Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]

Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

**مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان**

**سال نهم، شماره بیست‌ونهم، زمستان ۱۳۹۹، صفحه ۷۵ـ۸۸**

**مقاله پژوهشی**

# ارزیابی توسعهٔ منابع نامتعارف آب (لب‌شور و شور) در غرب استان هرمزگان

سیده صدیقه حسینی ظفرآبادی[۱]، علیرضا نفرزادگان[۲*]، حسن وقارفرد[۳]

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۲۰** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۳۰**

## چکیده

کشور ایران به‌دلیل قرارگیری در پهنهٔ خشک و نیمه‌خشک زمین، از نظر دسترسی به منابع آب همواره با محدودیت‌هایی مواجه بوده است. در این راستا بایستی توجه ویژه‌ای به تأمین بخشی از آب مورد نیاز از منابع نامتعارف (آب لب‌شور و شور، جمع‌آوری آب باران، باروری ابرها و...) شود. این پژوهش به‌منظور مطالعهٔ کیفیت آب زیرزمینی و تأمین آب با تأکید بر منابع آب لب‌شور و شور در دشت فتویه–تدرویه واقع در بخش غربی استان هرمزگان و بررسی اقتصادی بودن استفاده از آب نامتعارف برای مصارف کشاورزی انجام شده است. به‌منظور مقایسهٔ عملکرد و میزان سوددهی محصولات قبل و بعد از احداث آب‌شیرین‌کن، دو مزرعه در منطقهٔ مذکور مورد بررسی قرار گرفت؛ نتایج حاصل نشان داد عملکرد و سوددهی محصولات با احداث آب‌شیرین‌کن چند برابر افزایش یافته است که با توجه به نسبت سود به هزینه و نرخ بازگشت سرمایه دارای توجیه اقتصادی است. برای ارائهٔ بهترین گزینهٔ مدیریت آب نامتعارف برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت در منطقه از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد. در نهایت، نتایج نشان داد که استفاده از آب‌های نامتعارف با احداث گلخانه و نصب آب‌شیرین‌کن در منطقهٔ فتویه–تدرویه برای مصارف کشاورزی امکان‌پذیر است.

**کلیدواژه‌ها:** آب‌های لب‌شور و شور، استان هرمزگان، برنامهٔ توسعه، گزینه‌های مدیریتی، منابع آب غیرمتعارف.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه هرمزگان

۲. استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، a.r.nafarzadegan@gmail.com

۳. دانشیار بازنشسته، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه هرمزگان است.

DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

**مقدمه**

بی‌توجهی به اصول و مدیریت بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و برداشت بیش از حد مجاز، باعث به خطر انداختن این منابع و تنزل کیفیت آب مصرفی خواهد شد. به وجود آمدن بحران کمبود آب (بالا بودن تقاضا نسبت به عرضه) معلول دو واقعیت انکارناپذیر است: ۱. محدودیت منابع آبی، ۲. تأثیرگذاری اقدامات و فعالیت‌های بشر بر روی این منبع غیرقابل جایگزین. ازاین‌رو، چالش ناشی از رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای آب و غذا از یک سو و خشکسالی‌ها و تغییر اقلیم از طرف دیگر، نظر برنامه‌ریزان و متخصصان علوم آب را به استفاده از آب‌های نامتعارف (فاضلاب‌ها، پساب‌ها و آب‌های شور) معطوف کرده است (ماجد و گلزاری، ۲۰۱۶). برداشت از آب‌های زیرزمینی در سطح ملی، هم‌اکنون از سقف مجاز بهره‌برداری عبور کرده و امکان توسعهٔ منابع آب زیرزمینی بسیار محدود است؛ لذا در آینده‌ای نه‌چندان دور احتمال بروز شرایط بحران‌زا در زمینهٔ آب، قطعی است (مدنی، ۲۰۱۴). بایستی از هم‌اکنون به دنبال چاره‌اندیشی برای تأمین بخشی از آب مورد نیاز از منابع نامتعارف (آب‌های شور، جمع‌آوری آب باران، باروری ابرها و...) بود (دردی‌پور و همکاران، ۲۰۰۴). در کشور ما فاصلهٔ منابع متعارف از شهرها بسیار زیاد است و در مواردی نیاز به چند مرحله پمپاژ هم دارد. ارقام و اعداد نشان می‌دهد که قیمت تمام‌شدهٔ آب منتقل‌شده از راه‌های تصفیه، هزینهٔ تمام‌شده‌ای تا حدود ۶۰ هزار ریال و نرخ بازگشت ۲۰٪ دارد که در مقایسه با نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب‌شور نزدیک، مجموع هزینهٔ بیشتری دارد. بنابراین در زمینهٔ توسعهٔ منابع آب کشور باید به‌سمت رویکردهای نوین حرکت کرد (رازقی و منصوری، ۲۰۱۳). امروزه کاربرد آب نامتعارف تصفیه‌شده برای کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایالات متحدهٔ آمریکا، کانادا، فرانسه، آلمان، مکزیک، چین، برزیل، مصر، مراکش، اردن، عربستان سعودی، قطر و هند رایج است (عابدی کوپایی، ۲۰۱۰). در کشور ایران نیز در سال‌های اخیر، به‌دلیل محدودیت‌ها، کاربرد آن در اراضی کشاورزی اهمیت یافته و در اولویت‌های برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب به‌ویژه در استان هرمزگان قرار دارد. نتایج پژوهش جوما[1] و همکاران نشان داده است که روند تحقیقات دربارهٔ آب‌های نامتعارف در خاورمیانه، از سال ۲۰۰۱ به‌طور قابل توجهی افزایش یافته که تعداد زیادی از این مطالعات توسط شرکت‌های خصوصی انجام شده است. همچنین به این نتیجه رسیدند که عنصر سرمایهٔ اجتماعی می‌تواند به تنوع منابع آب و راه‌حل‌های پایدار برای این منطقه کمک اساسی کند (جوما و همکاران، ۲۰۱۶). سلطانی با یادآوری شباهت کشور مصر با ایران از نظر شرایط اقلیمی و منابع آب، به این نتیجه رسید که مدیریت بحران آب بدون تکیه بر منابع آب نامتعارف و آب مجازی امکان‌پذیر نیست (سلطانی، ۲۰۱۲). رازقی و منصوری نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب‌شور منابع داخل کشور را یکی از گزینه‌ها و نمک‌زدایی از آب دریاها را گزینهٔ دیگری به‌عنوان یک فرصت برای توسعهٔ منابع آب معرفی کرده‌اند؛ ایشان مدیریت رواناب و سیلاب‌های شهری و برون‌شهری را نیز از منابع دارای ارزش توجه برای جایگزینی منابع فعلی آب عنوان کرده‌اند (رازقی و منصوری، ۲۰۱۵). از نظر قشلاقی، عواملی که مانع بازچرخانی آب می‌شوند عبارت‌اند از : ۱. عدم انجام تحلیل اقتصادی معتبر؛ ۲. هزینهٔ نسبتاً بالای تصفیهٔ فاضلاب و قیمت‌گذاری آب که به‌اندازهٔ کافی، ارزش آب و کمیاب بودن آن را منعکس نمی‌کند؛ ۳. مسائل فنی و اجتماعی مرتبط با آب‌های نامتعارف تصفیه‌شده؛ ۴. سخت بودن ایجاد انگیزهٔ مالی از طریق اطمینان‌بخشی در زمینهٔ کارآمدی استفاده از آب‌های نامتعارف (قشلاقی، ۲۰۱۶). کشاورز و صادق‌زاده با بررسی وضعیت موجود مصرف آب در کشاورزی، راهکارهایی برای بهینه نمودن مصرف آب ارائه کرده‌اند. ایشان تدوین برنامه‌ای جامع در مورد استفاده از آب‌های نامتعارف در کشاورزی و ترویج روش‌های مختلف جمع‌آوری آب را به‌عنوان یک ضرورت معرفی کردند (به نقل از نیکخواه و همکاران، ۲۰۱۵). طباطبایی و همکاران ضمن معرفی متغیرهای سنجش کیفیت آب نامتعارف برای استفاده در کشاورزی، شرب و

1. Djuma

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

صنعت، مبانی لازم برای تعیین استانداردهای استفاده از این منابع آب در کشور را ارائه نموده و علل تفاوت در بعضی معیارها و استانداردها در کشورهای مختلف را بیان کردند (طباطبایی و همکاران، ۲۰۱۱). موراد در مطالعه‌ای ضمن مرور منابع آب متعارف و نامتعارف آب در امارات متحدهٔ عربی چالش‌های اصلی پیش روی مدیریت این منابع را معرفی کرد (موراد، ۲۰۱۰). جابر و محسن ضمن بررسی استراتژی‌ها و اقدامات پیشنهادی برای رفع مشکل کمبود آب و غلبه بر آن در اردن به این نتیجه رسیدند که برای اطمینان از در دسترس بودن، مناسب بودن و پایداری آب باید اقدامات یکپارچهٔ زیادی انجام شود که از طریق توسعهٔ یک سیستم پشتیبانی برای ارزیابی و انتخاب منابع بالقوه برای آب‌های نامتعارف است؛ ایشان همچنین از طریق فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نتیجه گرفتند که بالاترین رتبهٔ منبع آب پس از آب شیرین، استفاده از آب‌شیرین‌کن‌هاست (جابر و محسن، ۲۰۰۱). غافر بزرگ‌ترین مانع مدیریتی تولید آب از طریق آب‌های نامتعارف در کشور مصر را عامل اقتصادی معرفی کرد (غافر، ۲۰۰۶). بررسی و جمع‌بندی تجربیات جهانی استفاده از این منابع نشان می‌دهد که با توجه به کمبود آب، استفاده از این منابع به‌عنوان یک منبع ارزشمند آب مطرح بوده و با گذشت زمان اهمیت آن بیشتر خواهد شد. برای استفادهٔ صحیح از این منابع، رعایت استانداردها ضروری بوده و توجه به آن می‌تواند سبب بروز اثرات پسندیده همچون حفاظت کمی و کیفی منابع آب گردد. با توجه به اینکه از آب نامتعارف در بخش‌های مختلف مصرف می‌توان استفاده کرد، تاکنون بیشتر تجربیات داخلی و خارجی استفاده از آب نامتعارف در جهان مربوط به بخش کشاورزی بوده که به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب است.

در دشت فتویه–تدرویه واقع در غرب استان هرمزگان، دوری و نزدیکی چاه‌های برداشت به گنبدهای نمکی بر روی کیفیت و شوری آب مؤثر است. در ضمن، استفاده از این آب‌های نامطلوب برای کشاورزی، حاصلخیزی خاک را نیز کاهش داده است (عفیفی و کردوانی، ۲۰۰۸). این پژوهش به‌منظور مطالعهٔ وضعیت کیفی منابع آب و تأمین آب با تأکید بر منابع آب شور در دشت فتویه–تدرویه واقع در شهرستان بستک و بررسی امکان استفاده از آب نامتعارف و مدیریت آن برای مصارف کشاورزی انجام شده است.

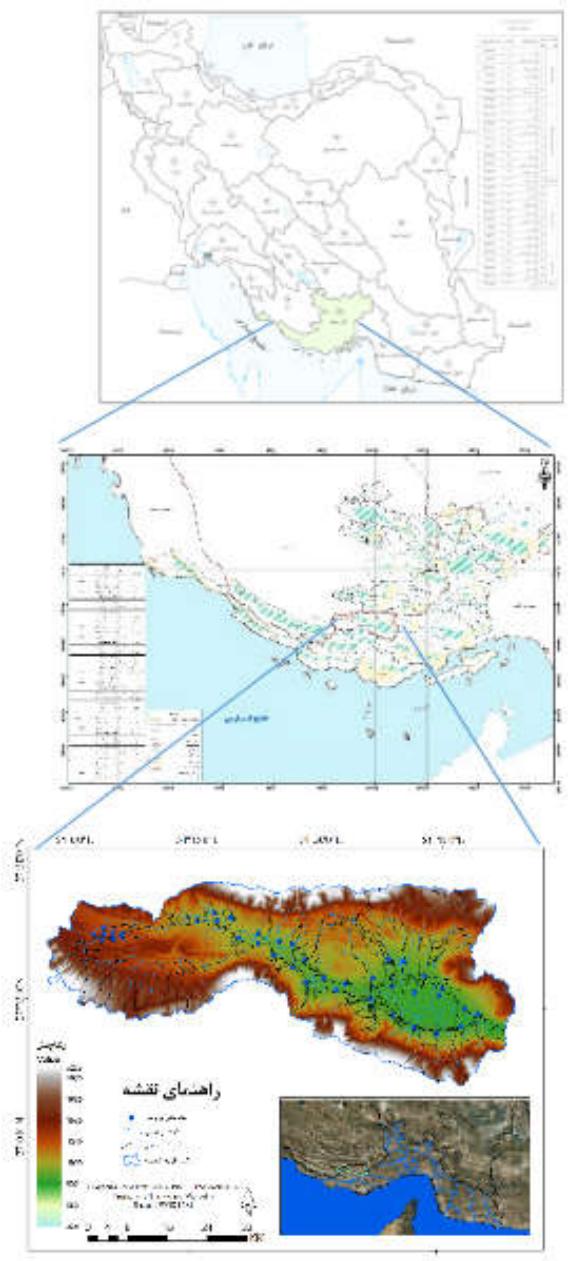
## مواد و روش‌ها

دشت فتویه–تدرویه در بخش غربی استان هرمزگان، بین طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و در مسیر جادهٔ بندرعباس، لار و بستک قرار دارد (شکل ۱). بر اساس اطلاعات اخذشده از شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان، مساحت این منطقه ۲۱۴۲/۱۷ کیلومتر مربع است که به تفکیک ۱۴۶۲/۶۷ کیلومتر مربع را ارتفاعات و ۶۷۹/۵۰ کیلومتر مربع را دشت در بر گرفته و فاقد منطقهٔ مسکونی است. دشت مذکور در حوزهٔ دهنگ با کد ۲۷۰۴ در غرب حوزهٔ آبریز کل– مهران و جزایر خلیج فارس قرار دارد. این منطقه جزء زیرحوزهٔ رود فصلی شور است که طول رودخانهٔ آن (شور) ۱۸۲/۵ کیلومتر است و به خلیج فارس می‌ریزد. شیب متوسط این حوزه ۱۱/۲٪ است و آبخوان‌های این محدوده با مساحت ۴۸۵/۷۹ کیلومترمربع شامل دو آبخوان «فتویه–تدرویه» و «بِراشت» است. این ناحیه با متوسط ارتفاع ۵۹۵ متر از سطح دریا در بخش مرکزی حوزه قرار دارد. بر اساس آماربرداری انجام‌شده در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ توسط شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان، ۶۵۹ منبع تخلیهٔ آب زیرزمینی (۶۴۸ حلقه چاه، ۷ دهنه چشمه و ۴ رشته قنات) در این محدودهٔ مطالعاتی وجود داشته است. ۶۴۸ حلقه از چاه‌های محدوده فعال بوده که شامل ۳ حلقه چاه عمیق و ۶۴۵ حلقه چاه نیمه‌عمیق است. از کل چاه‌های فعال، ۶۴۵ حلقه در دشت و ۳ حلقه در ارتفاعات واقع شده است. حجم کل تخلیهٔ سالانه از چاه‌های دشت که تمامی آن‌ها از آبخوان فتویه–تدرویه برداشت می‌کنند، معادل ۱۴/۸۳ میلیون مترمکعب و با احتساب قنات و چشمه معادل ۱۸/۰۷ میلیون مترمکعب برآورد شده است (شرکت آب منطقه‌ای هرمزگان، ۲۰۱۷).

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021




شکل (۱): نقشهٔ موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

Figure (1): location map of the study area

**کیفیت شیمیایی منابع آب:** در محدودهٔ مطالعاتی، شبکهٔ نمونه‌برداری کیفی آب سطحی وجود ندارد. آمار مربوط به منابع آب زیرزمینی نیز مربوط به ۴۹ حلقه چاه در آبخوان است. نمونه‌ها در دو فصل کم‌آبی و پرآبی از چاه‌های آب زیرزمینی منطقهٔ مورد مطالعه با روش‌های استاندارد توسط شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۶ جمع‌آوری شدند. پارامترهای کیفی مورد بررسی شامل هدایت الکتریکی، مقدار اسیدیته، تغییرات آنیون‌های کلرید بی‌کربنات و سولفات، تغییرات کاتیون‌های سدیم پتاسیم کلسیم و منزیم و املاح محلول بودند. نمودارهای پایپر و شولر (صالحی و حقی‌زاده، ۲۰۱۶)، ویلکوکس (صفی‌لو و همکاران، ۲۰۱۵)، درووو (سلیمانی و همکاران، ۲۰۱۳) با استفاده از نرم‌افزارهای AqQa و Aqua-Chem ترسیم شدند. سپس شاخص کیفی WQI محاسبه شد؛ این شاخص بیان‌کنندهٔ کیفیت آب برای شرب است؛ به‌عبارت دیگر مقداری است با یک مقیاس نسبی دسته‌بندی که گویای کیفیت آب از بسیار نامناسب تا عالی می‌باشد. با توجه به این نکته که استفاده از متغیرهای کیفی آب شامل منیزیم، کلسیم، پتاسیم، نیترات، اسیدیته، کلر، سولفات، بی‌کربنات، کل جامدات محلول، فسفات، برای محاسبه این شاخص در ایران توصیه شده (علیپور و همکاران، ۲۰۱۷)، از نتایج اندازه‌گیری این متغیرها که به روش‌های استاندارد در آزمایشگاه شرکت آب منطقه‌ای بندرعباس اندازه‌گیری شده‌اند، استفاده شده است. به‌منظور محاسبهٔ این شاخص کیفی آب، ابتدا برای هر پارامتر وزن تعیین می‌کنند ($W_i$)، سپس وزن نسبی را استفاده از آن به دست می‌آورند. در مرحلهٔ بعد با استفاده از وزن نسبی ($w_i$) و درجهٔ کیفیت ($q_i$) هر پارامتر، زیرشاخص هر پارامتر ($SI_i$) محاسبه شده، که در انتها با جمع زیرشاخص‌های پارامترها می‌توان شاخص کیفی آب را به دست آورد (حسینی و همکاران، ۲۰۱۹).

**بیلان آب:** به‌منظور محاسبهٔ تغییرات ذخیره برای امکانات توسعه و بهره‌برداری آب زیرزمینی و مدیریت رواناب خروجی (آب‌های شور و لب‌شور) در مطالعات بیلان محدودهٔ مطالعاتی حاضر، بیلان آب تا سال آبی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ بهنگام شده است. بیلان دشت بر اساس مدل مفهومی بودیکو تهیه شده است. این مدل برای تخمین تبخیر و تعرق به‌عنوان پارامتری از شاخص خشکی (نسبت تبخیر و تعرق پتانسیل به بارش) در یک چهارچوب ساده عرضه و تقاضا عمل می‌کند. مزیت این مدل تنوع در روابط پیشنهادی موجود برای منحنی بودیکو است (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ گریتیس و همکاران، ۲۰۰۹؛ صانع و ثقفیان، ۲۰۱۸).

**توجیه اقتصادی:** یکی از محورهای مهم مطالعات امکان‌سنجی پروژه، ارزیابی اقتصادی آن است. هر پروژه

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

صرف نظر از نوع و اندازه بایستی صرفه اقتصادی داشته باشد. از روش‌های ارزیابی اقتصادی می‌توان به روش نسبت سود به هزینه و روش نرخ بازگشت سرمایه اشاره کرد (اسلامی، ۲۰۰۹).

**روش نسبت سود به هزینه:** شاخص نسبت سوددهی در یک پروژه برابر است با نسبت منافع به هزینه که آن را به‌صورت نسبت منافع تنزیل‌شده به هزینه‌های تنزیل‌شده در یک مقطع زمانی معین تعریف می‌کنند. ملاک قبول یک پروژهٔ مستقل بر اساس نسبت سود–هزینه وقتی است که این نسبت بزرگ‌تر یا مساوی یک باشد (بولو و همکاران، ۲۰۱۲).

رابطه $B/C>1$

هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر برای کشت گلخانه‌ای عبارتند از:

۱. هزینهٔ احداث یک هکتار گلخانه: ۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال

۲. هزینهٔ احداث آب‌شیرین‌کن برای یک هکتار گلخانه: ۲۴۰۰۰۰۰۰۰ ریال

۳. هزینهٔ نگهداری سالانهٔ یک هکتار گلخانه: ۳۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال

۴. هزینهٔ نگهداری سالانهٔ آب‌شیرین‌کن مورد نظر: ۴۰۰۰۰۰۰ ریال.

این هزینه‌ها در کل دورهٔ پنج‌سالهٔ آماری با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول و به روش نرخ بازگشت سرمایه لحاظ شده‌اند، بدین صورت که هزینه‌های تولید سالانه و هزینه‌های نگهداری سالانه با هزینه‌های احداث گلخانه و نصب آب‌شیرین‌کن جمع می‌شود (با احتساب نرخ استهلاک دستگاه). دو روش ذکرشده، در زمرهٔ روش‌های پُرکاربرد در ارزیابی اقتصادی پروژه‌های دولتی است (اسکونژاد، ۲۰۰۷).

**ارزیابی مدیریتی:** در این پژوهش از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده شده است. مراحل انجام کار و ایجاد این مدل تصمیم‌گیری به شرح زیر است:

۱. شناسایی و ارزیابی معیارها و تعریف گزینه‌ها؛

۲. وزن‌دهی؛

۳. انتخاب گزینه برتر با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP.

مبحث تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در دهه‌های اخیر در در دنیا مطرح شده و در ایران نیز در سال‌های اخیر مورد استفادهٔ گسترده قرار گرفته است. با توجه به عظیم بودن عمده پروژه‌های عمرانی مهندسی منابع آب و در ارتباط بودن آن‌ها با مسائل زیست‌محیطی و منافع ملی کشور، در کنار وجود تنوع در رهیافت‌های مطرح در پروژه‌های مدیریت سیلاب، آبخیزداری و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در این‌گونه پروژه‌ها کاملاً منطقی، ضروری و توجیه‌پذیر است.

در راستای انتخاب برترین گزینهٔ مدیریت آب‌های نامتعارف و رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریتی، پس از تهیهٔ ساختار تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا با استفاده از ماتریس‌های مقایسه، وزن هر معیار به دست آمد. در مرحلهٔ بعد، گزینه‌های موجود به‌صورت زوجی نسبت به تک‌تک معیارها مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند و وزن نسبی[1] (وزن محلی) هر گزینه نسبت به هر معیار به دست آمد. بدیهی است که این کار در برای هر نوع مصرف آب به‌صورت جداگانه انجام گرفت. بعد از محاسبهٔ وزن‌های نسبی ماتریس‌های تصمیم‌گیری در مورد هر نوع کاربرد (کشاورزی، شرب و صنعت) به دست آمد.

**محاسبهٔ وزن‌های نسبی معیارها و گزینه‌ها به‌منظور تکمیل ماتریس:** در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا عناصر به‌صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسهٔ زوجی تشکیل می‌شود. در این راستا باید توجه داشت که اگر A بر B دارای ترجیح n باشد، ترجیح B بر A برابر 1/n خواهد بود و بدیهی است که در مقایسهٔ زوجی ترجیح هر عنصر بر خودش برابر یک می‌باشد. بر اساس نظریات ۲۰ نفر از کارشناسان مختلف دانشگاهی و اجرایی، اقدام به ارزیابی گزینه‌ها از طریق ماتریس مقایسهٔ زوجی شد. به‌منظور ترکیب نظریات مختلف از میانگین هندسی استفاده شد. سپس مقایسهٔ زوجی عناصر و قضاوت‌های شفاهی به مقادیر کمّی بین ۱ تا ۹ بر اساس جدول (۳) تبدیل شدند (قدسی‌پور، ۲۰۰۳). سپس بر اساس ماتریس حاصل، وزن نسبی عناصر

1. Local Weight

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

محاسبه شد. نرم‌افزار Expert Choice با استفاده از روش مقایسهٔ زوجی، به رتبه‌بندی معیارهای مورد مطالعه بر طبق معیارهایی که از پیش تعریف شده‌اند اقدام می‌کند. وزن نسبی هر گزینه از طریق روش بردار ویژه محاسبه شد (قدسی‌پور، ۲۰۰۳).

به‌منظور رتبه‌بندی راهکارها و گزینه‌های مدیریت منابع آبی در این حوزه، پس از کسب اطلاعات اولیه و مطالعات صورت‌گرفته از ارگان‌های مربوط، شش معیار برای انتخاب و اولویت‌بندی گزینه‌ها برای این محدودهٔ مطالعاتی در نظر گرفته شد. سپس در سه کاربرد اصلی، گزینه‌ها و راهکارهای قابل اجرا با نظر کارشناسی در نظر گرفته شد. این گزینه‌ها و راهکارها نسبت به شش معیار مورد ارزیابی قرار گرفته و وزن هر گزینه نسبت به هر معیار به دست آمده است.

**معیارها:** شاخص‌های استفاده‌شده برای انتخاب گزینه‌های مدیریتی در زمینهٔ آب‌های نامتعارف که از مطالعات پیشین (آقاخانی و همکاران، ۲۰۱۳؛ قاسمی و همکاران، ۲۰۰۸؛ فتاحی و همکاران، ۲۰۱۶؛ سازمان عمران کرمان، ۲۰۱۷)، استخراج شده‌اند، در جدول (۱) دسته‌بندی شده‌اند.

**جدول (۱): معیارهای مورد استفاده در مدیریت منابع آب نامتعارف**

**Table (1): The criteria used for managing unconventional water resources**

| معیارها | مرجع |
|---|---|
| ۱. پذیرش اجتماعی و مشارکت مردمی | (سازمان عمران کرمان، ۲۰۱۷) |
| ۲. هزینهٔ بهره‌برداری | (آقاخانی و همکاران، ۲۰۱۳؛ قاسمی و همکاران، ۲۰۰۸) |
| ۳. اشتغال و درآمدزایی | (عباسی و همکاران، ۲۰۱۷؛ قاسمی و همکاران، ۲۰۰۸) |
| ۴. عملیاتی بودن | (محمودی و همکاران، ۲۰۱۷) |
| ۵. خطرات اکولوژیک | (سازمان عمران کرمان، ۲۰۱۷) |
| ۶. افزایش هزینه‌بر اثر تخریب کیفیت آب و خاک در بلندمدت | (دهقانی و همکاران، ۲۰۱۳؛ سازمان عمران کرمان، ۲۰۱۷) |

**گزینه‌ها:** در پژوهش حاضر برای مدیریت آب‌های نامتعارف، گزینه‌های زیر به‌عنوان گزینه‌های مناسب برای انتخاب طرح های مدیریتی در جدول (۲) دسته‌بندی شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

**جدول (۲): گزینه‌های در نظر گرفته‌شده برای مدیریت منابع آب نامتعارف**

**Table (2): The alternatives considered for managing unconventional water resources**

| گزینه‌ها | مرجع |
|---|---|
| احداث آب‌شیرین‌کن | (جابر و محسن، ۲۰۰۱) |
| اجرای طرح الگوی بهینهٔ کشت | (اسدی و همکاران، ۲۰۱۵) |
| آیش زمین | (اسدی و همکاران، ۲۰۱۵) |
| تغییر کاربری اراضی | |
| احداث آب‌انبار در مسیر رواناب | (عابدی کوپایی، ۲۰۱۰) |
| احداث بند در مسیر رواناب | (عابدی کوپایی، ۲۰۱۰) |
| انتقال بین حوضه‌ای از بِراشت | (عابدی کوپایی، ۲۰۱۰) |
| ممنوعیت فعالیت صنعتی در مناطق بحرانی | (غافر و همکاران، ۲۰۰۶) |
| ممانعت از تخلیهٔ پساب و فاضلاب در حریم رودخانه | (سازمان عمران کرمان، ۲۰۱۷) |
| تجهیز و نوسازی شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب | (فتاحی و همکاران، ۲۰۱۶) |

**جدول (۳): دسته‌بندی مقدار عددی ترجیحات در مقایسات زوجی**

**Table (3): assortment amount of distinction in parity collations**

| ترجیحات(قضاوت شفاهی) | مقدار عددی |
|---|---|
| کاملاً مرجع یا کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر | ۹ |
| ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی | ۷ |
| ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی | ۵ |
| کمی مرجع یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر | ۳ |
| ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان | ۱ |
| ترجیحات بین فواصل فوق | ۲ و ۴ و ۶ و ۸ |

## نتایج

**تحلیل کیفیت شیمیایی منابع آب:** با توجه به شکل (۲)، نقشهٔ هدایت الکتریکی در پنج کلاس نشان داده شده است. بیشترین میزان هدایت الکتریکی در قسمت جنوب و جنوب شرقی دشت و در محل رودخانهٔ شور برآورد شد که میزان حداکثر هدایت الکتریکی در خروجی حوزه به مقدار ۱۲۹۱۰ و کمترین میزان آن به مقدار ۱۰۶۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در جنوب غرب و حاشیه‌های مرز دشت است. میانگین شوری برحسب باقی‌ماندهٔ خشک برابر با ۴۲۳۱ میلی‌گرم در لیتر و میانگین هدایت الکتریکی آن ۶۶۱۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر

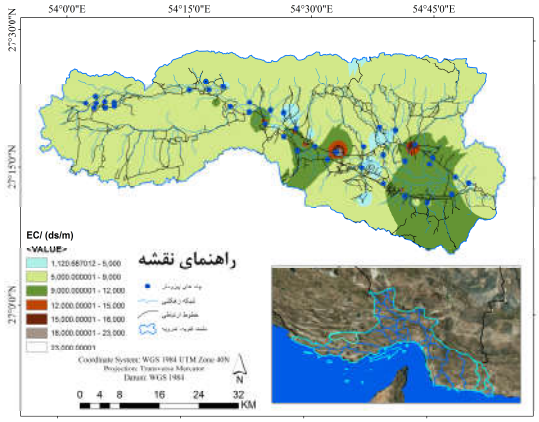
www.SID.ir

Archive of SID



[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

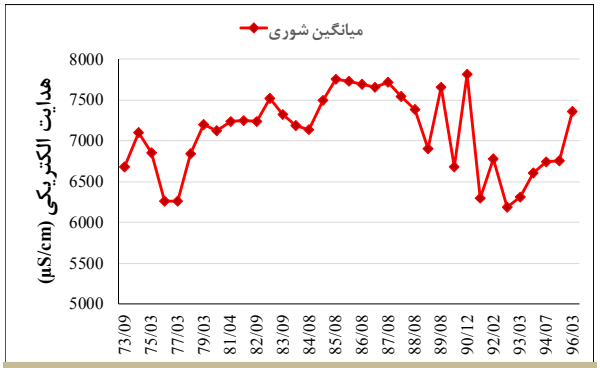
بوده است. بیشترین ضریب تغییرات متعلق به یون سدیم و برابر با ۰/۶۷ بوده و نشان‌دهندهٔ پراکندگی بیشتر این یون نسبت به سایر یون‌هاست. حداقل انحراف معیار، مربوط به یون بی‌کربنات، با مقدار ۱/۰۹ و حداکثر انحراف معیار متعلق به یون کلراید، با مقدار ۲۹/۲۸ است.




شکل (۲): نقش/ هدایت الکتریکی

Figure (2): Map of electrical conductivity.

بر اساس کموگراف رسم‌شده (شکل ۳) برای آبخوان دشت فتویه–تدرویه مربوط به ۲۷ نوبت نمونه‌برداری (۱۳۷۳ــ۱۳۹۶)، حداقل متوسط هدایت الکتریکی آبخوان (۶۱۸۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در بهمن ۱۳۹۲ و حداکثر آن (۷۸۱۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) در اسفند ۱۳۹۰ بوده است.




شکل (۳): کموگراف دشت فتویه تدرویه

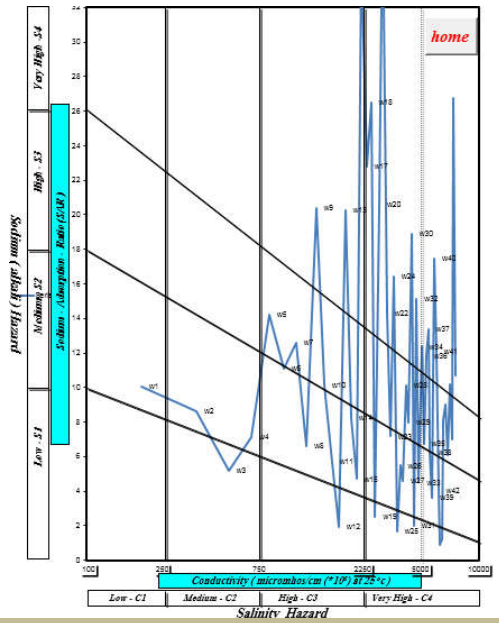
Figure (3): The chemograph of Fatuyeh-Todruyeh plain

نظر به اهمیت ویژهٔ فاکتورهای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در امر کشاورزی، آب‌های زیرزمینی دشت فتویه–تدرویه با استفاده از دیاگرام ویلکوکس طبقه‌بندی و در جدول (۴) ارائه شده است که همان طور که پیداست در این دشت آب‌های زیرزمینی دارای درجهٔ شوری کم و متوسط با خطر سدیم کم تا زیاد منطبق بر $C_1$- $S_{1-4}$ و $C_2$-$S_{1-4}$ وجود ندارد و نمونه‌ها همگی در گروه‌های $C_3$-$S_{1-4}$ و $C_4$- $S_{1-4}$ قرار می‌گیرند.

جدول (۴): طبقه‌بندی آب‌های زیرزمینی دشت فتویه تدرویه بر اساس نمودار ویلکوکس

Table (4): The classification of ground waters of Fatuyeh-Todruyeh plain according to Wilcox diagram

| درجه شوری | خطر قلیائیت سدیم | درصد نمونه‌ها |
|---|---|---|
| $C_1$ | $S_2$ | ۰ |
| | $S_3$ | ۰ |
| | $S_4$ | ۰ |
| $C_2$ | $S_1$ | ۰ |
| | $S_2$ | ۰ |
| | $S_3$ | ۰ |
| | $S_4$ | ۰ |
| $C_3$ | $S_1$ | ۶ |
| | $S_2$ | ۶ |
| | $S_3$ | ۰ |
| | $S_4$ | ۰ |
| $C_4$ | $S_1$ | ۸ |
| | $S_2$ | ۱۱ |
| | $S_3$ | ۲۱ |
| | $S_4$ | ۴۸ |




شکل (۴): نمودار ویلکوکس دشت فتویه تدرویه

Figure (4): The Wilcox diagram of Fatuyeh-Todruyeh plain

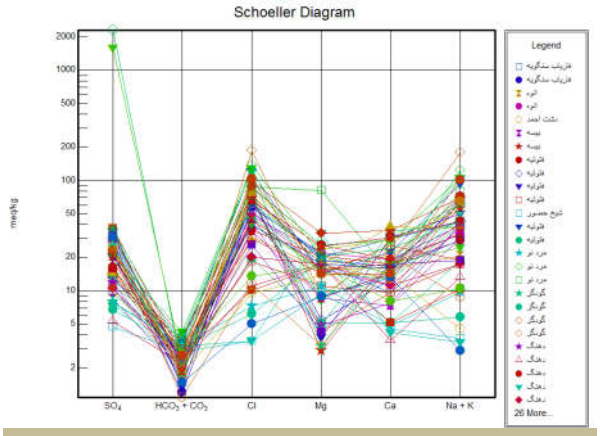
با توجه به دیاگرام شولر (شکل ۵) که مربوط به طبقه‌بندی آب از نظر قابلیت شرب است، آب‌های زیرزمینی

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

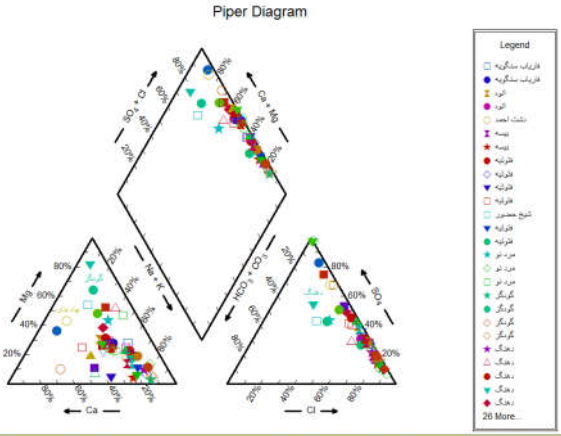
دشت فتویه-تدرویه در منطقه در محدودهٔ قابل قبول تا کاملاً نامطبوع قرار دارند.




**شکل (۵): دیاگرام شولر دشت فتویه تدرویه**

**Figure (5): The Schoeller diagram of Fatuyeh-Todruyeh plain**

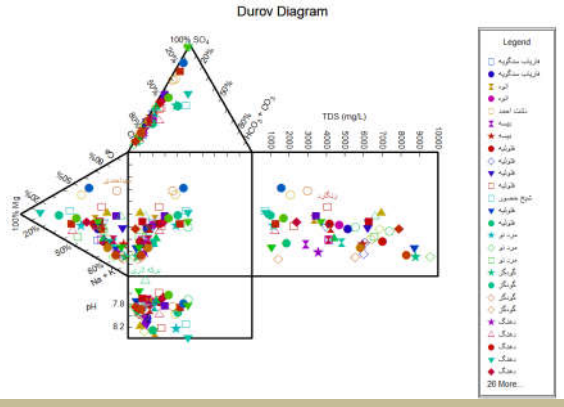
بر اساس دیاگرام پایپر (شکل ۶)، نمونه‌های آب زیرزمینی دشت فتویه-تدرویه دارای تیپ غالب کلروره تا سولفاته هستند و اکثر آن‌ها در رخسارهٔ سدیک تا کلسیک و درصد بسیار کمی از نمونه‌ها در رخسارهٔ منیزیک واقع شده‌اند.




**شکل (۶): دیاگرام پایپر دشت فتویه تدرویه**

**Figure (6): The Piper diagram of Fatuyeh-Todruyeh plain**

سیر تکاملی دیاگرام دروو (شکل ۷) نشان می‌دهد تیپ آب در منطقهٔ فتویه و تدرویه از نوع کلسیم منیزیم است. همچنین مستطیل سمت راست نمودار نمایانگر میزان املاح بالا در آب زیرزمینی منطقه است که حد بالای TDS این موضوع را تصدیق می‌کند. میزان آب نیز به‌سمت قلیائیت میل می‌کند.




**شکل (۷): دیاگرام دروو دشت فتویه تدرویه**

**Figure (7): The Durov diagram of Fatuyeh-Todruyeh plain**

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از محاسبهٔ WQI، افزایش میزان این شاخص از سمت شمال و غرب آبخوان و حاشیه‌های رودخانه شور دشت فتویه به‌سمت جنوب و جنوب شرقی و بستر رودخانه است. بیشترین عدد شاخص کیفی WQI مربوط به چاه شمارهٔ ۲۲ در محل گودگز با عدد ۱۲۵۷/۲۵ می‌باشد که در تقسیم‌بندی شاخص این چاه در ردیف آب‌های نامناسب از نظر شرب است. همچنین کمترین عدد شاخص کیفی WQI مربوط به چاه شمارهٔ ۱۳ در محل شیخ حضور با عدد ۱۰۰/۱۹ می‌باشد که از نظر تقسیم‌بندی در ردیف آب‌های خوب از نظر شرب است.

**بیلان آب:** بر اساس بیلان هیدروکلیماتولوژی، مقدار ورودی به حوزهٔ آبخیز معادل ۵۱۷/۷۵ میلیون مترمکعب و مقدار خروجی (تلفات و مصارف) از حوزهٔ آبخیز معادل ۵۲۰/۱۸ میلیون مترمکعب در سال و تغییرات ذخیره معادل ۲/۴۳- میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است.

**جدول (۵): بیلان آبی دشت فتویه-تدرویه**

**Table (5): The water balance of Fatuyeh-Todruyeh plain**

| | |
|---|---|
| وسعت (کیلومتر مربع) | ۲۱۴۲/۱۷ |
| حجم بارندگی (میلیون مترمکعب) | ۴۶۸/۶۲ |
| تبخیر و تعرق حقیقی (میلیون مترمکعب) | ۴۱۷/۴۴ |
| رواناب (میلیون مترمکعب) | ۲۴/۹۲ |
| نفوذ (میلیون مترمکعب) | ۲۸/۶۹ |
| تغییرات ذخیره | -۲/۴۳ |

**توجیه اقتصادی:** نسبت سود به هزینه در کشت محصول خیار گلخانه‌ای در سال اول این نسبت برابر با ۲/۱۳ می‌باشد. نسبت سود به هزینه در سال‌های دوم تا چهارم با احتساب نرخ تورم نسبت سود به هزینه به‌ترتیب ۲/۰۳، ۱/۹۶، ۲/۰۳،

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

۲/۲ به دست آمده است که همگی بزرگ‌تر از یک هستند. همچنین نرخ بازگشت سرمایه در بخش کشاورزی ۰/۲۸ یا ۲۸٪ به دست آمده است که از نرخ سود بانکی که در حال حاضر بین ۱۸ تا ۲۵٪ است، بیشتر می‌باشد.

**ارزیابی مدیریتی:** جدول زیر ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها و جدول بعد رده‌بندی نهایی معیارهای مورد بحث را با توجه به وزن‌های نسبی به‌دست‌آمده نشان می‌دهد. بدیهی است که داده‌های جدول اول حاصل از میانگین هندسی تمامی پرسش‌نامه‌ها حاصل شده است. در خصوص انتخاب راهکارهای مدیریت آب‌های نامتعارف در منطقهٔ فتویه-تدرویه، معیارهای افزایش هزینه‌بر اثر تخریب کیفیت آب و خاک در بلندمدت و هزینهٔ بهره‌برداری به‌ترتیب با وزن ۰/۲۶۹ و ۰/۲۶۵ از بیشترین وزن نسبی برخوردار است.

**جدول (۶): رتبه‌بندی معیارهای مدیریت آب‌های نامتعارف**

**Table (6): Ranking the alternatives of non-conventional water management**

| معیارها (عوامل مؤثر) | وزن نهایی | رتبه |
|---|---|---|
| پذیرش اجتماعی و مشارکت | ۰/۰۴۷ | ۶ |
| هزینهٔ بهره‌برداری | ۰/۲۶۵ | ۲ |
| اشتغال و درآمدزایی | ۰/۰۸۴ | ۵ |
| عملیاتی بودن | ۰/۰۹۶ | ۴ |
| خطرات اکولوژیک | ۰/۲۳۹ | ۳ |
| افزایش هزینه‌بر اثر تخریب کیفیت آب و خاک در بلندمدت | ۰/۲۶۹ | ۱ |
| مجموع وزن‌ها | ۱ | |

بر اساس جدول (۷) در ماتریس تصمیم‌گیری برای کاربری کشاورزی بیشترین امتیاز مربوط به گزینه‌های تغییر الگوی کشت بهینه و احداث آب‌شیرین‌کن با امتیاز ۰/۴۳۹ و ۰/۲۵۸ می‌باشد. در رتبهٔ بعد، گزینهٔ آیش زمین با ۰/۱۵۹ قرار گرفت. در همین راستا گزینهٔ تغییر کاربری با امتیاز ۰/۱۴۵ آخرین گزینه محسوب می‌شود.

بر اساس جدول (۸) در ماتریس تصمیم‌گیری برای کاربری شرب بیشترین امتیاز مربوط به گزینه‌های احداث آب‌شیرین‌کن و احداث بند با امتیاز ۰/۴۳۹ و ۰/۲۵۹ می‌باشد. در رتبهٔ بعد، گزینهٔ احداث سد با ۰/۱۵۸ قرار گرفت. در همین راستا گزینه انتقال بین حوزه‌ای با امتیاز ۰/۱۴۹ آخرین گزینه محسوب می‌شود.

بر اساس جدول (۹) در ماتریس تصمیم‌گیری برای کاربری صنعت بیشترین امتیاز مربوط به گزینه‌های ممنوعیت تخلیهٔ پساب در حریم رودخانه و تجهیز و نوسازی شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب با امتیاز ۰/۳۳۳ و ۰/۲۵۶ می‌باشد. در رتبهٔ بعد، گزینهٔ ممنوعیت فعالیت صنعتی امتیاز ۰/۲۱۸ قرار گرفت. در همین راستا گزینهٔ احداث آب‌شیرین‌کن با امتیاز ۰/۱۴۹ آخرین گزینه محسوب می‌شود.

**ارزیابی نرخ‌های ناسازگاری در مدل Expert Choice:**

مقادیر نرخ‌های ناسازگاری این سه ماتریس همگی کمتر از ۰/۱ می‌باشد که نشان‌دهندهٔ سازگار بودن نظرسنجی‌ها و تصمیم‌هاست. در واقع مناسب بودن مقادیر ناسازگاری در این تحقیق به‌علت عدم محدودیت مقداردهی ترجیحات بود؛ زیرا ماتریس‌های مطرح‌شده در این طرح در سه کشاورزی شرب و صنعت ۶×۴ بودند، درحالی‌که ۹ مقدار عددی برای مقایسه‌های زوجی وجود دارد.

**جدول (۷): ماتریس مدیریت آب‌های نامتعارف در بخش کشاورزی**

**Table (7): The non-conventional management matrix for agriculture sector**

| | افزایش هزینه‌بر اثر تخریب کیفیت آب و خاک در بلندمدت | خطرات اکولوژیک | عملیاتی بودن | اشتغال و درآمدزایی | هزینهٔ بهره‌برداری | پذیرش اجتماعی و مشارکت مردمی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| احداث آب‌شیرین‌کن | ۰/۳۲۷ | ۰/۲۱۷ | ۰/۲۱۰ | ۰/۵۱۶ | ۰/۱۸۴ | ۰/۱۵۶ |
| تغییر الگوی کشت بهینه | ۰/۴۵۱ | ۰/۴۵۹ | ۰/۲۹۵ | ۰/۳۶۹ | ۰/۴۹۳ | ۰/۴۵۳ |
| آیش زمین | ۰/۱۷۳ | ۰/۱۸۹ | ۰/۳۸۳ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۶۷ | ۰/۰۴۵ |
| تغییر کاربری اراضی | ۰/۰۴۹ | ۰/۱۳۶ | ۰/۱۱۲ | ۰/۰۷۸ | ۰/۲۵۶ | ۰/۳۴۵ |

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

**جدول (۸): ماتریس مدیریت آب‌های نامتعارف در بخش شرب**

**Table (8): The non-conventional management matrix for drinking sector**

| | افزایش هزینه‌بر اثر تخریب کیفیت آب و خاک در بلندمدت | خطرات اکولوژیک | عملیاتی بودن | اشتغال و درآمدزایی | هزینهٔ بهره‌برداری | پذیرش اجتماعی و مشارکت مردمی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| احداث آب‌شیرین‌کن | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۳۷ | ۰/۵۵۹ | ۰/۶۷۶ | ۰/۳۰۷ | ۰/۷۱۳ |
| احداث آب‌انبار در مسیر رواناب | ۰/۳۹۵ | ۰/۴۲۳ | ۰/۲۵۶ | ۰/۱۱۰ | ۰/۲۵۱ | ۰/۱۲۶ |
| احداث بند در مسیر رواناب | ۰/۱۶۸ | ۰/۱۷۴ | ۰/۶۳ | ۰/۰۸۷ | ۰/۳۳۴ | ۰/۰۹۴ |
| انتقال بین حوزه‌ای از براش | ۰/۲۳۹ | ۰/۲۶۶ | ۰/۱۲۳ | ۰/۱۲۷ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۶۷ |

**جدول (۹): ماتریس مدیریت آب‌های نامتعارف در بخش صنعت**

**Table (9): The non-conventional management matrix for industrial sector**

| | افزایش هزینه‌بر اثر تخریب کیفیت آب و خاک در بلندمدت | خطرات اکولوژیک | عملیاتی بودن | اشتغال و درآمدزایی | هزینهٔ بهره‌برداری | پذیرش اجتماعی و مشارکت مردمی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| احداث آب‌شیرین‌کن | ۰/۱۰۷ | ۰/۱۰۷ | ۰/۲۸۵ | ۰/۶۱۰ | ۰/۱۵۰ | ۰/۱۸۱ |
| ممنوعیت فعالیت صنعتی در مناطق بحرانی | ۰/۱۷۷ | ۰/۳۴۲ | ۰/۳۶۰ | ۰/۰۹۰ | ۰/۱۹۷ | ۰/۰۵۵ |
| ممانعت از تخلیهٔ پساب و فاضلاب در حریم رودخانه | ۰/۳۸۲ | ۰/۳۸۳ | ۰/۱۹۸ | ۰/۰۶۱ | ۰/۴۱۶ | ۰/۲۴۰ |
| تجهیز و نوسازی شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب | ۰/۳۳۴ | ۰/۱۶۸ | ۰/۱۵۷ | ۰/۲۳۹ | ۰/۲۳۷ | ۰/۵۲۴ |

## بحث و نتیجه‌گیری

در این محدوده با توجه به نمونه‌های موجود، مقدار هدایت الکتریکی در مجموع بالا بوده و وضعیت مناسبی از لحاظ کیفیت آب زیرزمینی وجود ندارد. از آنجایی که اساس محاسبهٔ WQI استفاده از غلظت پارامترهای هدایت الکتریکی (EC)، pH، بی‌کربنات ($HCO^{3-}$)، کلرید ($Cl^{-}$)، سولفات ($SO4^{2-}$)، منیزیم ($Mg^{2+}$)، کلسیم (Ca2+)، سدیم ($Na^{+}$) و سختی کل (TH) می‌باشد، با توجه به مباحث مطرح‌شده، به دست آمدن این نتیجه اجتناب‌ناپذیر است. هیچ منطقه‌ای از دشت فتویه دارای کیفیت خیلی مناسبی از نظر شرب (WQI<۵۰) بر اساس این شاخص کیفی از آب نیست. این کاهش و عدم کیفیت از نظر شاخص فوق به‌دلیل برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی و عبور آب سطحی از گنبدهای نمکی و نفوذ این آب فاقد کیفیت است.

در این پژوهش، کشت خیار به‌صورت آبی و گلخانه‌ای در دشت فتویه–تدرویه مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در منطقه، کشت گلخانه‌ای این محصول دارای بهترین عملکرد و سوددهی در میان محصولات منطقه بود، درحالی‌که آبیاری آن توسط آب تولیدی از دستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

آب‌شیرین‌کن صورت می‌گرفت. حال آنکه همین محصول با کشت آبی دارای عملکرد و سوددهی بسیار پایین‌تری بود. در نتیجه هرچند هزینهٔ تولید سالانهٔ محصول به‌صورت گلخانه‌ای بیشتر از هزینهٔ تولید آن به‌صورت کشت آبی است، با احداث آب‌شیرین‌کن و گلخانه می‌توان سوددهی محصولات را چندین برابر افزایش داد تا کشاورزان منطقه نیز در توسعهٔ اقتصادی سهیم شوند. از منظر عملکرد محصول، مشاهده شد که میزان عملکرد محصول در یک هکتار پس از احداث آب‌شیرین‌کن و تولید سالانه، به میزان ۴۱ برابر، و سود خالص نیز به میزان ۱۴/۵ برابر افزایش یافته است. همان طور که مشخص است، نسبت سود به هزینه از یک بزرگ‌تر به دست آمد که نشان‌دهندهٔ توجیه اقتصادی است. همچنین نتایج ارزیابی طرح‌های مدیریتی نشان داد که از میان گزینه‌های موجود برای مدیریت آب‌های نامتعارف منطقه، گزینهٔ احداث آب‌شیرین‌کن پس از گزینهٔ اجرای الگوی بهینهٔ کشت از بیشترین امتیاز برخوردار بود. همچنین نرخ بازگشت سرمایه در بخش گلخانه برای محصول خیار، ۲۸٪ است که از نرخ سود بانکی که در حال حاضر بین ۱۸ تا ۲۵٪ است بیشتر می‌باشد. در نتیجه کشت گلخانه‌ای با استفاده از آب‌شیرین‌کن در منطقه، توجیه اقتصادی خواهد داشت.

مدیریت آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ دشت فتویه-تدرویه، اساساً با مسائلی نظیر توسعهٔ بی‌رویهٔ سطح زیر کشت، برداشت بی‌رویه از آبخوان، افت ۲/۴۳- میلیون متر مکعبی آبخوان، هدررفت رواناب، نفوذ آب‌های شور و... مواجه هستند که این امر امکانات توسعه و بهره‌برداری از آب زیرزمینی را ناممکن کرده است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، این منطقه در آینده‌ای نزدیک با بحرانی با ابعاد وسیع از نظر کیفیت منابع آب زیرزمینی تهدید خواهد شد. بر اساس نتایج و بحث‌های ارائه‌شده، آب‌های شور و لب‌شور دشت فتویه-تدرویه پتانسیل تأمین کسری آب مورد نیاز برای کشاورزی این دشت را دارد؛ زیرا رواناب خروجی از محدودهٔ مطالعاتی ۲۴/۹۲ میلیون مترمکعب است که به‌دلیل عبور از گنبدهای نمکی فتویه-تدرویه، دارای کیفیت نامطلوبی است. با کنترل و تصفیهٔ بخشی از این رواناب از طریق احداث بند و نصب آب‌شیرین‌کن، کسری آب جبران خواهد شد. با توجه به استفاده از آب‌شیرین‌کن‌ها برای مصارف کشاورزی در بخش‌های مختلف استان هرمزگان، استفاده از آب‌شیرین‌کن‌ها برای مصارف کشاورزی در دشت فتویه-تدرویه، طبق نتایج توجیه اقتصادی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی امکان‌پذیر بوده و اولویت دارد که با مطالعات عابدی کوپایی (۲۰۱۰) و طباطبایی و همکاران (۲۰۱۱) و مطابقت دارد؛ به‌عبارت دیگر، در کاربری کشاورزی، راهکار احداث آب‌شیرین‌کن پس از تغییر الگوی کشت به‌عنوان گزینهٔ برتر انتخاب شد. همچنین در کاربری شرب راهکار نصب آب‌شیرین‌کن و در کاربری صنعت گزینه‌های ممنوعیت تخلیهٔ پساب در حریم رودخانه به‌عنوان راهکارهای برتر انتخاب شد.

پیشنهاد می‌شود با ایجاد نظام‌های استاندارد برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آب‌شیرین‌کن‌ها و انجام اقدامات کاهش‌دهندهٔ خسارت‌های زیست‌محیطی مانند تصفیهٔ مکرر پساب آب‌شیرین‌کن و در نهایت استحصال تبخیری نمک و تولید بسته‌های نمک خشک، استفاده از آب‌شیرین‌کن را در مناطق مختلف کشور در عین توجه به مباحث پایداری اکوسیستم توسعه بخشید. عدم ایجاد واحدهای صنعتی مولد آلودگی آب در مناطق خطرپذیر آبخوان (نواحی شمال و جنوب شرق) و دفع مناسب فاضلاب‌ها از مناطق و مجتمع‌های مسکونی نیز ضروری به نظر می‌رسد. در ضمن با توجه به اینکه در دشت فتویه-تدرویه (غرب استان هرمزگان)، استفاده از آب‌شیرین‌کن به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌های بخش کشاورزی تعیین شد، پیشنهاد می‌گردد در یک پژوهش کابردی، مکان‌های مناسب برای احداث گلخانه و نصب آب‌شیرین‌کن در کنار توجه ویژه به دغدغه‌های زیست‌محیطی، مورد شناسایی و ارزیابی قرار گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

## منابع


1. Abbasi, A., 2017. The need to use unconventional water resources (The Mazandaran Sea, Persian Gulf and Oman Sea) but not at any cost, 1st symposium of the Ministry of Energy, Tehran.
2. Abedi Kopai, J., 2010. The need for purposeful planning for the use of treated wastewater as a growing source for the artificial recharge of the groundwater resources, 2nd national seminar on the status of recycled water and wastewater in water resources management, Sarvab Consulting Engineering, Mashhad, Iran.
3. Afifi, M. and Kardavani, P., 2008. Salt Domes of Bastak, Hormozgan Province and its influence on the soil and water resources, Territory, 5(18), 55-70, (in persian).
4. Aghakhani, A., Feyzi, M., Solhi, M. and Ramezani Etedali, M., 2013. Water desalination for agriculture, necessity, importance and limitations. Land Management Journal, 1(1), 17-31, (in persian).
5. Alipour, A., Rahimi, J. and Azarnivand, A., 2017. Groundwater quality analysis for drinking and agricultural purposes- a prerequisite for land use planning in the arid and semi-arid regions of Iran. Journal of Range and Watershed Management, 70(2), 423-434, (in persian).
6. Asadi, H. and Zamaniyan, GH., 2015. Economical evaluation of single irrigation and the water irrigation cost determination of rainfed wheat in Honam, Lorestan Province, Agroecology Journal, 11(2), 1-9 (in persian).
7. Blue, G., Afsar, A. and Tahmasebzadeh A.M., 2012. Financial ratios and cost of equity, Journal of Accounting Advances, 4(1), 1-26.
8. Dehghani, M., Doole, M., Hashemi, H. and Shamsaddini, N., 2013. The quality of raw and treated water of desalination plants by reverse osmosis in Qeshm. Health Develop J, 2 (1), 0-33, (in persian).
9. Djuma, H., Bruggeman, A., Eliades, M. and Lange, M.A., 2016. Non-conventional water resources research in semi-arid countries of the Middle East. Desalination and Water Treatment, 57(5), 2290-2303.
10. Dordipour, I., Malakouti, M.J. and Bybordi, M., 2004. A review on the utilization of seawater for agricultural production, Ministry of Agriculture-Jahad Working Paper, No. 218, (in persian).
11. Eslami, H., 2009. Economic evaluation of investment projects, Tutorial course note, Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology, (in persian).
12. Fattahi, K., Shirshahi, F., and Babazadeh H., 2016. Yield barley and its components irrigated with brackish and grey water. Water Engineering, 8(27), 23-29.
13. Gerrits, A. M. J., Savenije, H. H. G., Veling, E. J. M. and Pfister, L., 2009. Analytical derivation of the Budyko curve based on rainfall characteristics and a simple evaporation model, Water Resources Research, 45(4).
14. Ghaffer, E. A., 2006. Non-conventional water resources management, 10th international water technology conference, Alexandria, Egypt.
15. Ghasemi, M.M, Koohkan, S.A., Akbari Moghaddam, H., Rostami, H. and Goli Mahmoodi, H., 2008. Cost-benefit analysis of the performance of agricultural products in Sistan-and- Baluchestan province of Iran: a case study of Triticale, Nomar Barley, and Hamoon Wheat, Village and Development, 11 (4), 71-88, (in persian).
16. Gheshlaghi, N., 2016. An overview of the management method of tropical Areas in the Face of Water Crisis, Ghods Niroo Engineering Com.
17. Ghodsipoor, H., 2003. Analytic hierarchy process (AHP), Amirkabir University of Technology Press, (in persian).
18. Hosseini H., Shakeri A., Rezaei M., Dashti Barmaki M. 2019, Shahraki M., 2019. Application of water quality index (WQI) and hydro-geochemistry for surface water quality assessment, Chahnimeh reservoirs in the Sistan and Baluchestan province. ijhe. 11 (4): 575-586.
19. Jaber, J.O. and Mohsen, M. S., 2001. Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan, Desalination 136, 83-99.
20. Kerman Development Organization, 2017. Environmental impact assessment of the project of producing desalinated water from Oman sea, Pars Energy and Environment (PEN) consulting group, (in persian).
21. Madani, K., 2014. Water management in Iran: what is causing the looming crisis?. Journal of environmental studies and sciences, 4(4), 315-328.
22. Mahmoudi, M., Pirkandi, J. and Abdollahi, A., 2017. Desalination methods in solar water desalination systems. Iranian Journal of Mechanical Engineering, 26 (4), 38-45, (in persian).
23. Majed, V. and Golzari Ghaleh Jooee, M., 2016. Economic and environmental analysis of wastewater collection and treatment, Journal of Water and Sustainable Development, 3(1), 83-92, (in persian).
24. Murad, A. A., 2010. An overview of conventional and non-conventional water resources in arid region: assessment and constrains of the United Arab Emirates (UAE), Journal of Water Resource and Protection, 2, 181-190.
25. Nikkhah, M., Rahimian, M.H., Rousta, M.J., Razzaqian, H., 2015. Evaluation of management strategies for improving water use efficiency of wheat under saline conditions. Journal of Water and Sustainable Development, 1(3), 53-58.
26. Oskoonejad, M.M. 2007. Engineering economy, Amirkabir University of Technology Press, (in persian).
27. Razeghi, N. and Mansouri, R., 2015. Long-term planning for water reuse. Water Reuse, 2(1), 1-5, (in persian).
28. Razeghi, N., Mansouri, R. and Rouhani, P., 2013. Water reuse (plan and program), Narvanara company, (in persian).
29. Regional Water Company of Hormozgan, 2017. Report on recommendation for prohibition of the Dehong study region.
30. Safi Lou, A., Ahmadzadeh, Gh., Kanoni, A. and Rasoulzadeh, A., 2015. Groundwater quality assessment using Wilcox diagram for agricultural uses (case study: Azarshahr plain), 4th national congress on organic and conventional agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
31. Salehi, H. and Haghizadeh, A., 2016. Assessment and mapping of groundwater quality using the GIS combining with AqQA model (case study: Kamyaran Plain). Geospatial Engineering Journal, 7 (1), 64-79, (in persian).
32. Sane, I., Saghafian, B., 2018. A review of conceptual monthly water balance models, Journal of Water and Sustainable Development, 5(1), 101-114, (in persian).
33. Solaimani Sardo, M., Vali, A., Ghazavi, R. and Saidi Goraghani, H., 2013. Trend analysis of chemical water


www.SID.ir

Archive of SID

quality parameters; case study Cham Anjir river, Iranian journal of Irrigation and Water Engineering, 3(12), 95-106, (in persian).
34. Soltani, G., 2012. Comparative study of agricultural water use and demand management in MENA countries, Journal of Agricultural Economics Research, 4(2), 1-25, (in persian).
35. Tabatabai Amiri, S M., Talaei, M R., and Moradi, A., 2011, Utilization of unconventional water resources in agriculture, 5th conference on watershed management, and soil and water resources management, Kerman.
36. Zhang, L., Potter, N., Hickel, K., Zhang, Y., Shao, Q., 2008, Water balance modeling over variable time scales based on the Budyko framework- Model development and testing, Journal of Hydrology, 360(1-4), 117-131.

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]
Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

# Assessing the Development of Unconventional (Brackish and Saline) Water Resources in the West of Hormozgan Province

**Seyede Sedigheh Hoseini Zafarabadi[1], Ali Reza Nafarzadegan[2]*, Hasan Vagharfard[3]**

Received: 09/06/2020 Accepted: 20/12/2020

**Extended Abstract**

**Introduction:** Being located in an arid and semi-arid region, Iran has always faced with limited water resources. As groundwater extraction has now exceeded the permitted limits all over Iran and the country faces considerable constraints in developing groundwater resources, severe water crisis looms large in the horizon. In this regard, a quick solution should be considered to supply water from non-conventional water resources (brackish and saline waters, rainwater harvesting, cloud seeding, etc.). Therefore, this study sought to investigate the status of water in Fatuyeh-Todroyeh plain in Bastak city, Hormozgan province, and the possibility of supplying water from unconventional resources, especially the brackish and saline waters, for agricultural purposes.

**Materials and methods:** In the first step, the required maps of the study area including the groundwater electrical conductivity (EC) map were prepared, using ArcGIS software. Then, chemical analysis of the Fatuyeh-Todroyeh aquifer's water quality was performed by AqQA software on the data gathered through three rounds of sampling from the wells, followed by the calculation of water quality index (WQI). In the next step, the the study plain's hydro-climatic balance was measured via Budyko conceptual model, taking changes in storage into account. Then, to investigate the economic justification of using inland water desalination plants in the region, the cost-benefit ratio of the cucumber greenhouse cultivation, and the investment's return rate for the installation of water desalination plants and greenhouse sites were calculated. Finally, having decided on appropriate criteria and options, the hierarchical analysis method (AHP) was applied for comparing different management options and offering the best plan for supplying unconventional water resources for the agricultural, drinking, and industrial sectors of the study region, using Expert Choice software.

**Results and Discussion:** The results of water resources quality surveillance showed that the Fatuyeh-Todroyeh plain's groundwater samples ranged from acceptable to completely unpleasant in terms of drinkability according to Schuler diagram, and that its dominant water type was something between chloride and sulfate according to Piper diagram. Moreover, based on Wilcox diagram, the suitability of groundwater resources for irrigation purposes ranged from doubtful to unsuitable. In other words, there were no groundwater resources in the plain with low and medium EC and low to high SAR risks. Furthermore, the highest coefficient of variation belonged to sodium ion which was equal to 0.67 over the study plain. In general, according to WQI quality index, 75% of

1. M.Sc. Graduate of Watershed Management Engineering, University of Hormozgan
2. Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan; a.r.nafarzadegan@gmail.com
3. Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, University of Hormozgan
DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49

www.SID.ir

Archive of SID

[ DOI: 10.22052/deej.2020.9.29.49 ]

the water in Fatuyeh-Todroyeh plain's wells have very poor quality, being inappropriate for agriculture and drinking.

Calculations of the plain's water balance indicated that the decline in storage changes was 2.4 million cubic meters annually, making the development and extraction of groundwater impossible. The results of the investigation of the economic justification revealed that according to the cost-benefit ratio which was found to be greater than one in all years of a five-year period and the investment's return rate which was greater than the current bank interest rate, the construction of inland water desalination plant and the establishment of greenhouses in the study region is economically justified. The results of AHP calculations suggested that based on the criteria set for unconventional water management in the agricultural sector of the study area, implementing the optimal cultivation pattern was the best choice in this regard, followed by the option of constructing a desalination plant. As for drinking purposes, the highest score belonged to the option of constructing water desalination plants, and for the industrial purposes, the highest score related to the option of prohibiting wastewater discharge into the river protection area.

**Conclusion**: the study's findings showed that there were no facilities for the development of groundwater extraction in the region. However, constructing a dam in a suitable place, controlling the rainwater runoff (which is of very poor quality), and desalinating the stored water by a desalination system could help use the plain water acquired for drinking and agricultural purposes in Fatuyeh-Todroyeh plain.

**Keywords:** Brackish and saline waters, Development plan, Hormozgan province, Management alternatives, Non-conventional water resources.

Downloaded from deej.kashanu.ac.ir at 12:25 +0430 on Monday May 17th 2021

www.SID.ir