into regional forest planning, *Forest Policy and Economics*, 5(1), 13-26.

[3] Asgharpour, M. (2008). *Multi-Criteria Decision Making*, 6th edition, University of Tehran (In Persian).

[4] Ataie, M. (2010). *Multi-Criteria Decision Making*, 1st edition, Shahrood University of Technology (In Persian).

[5] Azar, A. and Rajabzadeh, A. (2012). *Applied Decision Making MADM Approach*, 5th edition, Negaheh Danesh (In Persian).

[6] Azarnivand, H. and Zareh-Chahouki, A. (2010). *Range Improvement*, 1st edition, University of Tehran (In Persian).

[7] Cai, X., McKinney, D. and Rosegranta, M.W. (2003). Sustainability analysis for irrigation water management in the Aral Sea region, *Agricultural Systems*, 76(3), 1043-1066.

[8] Chang, C. and Hsu, C. (2009). Multi-criteria analysis via the VIKOR method for prioritizing land-use restraint strategies in the Tseng-Wen reservoir watershed, *Journal of Environmental Management*, 90(11), 3226-3230.

[9] Chang, C.L. and Lin, Y.T. (2014). Using the VIKOR method to evaluate the design of a water quality monitoring network in a watershed, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(2), 303-310.

[10] Daemi, A.R. (2009). Impacts of Climate Change on Lake Urmia, *Kondouj Magazine, Guilan Rural Heritage Museum*, 5(8), 18-22 (In Persian).

[11] De Carvalho, R.C. and Magrini, A. (2006). Conflicts over Water Resource Management in Brazil: A Case Study of Inter-Basin Transfers, *Water Resources Management*, 20(2), 193-213.

[12] Department of environment of I.R.IRAN. (2010). *Integrated Management Plan for Lake Urmia Basin*.

[13] Despic, O. and Simonovic, S.P. (2000). Aggregation operators for soft decision making in water resources, *Fuzzy Sets and Systems*, 115(1), 11-33.

[14] Ebrahimzadeh, I. (2009). Analysis of the Recent Droughts and Lack of Water in Hamoon Lake on Sistan Economic Functions, *Iran Water Resources Research*, 5(2), 71-76 (In Persian).

[15] Ghorbani, M., Mehrabi, A.A., Servati, M. and Nazari Samani, A.A. (2010). An Investigation of the Population Changes on Relationship with Landuse Changes (Case study: Upland watershed of Taleghan), *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*, 63(4), 75-88 (In Persian).

[16] Ghorbani, M., Azarnivand, H., Mehrabi, A.A., Bastani, S., Jafari, M. and Nayebi, H. (2013). Social network analysis: A new approach in policy-making and planning of natural resources co-management, *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*, 65(4), 553-568 (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

[17] Jaiswal, R.K., Thomas, T., Galkate, R.V., Ghosh, N.C. and Singh, S. (2014). Watershed Prioritization Using Saaty's AHP Based Decision Support for Soil Conservation Measures, *Water Resources Management*, 28(2), 475-494.

[18] Karamouz, M. (2005). *Quantitative and Qualititative Planning and Management of Operating and Allocating Water with Emphasize on Negotiation*, Applied Research plan, Water resources company, Technical and Research Department (In Persian).

[19] Karamouz, M., Mojahedi, S.A. and Ahmadi, A. (2007). Economic Assessment in Development of Operating Policies for Inter- Basin Water Transfer, *Iran Water Resources Research*, 3(2), 10-25 (In Persian).

[20] Lennox, J., Proctor, W. and Russell, S. (2011). Structuring stakeholder participation in New Zealand's water resource governance, *Ecological Economics*, 70(7), 1381-1394.

[21] Loucks, D.P. (2000). Sustainable Water Resources Management, *International Water Resources Association*, 25 (1), 3-10.

[22] Ministry of Energy (2000). *Annual Report of national water resources and consumption*, Tehran (In Persian).

[23] Motevallian, S.S., Tabesh, M. and Roozbahani, A. (2011). Sustainability assessment of urban water supply and distribution systems: a case study, *The second Iranian National conference on applied research in water resources*, Zanjan, Iran. 18-19 May

[24] Opricovic, S. (1998). *Multicriteria optimization of civil engineering systems*, Faculty of Pennsylvania, Belgrade.

[25] Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning, *Expert System Application*, 38(10), 12983-12990.

[26] Pires, A., Chang, N. and Martinho, G. (2011). An AHP-based fuzzy interval TOPSIS assessment for sustainable expansion of the solid waste management system in Setubal Peninsula, Portugal, *Journal of Environmental Management*, 92 (4), 1033-1050.

[27] Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource, Allocation*, MCGraw-Hill, New York, 287p.

[28] Saaty, L.T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 90-94.

[29] Sadoddin, A., Halili, M. and Mosaedi, A. (2010). Reservoir Operation Management Using Multicriteria Decision Making Methods in Bustan Dam-Golestan Province, *Iranian Journal of Watershed Management Science*, 4(11), 25-34 (In Persian).

[30] Saffari, N. and Zarghami, M. (2013). Allocating the Surface Water Resources of the Urmia Lake Basin to the Stakeholder Provinces by Distance Based Decision Making Methods, *Water and Soil Science*, 23(1), 135-149. (In Persian)

[31] Salemi, H.R. and Heydari, N. (2006). Assessment of Water Supply and Use in the Zayandeh-Rud River Basin, Iran, *Iran Water Resources Research*, 2(1), 72-76 (In Persian).

[32] Sarandón, R., Novillo, M.G., Muschong, D. and Borges, V.G. (2009). Lacar Lake Demonstration Project for Ecohydrology: Improving land use policy at Lacar Lake Watershed based on an Ecohydrological approach (San Martín de los Andes – Neuquén – R. Argentina), *Journal of Ecohydrology and Hydrology*, 9(1), 125-134.

[33] Sima, S., Ahmadalipour, A. and Tajrishy, M. (2013). Mapping surface temperature in a hyper-saline lake and investigating the effect of temperature distribution on the lake evaporation, *Remote Sensing of Environment*, 136, 374-385.

Archive of SID

www.SID.ir

[34] Wallenius, J., Dyer, J.S., Fishburn, P.C., Steuer, R.E., Zionts, S. and Deb, K. (2008). Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: recent accomplishments and what lies ahead, *Management Science*, 54(7), 1336-1349.

[35] Yilmaz, B. and Harmancioglu, N.B. (2010). Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of the Gediz River Basin, Turkey, *Water SA*, 36(5), 568-574.

[36] WCED. (1987). *Our Common Future: The Brundtland Report*, Oxford, Oxford University Press, 236p.

[37] Zarghami, M. and Ehsani, I. (2011). Evaluation of different Group Multi-Criteria Decision Making Methods in Selection of Water Transfer Projects to Urmia Lake Basin, *Iran Water Resources Research*, 7(2), 1-14 (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir