فصلنامه علوم محیطی، دوره بیستم، شماره ۳، پائیز ۱۴۰۱

۱۵۵-۱۷۲
مقاله پژوهشی

راهبردهای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در دشت رومشکان

فاطمه سپهوند[۱]، کریم نادری مهدیی[۱*]، سعید غلامرضایی[۲] و مسعود بیژنی[۳]

[۱] گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران
[۲] گروه اقتصاد و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران
[۳] گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۶

سپهوند، ف.، ک. نادری مهدیی، س. غلامرضایی و م. بیژنی. ۱۴۰۱. راهبردهای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در دشت رومشکان. فصلنامه علوم محیطی. ۲۰(۳): ۱۵۵-۱۷۲.

سابقه و هدف: در کشور ایران از حدود ۸۸/۵ میلیارد مترمکعب آب استحصال‌شده از منابع سطحی و زیرزمینی، حدود ۸۳ میلیارد مترمکعب یعنی ۹۳/۵ درصد به بخش کشاورزی اختصاص می‌یابد ، در ایران بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است. مصرف رو به افزایش منابع آب سطحی و زیرزمینی، معلول افزایش جمعیت، افزایش سطح زیر کشت و تولیدات کشاورزی هست که به‌تبع آن سبب کاهش دسترسی به منابع آب و افت سطح ایستابی و تخلیه آبخوان‌ها شده است. آمارها نشان می‌دهند که مصرف رو به افزایش این منابع استراتژیک، سبب تهدید کمیت و کیفیت این منابع شده است به‌طوری‌که هم‌اکنون تعداد زیادی از دشت‌های کشور در شرایط بحرانی قرار دارند. دشت رومشکان، یکی از دشت‌های واقع در حوضه کرخه هست که در طی چند دهه اخیر با کاهش قابل توجه از منابع مواجه شده است (دشت رومشکان یک دشت ممنوعه است) و این تحقیق قصد دارد به تدوین راهبردهایی در راستای مدیریت پایدار منابع آب این دشت بپردازد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کاربردی و توصیفی (غیر آزمایشگاهی) می‌باشد که با استفاده از تکنیک دلفی فازی به بررسی راهبردهای مدیریت پایدار دشت رومشکان پرداخته است. حجم نمونه این تحقیق ۲۸ نفر از اساتید، کارشناسان، مسئولین و کشاورزان آگاه به موضوع در شهرستان‌های خرم آباد و رومشکان بودند که با به‌کارگیری روش نمونه‌گیری هدفمند گلوله‌برفی انتخاب شدند. در این تحقیق برای توصیف دشت رومشکان داده‌های ثانویه مورد نیاز از سازمان‌های مرتبط اخذ شد. همچنین داده‌های مرتبط به کاهش منابع آب این دشت در طی ۳ دهه اخیر نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث: در این تحقیق مشخص شد که با وجود بحرانی بودن شرایط کنونی و ممنوعه بودن دشت رومشکان، معیشت جوامع روستایی و بهره‌برداران عمدتاً وابسته به بخش کشاورزی بوده و همچنان کشت محصولات آب‌دوست در سطح گسترده وجود دارد. از سویی دیگر ساختار عرضه و بهره‌برداری از منابع آب به‌صورت سنتی می‌باشد و اراضی کشاورزی این دشت فاقد سیستم نوین آبیاری هستند. اولویت راهبردها "توسعه اشتغال پایدار روستایی با تأکید بر متنوع‌سازی اقتصاد جوامع روستایی" بوده است تا از فشار بر منابع کاسته شود و این امر نیز قطعاً مستلزم"توسعه انسانی کنشگران مرتبط با آب و توانمندسازی جوامع روستایی" خواهد بود. از سویی دیگر، "توسعه فناوری‌های متناسب و کم

*Corresponding Author: *Email Address*. knadery@basu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.1121
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1401.20.3.9.2

آب بر در منطقه" نیز می‌تواند به اصلاح ساختار سنتی عرضه و مصرف این منابع کمک شایانی داشته باشد. همچنین"بازنگری در حکمرانی آب با تأکید بر شاخصه‌های حکمرانی خوب" توجه به بعد سیاست‌گذاری را نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری در سطح کلان‌تر را می‌طلبد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در این دشت صرفاً با تکیه بر بعد فنّاورانه محقق نخواهد شد و علاوه بر بعد مذکور، ابعاد اقتصادی، اجتماعی، سیاست‌گذاری و زیست‌محیطی باید مورد توجه قرار گیرند. این بدین معناست که اکنون که شرایط دشت بحرانی می‌باشد و سفره‌های زیرزمینی قادر به تامین آب برای تولیدات بخش کشاورزی نیستند، لذا باید به موازات اصلاح ساختار مصرف آب و نیز حفاظت از این منابع، با اشتغال‌های غیرزراعی و متنوع‌سازی اشتغال جوامع روستایی، از فشار بر این منابع کاست.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پایدار، حوضه آبریز، جوامع روستایی، دلفی فازی، دشت ممنوعه.

مقدمه

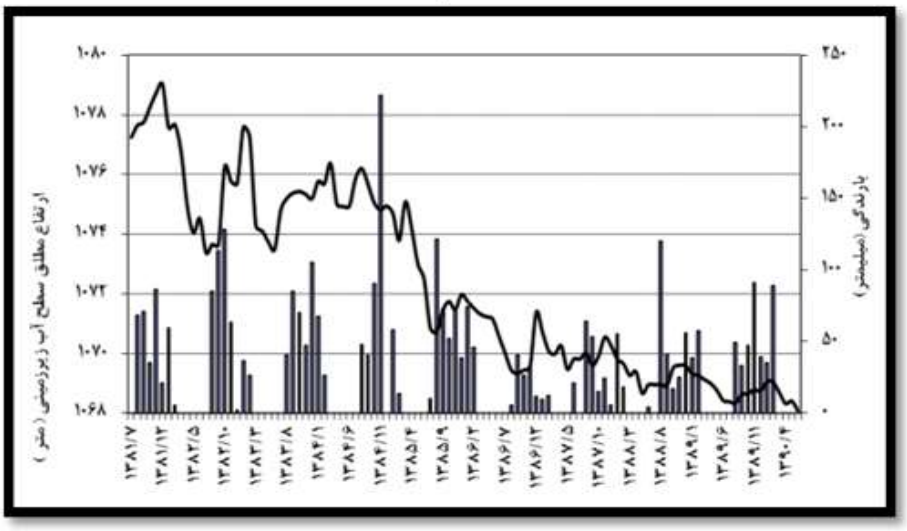
در کشور ایران کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است (Gholamrezai and Sepahvand, 2017; Sepahvand *et al*., 2019; Sadeghi *et al*., 2020).

مصرف رو به افزایش منابع آب سطحی و زیرزمینی، معلول افزایش جمعیت، افزایش سطح زیر کشت و تولیدات کشاورزی هست که به‌تبع آن سبب کاهش دسترسی به منابع آب و افت سطح ایستابی و تخلیه آبخوان‌ها شده است. آمارها نشان می‌دهند که مصرف رو به افزایش این منابع استراتژیک، سبب تهدید کمیت و کیفیت این منابع شده است به‌طوری‌که حدود ۴۰۴ از ۶۰۹ دشت کشور، به‌عنوان دشت‌هایی اعلام‌شده‌اند که در آن‌ها بیش‌ازاندازه از سرمایه ذخیره راهبردی آب استفاده می‌شود (Samani, 2020).

در این بین، حوضه کرخه نیز یکی از حوضه‌های اصلی آبریز کشور هست که در طی چند دهه اخیر کاهش چشم‌گیر منابع آب زیرزمینی را تجربه کرده است که در شرایط کنونی برخی دشت‌های این حوضه برای حفظ حیات خود، نیازمند اعمال مدیریتی پایدار هستند.

حوضه آبریز کرخه با وسعت ۵۱۹۱۲/۳ کیلومترمربع به لحاظ اهمیت منابع آب یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز درجه دو کشور می‌باشد که در استان‌های کرمانشاه، همدان، ایلام، لرستان، خوزستان و کردستان واقع شده است. از جمله دشت‌های موجود در این حوضه، دشت رومشکان است که در غرب استان لرستان قرار دارد و در طی چند دهه با مشکل کم‌آبی مواجه شده است (Abdollahi *et al*., 2018).

آمارها نشان می‌دهند که منابع بهره‌برداری کننده از آب‌های زیرزمینی در این دشت، شامل ۴۲۷ حلقه چاه با تخلیه سالانه ۲۱/۲۹۶ میلیون مترمکعب و ۱۴ دهنه چشمه با تخلیه سالانه ۱۵/۲۹ میلیون مترمکعب می‌باشد. مصرف آب در این محدوده مطالعاتی شامل ۲۱/۳ میلیون مترمکعب در سال از آب‌های زیرزمینی (چاه) و ۵/۳۲ میلیون مترمکعب از جریان سطحی و چشمه‌ها است که به ترتیب ۲۵/۳۹ میلیون مترمکعب به مصرف کشاورزی،۱/۱۳ میلیون مترمکعب مصرف شرب و مابقی به مصرف صنعت می‌رسد. همچنین آمارها نشان می‌دهند که آبخوان آبرفتی دشت رومشگان دارای تغییرات ذخیره ۳/۷- میلیون مترمکعب در سال است. این درحالی است که همچنان کشت محصولات دارای مصرف آب زیاد و نظام‌های سنتی بهره‌برداری در این دشت وجود دارد و فشار حداکثری بر منابع برای تولید، وجود دارد. بر اساس آبنمود (هیدروگراف) دشت، میزان تغییرات سطح آب زیرزمینی از ابتدای دوره تهیه هیدروگراف تا انتها ۹/۱۷- متر و متوسط تغییرات سالانه سطح آب زیرزمینی ۱/۰۲- متر می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۱- هیدروگراف دشت رومشکان در طی ۳۰ سال. منبع: امور آب شهرستان رومشگان(۱۳۹۹)
Fig. 1- Hydrograph of Romeshkan plain during 30 years. Source: Water Affairs of Romeshkan Township (2020)

همچنین در جدول (۱) تغییرات حجم و سطح آب بیست ساله در دشت رومشکان واقع در حوضه کرخه علیا تا سال آبی ۹۹-۹۸ قابل‌مشاهده هست (Water Affairs of Romeshkan Township, 2020). این روند کاهش در دشت رومشکان در حالی است که تاکنون موضوع مدیریت منابع آب زیرزمینی تحت عناوین مختلفی در سطح کشور در دستور کار نهادها و وزارتخانه‌های مرتبط قرارگرفته شده است ولی تاکنون نتوانسته‌اند مؤثر واقع شوند.

جدول ۱- تغییرات سطح آب بیست ساله در دشت رومشکان واقع در حوضه کرخه علیا تا سال آبی ۹۹-۹۸
Table 1. Twenty-year water level changes in the Romeshkan plain until 2019-2020

تغییرات حجم و سطح آب در سال آبی ۹۹-۹۸ Water level changes in 2019-2020		تغییرات حجم و سطح آب در بلندمدت تا سال ۹۹-۹۸ Water level changes in the long run until 2019-2020		
تغییرات سطح آب (متر) Water level changes (meters)	تغییرات حجم آب (میلیون مترمکعب) Water changes (million cubic meters)	حجم سالانه (میلیون مترمکعب) Annual volume (million cubic meters)	تغییرات سطح آب (متر) Water level changes (meters)	تغییرات حجم آب (میلیون مترمکعب) Water changes (million cubic meters)
-0.9	-3.1	-1.5	-7.61	-27.6

Source: Water Affairs of Romeshkan Township (2020)

از سویی دیگر تحقیقات نشان می‌دهد که کاهش منابع آب زیرزمینی تبعات و عوارض کوتاه‌مدت و بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی گسترده‌ای در پی دارد و مواردی نظیر "خشک شدن چشمه‌ها، قنوات، چاه‌ها، رودخانه‌ها، تالاب‌ها، خشک شدن باغات و مزارع، مهاجرت مردم و حاشیه‌نشینی در اطراف شهرهای بزرگ، کاهش کیفیت آب و فرونشست زمین و تخلیه آبخوان" ازجمله آنها هستند (Manzami ؛ Abdollahi *et al.*, 2018 Bahram ؛ Budaghpour and Tohid, 2017 ؛*et al.*, 2016 Lou, 2018).

مطالعات نشان داده است طبیعت پیچیده مسائل آب نیازمند روش‌های جدیدی است (Shokati Amghani *et al.*, 2018) که دیدگاه‌های فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و منطقی را در یک قالب به‌هم‌پیوسته گردآوری نماید که اصلی‌ترین روش در راستای دستیابی به منابع پایدار آب در سطح ملی و بین‌المللی است (Alizadeh, 2012). بدون تردید کاهش منابع آب زیرزمینی اکنون به‌صورت یک مشکل و مسئله نگران‌کننده در بخش کشاورزی در ایران وجود دارد و مدیریت آن با چالش‌هایی مواجه است و برای برون‌رفت از این مشکل و جلوگیری از تبعات و عوارض

تشدید این مشکل، باید به شیوه‌هایی نوین‌تر از قبل، اقداماتی صورت گیرد. زیرا مدیریت آب‌های زیرزمینی یک فعالیت بین‌رشته‌ای است و بیشتر از آنکه یک اقدام فنی به‌حساب بیاید، نیازمند توجه کردن به ابعاد اجتماعی، سیاسی و اقتصادی است (Smith *et al.*, 2016) و در این راستا اعمال "مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی[1]"می‌تواند راهگشا باشد.

ارائه مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی همواره مورد توجه برنامه‌ریزان و محققین قرار گرفته است و به فراخور شرایط و موقعیت و میزان مشکلات موجود، راهبردها، راهکارها و سیاست‌های مختلفی در این راستا بیان شده است. لازم به ذکر است که با توجه به پیچیدگی‌های فراوان مربوط به آب‌های زیرزمینی، برای مدیریت این منابع رشته‌های مختلفی در این حوزه مطالعات داشته‌اند (Li *et al.*, 2018). در این راستا برخی صاحب‌نظران و محققان بر مشارکت تمام ذینفعان برای مدیریت بهتر آب‌های زیرزمینی به موازات اصلاح ساختارهای حاکمیت آب تاکید دارند (, Samani 2020). برخی دیگر راهکارهایی نظیر ساختارهای شارژ مصنوعی، کشت محصولات کم آب بر در منطقه، رسوب‌زدایی مخازن موجود را برای اجرای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی مناسب می‌دانند (Madhnure *et al.*, 2015). افزایش قیمت آب، تغییر الگوی کشت، ایجاد سیاست‌های مختلف آبیاری، تعادل بخشی و احیای سفره‌های آب زیرزمینی، آموزش‌های کاربردی و مستمر به کشاورزان (Azizi Khalkheili *et al.*, 2012؛ Shirzadi Leskoklayeh *et al.*, 2018؛ Zalikhaei Siar *et al.*, 2018؛Shojaat Zare *et al.*, 2019) و نیز استفاده تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی (Afshar *et al.*, 2019) از دیگر راهبرد و راهکارهای بیان شده در تحقیقات مختلف بوده است. همچنین اجرای برخی سیاست‌های اقتصادی در مورد آبیاری و قیمت‌گذاری انرژی از دیگر موارد پیشنهادی برای اجرای مدیریت پایدار این منابع بوده است (Viaggi Balali, 2015 and). با توجه به موارد بیان شده، این تحقیق بر بررسی راهبردهای تحقق مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در دشت رومشکان متمرکز است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. همچنین تحقیق حاضر از نوع تحقیقات توصیفی (غیر آزمایشگاهی) می‌باشد که با شیوه پیمایشی انجام شده است و به دلیل اینکه در یک محدوده زمانی معین به انجام می‌رسد، پیمایشی تک مقطعی به‌حساب می‌آید (Sarmad *et al.*, 2019). در این تحقیق بنا به اقتضای هدف تعیین‌شده از تکنیک دلفی فازی استفاده شد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق عمدتاً به شیوه پیمایش و کتابخانه به‌دست‌آمده است و در این راستا عمدتاً از داده‌های ثانویه نظیر اسناد علمی و چندین گزارش از اسناد دولتی که منطقه مورد مطالعه را توصیف می‌کنند، استفاده‌شده است (Delgado-Serranoa and Borrego-Marinb, 2019; Azizi *et al.*, 2017). این تحقیق از نظر نوع تحقیق نیز در دسته تحقیقات کیفی قرار می‌گیرد.

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری

جامعه تحقیق متخصصان، کارشناسان، مسئولین و کشاورزان آگاه به موضوع بودند. به‌منظور شناسایی کارشناسان و متخصصان مشارکت کننده نیز سعی شد که با توجه به جامع بودن موضوع و بین‌رشته‌ای بودن آن تا حد ممکن از تمام ظرفیت‌های افراد کارآمد بهره گرفته شود. مهم‌ترین شرایط موردنیاز برای کاربرد دلفی عبارتند از "نیاز به قضاوت متخصصان و نظرات گروه وسیع، توافق گروهی در دستیابی به نتایج، وجود مشکل پیچیده، بزرگ و بین‌رشته‌ای و عدم توافق یا ناکامل بودن دانش، در دسترس بودن متخصصین با تجربه و متخصص (Fossati *et al.*, 2017;

(Linstone and Turoff, 1975) شرکت‌کنندگان در دلفی خبرگـان و یـا پانلیست‌ها می‌باشند که خصوصیاتی از قبیل "دانش و تجربه در موضوع، تمایل، زمان کافی بـرای شـرکت و مهارت‌های ارتباطی مؤثر" جز ویژگی‌های لاینفک این تیم می‌باشد (Sinead *et al.*, 2001; Fossati *et al.*, 2017). با وجودی که هیچ قانون مشخصی در مورد نحوه انتخاب و تعـداد پانلیست‌ها وجود ندارد، اما تعداد وابسـته بـه فاکتورهـای همگن بودن و همگن نبودن نمونه‌ها، هدف دلفی یـا وسـعت مشـکل، کیفیـت تصـمیم، توانـایی تـیم تحقیـق در اداره مطالعـه، اعتبـار داخلی و خارجی، زمان جمع‌آوری داده‌ها و منابع در دسـترس، دامنـه مسئله و پـذیرش پاسـخ اسـت (Ahmadi *et al.*, 2009). در این تکنیک تعـداد پانلیست‌ها به‌صورت هدفمند انتخاب می‌شوند و معمولاً کمتر از ۵۰ نفـر و اکثـراً ۱۵ تـا ۲۰ نفـر بوده است امـا در گروه‌های همگن معمولاً ۱۵-۱۰ نفر کافی است (Goodarzi *et al.*, 2017). در این تحقیق با ۲۸ نفر کارشناس اطلاعات اولیه گردآوری شد (جدول ۲).

جدول ۲- مشخصات افراد مصاحبه‌شونده

Table 2. Characteristics of the interviewees

شهرستان Township	تعداد افراد Number of people	سمت افراد مصاحبه‌شونده Description
رومشکان و خرم‌آباد Romeshkan & Khoramabad	28	سازمان جهاد کشاورزی ، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری و شرکت آب منطقه‌ای شهرستان رومشکان Organization of Jihad-e-Agriculture (OJA), Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center (LNRRTC), Forest, Range and Watershed Management Organization (FRWO), Regional Water Company of Romeshkan Township

شیوه گرداوری داده‌ها و نحوه تحلیل

مراحل اجرای روش دلفی فازی درواقع ترکیبی از اجرای روش دلفی و انجام تحلیل‌ها بر روی اطلاعات با استفاده از تعاریف نظریهٔ مجموعه‌های فازی است (Afrazeh, Shokouhi and 2014). در این تحقیق، ابتدا پانلیست‌ها نظرات خود را در مورد راهبردهای مناسب در منطقه بیان داشتند. بعد از جمع‌آوری راهبردهای بیان شده به خاطر کثرت راهبردهای بیان شده و نیز به منظور سهولت در تحلیل و نتایج، نسبت به خلاصه‌سازی و ترکیب راهبردها اقدام شد. این دسته‌بندی، بر اساس معیارهای پایداری و بر اساس تحقیق Nazemia *et al.* (2020) صورت گرفت. این معیارها عبارت بودند از:

۱-اهمیت پایداری مؤلفه‌های نهایی شده در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه؛۲- حداقل افزونگی برای هر مؤلفه که قبلاً توسط متغیرهای دیگر نشان داده شده است یا در صورت امکان ترکیب دو یا چند مؤلفه در یک مؤلفه واحد

۳-حداکثر تنوع در رابطه‌های مختلف بین مؤلفه‌ها (اجتماعی، اقتصادی، سیاست‌گذاری و زیست‌محیطی). در ادامه با در نظر گرفتن معیارهای ذکرشده در بالا با تحلیل و بررسی مشابهت و همگونی مؤلفه‌های نهایی شده، موارد مشابه تحت یک راهبرد نام‌گذاری شدند. تحلیل‌های رفت و برگشت تحت نظر تیم تحقیق صورت گرفته و دسته‌بندی راهبردها بر اساس وجوه مشترک بین مؤلفه‌ها در قالب یک راهبرد کلی و منسجم ارائه شد.

در ادامه راهبردهای نهایی شده در قالب حداقل مقدار، کمترین مقدار و حداکثر مقدار (اعداد فازی مثلثی) در پرسش‌نامهٔ فازی ارائه شدند، سپس میانگین نظر پانلیست‌ها (اعداد ارائه‌شده) و میزان اختلاف‌نظر هر فرد خبره از میانگین محاسبه شد؛ آنگاه این اطلاعات برای اخذ نظریات جدید به خبرگان ارسال شد. در مرحله‌ی بعد، هر خبره بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از مرحلهٔ

قبل نظر جدیدی را ارائه داد یا نظر قبلی خود را اصلاح نمود. این فرایند تا زمانی ادامه داشت که میانگین اعداد فازی به‌اندازهٔ کافی باثبات شوند. امتیازدهی به راهبردها، از طریق متغیرهای کلامی صورت گرفت (جدول ۳).

جدول ۳- اعداد فازی و اعداد فازی مثلثی شده

Table 3. Fuzzy numbers and triangular fuzzy numbers

متغیرهای کلامی (اهمیت راهکار بیان‌شده) Verbal variables (importance of the stated solution)	عدد فازی مثلثی Triangular fuzzy number	عدد فازی قطعی شده Fuzzy number fixed
ضرورت خیلی کم Very little necessity	(0- 0- 0.25)	0.062
ضرورت کم Low necessity	(0- 0.25- 0.5)	0.062
متوسط Medium necessity	(0.25- 0.5- 0.75)	0.3125
ضرورت زیاد High necessity	(0.5- 0.75- 1)	0.5625
ضرورت خیلی زیاد Too much necessity	(0.75- 1- 1)	0.75

Source: Shokouhi and Afrazeh (2014)

لازم به ذکر است که اعداد جدول (۲) با استفاده از رابطهٔ ۱ محاسبه‌شده است.

(۱): رابطهٔ مینکوسوکی $x=m+\beta-\sigma/4$

در ادامه تمامی راهبردهای بیان‌شده در قالب پرسش‌نامه تنظیم و گردآوری شد و دوباره در اختیار پانلیست‌ها قرار داده شد و از آن‌ها خواسته شد که با توجه به راهبردهای پیشنهادی امتیاز دهند. سپس تمامی پاسخ‌ها به هرکدام از گزینه‌ها در هر راهکار جداگانه شمارش شدند و در نهایت، میانگین فازی بر اساس فرمول ۲ محاسبه شد.

$$A_i = (a_1^{(i)}, (a_2^{(i)}, a_3^{(t)}), i = 1,2,3, \dots, n$$
$$A_{ave} = (m_1, m_2, m_3)$$
$$= \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_1^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_2^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_3^{(i)}\right) \quad (۲)$$

در این رابطه Ai نشان‌دهندهٔ خبره‌ی i ام و A ave نشان‌دهندهٔ میانگین دیدگاه خبرگان است. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، تعداد پاسخ‌های داده شده به هر راهکار شمارش و تحلیل شد و پس از مشخص شدن تعداد پاسخ‌های داده شده و محاسبهٔ میانگین فازی مثلثی برای عوامل از فرمول مینکووسکی برای محاسبهٔ اعداد فازی قطعی شده استفاده شد. گفتنی است، اگر میانگین فازی‌زدایی گویه‌هایی که کمتر از ۰/۲۵ باشد از لیست پرسش‌نامه‌ی دور دوم حذف شدند.

نتایج و بحث

در این مرحله، تمامی راهبردهای بیان‌شده در قالب یک پرسش‌نامه با استفاده از مقیاس لیکرت تنظیم و گرداوری شد و دوباره در اختیار گروه مذکور قرار داده شد و از آن‌ها خواسته شد با توجه به راهبردهای پیشنهادی بر اساس گزینه‌ها و متغیرهای زبانی به هر راهبرد امتیاز دهند. سپس تمامی پاسخ‌ها به هرکدام از گزینه‌ها در هر راهکار جداگانه شمرده شد و درنهایت، میانگین فازی بر اساس فرمول ۳ محاسبه شد.

$$A_i = (a_1^{(i)}, \left(a_2^{(i)}, a_3^{(t)}\right), i = 1,2,3, \dots, n$$
$$A_{ave} = (m_1, m_2, m_3)$$
$$= \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_1^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_2^{(i)}, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_3^{(i)}\right) \quad (۳)$$

در این بخش نظرسنجی انجام شد و پس از مشخص شدن تعداد پاسخ‌ها، برای هر راهبرد ارائه‌شده، اعداد فازی قطعی شده برای هر مؤلفه محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۴) مشاهده می‌شود و نشان‌دهندهٔ اجماع نظر پانل دلفی برای ارائهٔ راهبرد در جهت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی است. در این مرحله هیچ راهبرد حذف شده‌ای وجود نداشت.

جدول ۴- فازی‌زدایی در مرحله اول بررسی راهبردها
Table 4. De-Fuzzy in the first round of reviewing strategies

	راهبرد Strategies	β	M	α	فازی‌زدایی De-Fuzzy
اقتصادی Economical	صنعتی کردن اقتصاد منطقه.	0.79	0.65	0.43	0.460
	افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی.	.092	0.84	0.59	0.615
	توسعه اشتغال پایدار روستایی.	0.76	0.62	0.41	0.449
	متنوع‌سازی اقتصاد جوامع روستایی.	0.90	0.83	0.58	0.603
فناوری Technology	توسعه فناوری‌های متناسب و کم آب بر در منطقه.	0.78	0.63	O.43	0.458
	توسعه کشاورزی دانش‌بنیان.	0.75	0.60	0.38	0.420
	توسعه کشاورزی نوین و هوشمند برای افزایش بهره‌وری در آب.	0.83	0.71	0.50	0.531
اجتماعی Social	گذر از کشاورزی تولیدگرا به کشاورزی چند کارکردی.	0.41	0.64	0.79	0.451
	توانمندسازی جوامع روستایی.	1	0.95	0.70	0.713
	توسعه انسانی کنشگران مرتبط با آب.	0.94	0.83	0.58	0.612
	اصلاح ساختار مصرف آب در منطقه.	0.95	0.84	0.60	0.632
	توسعه مدیریت مشارکتی ذینفعان منابع آب.	0.92	0.79	0.54	0.579
سیاست‌گذاری Policy	مدیریت الگوی مناسب کشت بر اساس اولویت‌ها.	0.92	0.83	0.58	0.608
	بازنگری در حکمرانی آب با تأکید بر شاخصه‌های حکمرانی خوب.	0.92	0.77	0.54	0.581
	اعمال نظام جامع مدیریت منابع آب در سطح حوضه اصلی.	0.92	0.82	0.57	0.600
	مدیریت بهینه عرضه و تقاضای آب.	0.83	0.69	0.46	0.497
	همسوسازی عملکرد بازیگران مدیریت منابع آب برای افزایش ضمانت اجرایی.	0.87	0.70	0.46	0.504
	توسعه نظام‌های بهره‌برداری متناسب با شرایط منطقه.	0.74	0.59	0.36	0.401
زیست‌محیطی Environmental	حفاظت از منابع طبیعی در راستای حفظ منابع آب.	0.96	0.79	0.54	0.558
	مدیریت عملکرد ایمن در آبخوان‌ها.	0.96	0.86	0.61	0.639
	بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.	0.70	0.53	0.33	0.377

در ادامه و در مرحله دوم این تحقیق، اختلاف بین دو مرحله محاسبه شد و نتایج آن در جدول شماره ۵ قابل مشاهده می‌باشد.

نتایج این جدول نشان می‌دهد که در هر بعد، راهبردهایی در اولویت اجرا قرار دارند. در بعد اقتصادی از بین چهار راهبرد، "توسعه اشتغال پایدار روستایی و متنوع‌سازی اقتصاد جوامع روستایی" دارای اولویت بالاتری به نسبت بقیه قرار دارند. بدون تردید اشتغال دربردارنده ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی می‌باشد و می‌تواند بر ساختار و نحوه مصرف منابع آب اثراتی مستقیم بر جای گذارد. طی دهه‌های اخیر توجه به متنوع‌سازی اشتغال روستایی بیشتر شده است به‌نحوی‌که روند گسترده‌ای از تنوع فعالیت‌های اقتصادی در مناطق روستایی کشورهای درحال‌توسعه به وجود آمده است. امروزه، توسعهٔ بخش‌های غیر کشاورزی و تنوع‌بخشی به فعالیت‌ها در روستاها راه‌حل اساسی توسعهٔ روستایی در بسیاری از جوامع است. در این راستا با توجه به پتانسیل‌های منطقه موارد زیر می‌تواند راهگشا باشد:

-توسعه و تقویت ارتباط بازارهای محلی با بازارهای مرکز استان و نیز استان‌های هم‌جوار، توسعه کشاورزی چند کارکردی، توسعه و گسترش اکوتوریسم، توجه به

صنایع‌دستی و حمایت از بازارهای فروش، تقویت گردشگری مذهبی و فرهنگی در منطقه، ایجاد پایانه‌های صادرات محصولات برند در هر منطقه (انجیر، حبوبات، انار و..)، برندسازی برای محصولات با کیفیت هر منطقه (انار، سیب، انجیر، حبوبات و...)، تشکیل سامانه‌هایی برای شناسایی نیازهای بازارهای مجاور و ارائه حمایت‌های لازم برای کشاورزان در راستای تولید، توسعه مشاغل خانگی برای اشتغال‌زایی زنان جوامع روستایی، تقویت دانش زنان روستایی برای بازاریابی‌های نوین (اینترنتی و..)، ارائه آموزش‌های کارآفرینی برای جوامع روستایی.

در بعد فنّاورانه که سه راهبرد برای این بعد قرار داشت "توسعه فناوری‌های متناسب و کم آب بر در منطقه" دارای اولویت بالاتری بود. در این راستا می‌توان راهکارهای ارائه داد که موجب تحقق اهداف مدنظر باشند؛ راهکارهایی از قبیل: یکپارچه‌سازی مزارع به‌منظور تشکیل واحدهای بهره‌برداری بزرگ‌تر (تشکیل تعاونی‌های تولید)، توسعه فنّاوری‌های کم آب بر در منطقه، توسعه نظام‌های بهره‌برداری نوین در بخش کشاورزی، احداث و تکمیل سدهای در دست احداث برای کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی، تقویت و احیا کشت گلخانه در منطقه، تقویت صنایع تبدیلی و تکمیلی متناسب با هر منطقه، توسعه دامدارهای صنعتی در منطقه.

در بعد اجتماعی نیز پنج راهبرد وجود داشت که از بین آن‌ها، "توسعه انسانی کنشگران مرتبط با آب و اصلاح ساختار مصرف آب در منطقه" اولویت بالاتری را به خود اختصاص دادند. اگرچه وزارت نیرو در بخش آب و به‌طور خاص در حفاظت منابع آب زیرزمینی نقش کلیدی را ایفا می‌کند اما کنشگران اصلی و مصرف‌کنندگان واقعی، کشاورزان و بهره‌برداران هستند. کنشگران انسانی طبق فرایند تفسیر و شناسایی درست نیازهای اطلاعاتی، تولید اطلاعات مفید، دقیق و به‌موقع، متقاعدسازی و پذیرش نوآوری موجب افزایش دانش و آگاهی جوامع روستایی و ترویج و نشر استفاده از اطلاعات اثرگذاری مستقیم بر اشتغال‌زایی، حفاظت از محیط‌زیست طبیعی، ساختار آب و توانمندسازی جوامع روستایی دارند. در این راستا می‌توان راهکارهای ارائه داد که موجب تحقق اهداف مدنظر باشند؛ راهکارهایی از قبیل تقویت سرمایه اجتماعی بهره‌برداران، هنجارسازی مصرف بهینه منابع آب، تقویت آموزش‌های ترویجی در ارتقا ادراک و دانش بهره‌برداران از مدیریت پایدار، توسعه دیدگاه‌های زیباشناختی در بین جوامع روستایی در برخورد با محیط‌زیست، تقویت روحیه مطالبه‌گری جوامع روستایی در برابر کوتاهی عملکرد مسئولین، ترویج به‌کارگیری ارقام و بذرهای سازگار با منطقه، برگزاری دوره‌های مدیریت صحیح مزرعه.

در بعد سیاست‌گذاری که دارای شش راهبرد بود، "توسعه نظام‌های بهره‌برداری متناسب با شرایط منطقه و بازنگری در حکمرانی آب با تأکید بر شاخصه‌های حکمرانی خوب" نیز امتیازات بالاتری را به خود اختصاص دادند.

در نهایت نیز در بعد زیست‌محیطی که سه راهبرد را در برداشت، "حفاظت از منابع طبیعی در راستای حفظ منابع آب و مدیریت عملکرد ایمن در آبخوان‌ها" جز راهبردهای با امتیازات بالاتر بودند. در این راستا می‌توان راهکارهایی ارائه داد که می‌توانند موجبات موفق بودن راهبرد مذکور را فراهم کنند؛ راهکارهایی از قبیل مدیریت بهینه آب‌های سطحی در منطقه، بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، آمایش منطقه برای متناسب‌سازی جمعیت و منابع در دسترس در راستای کنترل و بهره‌برداری بهینه آبخوان‌ها، نظارت بر بهره‌برداری با رعایت ظرفیت آبخوان‌ها، اجرا و تقویت طرح‌های احیاء و تعادل‌بخشی سفره‌های آب زیرزمینی، توسعه تحقیقات در حوزه بهره‌وری اقتصادی آب و.. برای حل مشکلات منطقه.

جدول ۵- اختلاف میانگین‌های دو مرحله اول و دوم و اولویت‌بندی راهبردها
Table 5. Difference between the means of the first and second stages and the prioritization of strategies

ابعاد Dimensions	راهبردها به ترتیب اولویت Prioritization of the strategies	فازی‌زدایی گام اول De-Fuzzy of the first stages	فازی زدایی گام دوم De-Fuzzy of the second stages	اختلاف دو مرحله Difference between of the first and second stages
اقتصادی Economical	۱-توسعه اشتغال پایدار روستایی.	0.442	0.710	0.261
	۲-متنوع‌سازی اقتصاد جوامع روستایی.	0.603	0.835	0.323
	۳-صنعتی کردن اقتصاد منطقه.	0.460	0.553	0.073
	۴-افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی.	0.615	0.566	0.059-
فنّاوری Technology	۱-توسعه فناوری‌های متناسب و کم آب بر در منطقه.	0.458	0.745	0.258
	۲-توسعه کشاورزی دانش‌بنیان.	0.420	0.502	0.082
	۳-توسعه کشاورزی نوین و هوشمند برای افزایش بهره‌وری در آب.	0.531	0.572	0.041
اجتماعی Social	۱-توسعه انسانی کنشگران مرتبط با آب.	0.612	0.827	0.215
	۲-اصلاح ساختار مصرف آب در منطقه.	0.632	0.827	0.195
	۳-توانمندسازی جوامع روستایی.	0.713	0.889	0.176
	۴- گذر از کشاورزی تولید گرا به کشاورزی چند کارکردی.	0.451	0.564	0.113
	۵-توسعه مدیریت مشارکتی ذینفعان منابع آب.	0.579	0.681	0.102
سیاست‌گذاری Policy	۱-توسعه نظام‌های بهره‌برداری متناسب با شرایط منطقه.	0.401	0.693	0.292
	۲-بازنگری در حکمرانی آب با تأکید بر شاخصه‌های حکمرانی خوب.	0.581	0.827	0.246
	۳-مدیریت بهینه عرضه و تقاضای آب.	0.497	0.735	0.238
	۴-اعمال نظام جامع مدیریت منابع آب در سطح حوضه اصلی.	0.600	0.825	0.225
	۵-مدیریت الگوی مناسب کشت بر اساس اولویت‌ها.	0.608	0.802	0.194
	۶-همسوسازی عملکرد بازیگران مدیریت منابع آب برای افزایش ضمانت اجرایی.	0.504	0.691	0.187
زیست‌محیطی Environmental	۱-حفاظت از منابع طبیعی در راستای حفظ منابع آب.	0.558	0.825	0.267
	۲-مدیریت عملکرد ایمن در آبخوان‌ها.	0.639	0.841	0.202
	۳-بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی.	0.377	0.508	0.131

نتیجه‌گیری

راهبردهای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی را می‌توان در پنج راهبرد عمده‌ی اقتصادی، فناوری، اجتماعی، سیاست‌گذاری و زیست‌محیطی تقسیم‌بندی نمود. راهبرد اول تحت عنوان "راهبرد اقتصادی" نام گرفت. در این راهبرد توسعه‌ی اشتغال پایدار و متنوع سازی اقتصاد روستا بالاترین اولویت را کسب کردند. یکی از مهم‌ترین عواملی که در مناطق روستایی، بهره‌برداری ناپایدار از منابع آب زیرزمینی را تشدید می‌کند، پدیده‌ی فقر است. کمبود درآمد روستاییان به دلیل افزایش جمعیت، بیکاری، بهره‌وری پایین افراد و منابع، عدم جذابیت سرمایه‌گذاری در روستا، سطح پایین تحصیلات، نامناسب بودن فضای کسب‌وکار بیش از مناطق شهری است. مجموع عوامل مذکور موجب گسترش فقر در مناطق روستایی شده و گاهی نیز موجب تخلیه‌ی روستاها و ناپایداری آن‌ها می‌شود. یکی از رویکردهای مهمی که در حال حاضر برای رفع مشکلات مذکور، مطرح است، "متنوع‌سازی اقتصاد روستایی" است (Naderi Mehdi, Sepahvand and 2020). شواهد نشان می‌دهد هر اندازه سیستمی متنوع‌تر باشد، پایداری و پویایی آن در طول زمان و در مکان‌های مختلف نه تنها در مقابل تنش‌های درونی، بلکه در مواجهه با تنش‌های خارجی نیز حفظ می‌گردد. با توجه به این‌که در مناطق روستایی، کشاورزی عمده‌ی فعالیت و وسیله‌ای برای معیشت پایدار روستاییان

محسوب می‌شود، لذا تلاش آن‌ها بر این است که بیشترین بهره‌وری را از تولید محصولات کشاورزی بدون توجه به هزینه‌های زیست‌محیطی آن به‌دست‌آورند. همچنین برخی تحقیقات نشان داده‌اند که اگر کشاورزان بخواهند در برابر عوامل تنش‌زای اجتماعی-اکولوژیکی تاب‌آوری داشته باشند، می‌بایست جریان‌های درآمدی خود را متنوع کنند (Danso-Abbeam *et al*., 2020; Senger *et al*., 2017; Eakin *et al*.,2016; Alonso and Krajsic ,2015; Hashemi *et al*.,2021).

نتایج مطالعه نشان می‌دهد راهبرد دوم در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی، متعلق به راهبردهای فناورانه است. در این راهبرد بر دو محور اصلی "توسعه‌ی فناوری‌های کم آب بر" و "استفاده از ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان برای هوشمندسازی کشاورزی" تأکید شده است. از میان محورهای فوق، توسعه‌ی فناوری‌های کم آب بر با کسب بالاترین امتیاز در جایگاه نخست قرار گرفته است. این یافته اهمیت استفاده از تکنولوژی‌های کم آب بر در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. "ساخت و بهره‌برداری از گلخانه‌ها"، "بهره‌برداری از زه‌آب‌های کشاورزی و پساب‌های صنعتی در توسعه عملیات کشاورزی"، "سیستم-های اطلاعات جغرافیایی" از جمله فناوری‌هایی هستند که می‌توان با تکیه‌بر آن‌ها، از طریق افزایش بهره‌وری منابع آبی، بخش قابل‌توجهی از نیازهای بخش کشاورزی را مرتفع نمود Chaudhry and Garg, 2019; Boroomandnia, 2021; Hossain, 2021; Jarar Oulidi, 2019, 2021Zagade and Umrikar).

راهبردهای اجتماعی به‌عنوان سومین دسته از راهبردهای مدیریت پایدار آب زیرزمینی شناسایی شد. همان‌طور که نتایج نشان داد در این راهبرد بیشترین تأکید بر نقش مشارکت ذینفعان و ذی‌دخلان و توانمندسازی آن‌ها در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی می‌باشد. با توجه به این‌که کنشگران و ذینفعان مختلفی در مدیریت محلی آب حضور دارند مشارکت این ذینفعان عاملی کلیدی در موفقیت مدیریت محلی آب خواهد بود. توسعه انسانی کنشگران آب شامل سه رکن اساسی مردم، منابع و مشارکت است. با این تفاوت که مشارکت در مقایسه با دو رکن دیگر نقش ساختاری داشته و دو عامل مردم و منابع در چهارچوب آن به فعالیت می‌پردازند (Barrientos *et al*.,2020; Bruns, 2021). مشارکت به دلیل اینکه هم هدف توسعه و هم وسیله رسیدن به آن است، نقش ترکیب‌کننده دو عامل دیگر را داشته و برآیند آن دو متغیر به شمار می‌رود، به همین لحاظ مشارکت عنصر کلیدی در فرایند توسعه پایدار منابع آب تلقی می‌شود و از آن به‌عنوان حلقه گمشده فرایند توسعه یاد می‌شود (Kulkarni *et al*., 2021 ., 2019; Ghose,2018 Piyapong *et al*; Sikka *et al*.,2021; Méndez-). با این وجود، روشن است که اندازه جمعیت در بسیاری از حوضه‌های رودخانه و روستاهای بزرگ به‌گونه‌ای است که مانع مشارکت مستقیم ذینفعان در تصمیمات سطح حوضه می‌گردد.

در پایان، راهبردهای زیست‌محیطی در مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی شناسایی شد که مدیریت عملکرد ایمن در آبخوان‌ها و بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی از جمله راهکارهایی بود که در این راهبرد بیش از همه مورد توجه قرار گرفت. این راهبردها بر حفظ منابع طبیعی و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست تأکید دارند. برداشت اضافی از منابع آب زیرزمینی در این دشت باعث افت سطح آب گشته و مشکلات بسیاری برای روستاییان ساکن در این دشت به وجود آورده است. برای جلوگیری از خسارات بیشتر، مدیریت عملکرد ایمن در آبخوان باید به‌عنوان یک اصل و پایه در برنامه‌ریزی‌ها قرار گیرد. مدیریت این منابع ارزشمند نیاز به شناخت عملکرد آبخوان در شرایط طبیعی و پیش‌بینی آثار برداشت و یا تغذیه دارد. راهکار دیگری که در راهبرد زیست‌محیطی مورد توجه قرار گرفته، بهره‌برداری تلفیقی از آب‌های سطحی و زیرزمینی است. با توجه به اینکه سیستم آب‌های سطحی و زیرزمینی یک سیستم وابسته به یکدیگرند

(Shekhar *et al*., 2018) با تلفیق این دو، می‌توان به جلوگیری از سرمایه‌گذاری اضافی در منابع آب سطحی (نظیر احداث سد و یا طراحی سیستم انتقال آب با ظرفیت بیش از حد بهینه) و همچنین جلوگیری از فشار بیش از حد به منابع آب زیرزمینی دست یافت (Li *et al* ., 2018; Song *et al*., 2020; Sampathkumar *et al*., 2021).

درنهایت می‌توان چنین برداشت نمود که مشکل فعلی ماحصل چندین سال سو مدیریت، برداشت بیش‌ازحد و.. بوده است و لذا طبیعتاً نباید توقع داشت که مشکل موجود، با تصمیم‌گیری‌های جدید و به‌زودی برطرف گردد اما می‌توان انتظار بهبود این مسئله را در چشم‌اندازهای آتی داشت.

تحقیقات و تجربیات نشان داده‌اند که مادامی‌که در یک سیستم با انسان و فعالیت‌های انسانی مواجه هستیم باید به پیچیدگی آن اذعان نمود و برای برون‌رفت از مسائل، باید نگاهی جامع و سیستماتیک داشت. در این تحقیق نیز همانند سایر امورات دیگر، یکی از ابعاد مسئله کم‌آبی را انسان و فعالیت‌های انسان تشکیل می‌دهد؛ هرچند نمی‌توان نقش تغییر اقلیم و بارش کم و افزایش دما را نادیده گرفت. تنوع راهبردهای بیان‌شده خود گویای این واقعیت هست که اکنون زمان آن رسیده است که باید صرفاً نگاه فنی-مهندسی را از مدیریت منابع آب برداشت و آن را با واقعیت‌های موجود در جامعه و فعالیت‌های انسان گره زد. بدین معنا که نمی‌توان صرفاً به تکیه بر توسعه تکنولوژی‌های کم آب بر مانند گسترش سیستم نوین آبیاری و یا ترویج بذرهای مقاوم به کم‌آبی و ... انتظار داشت بعد از گذشت چند سال، آبخوان‌های موجود به تعادل برسند. مادامی‌که جوامع روستایی نتوانند از پتانسیل‌های موجود در منطقه برای کسب درآمد بهره جویند، به‌ناچار باید به زراعت بپردازند و چون تنها راه معاش آنها از این راه است، سبب افزایش فشار به منابع طبیعی شده لاجرم برای تولید بیشتر، منابع بیشتری را باید مصرف نمود. نتایج این تحقیق به‌وضوح نشان می‌دهد که باید ابتدا بسترهای لازم برای توانمندسازی و اشتغال‌زایی جوامع روستایی مهیا گردد و سپس می‌توان به ابعاد فنی مدیریت کم آب پرداخت. درواقع راهبردهای بیان‌شده همگی مکمل همدیگر بوده و هیچ‌کدام به‌تنهایی نمی‌توانند به رفع و یا کاهش موضوع کم‌آبی منجر شوند.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند از کلیه پاسخگویانی که با صرف زمان خویش به پرسش‌های این پژوهش پاسخ دادند نهایت سپاسگزاری را به عمل‌آورند. همچنین لازم است تا تشکر و قدردانی شود از همراهی بی‌دریغ جناب آقای مهندس رومیانی، جناب آقای مهندس بازوند از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان رومشکان، جناب آقای دکتر اوژن و جناب آقای مهندس طهماسبی از امور آب شهرستان رومشکان که به تیم تحقیق کمک شایانی داشتند و بی‌شک بدون اطلاعات ارزشمند ایشان، انجام این مطالعه ممکن نبود.

پی‌نوشت

[1] Sustainable Groundwater Management

منابع

Afshar, A., Khosravi, M. and Molajo, A., 2019. Sustainable integrated use of water resources in agriculture: a cyclical storage approach. Iran Water Resources Research. 15 (4), 381-395(In Persian with English abstract).

Ali Ahmadi, A., Fathollah, M. and Tajuddin, A.,

Adham Maleki, M., Khosravi Pour, B. and Soltani, F., 2021. Deterrents and promoters of participatory management of groundwater resources in the agricultural sector. Case study: Murghab plain, Khuzestan province. Geography and Human Relations. 3, 423-424 (In Persian with English abstract).

2009. Comprehensive View of Strategic Management. Knowledge Production Publishing, Tehran, Iran.

Alizadeh, A., 2012. Principles of Applied Hydrology, 36th ed. Imam Reza University Press, Mashhad, Iran.

Azizi Khalkheili, T., Bakhshi Jahromi, A. and Bijani, M., 2012. Soil conservative behavior of farmers: The role of information & communication media. Iranian Agricultural Extension and Education Journal. 7 (2), 51-61. (In Persian with English abstract).

Duarte Alonso, A. and Krajsic, V., 2015. The theory of planned behaviour, micro-growers and diversification: an exploratory study. Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy. 9 (2), 94-113. https://doi.org/10.1108/JEC-09-2014-0018

Azizi, A., Ghorbani, A., Malekmohammadi, B. and Jafari, H. R., 2017. Government management and overexploitation of groundwater resources: absence of local community initiatives in Ardabil Plain-Iran. Journal of Environmental Planning and Management. 60 (10), 1785-1808 https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1257975

Bahram Lou, R., 2018. Current status of groundwater resources and the role of agricultural operators in their sustainable use (Case study in Kaboudar Ahang and Malayer plains). Water management in agriculture. 4 (1), 29-38. (In Persian with English abstract).

Boroomandnia A., Bozorg-Haddad O., Pradhan B. and Datta A., 2021. GIS Application in Water Resource Management. Springer Water. 462, 125–152, https://doi.org/10.1007/978-981-33-4295-8_6.

Bruns, B., 2021. Polycentric Solutions for Groundwater Governance in Sub-Saharan Africa: Encouraging Institutional Artisanship in an Extended Ladder of Participation. Water, 13(5), 630. https://doi.org/10.3390/w13050630

Budaghpour, S .and Kazemi, T., 2017. An overview of the types of drought, its causes and consequences. The Second International Conference on New Horizons in Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment. Tehran. (In Persian with English abstract).

Chaudhry, S. and Garg, S., 2019. Smart Irrigation Techniques for Water Resource Management. In R. Poonia, X. Gao, L. Raja, S. Sharma, & S. Vyas (Ed.), Smart Farming Technologies for Sustainable Agricultural Development (pp. 196-219). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5909-2.ch009

Danso-Abbeam, G., Dagunga, G. and Ehiakpor, D. S., 2020. Rural non-farm income diversification: Implications on smallholder farmers 'welfare and agricultural technology adoption in Ghana. Heliyon, 6(11), e05393. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05393.

Delgado-Serranoa, M. M. and Borrego-Marin, M. M., 2019. Drivers of innovation in groundwater governance. The links between the social and the ecological systems. Land Use Policy, 19, 104368, https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104368

Eakin, H., York, A., Aggarwal, R., Waters, S., Welch, J., Rubiños, C., Smith-Heisters, S., Bausch, C. and Anderies, J. M., 2016. Cognitive and institutional influences on farmers' adaptive capacity: Insights into barriers and opportunities for transformative change in central Arizona. Regional Environmental Change, 16(3), 801–814. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0789-y.

Fossati, Ela., Degavre, F. and Nyssens, M., 2017. How to deal with an "essentially contested

concept" on the field? Sampling social innovations through the Delphi method. Uropean Public & Social Innovation Review (EPSIR), 2 (1), 45-58, DOI: https://doi.org/10.31637/epsir.17-1.4

Gholamrezai, S. and Sepahvand, F., 2017. Farmers' participation in water user association in western Iran. Journal of water and land development section of land reclamation and environmental engineering in agriculture, 35 (x–xii): 49–56, DOI: 10.1515/jwld-2017-0067

Ghose, B., Dhawan, H., Kulkarni, H., Aslekar, U., Patil, S., Ramachandrudu, M. V. et al., 2018. Peoples' Participation for Sustainable Groundwater Management. In: Saha D., Marwaha S., Mukherjee A. (eds) Clean and Sustainable Groundwater in India. Springer Hydrogeology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4552-3_15

Goodarzi, Z., Abbasi, E. and Farhadian, H., 2018. Achieving consensus Deal with Methodological Issues in the Delphi technique. International Journal of Agricultural Management and Development, 8(2), 219-230

Hashemi, S. M., Kinzig, A., Eakin, H., Abbott, J. K and Sedaghat, R., 2021. Developing a socio-psychological model explaining farmers' income diversification in response to groundwater scarcity in Iran, International Journal of Water Resources Development, 38 (2), 283-305. DOI: 10.1080/07900627.2021.1879029.

Hossain, M.Z., 2021. Groundwater resource assessment using different hydrological methods and GIS techniques for Central Part of Bengal Delta. Sustain. Water Resour. Manag. 7(19) https://doi.org/10.1007/s40899-021-00496-x

Jarar Oulidi, H., 2019. Technical framework: spatial data infrastructure for water. In book: Spatial Data on Water, DOI: 10.1016/B978-1-78548-312-7.50002-8

Kulkarni H., Joshi D., Aslekar U. and Patil S., 2021. Catalyzing Groundwater Governance through People's Participation and Institutional Reform. In: Chadha G., Pandya A.B. (eds) Water Governance and Management in India. Water Resources Development and Management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-1472-9_1

Li, P., Qian, H. and Wu, J., 2018. Conjunctive use of groundwater and surface water to reduce soil salinization in the Yinchuan Plain, North-West China, International Journal of Water Resources Development, 34 (3), 337-353, DOI: 10.1080/07900627.2018.1443059

Linstone, H. A. and Turoff, M., 1975. Delphi Method: Techniques and Applications. Publication Book (Softbound), United States of America

Madhnure, P., Rao, P.N. and A. D. Rao., 2015. Establishing Strategies for Sustainable Groundwater Management Plan for Typical Granitic Aquifers-A Pilot Study near Hyderabad, India. Aquatic Procedia. 4, 1307-1314

Manzami, N., Sedighi, H. and. Valizadeh, N., 2016. Frequency of meteorological drought in Karkheh basin of Lorestan province. Iranian Journal of Irrigation and Drainage.6 (10). Pp. 731-741. (In Persian with English abstract).

McKenna, H. P., 1994. The Delphi technique: a worthwhile research approach for nursing? Journal of Advanced Nursing, 19(6), 1221–1225.

Méndez-Barrientos, L. E., DeVincentis, A., Rudnick, J., Dahlquist-Willard, R., Lowry, B. and Gould, K., 2020. Farmer Participation and Institutional Capture in Common-Pool Resource Governance Reforms. The Case of Groundwater Management in California. Society & Natural

Resources, 33 (12), 1486-1507, DOI: 10.1080/08941920.2020.1756548

Nazemia, N., Foleyb, R W., Garrick, L. and Withycombe K, L., 2020. Divergent agricultural water governance scenarios: The case of Zayanderud basin, Iran. Agricultural Water Management, 229, 446-455 https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105921

Piyapong, J., Thidarat, B., Jaruwan, C., Siriphan, N. and Passanan, A., 2019. Enhancing citizens' sense of personal responsibility and risk perception for promoting public participation in sustainable groundwater resource management in Rayong Groundwater Basin, Thailand. Groundwater for Sustainable Development, 9. https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100252

Water Affairs of Romeshkan Township., 2020. Report of Groundwater resources in Romeshkan Township. Unpublished, Lorestan, Romeshkan Township (In Persian with English abstract).

Sadeghi, A., Bijani, M. and Farhadian, H., 2020. The Mediating Role of Farmers' Time Perspective in Water Resources Exploitation Behaviour in the Eastern Area of Lake Urmia, Iran: An Environmental-Psychological Analysis. Water and Environment Journal. 34 (Supplement S1), 106-120. https://doi.org/10.1111/wej.12510

Samani, S., 2020. Analyzing the Groundwater Resources Sustainability Management plan in Iran through Comparative Studies. Groundwater for Sustainable Development. 12 https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100521

Sampathkumar, K. M., Ramasamy, S., Ramasubbu, B., Karuppanan, S. and Lakshminarayanan, B., 2021. Hybrid optimization model for conjunctive use of surface and groundwater resources in water deficit irrigation system. Water Sci Technol, 84 (10-11), 3055–3071.Doi: https://doi.org/10.2166/wst.2021.279

Sarmad, Z., Bazargan, A. and Hejazi, E., 2019. The book of research methods in behavioral sciences. Publication in aghah Sciences. (In Persian with English abstract).

Senger, I., Borges, J. A. R. and Machado, J. A. D., 2017. Using the theory of planned behavior to understand the intention of small farmers in diversifying their agricultural production. Journal of Rural Studies, 49, 32–40. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.10.006.

Sepahvand, F. and Nadery Mahdiei, K., 2021. Solutions for Development of Rural Areas with Emphasis on Diversifying the Economy in Nahavand County of Iran. Village and Development, 24(2), 1-32. doi: 10.30490/rvt.2020.320580.1133 (In Persian with English abstract).

Sepahvand, F., Gholamrezai, S. and Rahimian, M., 2018. Solutions to Enhance the Farmers' Participation in Water Users Associations (WUAs) in Lorestan Province, Iran. International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD), 9(3).

Shekhar S. Kumar, S., Sinha, R., Gupta, S., Densmore, A. et al., 2018. Efficient Conjunctive Use of Surface and Groundwater Can Prevent Seasonal Death of Non-Glacial Linked Rivers in Groundwater Stressed Areas. In: Saha D., Marwaha S., Mukherjee A. (eds) Clean and Sustainable Groundwater in India. Springer Hydrogeology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4552-3_9

Shirzadi Leskoklayeh, S., Saboohi, M., Davari, K. and Kikhah, A. A., 2018. The effect of irrigation water pricing policy on the groundwater level of Neishabour catchment. Agricultural Economics Research. 3 (10) 187-220(In Persian with English abstract).

Shojaat Zare, H. M., Saboohi, M., Ahmadpour, M. and Mohaddes, S. A., 2018. Investigating the effect of price and investment policies on water-saving technologies on the deficit of groundwater reservoirs and social costs in Khorasan Razavi province. Agricultural Economics .12 (3) .97-133(In Persian with English abstract).

Shokouhi, S. and Afrazeh, A., 2014. Design of Nanotechnology Technology Transfer Model in Iran by Fuzzy Delphi Method, Technology Development Quarterly, 11 (41) (In Persian with English abstract).

Shokati Amghani, M, Kalantari, K., Asadi, A and. HS Fami. (2018) Investigating The Effective Factors on Land Dispersion and Fragmentation in East Azarbayjan Province.Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 49(3) (In Persian with English abstract).

Sikka, A. K., Faiz Alam, M. and Pavelic, P., 2021. Managing groundwater for building resilience for sustainable agriculture in South Asia, Irrigation & Drainage, 70 (3), 560-573. https://doi.org/10.1002/ird.2558

Sinead, K., Hasson, F. and McKenn, H., 2001. A critical review of the Delphi technique as a research methodology for nursing. International Journal of Nursing Studies 38. 195-200https://doi.org/10.1016/S0020-7489 (00)00044-4

Smith, M., K. Cross, M. Paden and P. Laban., 2016. Spring managing groundwater sustainability. Published by IUCN, Gland, Switzerland, Switzerland. DOI:https: // doi.org/ 10.2305/ IUCN.CH. 2016.WANI. 8. en

Song, J., Yang, Y., Sun, X., Lin, J., Wu, M. and Wu, J., 2020. Basin-scale multi-objective simulation-optimization modeling for conjunctive use of surface water and groundwater in northwest China .Hydro. Earth Syst. Sci., 24, 2323–2341. https://doi.org/10.5194/hess-24-2323-2020

Zagade, N.D. and Umrikar, B.N., 2021. Drought severity modeling of upper Bhima River basin, western India, using GIS–AHP tools for effective mitigation and resource management. Nat Hazards 105, 1165–1188. https://doi.org/10.1007/s11069-020-04350-9

Zalikhaei Siar, L., Naderi Mehdi, K and Movahedi, R., 2019. Designing a model for sustainable agricultural water management using the DPSIR model (Case study of Hamadan province). Agricultural Knowledge and Sustainable Production 29 (4), 247-267(In Persian with English abstract)

Environmental Sciences Vol.20 / No.3 / Autumn 2022

155-172
Original Article

Strategies for sustainable management of groundwater resources in Romeshkan plain

Fatemeh Sepahvand,[1] Karim Naderi Mahdei,[1*] Saeed Gholamrezai[2] and Masoud Bijani[3]

[1] Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2] Department of Agricultural Economics and Rural Development, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran
[3] Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran

Received: 2021.11.22 Accepted: 2021.12.27

Sepahvand, F., Naderi Mahdei, K., Gholamrezai, S. and Bijani, M., 2022. Strategies for sustainable management of groundwater resources in Romeshkan plain. Environmental Sciences. 20(3): 155-172.

Introduction: In Iran, out of 88.5 billion water resources, about 83 billion cubic meters or 93.5% is allocated to the agricultural sector and therefore agriculture is the largest consumer of water. Increasing population, increasing cultivation areas, and agricultural productions have increased the consumption of these resources. Eventually, increased consumption leads to a decrease in the water table and drainage of aquifers. Statistics show that many of the plains are currently in crisis. Romeshkan plain is one of the plains which has faced a significant reduction of resources in the recent decades. The purpose of this study was to develop the strategies for the sustainable management of water resources in this plain. Romeshkan plain is a forbidden plain, but there are still many exploitations in it. Crops are planted in this plain that need a lot of water. This research has investigated the strategies of sustainable management of groundwater resources in Romeshkan plain using the Fuzzy Delphi technique.

Material and methods: The present study is an applied and descriptive research (non-experimental). The statistical population included 28 faculty members, experts, and farmers in Khorramabad and Romeshkan. The sample size was estimated using the purposeful snowball sampling method. Secondary data were also obtained from government departments to identify and describe the Romeshkan plain. Data on water resources of

[*]Corresponding Author: *Email Address*. knadery@basu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.52547/envs.2021.1121
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1401.20.3.9.2

Romeshkan plain were required. These data show how much water resources have dwindled over the last three decades.

Results and discussion: The results showed that despite the criticality of the Romeshkan plain, the livelihood of rural communities is mainly dependent on the agricultural sector. Also, hydrophilic crops are widely cultivated. In this plain, the structure of supply and exploitation of water resources is traditional. The agricultural lands of this plain do not have a new irrigation system. The results of this research show five types of strategies (economic, technological, environmental, policy-oriented, and social). The priority of the strategies was "develop sustainable rural employment". This will certainly require "human development of water-related actors and empowerment of rural communities". "Developing the right technologies", which was another strategy, could also help reform the traditional structure of supply and consumption of these resources.

Conclusion: Now the conditions of Romeshkan plain are critical. The results of this study showed that sustainable management of groundwater resources in this plain will not be achieved solely based on technological strategies. Also, economic, social, policy-oriented and environmental strategies must also be considered. Reform of the water consumption structure should be considered in parallel with the development of non-agricultural employment. Because the development of employment reduces the pressure on these resources.

Keywords: Sustainable management, Catchment, Rural communities, Romeshkan plain.