رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک با استفاده از مدل هیبریدی AHP و M-TOPSIS

محمد هادی شبستری، محمد ابراهیم بنی حبیب[۱] *

کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.
Shabestari.Hadi@Gmail.Com
دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.
banihabib@ut.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، با استفاده از مدل پیشنهادی هیبریدی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده (MTAHP) رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک انجام گردید.مدل هیبریدی (MTAHP) از نقاط قوت دو مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده (M-TOPSIS) استفاده کرده و نقاط ضعف آن‌ها را پوشش می‌دهد. به این ترتیب که برای به‌دست آوردن وزن-های نسبی، مقایسه های زوجی AHP به‌کار گرفته شده و همچنین بررسی نرخ سازگاری با استفاده از مدل AHP انجام شده است. در نهایت، رتبه‌بندی راهبردها از طریق مدل M-TOPSIS انجام گردیده است. برای اجرای این مدل، ۳۵ متخصص کشور در زمینه مدیریت آب کشاورزی در نظرسنجی شرکت داده شدند. نتایج مدل نشان داد که راهبرد "آموزش کشاورزان" بهترین راهبرد در میان راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک می‌باشد. در رتبه‌های بعدی، "تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی"، "به‌روز رسانی سامانه‌های آبیاری" و "استفاده از آب‌های بازیافتی" قرار گرفتند. کمترین رتبه‌ها نیز به راهبردهای "داد و ستد آب" و "واردات آب مجازی" تعلق گرفت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مدل هیبریدی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده (MTAHP) می‌تواند در بررسی و اولویت‌بندی راهبردهای مربوط به مدیریت تقاضای آب کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تدوین راهبرد، مدل تصمیم‌گیری چند معیاره هیبریدی MTAHP، اولویت‌بندی راهبردها.

---

[۱] – آدرس نویسنده مسئول: پاکدشت، دانشگاه تهران/پردیس ابوریحان، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی.

* – دریافت : آبان ۱۳۹۳ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

مقدمه

آب یک عامل اساسی برای حیات مردم جهان است، بحران کم آبی یکی از مشکلات جهان امروز می‌باشد. امروزه در ۸۰ کشور جهان با جمعیتی بیش از ٤٠ درصد جمعیت جهان میزان تقاضای آب بیش از میزان منابع موجود است (غدیر[1] و همکاران، ۲۰۰۳)، این در حالی است جمعیت جهان با سرعتی در حدود ۸۰ میلیون نفر در سال رشد می‌کند، که موجب افزایش تقاضای آب شیرین در حدود ٦٤ میلیاد متر مکعب در سال می‌شود (WWDR[2], 2012). در کشور ایران متوسط نزولات آسمانی ۲۵۰ میلیمتر در سال می‌باشد که با این مقدار در زمره مناطق خشک جهان محسوب می‌شود، این مقدار بارندگی کمتر از یک سوم حد متوسط باران سالانه کره زمین (۸٦۰ میلی متر) می‌باشد. با توجه به این شرایط مدیریت منابع آب در ایران ضرورت پیدا کرده است.

مدیریت منابع آب در دو بخش عرضه و تقاضا انجام می‌شود، با توجه به اینکه امروزه تقریباً تمامی منابع قابل استفاده در مناطق خشک مورد استحصال و بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، در این بخش فضای چندانی برای فعالیت وجود ندارد و شاید این فضا محدود به طرح‌های خاص و پرهزینه مثل انتقال آب خزر می‌باشد. از طرفی، مدیریت تقاضا موضوعی پراهمیت و تأثیرگذار می‌باشد که فضای مطالعه و فعالیت در آن به‌صورت نامحدود وجود دارد. بنابراین، در این تحقیق روی بخش مدیریت تقاضای آب تمرکز شده است. از جهت دیگر، با توجه به اینکه بخش کشاورزی در کشور ما مصرف کننده‌ی بیش از ۹۰ درصد کل مصارف می‌باشد، با اختلاف بسیار زیاد نسبت به شرب و صنعت قرار دارد. بنابراین، مدیریت آب در این بخش، بزرگترین و اساسی‌ترین نقش را در مدیریت منابع آب کشور، بخصوص در مناطق خشک، خواهد داشت.

مرور منابع علمی نشان می‌دهد که مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در چند سال اخیر در مباحث مربوط به کشاورزی و محیط زیست به‌کار رفته‌اند. اما به‌ندرت برای رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت کشاورزی استفاده شده‌اند. قره داغی و همکاران (۱۳۹۰) به مطالعه انتخاب مناسب‌ترین سیستم آبیاری تحت فشار با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[3] در منطقه دشت دهگلان پرداخته‌اند. غفاری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از مدل AHP، الگوی کشت بهینه برای شبکه آبیاری ورامین را تدوین نمودند.

الکلوب و همکاران (۱۹۷۷) با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره، پروژه‌های آبی کشور اردن را اولویت‌بندی نمودند. در این تحقیق، برای به‌دست آوردن اهداف اصلی و ساختار سلسله مراتب از روش طوفان فکری استفاده شده است. ایشان از بین روش‌های مختلف به‌دست آوردن وزن، از روش JAS[4] و برای رتبه‌بندی گزینه‌ها (راهبردها) از روش PROMETHEE[5] استفاده کردند. آناگنوستوپولوس و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از مدل‌های AHP و PROMETHEE به اولویت‌بندی طرح‌های مدیریت منابع آب رودخانه نستوس در کشور یونان پرداختند.

نتایج مطالعات ایشان نشان داد که گرچه رتبه‌بندی نهایی این دو مدل مشابه هم است، ولی مدل AHP نسبت به PROMETHEE برتری دارد. مهتابی و همکاران (۱۳۹۲) از دو روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS)[6] در مکانیابی محل دفن پسماند شهری کرج استفاده کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که اولویت‌بندی دو روش نسبتاً متفاوت است؛ اما هردو مورد قبول است. این محققین اشاره می‌کنند که از آنجایی که در فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی به گزینه‌ها و معیارها با مقایسات زوجی انجام می‌شود، روش AHP از کارایی بیشتر و نتایج نهایی با دقت و اطمینان بالاتری برخوردار است. صادقی روش و

[1]- Qadir
[2]- World Water Development Report

[3]- Analytical Hierarchy Process
[4]- Judgemental Analysis System
[5]- Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluation
[6]- Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

همکاران (۲۰۱۱) از مدل AHP برای رتبه‌بندی راهبردهای بیابان زدایی در استان یزد استفاده کردند، ایشان از شش کارشناس برای تکمیل فرم‌های نظرسنجی مدل استفاده کردند، نتایج مطالعه ایشان نشان داد راهبرد جلوگیری از تغییر نامطلوب کاربری اراضی برترین راهبرد برای بیابان زدایی در استان یزد می‌باشد. رِن و همکاران (۲۰۰۷) در یک مطالعه نشان دادند که مدل شباهت به گزینه ایده‌آل در مواردی در رتبه‌بندی دچار اشکال می-شود. چنانچه اگر یک گزینه به گزینه‌های موجود اضافه و یا از آنها کم شود، رتبه‌ها به طور کامل جابه‌جا می-شوند.ایشان برای رفع نقص موجود در رتبه‌بندی، روش شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده (M-TOPSIS)[1] را پیشنهاد می‌کنند.

لازم به ذکر است که مدل AHP یکی از تکنیک‌های قدرتمند تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد که در سال ۱۹۸۰ توسط توماس ساعتی ارائه شده است. از مزایای ممتاز این روش، امکان تعیین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم است (عطایی، ۱۳۸۹).

مرور منابع نشان می‌دهد که مدل‌های AHP و TOPSIS هر دو قدرتمند و مورد قبول هستند. اما هر کدام از آنها دارای نقاط ضعف و قوت مربوط به خود هستند. در این مطالعه، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره هیبریدی (MTAHP[2]) پیشنهاد شده است که از نقاط قوت مدل‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده استفاده و از نقاط ضعف آنها اجتناب می‌کند.

مواد و روش‌ها

حوضه مورد مطالعه

در تحقیق حاضر، حوضه آبریز کویر مرکزی ایران، که بخش وسیعی از مناطق مرکزی و شرقی ایران را تشکیل می‌دهد، به عنوان یکی از وسیع‌ترین حوضه‌های خشک کشور بررسی شده است شکل (۱). این بخش، از شمال به رشته کوه البرز جنوبی و شرقی، از مغرب و جنوب به ارتفاعات پراکنده غربی کویر (مرز حوضه‌های آبریز دریاچه نمک، کویر لوت و کویر سیاه‌کوه) و از سمت شرق به حوضه‌های آبریز مرزی شرقی (دق پترگان – نمکزار خواف) محدود می‌گردد. این حوضه از نظر تقسیمات حوضه‌های آبریز کشور در مقیاس درجه دو، با کد ٤٧ شناخته شده است که بخشی از حوضه آبریز درجه یک فلات مرکزی با کد چهار را شامل می‌شود.

از نظر موقعیت جغرافیایی، این حوضه بین ' ٤٥ °٥١ تا '٣٤ °٥٩ طول شرقی و ' ٣٥ °٣٢ تا '٢٦ °٣٧ عرض شمالی واقع شده است، که با مساحتی معادل ٢٢٦٥٢٣ کیلومتر مربع، بزرگترین حوضه مطالعات را شامل می‌شود که در شش استان خراسان رضوی، خراسان شمالی، سمنان، تهران، اصفهان و یزد واقع شده است.

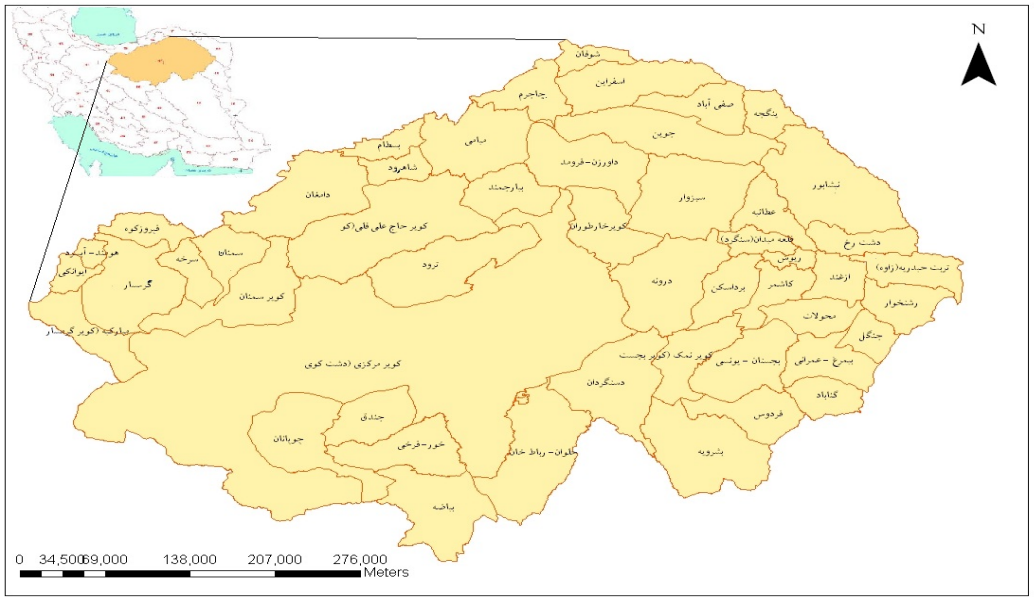
این حوضه از نظر منابع آب یکی از حوضه‌های با اقلیم خشک کشور می‌باشد. مساحت دشت‌های آن اعم از آبرفت، پهنه‌های کویری و دریاچه‌های فصلی آب شور، ١١١٤٧٣ کیلومتر مربع و وسعت ارتفاعات آن ١١٥٠٥٠ کیلومتر مربع می‌باشد. چنانچه مشخص است، بیش از ٤٩ درصد سطح حوضه را دشت‌ها تشکیل داده‌اند که عمدتاً پهنه‌های کویری و دریاچه‌های آب شور فصلی را در بر می‌گیرند به طور کلی بررسی منابع آب حوضه آبریز کویر مرکزی نشان می‌دهد که بالغ بر ٣٣٢٠٣ میلیون مترمکعب بارندگی وجود دارد.

همچنین در این حوضه مجموعاً ٢٦٨٥ میلیون مترمکعب آب به صورت رواناب سطحی جریان دارد. در این حوضه با توجه به نزولات جوی کم با توزیع زمانی و مکانی نامناسب و همینطور کاهش و یا فقدان رواناب در فصول مصرف، کشاورزان عمدتاً آب موردنیاز خود را از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌نمایند. میزان مصارف آب در حوضه آبریز کویر مرکزی حدود ٧/٢٥٨ میلیارد مترمکعب در سال است که حدود ٨٥/٥ درصد آن‌ها از آب‌های

[1]- Modified Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

[2]- Modified TOPSIS & AHP

زیرزمینی (چاه و قنات) و ۱۴/۵ درصد از آب‌های سطحی و چشمه‌ها تأمین می‌شود، با توجه به سهم بالای آب زیرزمینی در تامین آب این حوضه و در اثر اضافه برداشت از آن، خطر جدی افت سطح آب و کاهش حجم مخزن آبخوان‌های آبرفتی در اغلب دشت‌ها وجود دارد (برگرفته از آمار و ارقام ارائه شده در گزارش‌های شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۹؛ شرکت مهندسی رایان آب فراز، ۱۳۹۱).



شکل ۱- موقعیت حوضه کویر مرکزی

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های AHP و TOPSIS (شیه و همکاران، ۲۰۰۷)

ویژگی	تحلیل سلسله مراتبی (AHP)	شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS)
نوع مدل	اطلاعات عددی، اطلاعات معیارها، MADM[1]	اطلاعات عددی، اطلاعات معیارها، MADM
فرایند اصلی	مقایسات زوجی (اندازه‌گیری نسبی)	فاصله از PIS[2] و NIS[3] (اندازه‌گیری مطلق)
معیار	معین و معلوم	معین و معلوم
استخراج وزن	مقایسات زوجی	معین و معلوم
بررسی سازگاری	انجام می‌شود.	انجام نمی‌شود.
تعداد ظرفیت شاخص‌ها	۷ ±۲	خیلی زیاد
تعداد ظرفیت راهبردها	۷ ±۲	خیلی زیاد
سایر	عملکرد جبرانی	عمکرد جبرانی

جدول ۲- روش به‌دست آمدن راهبرد با استفاده از ماتریس SWOT

ماتریس SWOT		عوامل درونی	
		نقاط قوت S	نقاط ضعف W
عوامل بیرونی	فرصت‌ها O	راهبردهای SO (راهبردهای تهاجمی یا توسعه)	راهبردهای WO (راهبردهای بهبود مستمر یا محافظه کارانه)
	تهدیدها T	راهبردهای ST (راهبردهای تغییر تدریجی یا رقابتی)	راهبردهای WT (راهبردهای تدافعی یا کاهشی)

[1]- Multi attribute decision making
[2]- Positive ideal solution
[3]- Negative ideal solution

در این تحقیق، حوضه آبریز کویر مرکزی به عنوان یک نمونه از مناطق خشک کشور انتخاب شده است که دارای ویژگی‌هایی از جمله کم‌آبی، بارش اندک و تبخیر زیاد می‌باشد. بنابراین، نتایج مربوط به این تحقیق قابل تعمیم به کل مناطق خشک کشور که دارای ویژگی-های مشترک با این حوضه هستند می‌باشد.

تصمیم‌گیری چند معیاره

در طرح‌ها و راهبردهای منابع آب، اغلب با معیارهای مختلف روبرو هستیم که گاهی برآورده کردن یکی از معیارها به معیارهای دیگر آسیب می‌رساند. به عنوان مثال یک طرح ممکن است از نظر اقتصادی مورد تأیید باشد ولی از نظر معیار زیست‌محیطی مشکلات فراوانی ایجاد نماید. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در اینگونه موارد می‌توانند معیارهای مختلف را در نظر گرفته و برای انتخاب و رتبه‌بندی راهبردها به‌کار روند. روش‌ها و مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بسیاری ارائه شده-اند.در این میان، مدل AHP بسیار مورد توجه بوده و در زمینه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال، می‌توان به تحقیقات قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۰)، غفاری و همکاران (۱۳۸۸)، دباغیان و همکاران (۱۳۸۸)، آناندا و هراس (۲۰۰۷)، سرجویچ (۲۰۰۷) اشاره نمود.همچنین مدل TOPSIS یک تکنیک مفید در مواجهه با مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد (هوانگ و یون، ۱۹۸۱)، این مدل نیز در موارد مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.

تحقیقات طاهرخانی (۱۳۸٦)، اردستانی و همکاران (۱۳۹۲) و مهتابی و همکاران (۱۳۹۲) نمونه‌های استفاده از این مدل هستند. هر کدام از این مدل‌ها دارای نقاط ضعف و قدرت هستند. بنابراین، در این تحقیق سعی شده است با تلفیق این دو مدل، مدلی ارائه شود که از نقاط قوت این دو استفاده کرده و نقاط ضعف آن‌ها را پوشش دهد. در جدول (۱) ویژگی‌های این دو مدل با هم مقایسه گشته است.

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، تعداد سقف مقایسات زوجی مدل AHP برای معیارها و راهبردها برابر ۲± ۷ در نظر گرفته می‌شود که این مسئله به علت ظرفیت محدود بشری برای پردازش اطلاعات به طور همزمان می‌باشد. این عامل در مدل TOPSIS محدودیتی بوجود نمی‌آورد و نقطه قوت آن محسوب می‌شود. از طرف دیگر، از جمله نقاط قوت مدل AHP به‌دست آوردن وزن‌های نسبی از طریق مقایسات زوجی و بررسی نرخ سازگاری می‌باشد.

این فرایندها موجب به‌دست آمدن وزن‌های نسبی با دقت بیشتر می‌شوند که در مدل TOPSIS وجود ندارند و نقطه ضعف آن نسبت به مدل AHP می-باشد.علاوه بر این موارد، رِن و همکاران (۲۰۰۷) در یک مطالعه نشان دادند که مدل شباهت به گزینه ایده‌آل در مواردی دچار اشکال در رتبه‌بندی می‌شود. چنانچه اگر یک گزینه به گزینه‌های موجود اضافه و یا از آنها کم شود ممکن است رتبه‌بندی گزینه‌ها به طور کامل جابه‌جا شود، ایشان برای رفع نقص موجود در رتبه‌بندی، روش شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده (M-TOPSIS) را پیشنهاد می‌کنند.

در این تحقیق، با ارائه مدل هیبریدی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده، از تمام ویژگی‌های مثبت دو مدل استفاده می‌شود. به طوری که برای به‌دست آوردن وزن‌های نسبی، مقایسات زوجی AHP به‌کار گرفته می‌شود و همچنین بررسی نرخ سازگاری با استفاده از مدل AHP انجام می‌شود و در نهایت رتبه‌بندی راهبردها از طریق مدل M-TOPSIS انجام می‌گیرد.

معیارهای ارزیابی راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک

در این تحقیق از معیارهای توسعه پایدار برای ارزیابی و نمره‌دهی به راهبردها استفاده شده است. این معیارها به طور کامل در تحقیق بنی حبیب (۱۳۹۲)

به‌دست آمده‌اند. در تحقیق حاضر از این معیارها استفاده شده است. این معیارها و همینطور چند نمونه از منابعی که در آنها از این معیارها استفاده شده به شرح زیر هستند:

اقتصادی‌بودن: مقرون به صرفه بودن هر راهبرد (پیرین، ۲۰۰۵؛ سانگواندوان و همکاران، ۲۰۱۰).

مقبولیت و مشارکت اجتماعی- فرهنگی ذی‌نفعان: میزان پذیرش راهبرد توسط ذی‌نفعان و تمایل آنان به حضور در اجرایی کردن راهبرد (پیرین، ۲۰۰۵؛ هلستروم و همکاران، ۲۰۰۲).

حفاظت از منابع‌طبیعی و تعادل زیست‌محیطی: هر راهبرد به چه میزان در جهت حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست‌محیطی است (گارفی و همکاران، ۲۰۱۱، سانگواندوان و همکاران، ۲۰۱۰).

اثرگذاری: میزان تأثیر راهبرد در تامین کمبود آب حوضه یا حفاظت از منابع آب موجود در حوضه (پیرین، ۲۰۰۵؛ دکارالو و همکاران، ۲۰۰۹).

امکان‌پذیری: قابلیت اجرای راهبرد با توجه به ظرفیت‌های فنی، مطالعاتی و اجرایی موجود و محدودیت‌های طبیعی، مالی و حقوقی در اجرای راهبرد (دکارالو و همکاران، ۲۰۰۹؛ گارفی و همکاران، ۲۰۱۱).

انعطاف‌پذیری: ظرفیت راهبرد در واکنش به تغییرات طبیعی یا تحمیلی یا ضربه‌های ناگهانی. یا به عبارت دیگر، قابلیت ترمیم یا نگهداری سامانه در بی‌نظمی‌های کوتاه یا درازمدت (فاکسون و همکاران، ۲۰۰۳؛ پیرین، ۲۰۰۵).

روش تدوین راهبردها

در این تحقیق، برای به‌دست آوردن راهبردهای اصلی از تحلیل SWOT استفاده شده است که این عمل طی جلسات طوفان فکری و با نظرخواهی از کارشناسان مختلف انجام شده است. در این روش تحلیلی، ابتدا می‌بایست نقاط قوت، ضعف، تهدیدها و فرصت‌ها بررسی گردد و سپس با بهره‌گیری از آن‌ها به تدوین راهبردها پرداخت.

ماتریس SWOT اولین بار در سال ۱۹۵۰ توسط دو فارغ التحصیل مدرسه بازرگانی هاروارد به نام‌های جورج آلبرت اسمیت و رولند کریستنسن مطرح شد (دورته[1] و همکاران، ۲۰۰۶). تجزیه و تحلیل SWOT مهم ترین عوامل محیط درونی و بیرونی سامانه را شناسایی می‌کند.پس از شناخت محیط درونی و بیرونی سامانه از عوامل درونی نقاط قوت و ضعف سامانه و به طور مشابه از عوامل بیرونی نقاط فرصت و تهدید سامانه شناسایی می‌شوند. پس از ارزیابی عوامل داخلی و خارجی، از تلاقی نقاط قوت و ضعف با نقاط فرصت و تهدید، استراتژی‌های ممکن به‌دست می‌آیند. جدول (۲) روش به‌دست آوردن راهبردها را با استفاده از ماتریس SWOT را نشان می‌دهد.

مراحل تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از مدل هیبریدی تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده

در این تحقیق، مدل تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده آل اصلاح شده، تلفیق شده‌اند. شکل (۲) فلوچارت مراحل تلفیق این دو مدل را نشان می‌دهد.در ادامه، مراحل انجام مدل هیبریدی تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده بیان می‌شود.

گام اول: مشخص کردن مسئله تصمیم‌گیری

در اولین مرحله، باید مسئله تصمیم‌گیری مشخص شود. به صورتی که ابتدا هدف[2] مسئله مشخص می‌شود و در مرحله بعد باید عوامل مؤثر بر هدف مشخص شوند. مهمترین وظیفه در تصمیم‌گیری، انتخاب عوامل مهم روی تصمیم می‌باشد (ساعتی، ۱۹۹۰). در تحلیل سلسله مراتبی این عوامل به صورت ساختار سلسله مراتبی وزن‌دهی می‌شوند.

[1]- Duarte
[2]- Goal

گام سوم: آماده سازی فرم‌های نظرسنجی و تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی

در این مرحله باید فرم‌های نظرسنجی به صورت مقایسات زوجی آماده شوند. آماده سازی فرم‌های نظرسنجی باید به صورتی باشد که هر کدام از عناصر سلسله مراتبی با عنصر مربوطه در رتبه بالاتر به صورت زوجی مقایسه شوند. بنا بر پیشنهاد ساعتی (۱۹۹۰) مقایسه زوجی اهمیت دو عنصر نسبت به هم بر اساس مقیاس اعداد یک تا نه۹ انجام می‌شود، که عدد یک نشانگر اهمیت برابر و عدد نه نشانگر اهمیت مطلق (بیشترین میزان برتری) می‌باشد.

به طور کلی، اگر مسئله تصمیم‌گیری شامل m راهبرد و n معیار باشد، باید n ماتریس مقایسه زوجی $m \times m$ و یک ماتریس مقایسه زوجی $n \times n$ ایجاد شود و تمامی ماتریس‌ها به صورت فرم نظرسنجی آماده شده و تقدیم کارشناسان (متخصصین) شود. یک ماتریس مقایسه زوجی به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (۱)$$

که در آن:

a_{ij} ترجیح عنصر i نسبت به عنصر j می‌باشد. از آنجایی که ترجیح هر عنصر نسبت به خود آن عنصر برابر یک است، قطر اصلی ماتریس مقایسه زوجی برابر با یک است. کارشناسان (متخصصین) کافی است نیمه بالایی ماتریس (مثلث بالای قطر اصلی) را ارزیابی کنند و نیمه پایین ماتریس با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$a_{ij} = 1/a_{ji} \quad (۲)$$

گام چهارم: بررسی نرخ سازگاری و تجمیع نظرات فردی

یکی از مهمترین ویژگی‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی نرخ سازگاری تصمیم است.با بررسی نرخ سازگاری تصمیم، اطمینان به جواب حاصل از مدل افزایش می‌یابد. نرخ سازگاری (CR)[1] از نسبت شاخص سازگاری (CI)[2] بر شاخص ناسازگاری تصادفی (RI)[3] به‌دست می‌آید و از طریق رابطه (۳) محاسبه می‌شود (ساعتی و وارگاس، ۱۹۹۱).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۳)$$

مقدار شاخص سازگاری (CI) از طریق رابطه (٤) محاسبه می‌شود (ساعتی، ۱۹۹۰).

$$\mathrm{CI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (٤)$$

در این رابطه:

λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه[4] ماتریس و n بعد ماتریس می‌باشد. مقدار شاخص ناسازگاری تصادفی (RI) توسط ساعتی (۱۹۷۷) برای ماتریس‌های مربعی محاسبه شده است، به عنوان نمونه، جدول (۳) مقدار این شاخص را تا هشت بعد ماتریس نشان می‌دهد. بر اساس مطالعات ساعتی، این مقدار برای ماتریس‌های با بعد بزرگتر از هشت برابر مقداری در حدود ۱/٤٥ می‌باشد (مارینونی، ۲۰۰٤). برای اینکه صحت نظرسنجی مورد تأیید باشد پیشنهاد می‌شود میزان نرخ سازگاری (CR) حتماً کمتر از ۰/۱ باشد (ساعتی و وارگاس، ۱۹۹۱).

جدول ۳- مقادیر شاخص سازگاری تصادفی RI (ساعتی و وارگاس، ۱۹۹۱)

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
RI	۰	۰	۰/۵۲	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱

با توجه به اینکه کارشناسان مختلف هر کدام نظرات مخصوص به خود را دارند، در این مرحله لازم است نظرات مختلف با هم تجمیع شوند. اکزل و ساعتی (۱۹۸۳) نشان داده‌اند که میانگین هندسی بهترین روش برای تجمیع قضاوت‌های فردی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی گروهی است.

[1]- Consistency Ratio
[2]- Consistency Index
[3]- Random Inconsistency
[4]- Eigenvalue

گام پنجم: محاسبه وزن نسبی (به‌دست آوردن ماتریس وزن معیارها و ماتریس تصمیم)

در روش میانگین هندسی که دقت قابل قبولی دارد (ساعتی و وارگاس، ۱۹۸٤)، برای محاسبه وزن نسبی ابتدا میانگین هندسی عناصر هر سطر محاسبه می‌شود، نرمال شده بردار حاصل، بردار وزن خواهد بود. برای این منظور از روابط (۵) و (٦) استفاده می‌شود.

$$r_i = \left(\prod_{j=1}^{m} a_{ij} \right)^{1/m} \quad (۵)$$

$$w_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^{m} r_i} \quad (٦)$$

گام ششم: استفاده از مدل شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده برای رتبه‌بندی راهبردها

روش شباهت به گزینه ایده‌آل توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ ارائه شد. در این روش، راهبردها بر اساس شباهت به حل ایده‌آل رتبه‌بندی می‌شوند. به طوری که هر چه یک راهبرد شبیه‌تر به حل ایده‌آل باشد، رتبه بیشتری دارد. این مدل در مواردی دچار اشکال در رتبه‌بندی می‌شود. به‌طوری که چنانچه یک راهبرد به راهبردهای موجود اضافه و یا از آنها کم شود، ممکن است رتبه‌بندی راهبردها به طور کامل جابه‌جا شود. در این تحقیق، برای رفع نقص موجود در رتبه‌بندی، از روش شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده استفاده می‌شود (رِن و همکاران، ۲۰۰۷).

لذا، ماتریس تصمیم (X) و همینطور ماتریس وزن معیارها (W) با استفاده از انجام مقایسات زوجی روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست آمده‌اند. برای رتبه‌بندی راهبردها با استفاده از مدل شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده مراحلی که در ادامه آمده انجام می‌شود. ممکن است بعضی از معیارها جنبه منفی داشته باشند، مثل معیار هزینه. روابطی که در ادامه گفته می‌شود برای معیارهای با جنبه مثبت مورد استفاده هستند.بنابراین، چنانچه معیاری جنبه منفی داشته باشد می‌توان از طریق معکوس کردن آن معیار را به جنبه مثبت تبدیل نمود. در این تحقیق، تمامی معیارها جنبه مثبت دارند.

در روش TOPSIS اصلاح شده با توجه به اینکه معیارهای مختلف ابعاد مختلفی دارند برای بی مقیاس کردن معیارها، عمل نرمالیزه کردن ماتریس‌ها انجام می‌شود. با توجه به اینکه در مدل هیبریدی ارائه شده در این تحقیق، وزن نسبی معیارها و راهبردها از طریق مقایسات زوجی و همگی با مقیاس یکسان یک تا نه انجام شده است، در مدل هیبریدی نیازی به بی بعد کردن (نرمالیزه کردن) ماتریس تصمیم نیست.

ماتریس تصمیم بی مقیاس وزن‌دار (V) از ضرب ماتریس تصمیم (X) در بردار وزن معیارها (W) به‌دست می‌آید. رابطه (۷) این فرایند را نشان می‌دهد. توجه شود که بردار وزن معیارها نیز از طریق مقایسات زوجی روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست آمده است که در گام‌های یک تا پنج روش محاسبه آن ذکر شده است.

$$V_{ij} = w_j x_{ij} \quad (۷)$$
$$j = 1, \dots, n \,;\, i = 1, \dots, m$$

سپس باید حل ایده‌آل و حل ضد ایده‌آل به‌دست آید.منظور از حل ایده‌آل بهترین مقدار عمکرد یک راهبرد در یک معیار و حل ضد ایده‌آل بدترین مقدار عمکرد راهبرد در یک معیار است. اگر حل ایده‌آل با A^+ و حل ضد ایده‌آل با A^- نشان داده شود، روابط (۸) و (۹) این مقادیر را نشان می‌دهند.

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = \{(max_i v_{ij} | i = 1,2,\dots,m), j = 1,2,\dots,n\} \quad (۸)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \{(min_i v_{ij} | i = 1,2,\dots,m), j = 1,2,\dots,n\} \quad (۹)$$

در مرحله بعد باید فاصله هر راهبرد از حل ایده‌آل و حل ضد ایده‌آل محاسبه شود. برای این منظور از روابط (۱۰) و (۱۱) استفاده می‌شود.

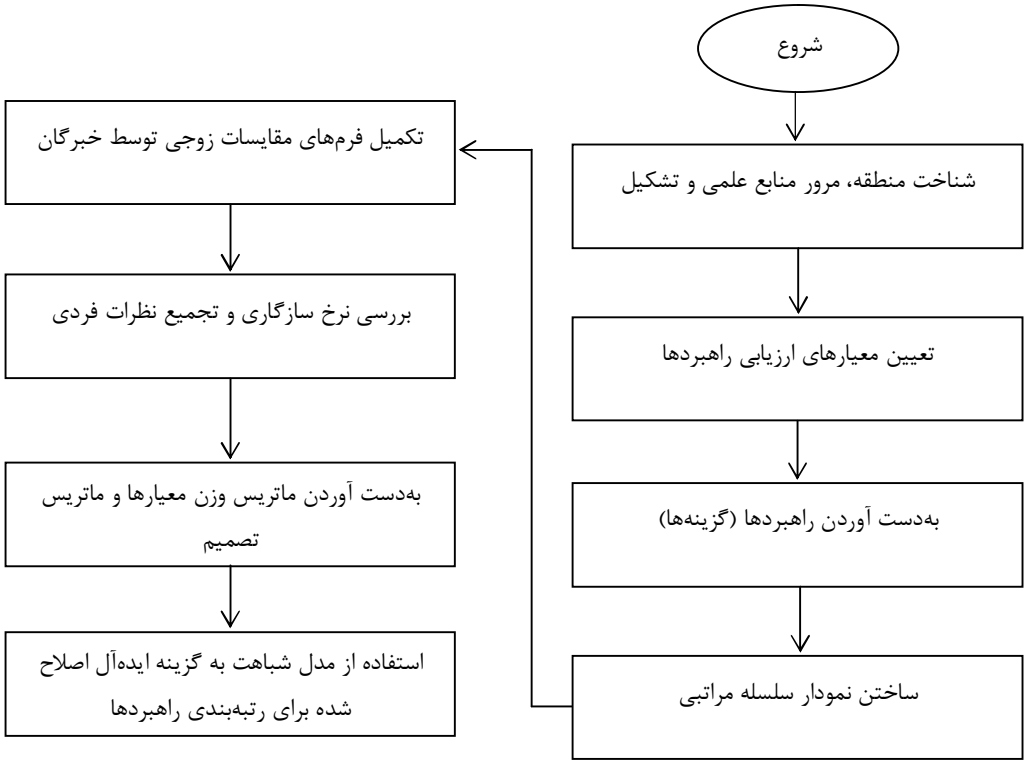
$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1,2,\dots,m \qquad (۱۰)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1,2,\dots,m \qquad (۱۱)$$

در روش شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده، شاخص شباهت با استفاده از رابطه (۱۲) محاسبه می‌شود (رِن و همکاران، ۲۰۰۷).

$$R_i = \sqrt{[d_i^+ - \min(d_i^+)]^2 + [d_i^- - \max(d_i^-)]^2} \qquad (۱۲)$$

با استفاده از رابطه (۱۲) رتبه‌بندی راهبردها بر اساس R_i و به صورت صعودی انجام می‌شود (کمترین میزان R_i بالاترین رتبه را دارد).



شکل ۲- فلوچارت مراحل مدل هیبریدی

نرم افزار مورد استفاده

با توجه به اینکه مدل هیبریدی معرفی شده در این پژوهش از ترکیب سایر مدل‌های تصمیم گیری بوجود آمده است، نرم‌افزار بخصوصی برای اجرای آن قبلاً ارائه نشده است، بنابراین تمام مراحل مدل هیبریدی بکار رفته در این پژوهش در نرم افزار Excel فرمول نویسی و اجرا شده‌اند.

نتایج

راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک

برای تدوین راهبردها از مدل SWOT استفاده شده است. با توجه به نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به حوضه آبریز کویر مرکزی، طی چند جلسه با حضور افراد کمیته خبرگان، به‌صورت طوفان فکری با ادغام کلیه نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، تمامی راهبردهای محتمل استخراج شد و سپس از بین این راهبردها، راهبردهایی که امکان پذیر و منطقی

باشند انتخاب گردید. در نهایت هشت راهبرد اصلی برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک به‌دست آمد که به شرح زیر است:

راهبرد یک: تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی

راهبرد دو: استفاده از آب‌های بازیافتی

راهبرد سه: به‌روز رسانی سامانه‌های آبیاری

راهبرد چهار: افزایش قیمت آب کشاورزی

راهبرد پنج: واردات آب مجازی

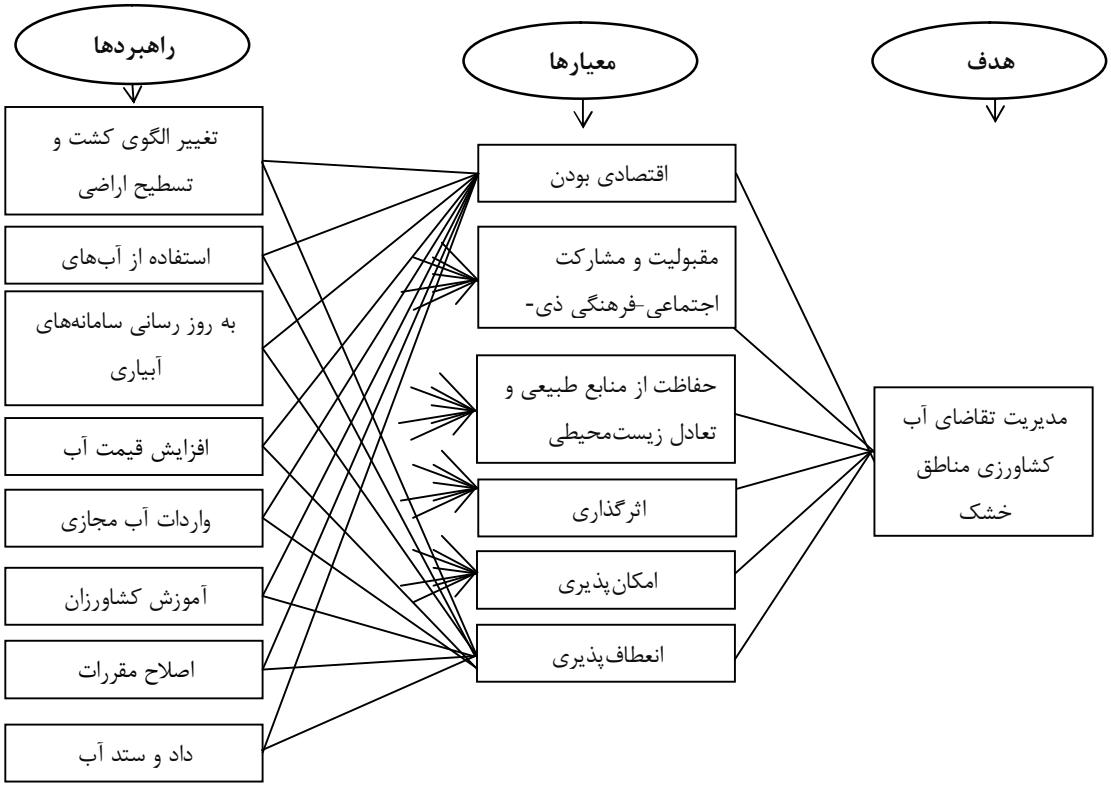
راهبرد شش: آموزش کشاورزان

راهبرد هفت: اصلاح مقررات

راهبرد هشت: داد و ستد آب

ساختار سلسله مراتبی مدل تصمیم‌گیری

در این تحقیق، ساختار سلسله مراتبی شامل هدف، شش معیار برای ارزیابی راهبردها و هشت راهبرد می‌باشد. همانگونه که از عنوان تحقیق مشخص است، در این پژوهش هدف مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک می‌باشد. شکل (۳) ساختار سلسله مراتبی مدل تصمیم‌گیری این تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۳- ساختار سلسله مراتبی مسئله تصمیم‌گیری مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک

تیم تصمیم‌گیرنده

برای اجرای مدل تصمیم‌گیری، فرم‌های نظرسنجی تقدیم متخصصین شد. ضمن به‌دست آوردن ماتریس‌های مقایسات زوجی، از نظرات این متخصصین استفاده شد. در کل، ۳۷ نفر فرم نظرسنجی را کامل کردند، که در این میان دو عدد از فرم‌ها دارای نرخ سازگاری پایین بوده و قابل اصلاح نبودند و به این علت حذف شدند. در نهایت، ۳۵ فرم نظرسنجی قابل قبول به‌دست آمد. لازم به ذکر است که از این تیم، ۱۱ نفر دارای مدرک دکتری در زمینه‌های مدیریت منابع آب و عضو هیئت علمی دانشگاه‌های مختلف ایران بودند. تا حد امکان سعی شد تا برای اجرای مدل تصمیم‌گیری از اساتید دانشگاه، کارشناسان آب، مجریان طرح‌های کشاورزی، مسئولین سازمان‌های مسئول و همچنین کسانی که به کشاورزی مشغول هستند استفاده شود. چنانچه در میان این ۳۵ نفر، ۱۲ نفر مسئولین سازمان‌های مسئول و مؤسسه‌های

تحقیقاتی و همچنین سه نفر کشاورز بومی در مناطق خشک به عنوان ذینفع به چشم می‌خورند.

وزن نسبی معیارها و راهبردها

با استفاده از مقایسات زوجی تحلیل سلسله مراتبی و نظرات کارشناسان، وزن معیارهای مختلف (ماتریس وزن معیارها (W)) به‌دست آمد و در جدول (٤) ارائه شده است. وزن نسبی راهبردها (ماتریس تصمیم (X)) حاصل از نظرات کارشناسان، مطابق جدول (۵) است.

جدول ۴- وزن معیارهای مختلف

معیارها	وزن
اقتصادی بودن	۰/۱۴۸
مقبولیت و مشارکت اجتماعی-فرهنگی ذی‌نفعان	۰/۱۶
حفاظت از منابع طبیعی و تعادل زیست‌محیطی	۰/۲۴۵
اثرگذاری	۰/۱۶۵
امکان پذیری	۰/۱۷۹
انعطاف پذیری	۰/۱۰۳

جدول ۵- وزن نسبی راهبردها (ماتریس تصمیم)

راهبرد ها	اقتصادی بودن	مقبولیت	حفاظت	اثرگذاری	امکان پذیری	انعطاف پذیری
تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی	۰/۱۶۶	۰/۱۳۱	۰/۱۵۷	۰/۱۷۶	۰/۱۴	۰/۱۶۱
استفاده از آب‌های بازیافتی	۰/۱۱۶	۰/۱۲۸	۰/۱۶	۰/۱۲۱	۰/۱۳۳	۰/۱۰۹
به روز رسانی سامانه‌های آبیاری	۰/۱۶۹	۰/۱۳۹	۰/۱۱۹	۰/۱۸۵	۰/۱۴۸	۰/۱۳
افزایش قیمت آب کشاورزی	۰/۱۴۸	۰/۰۸۷	۰/۰۹۲	۰/۱۱۴	۰/۱۰۸	۰/۰۹۹
واردات آب مجازی	۰/۰۸۹	۰/۰۷۳	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۰۷	۰/۱۰۷
آموزش کشاورزان	۰/۱۲۶	۰/۲۱۸	۰/۱۵۴	۰/۱۲۸	۰/۱۶۸	۰/۱۷۴
اصلاح مقررات	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۷۳	۰/۰۹۵	۰/۱۰۹	۰/۱۱۶
داد و ستد آب	۰/۱۰۷	۰/۱۲۴	۰/۰۶۵	۰/۰۹۲	۰/۰۸۷	۰/۱۰۳

جدول ۶- رتبه‌بندی راهبردها با استفاده از مدل هیبریدی

رتبه	راهبرد	مقدار محاسبه شده شاخص شباهت اصلاح شده (R_i)
۱	آموزش کشاورزان	۰
۲	تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی	۰/۰۰۴۹
۳	به روز رسانی سامانه‌های آبیاری	۰/۰۱۰۷
۴	استفاده از آب های بازیافتی	۰/۰۱۳۵
۵	اصلاح مقررات	۰/۰۲۰۳
۶	افزایش قیمت آب کشاورزی	۰/۰۳۲۱
۷	داد و ستد آب	۰/۰۳۸۵
۸	واردات آب مجازی	۰/۰۴۲۲

اولویت‌بندی راهبردها

نتایج اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک با استفاده از مدل هیبریدی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده، به شرح جدول (٦) است.

نتایج مدل نشان می‌دهد که راهبرد آموزش کشاورزان بهترین راهبرد در میان راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک می‌باشد. در رتبه‌های بعدی، تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی، به روز رسانی سامانه‌های آبیاری و استفاده از آب‌های بازیافتی قرار گرفتند. کمترین رتبه‌ها نیز به راهبردهای داد و ستد آب و واردات آب مجازی تعلق گرفت.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عموم کارشناسان معتقدند آموزش کشاورزان در زمینه استفاده صحیح از آب بهترین راهبرد برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک است. در مورد ارائه آمار و ارقام آموزش کشاورزان، آمارهایی وجود دارد که می‌گوید چه تعداد کشاورز در چه سالی توسط چه ارگانی آموزش داده شده‌اند، به عنوان مثال در سال ۱۳۹۰ آموزش‌های ترویجی به ۸۷۰٦۱٤ نفر و آموزش‌های مهارتی غیررسمی به ۲۱٦۱٦۱ نفر از بهره برداران کشاورزی ارائه شده است (مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰) بر اساس نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌شود هزینه و وقت بیشتری به بحث آموزش کشاورزان و به طور اختصاصی در زمینه مدیریت و صرفه‌جویی آب آبیاری اختصاص داده شود.

یکی از راهکارهایی که برای افزایش سطح آموزش کشاورزان وجود دارد ایجاد انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب می‌باشد، این انجمن‌ها شامل کشاورزان بومی در هر منطقه می‌باشند (اصطلاحاً به آنها کشاورزان میزبان نیز اطلاق می‌شود) که از میان کشاورزان مسئولیت‌پذیر منطقه انتخاب می‌شوند. کشاورزان بیشتر تمایل دارند از کشاورزان دیگر آموزش ببینند تا افراد دانشگاهی و نهادهای دولتی، به همین خاطر می‌توان انجمن‌های مصرف‌کنندگان را آموزش داد و این انجمن‌ها سایر کشاورزان را آموزش می‌دهند (فال سلیمان و چکشی، ۱۳۹۰). به نظر می‌رسد راهبرد داد و ستد آب به دلیل اقتصادی نبودن کشاورزی در کشور و احتمال انتقال آب کشاورزی به بخش‌های دیگر اقتصاد، رتبه پایینی را به خود اختصاص داده است. به طوری که چنانچه این راهبرد انجام شود ممکن است منابع آب به سمت استفاده در صنعت و خدمات رفته و به این طریق کشاورزی دچار رکود شده و کمبود منابع غذایی حس شود. به همین علت، به‌نظر می‌رسد راهبرد داد و ستد آب هنوز راهبرد مناسبی برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی نمی‌باشد.همچنین، به‌نظر می‌رسد راهبرد واردات آب مجازی به علت شرایط سیاسی کشور، فشارهای تحریم و عدم ثبات در روابط با کشورهای همسایه از رتبه پایینی برخوردار است.

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که راهبرد تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. پیشنهاد می‌شود الگوی کشت مناسب بر اساس مدیریت تقاضای آب کشاورزی و نه بر اساس افزایش سود اقتصادی، برای سطح کشور و همچنین به‌صورت منطقه‌ای تدوین شود. همچنین، هر چه سریعتر کشاورزی از حالت سنتی به صورت مدرن و مکانیزه با بازده بالاتر نائل شود. باید به این نکته توجه نمود که تسطیح اراضی تنها برای زمین‌های کشاورزی با سیستم آبیاری سطحی پیشنهاد شده است، در صورت استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی تسطیح اراضی چندان تأثیرگذار نیست و لزومی ندارد.

راهبرد به‌روز رسانی سامانه‌های آبیاری هم اکنون در سطح کشور در حال اجرا است. باید توجه نمود که چنانچه افزایش بازدهی و کاهش تلفات آب تنها به منظور افزایش سود اقتصادی باشد و همراه با افزایش سطح زیر کشت انجام شود به تغذیه آب زیر زمینی آسیب می‌رساند (یزدان پناه و همکاران، ۱۳۸۷). این راهبرد در صورتی مفید خواهد بود که افزایش بازدهی مصرف آب

با افزایش سطح زیر کشت و ثابت نگه داشتن میزان مصرف آب همراه نباشد.

تمامی راهبردهایی که در این مطالعه پیشنهاد شده است نیاز به حمایت‌های دولت از کشاورزان دارد. کشاورز در حال حاضر نیز با مشکلات فراوانی روبرو است و هرگز نباید شرایطی محیا شود که با اعمال سیاست‌های یکطرفه، به کشاورز فشار وارد شود. به عنوان مثال در مورد راهبرد به‌روز رسانی سامانه‌های آبیاری، باید سهم دولت در تأمین هزینه‌های اجرای سیستم‌های آبیاری مدرن افزایش یابد و یا در مورد راهبرد تغییر الگوی کشت، پس از تعیین الگوی کشت، دولت باید خرید محصولات داخل الگوی کشت را با قیمت مناسب تضمین نماید و همچنین بسته‌های تشویقی برای کشاورزانی که در مصرف آب صرفه‌جویی می‌نمایند در نظر بگیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، با استفاده از مدل SWOT و تشکیل جلسات طوفان فکری و همچنین با مرور منابع علمی داخلی و خارجی، تمامی راهبردهای ممکن برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک به‌دست آمد. سپس با تجمیع این راهبردها، هشت راهبرد اصلی مطرح برای مدیریت تقاضای آب کشاورزی در مناطق خشک با تأکید بر حوضه مرکزی ایران تدوین شد.

با توجه به نقاط ضعف و قوتی که در مدل AHP و TOPSIS وجود دارد، در این مطالعه سعی شد که با ارائه یک مدل هیبریدی از نقاط قوت هر دو مدل استفاده نمود و از نقاط ضعف آنها پرهیز کرد. ضمن اینکه برای رتبه‌بندی راهبردها با استفاده از مدل TOPSIS از یک شاخص اصلاح شده استفاده شد تا نواقص احتمالی در رتبه‌بندی راهبردها توسط این مدل برطرف شود. بدین ترتیب، مدل ارائه شده در این تحقیق، مدل هیبریدی تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده نام گرفت و نتایج زیر از این تحقیق حاصل گردید.

راهبرد آموزش کشاورزان بهترین راهبرد در میان راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک می‌باشد. در رتبه‌های بعدی تغییر الگوی کشت و تسطیح اراضی، به روز رسانی سامانه‌های آبیاری و استفاده از آب-های بازیافتی قرار گرفتند. کمترین رتبه‌ها نیز به راهبردهای داد و ستد آب و واردات آب مجازی تعلق گرفت. بر اساس نتایج این مطالعه پیشنهاد می‌شود هزینه و وقت بیشتری به بحث آموزش کشاورزان و به طور اختصاصی در زمینه مدیریت و صرفه جویی آب آبیاری اختصاص داده شود.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد مدل هیبریدی فرایند تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل اصلاح شده از نقاط قوت مدل تحلیل سلسله مراتبی و شباهت به گزینه ایده‌آل استفاده کرده و نقاط ضعف این دو مدل را پوشش می‌دهد، ضمن اینکه از یک شاخص اصلاح شده برای اولویت‌بندی راهبردها استفاده می‌کند، بنابراین می‌تواند در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره مخصوصاً با تعداد زیاد معیارها و راهبردها بطور کاراتر مورد استفاده قرار گیرد و نتایج دقیق ارائه کند.

فهرست منابع

۱. اردستانی، م.، ع. کیانی راد و ا. محمدی نژاد. ۱۳۹۲. مدیریت بهینه تأمین آب کشاورزی با رویکرد توسعه پایدار (مقایسه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره) مطالعه موردی حوضه آبریز پلدشت استان آذربایجان غربی. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، ۱۸ صفحه.

۲. بنی حبیب، م. ا. ۱۳۹۲. گزارش تدوین راهبردهای مدیریت تقاضای آب کشاورزی (با تأکید روی اقلیم خشک ایران). مرکز مطالعات و پژوهش‌های بنیادی انقلاب اسلامی، ۱۳۷ صفحه.

۳. دباغیان، م.، س. هاشمی و ت. عبادی. ۱۳۸۸. ارزیابی فنی اقتصادی و زیست‌محیطی روش‌های تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری به روش AHP. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲(۳): ۱۰۷-۱۱۵.

٤. شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۸۹. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب ایران، حوزه آبریز کویر مرکزی.

۵. شرکت مهندسی رایان آب فراز. ۱۳۹۱. مطالعات پایه محدوده مطالعاتی کویر مرکزی (٤۷۰۱)- گزارش هیدروژئولوژی، هیدروشیمی، مصارف و آب برگشتی. ۱۱٤ صفحه.

٦. طاهرخانی، م. ۱۳۸٦. کاربرد تکنیک TOPSIS در اولویت‌بندی مکانی استقرار صنایع تبدیلی کشاورزی در مناطق روستایی. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ٦(۳): ۵۹-۷۳.

۷. عطایی، م. ۱۳۸۹ . تصمیم‌گیری چند معیاره. چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود. ۳۳۳ صفحه.

۸. غفاری، ا.، ع. منتظر و م. رحیمی جمنانی. ۱۳۸۸. تعیین الگوی کشت بهینه شبکه آبیاری ورامین با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۰ صفحه.

۹. فال سلیمان، محمود، و بهاره چکشی. ۱۳۹۰. نقش مدیریت بهینه مصرف آب کشاورزی جهت افزایش بهره-وری و پایداری منابع آب دشت‌های بحرانی در نواحی خشک و کم آب کشور (مطالعه موردی غرب دشت بیرجند). جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. ۹(۱٦): ۱۹ صفحه.

۱۰. قره‌داغی، م.، ع. معروف پور، خ. بابایی و م. پاشازاده. ۱۳۹۰. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در انتخاب سیستم‌های آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی: دشت دهگلان کردستان). علوم مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی). ۳٤(۲):۱۱.

۱۱. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۰. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۰، جلد دوم: آب و خاک، ماشین آلات و ادوات کشاورزی. ٤۲٦ صفحه.

۱۲. مهتابی اوغانی، م.، ا. نجفی و ح. یوسفی. ۱۳۹۲. مقایسه دو روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس در مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری (مطالعه موردی: انتخاب محل دفن پسماند شهری کرج). مجله سلامت و محیط، ٦(۳): ۳٤۱-۳۵۲.

۱۳. یزدان پناه، ط.، ک. داوری، س. خداشناس و ب. قهرمان. ۱۳۸۷. افزایش راندمان آبیاری و نقش آن در وضعیت آب زیرزمینی. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز. ۸ صفحه.

14. Aczel, J., and Saaty, T.L. 1983. Procedure for synthesizing ratio judgements. Journal of Mathematical Psychology, 27: 93-102.
15. Al-Kloub, B., Al-Shemmeri, T. and Pearman, A. 1977. The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan. European Journal of Operation Research, 99: 278-288.
16. Anagnostopoulos, K.P., Petlas, C. and V. Pisinaras. 2005. Water resources planning using the AHP and PROMETHEE multicriteria methods: The case of Nestos river–Greece. The 7th Balkan Conference on Operational Research, 12 pages.
17. Ananda, J. and Herath, G. 2007. Multi-attribute preference modelling and regional land-use planning. Ecological Economics, 65(2), 325-335.
18. DeCarralho, S.C.P., Armitage, N.P. and Carden, K.J. 2009. Application of a sustainable index for integrated urban water management in southern African cities: Case study comparison Maputo and Hermanus. Water SA. 35(2): 144-151.
19. Duarte, C., Ettkin, L. P., Helms, M. M., & Anderson, M. S. (2006). The challenge of Venezuela: a SWOT analysis. Competitiveness Review, 16(3/4), 233-247.

20. Foxon, T.J., Mcilkenny, G., Gilmour, D., Oltean-dumberava, C., Souter, N., Ashley, R., Butler, D., Pearson, P., Jowitt, P. and Moir, J. 2003. Sustainability criteria for decision support in the UK water industry. Journal of Environmental Planning and Management, 45(2): 285-301.
21. Garfi, M., Marti, L.F., Bonoli, A. and Tondelli, S. 2011. Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programs: A case study in semi-arid region of Brazil. Journal of Environmental Management, 92(3): 665-675.
22. Hellstrom, D., Jepsson, U. and Karrman, E. 2002. A framework for systems analysis of sustainable urban water management. Environmental Impact Assessment Review, 20(3): 311-321.
23. Hwang, C.L. and Yoon, K. 1981. Multiple attribute decision making. Springer-verlag. Berlin.
24. Marinoni, O. 2004. Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. Computers & Geosciences, 30: 637-646.
25. Pierin, N. 2005. Sustainability indicators for urban water management. MSA Thesis, Faculty of Chemical Engineering, University of Pisa, Italy.
26. Qadir, M., Boers, T. M., Schubert, S., Ghafoor, A., & Murtaza, G. 2003. Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. Agricultural water management, 62(3), 165-185.
27. Ren, L., Zhang, Y., Wang, Y. and Sun, Z. 2007. Comparative analysis of a novel M-TOPSIS method and TOPSIS., Applied Mathematics Research, 10 pages.
28. Saaty, T.L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of Mathematical Psychology, 15: 231-281.
29. Saaty, T.L. 1990. How to make a decision: The analytic hierarchy Process. European Journal of Operational Research, 48(1): 9-26.
30. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. 1984. Inconsistency and rank preservation. Journal of Mathematical Psychology, 28(2): 205-214.
31. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. 1991. Prediction, Projection and Forecasting. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 251 p.
32. Sadeghi Ravesh, M. H., Ahmadi, H., & Zehtabian, G. (2011). Application of sensitivity analysis for assessment of de-desertification alternatives in the central Iran by using Triantaphyllou method. Environmental Monitoring and Assessment, 179(1), 31-46.
33. Sa-nguanduan, N. and Nititvattananon, V. 2010. Strategic decision making for urban water reuse application: A case from Thailand. Desalination, 268(1-3): 141-149.
34. Shih, H. S., Shyur, H.J. and Lee, E.S. 2007. An extension of TOPSIS for group decision making. Mathematical and Computer Modelling, 45: 801-813.
35. Srdjevic, B. 2007. Linking analytic hierarchy process and social choice methods to support group decision-making in water management. Decision Support Systems, 42: 2261-2273.
36. Vargas, L.G. 1982. Reciprocal matrix with random coefficients. Mathematical Modelling, 3: 69-81.
37. WWDR. 2012. The United Nations World Water Development Report.