اثرات احداث شبکه آبیاری و زهکشی سد مخزنی شهید رجایی روی تغییرات زمانی و مکانی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت ساری- نکا

مجتبی خوش‌روش* و مجتبی ولی‌زاده

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۶)

چکیده

احداث سد مخزنی در بالادست حوضه آبریز تجن به‌عنوان یکی از فعالیت‌های انسانی جهت تأمین آب شرب، برقابی، کشاورزی، کنترل سیلاب و یا سایر اهداف می‌تواند روی سایر بخش‌ها نظیر منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار باشد. هدف این پژوهش، بررسی اثر احداث سد مخزنی شهید رجایی روی منابع آب زیرزمینی دشت ساری- نکا در یک دوره ۲۶ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۴) با استفاده از روش‌های زمین آمار و آزمون‌های آماری پارامتری و ناپارامتری می‌باشد. نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که تغییرات سطح آب زیرزمینی در طول این ۲۶ سال، روند صعودی غیرمعنی‌داری داشت. عامل‌های کیفی EC، TDS، TH، Cl، SO_4، Mg، Na، SAR در محدوده مورد مطالعه، روند نزولی معنی‌دار را در سطح اطمینان ۵ درصد در آزمون‌های پیرسون و کندال نشان دادند. تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی در منطقه، نشان از بهتر شدن وضعیت منابع آب به‌دلیل احداث سد مخزنی داشت. نتایج تحلیل مکانی در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش کریجینگ در سه سال ۱۳۶۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ نیز نشان داد که در سال ۱۳۷۸ (سال بهره‌برداری از سد)، اغلب عامل‌های کیفی از سال ۱۳۶۴ تا زمان بهره‌برداری سد (۱۳۷۸) به بالاترین مقدار خود رسیده‌اند و بعد از آن در سال ۱۳۹۰ مقدار آنها کاهش یافته است. نتایج این پژوهش نشان داد که با احداث سد و بهره‌برداری از طرح شبکه آبیاری و زهکشی سد شهید رجایی، سطح آب زیرزمینی در قسمت شمالی دشت به‌دلیل فعالیت‌های کشاورزی بالا آمده که به‌تبع آن روی کیفیت منابع آب در این منطقه تأثیر به‌سزایی گذاشته است.

واژه‌های کلیدی: آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری، زمین آمار، تغییرات سطح آب، آنالیز شیمیایی، ماتریس همبستگی

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: khoshravesh_m24@yahoo.com

مقدمه

آب‌های زیرزمینی به‌عنوان بخش مهمی از آب‌های تجدید پذیر جهان به‌شمار می‌روند. آمارها نشان می‌دهند که منابع آب زیرزمینی نزدیک به ۰/۶ درصد از کل منابع آب و ۶۰ درصد از منابع آب تجدیدپذیر قابل دسترس را به‌خود اختصاص می‌دهند (۲۱). شناخت دقیق و صحیح کمیت و کیفیت آب و عوامل تأثیرگذار روی آن، یکی از ارکان مدیریت جامع و آگاهانه در بخش منابع آب می‌باشد (۱۸). از عوامل مهم تأثیرگذار روی منابع آب، به‌ویژه آب زیرزمینی، احداث سد می‌باشد که باعث تغییرات چشمگیر در کمیت و کیفیت آب زیرزمینی می‌شود. تغییرات روی داده در تصمیم‌گیری راجع به منابع آب و افزایش بهره‌برداری از منابع آب سطحی و زیرزمینی، منجر به تغییر اساسی در تداوم جریان‌های سطحی و سطح آب زیرزمینی در برخی مناطق و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی می‌شود (۷).

مطالعات مختلفی جهت ارزیابی کمی و کیفی منابع آب در اثر احداث سد انجام گرفته که بر پایه روش‌های مختلفی نظیر شبیه‌سازی با استفاده از مدل آب زیرزمینی مادفلو (MODFLOW) و همچنین روش‌های زمین آمار بوده است. روش‌های مبتنی بر مدل‌سازی را می‌توان در مطالعات کیم و سلطان (۱۹)، عسگر و همکاران (۱۵)، سروری و اسکافی (۵) و رسولی (۴) مشاهده کرد.

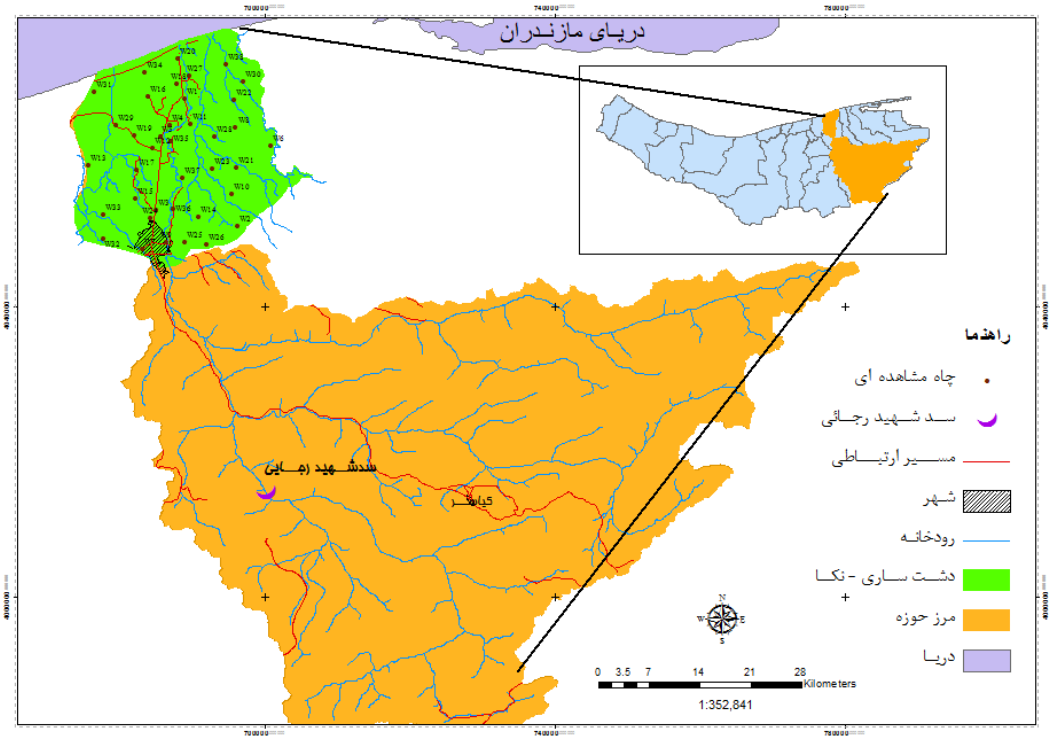
روش‌های زمین آمار در مطالعات مختلف به‌کار گرفته شده است. از آنجا که آمار کلاسیک، توانایی درنظر گرفتن توزیع مکانی عامل‌های کیفیت وکمیت آب‌های زیرزمینی را ندارد، بنابراین از زمین آمار به‌عنوان تکنیکی برای این هدف استفاده می‌شود (۱۱).

در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری در داخل و خارج از کشور به‌کمک روش‌های زمین آماری، مبادرت به تهیهٔ نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی ورزیده‌اند (۲، ۳، ۶، ۱۲، ۱۷ و ۲۰). گالیشاند و همکاران (۱۶)، با استفاده از شاخص‌ها و روش‌های تحلیل کریجینگ و استفاده از تصاویر ماهواره لندست، به آنالیز کیفی آب زیرزمینی در قسمتی از کشور تایوان اقدام کردند. در بررسی آنها روش‌های مختلف کریجینگ دارای دقت مکانی بالا و مناسب بوده است. قهرمان و همکاران (۹) در مطالعه خود با عنوان کاربرد روش‌های زمین آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که مناسب‌ترین مدل واریوگرام برای نیترات، مدل نمایی و برای هدایت الکتریکی، مدل خطی سقف‌دار می‌باشد. آنها همچنین نقشه‌های توزیع مقادیر و خطای تخمین نیترات و هدایت الکتریکی را به روش کریجینگ ترسیم کردند.

محمدی (۱۰) به بررسی تغییرات مکانی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی دشت کرمان پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که برای عامل‌های کیفی کلر، سدیم، سولفات، هدایت الکتریکی، غلظت املاح محلول و pH، روش کوکریجینگ روش مناسبی می‌باشد. تقی‌زاده و همکاران (۱) در مطالعه‌ای در دشت یزد به تحلیل مکانی برخی از ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با استفاده از سه روش عکس مجذور فاصله (IDW)، کریجینگ و کوکریجینگ پرداختند. ارزیابی نتایج نشان داد که روش کریجینگ بر دو روش دیگر برتری داشته و در پایان به‌عنوان روش نهایی و مناسب برای تهیه نقشه ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه انتخاب شد.

گالیشاند و همکاران (۱۶) روش‌های مختلفی را برای میان‌یابی شوری و قلیائیت خاک بررسی کرده و نشان دادند که روش کریجینگ، روشی مناسب برای میان‌یابی است. ارسلان (۱۴) در مطالعه‌ای در آبخوان دشت بافرا در ترکیه با استفاده از داده‌های ۹۷ حلقه چاه طی دورهٔ آماری هفت ساله (از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰) میزان شوری را بررسی کرد. نتایج نشان داد که واریوگرام‌های مناسب برازش داده شده به داده‌ها، شامل مدل‌های نمایی وکروی در روش کریجینگ معمولی و کریجینگ شاخص بودند.

قبادیان و همکاران (۷) به بررسی اثر احداث شبکه آبیاری و زهکشی پایین دست سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت میان‌دربند پرداختند. آنها با استفاده از مدل آب زیرزمینی نتیجه گرفتند که بعد از یک سال، سطح آب زیرزمینی آبخوان در



شکل ۱. موقعیت محدوده و چاه‌های مشاهده‌ای دشت ساری- نکا

نواحی مرکزی دشت تا ۱/۸ متر بالا می آید. همچنین این مقدار برای ۵ و ۱۰ سال آینده به‌ترتیب برابر با ۳/۲ و ۵/۲ متر است. کیم و سلطان (۱۹) به بررسی اثر شبکه نوین آبیاری بر لایه آبدار نوبیان کشور مصر و پیش‌بینی روند بالا آمدن سطح ایستابی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در صورت عدم اعمال مدیریت صحیح، بسیاری از زمین‌های این منطقه زه‌دار می‌شوند.

در مجموع و با توجه به مطالعات مختلف پیشین در زمینه اثرات احداث سد روی منابع آب در پایین‌دست، مطالعات کمی از لحاظ زمانی و مکانی با استفاده از روش‌های رگرسیونی و زمین آمار صورت گرفته که ضرورت انجام چنین مطالعه‌ای را در ارتباط با منابع آب ایجاب می‌نماید. هدف این پژوهش، بررسی شرایط کمی و کیفی آب زیرزمینی، قبل و بعد از احداث سد شهید رجایی در حوضه تجن، با استفاده از روش رگرسیون و همچنین ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی ساری- نکا بین طول‌های جغرافیایی ۳۴ ° ۵۲ تا ′۴۴ ° ۵۴ شرقی و ′۵۶ ° ۳۵ تا ′۵۲ ° ۳۶ عرض شمالی قرار دارد. مساحت آن ۶۹۴۶/۴ کیلومتر مربع بوده که ۱۰۶۸/۶ کیلومتر مربع آن دشت و بقیه (۵۸۷۷/۸ کیلومتر مربع) شامل ارتفاعات می‌باشد. بالاترین نقطه ارتفاعی این محدوده، ۳۸۳۶ متر و پست‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۲۶- متر از سطح دریای آزاد در خروجی حوضه قرار دارد.

از مراکز جمعیتی مهم این محدوده مطالعاتی، می‌توان شهرهای ساری و نکا را نام برد (شکل ۱). براساس مطالعات و داده‌های موجود، منطقه مطالعاتی طرح که بخشی از نوار شمال کشور (ناحیه خزری) را تشکیل می‌دهد، دارای آب و

هوای مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و نسبتاً خشک و زمستان‌های مرطوب و سرد می‌باشد. مقدار بارندگی از غرب به شرق کاهش می‌یابد. در ناحیه مرکزی دشت، مقدار بارندگی حداقل ۵۵۰ میلی‌متر در سال و در نوار ساحلی، مقدار آن نزدیک به ۸۰۰ میلی‌متر در بابلسر گزارش شده است. بارندگی از شهریور ماه شروع و در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار ادامه می‌یابد. نزدیک به ۷۵ درصد بارندگی سالانه در ماه‌های پر باران سال ریزش دارد. حداقل باران در ماه‌های خرداد تا مرداد بوده و دوره خشکی به‌طور متناوب در تابستان اتفاق می‌افتد.

بررسی‌های آب زیرزمینی مشخص می‌نماید که در محدوده مطالعاتی، یک آبخوان آبرفتی با وسعت ۶۲۳ کیلومترمربع که ۵۸ درصد از کل وسعت دشت را شامل می‌شود، تشکیل شده است. منابع آب زیرزمینی درناحیه دشتی این محدوده مطالعاتی شامل ۱۸۳۴۳ حلقه چاه، ۱۷ رشته قنات و ۲۱ دهنه چشمه آبرفتی می‌باشد که تخلیه سالانه آنها برابر ۱۶۲/۵۴ میلیون متر مکعب می‌باشد. میزان تخلیه و برداشت در سطح آبخوان آبرفتی ساری- نکا، ۱۴۹/۳۲ میلیون متر مکعب در سال است.

شبکه چاه‌های مشاهده‌ای به‌منظور اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان آبرفتی، از سال ۱۳۴۸ در این دشت ایجاد شده و به مرور زمان تکمیل شده و چندین بار نیز تغییر یافته است و شبکه فعلی، پوشش دهنده کل آبخوان آبرفتی محدوده مطالعاتی می‌باشد. داده‌های مورد نیاز در این پژوهش، سطح آب چاه‌های پیزومتری (۳۸ حلقه چاه) و همچنین عامل‌های کیفی چاه‌های نمونه‌برداری از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۰ می‌باشد.

مشخصات سد شهید رجایی و شبکه آبیاری و زهکشی تجن

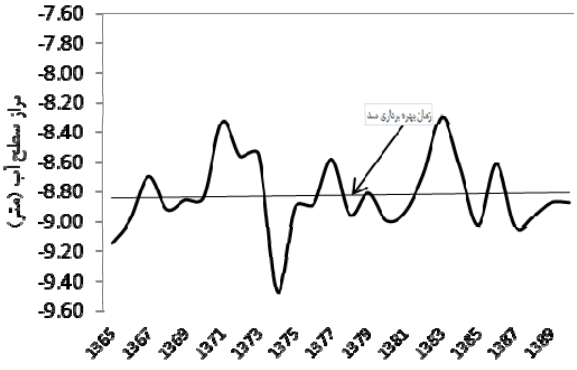
سد مخزنی شهید رجایی در شمال ایران و در استان مازندران قرار دارد. وزارت نیرو در راستای توسعه کشت آبی استان، اجرای طرح‌های تامین آب به‌ویژه مهار آب‌های سطحی، حفاظت کمی و کیفی منابع آب و استفاده بهینه ازآن، اقدام به احداث سد مخزنی شهید رجایی نموده است. این سد در ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان ساری برروی رودخانه دودانگه که یکی از سرشاخه‌های اصلی تجن می‌باشد، احداث شده است. شبکه اصلی آبیاری و زهکشی سد شهید رجایی در چهار واحد عمرانی به تفکیک واحد یک، دو، سه و چهار در دشت ساری اجرا شده است. این شبکه که به‌عنوان شبکه کانال‌های آبرسانی تلقی می‌شود، آب ذخیره و تنظیم شده رودخانه تجن را در محل سد انحرافی ساری دریافت و جهت تغذیه کانال‌های فرعی در سطح دشت، منتقل و توزیع می‌نماید. سد انحرافی از نوع سرریز آزاد یعنی با آبگیر جانبی درسمت راست به ظرفیت ۲۸-۳۸ مترمکعب در ثانیه آبرا به آب پخش معلم کلاً منتقل و ارتفاع سرریز ۷/۵ متر از کف رودخانه می‌باشد. لازم به‌ذکر است که تاریخ بهره‌برداری سد شهید رجایی، سال ۱۳۷۸ می‌باشد.

در این پژوهش ابتدا با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون و کندال به بررسی تغییرات زمانی سطح آب زیرزمینی و همچنین عامل‌های کیفی نظیر منیزیم، کلسیم، سدیم، پتاسیم، کلر، سولفات، شوری، مواد محلول و TH، PH و SAR از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۰ می‌پردازیم و احتمال وجود روند را بررسی می‌کنیم. سپس با استفاده از روش‌های زمین آمار در سه سال۱۳۶۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ به ارزیابی تغییرات مکانی متغیرهای کیفی پرداخته و بهترین روش را انتخاب می‌کنیم.

معرفی روش‌های تجزیه و تحلیل و درون‌یابی مورد استفاده برای پهنه‌بندی کیفیت آب

کریجینگ

کریجینگ برآوردگری است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است. مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه‌برداری نشده به‌صورت ترکیبی خطی از مقادیر همان متغیر در نقاط اطراف آن در نظر می‌گیرد و برای برآورد نقاط ناشناخته، به هریک از نمونه ها، وزنی نسبت داده و بهترین برآورد کننده خطی نااریب است.



شکل ۲. روند تغییرات تراز سطح آب اردیبهشت ماه محدوده ساری- نکا

$$Z_{\circ} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(X_i) \qquad (1)$$

که در آن $Z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان (x_i)، $Z_{\circ}$ مقدار برآورد شده متغیر در نقطه (x_i)، λ_i وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه iام که براساس مقدار کمیت وابسته به نمونه در نقاط معلوم، به پارامتر مورد نظر داده می‌شود و n تعداد نقاطی که متغیر درآنها اندازه‌گیری شده است (مثلاً تعداد چاه، چشمه و قنات). شرط استفاده از این برآوردگر این است که متغیر دارای توزیع نرمال باشد (۶).

کوکریجینگ

کوکریجینگ از اطلاعات انواع متغیرها استفاده می‌کند. متغیر اصلی Z_1 می‌باشد و خودهمبستگی برای Z_1 و همچنین همبستگی دوجانبه بین Z_1 و بقیه متغیرهای دیگر جهت کمک به پیش‌بینی جذاب می‌باشد. اما با هزینه همراه است. کوکریجینگ نیاز به تخمین بیشتری دارد، از جمله تخمین خود همبستگی برای هر متغیر، همبستگی برای هر متغیر و همچنین همبستگی دو جانبه بین متغیرهای دیگر مدل کوکریجینگ به صورت زیر می‌باشد:

$$Z_1(S) = \mu_1 + \varepsilon_1(S) \qquad (2)$$

$$Z_2(S) = \mu_2 + \varepsilon_2(S) \qquad (3)$$

کوکریجینگ عادی تلاشی برای پیش‌بینی $Z_1(S_{\circ})$ دارد اما از اطلاعات $Z_2(S)$ جهت پیش‌بینی بهتر استفاده می‌کند.

برای تعیین میزان صحت نتایج و مقایسه روش‌ها، از آزمون RMSE با رابطه زیر استفاده شده است:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \hat{x}_i)^2} \qquad (4)$$

که در آن x_i مقدار برآورد شده نقاط آزمون با روش‌های میان‌یابی و x_i مقادیر واقعی آن نقاط است. مقدار صفر شاخص RMSE نیز نشان دهنده عدم وجود خطا در برآورد مدل است (۱۲).

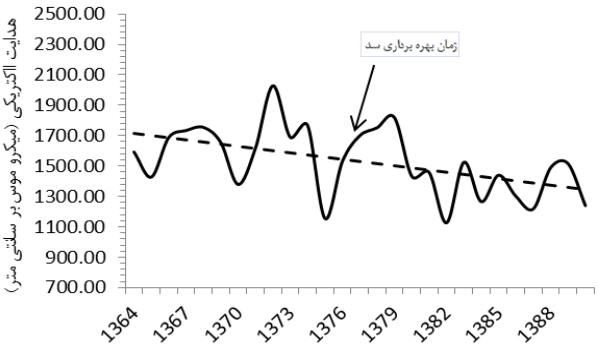
نتایج و بحث

تغییرات سطح آب زیرزمینی ۲۶ ساله حوضه تجن

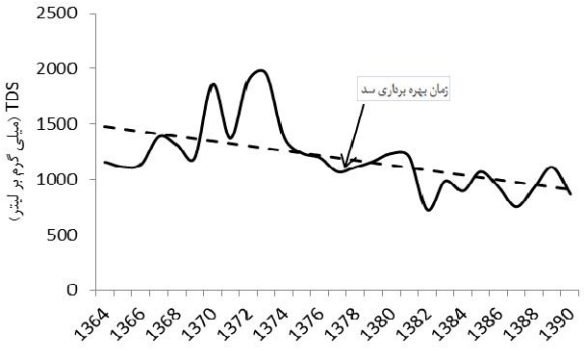
نتایج تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه برای دوره ۲۶ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۴) در هر ماه به‌دست آمد که تغییرات تراز سطح آب در ماه اردیبهشت را نشان می‌دهد (شکل ۲). همان‌طوری که از شکل (۲) می‌توان استنباط کرد، تراز سطح آب زیرزمینی در یک دوره ۲۶ ساله، روند صعودی ضعیفی را تجربه کرده است که از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۷ (قبل از احداث سد) به‌دلیل اینکه زمین‌ها از رودخانه تجن به‌صورت سنتی (کانال‌های ساخته شده دستی از چوب و بتن دستی) آبگیری می‌شدند و زمین‌هایی که دورتر از رودخانه قرار داشتند از چاه‌های اطراف تغذیه می‌شدند، سطح ایستابی چاه‌های مطالعاتی از فروردین تا شهریور (فصل کشاورزی و کشت شلتوک برنج) یک افت مقطعی را طی نموده‌اند و از مهر تا بهمن و اوایل اسفند به سطح قبلی خود بازگشته‌اند و این چرخه تا پایان سال ۱۳۷۷ نمود داشته است (شکل ۲). البته لازم به ذکر است که در ماه‌های غیر زراعی و در حین آبگیری سد، تغییرات تراز سطح آب افت محسوسی را نشان می‌دهد که تأثیر احداث سد را روی تراز سطح آب محسوس‌تر می‌کند.

با شروع سال ۱۳۷۸ (شروع گشوده شدن دریچه‌های سد در ۲۵ فروردین تا ۵ شهریور) و انتقال آب به کانال‌های دشت



شکل ۳. روند تغییرات عامل کیفی EC محدوده ساری- نکا



شکل ۴. روند تغییرات عامل کیفی TDS محدوده ساری- نکا

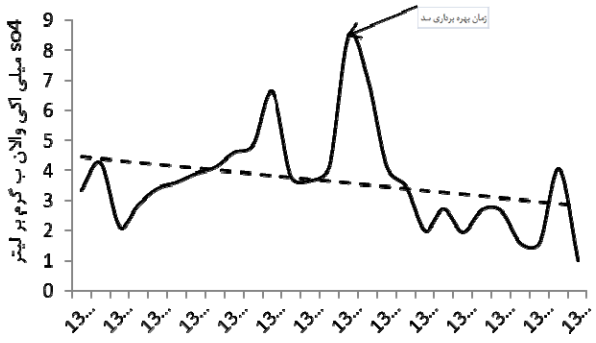
تجن، بسیاری از چاه‌های اطراف به‌دلیل حضور کانال‌ها عملاً تعطیل شد و از آب موجود در کانال‌ها آبیاری استفاده شد. در نتیجه، از سال ۱۳۷۸ روند تغییرات سطح ایستابی روند ثابت و یا حتی مثبتی را تجربه کرده است که باعث بالا آمدن سطح آب شده است. نکته قابل توجه این است که با استفاده از آب رودخانه تجن و مسدود شدن بسیاری از چاه‌ها در فصل کشت، یک توازن بیلان در منطقه ایجاد شده است، چرا که گرمای زیاد و خشکسالی طی سال‌های ۷۹ تا ۸۷ می‌توانست سطح آب سفره زیرزمینی را به شدت تحت تاثیر خود قرار دهد. به‌دلیل حفاری‌های غیر مجاز و افزایش زمین‌های رو به کشت، افت مقطعی در بعضی از محدوده ها انتظار می رفت که این وضعیت در سال های ۸۹ و ۹۰، شرایط قابل انتظار را نشان داده است. نتایج این پژوهش در مورد تغییرات تراز سطح آب در ماه‌های بهره‌برداری سد با نتایج قبادیان و همکاران (۷) و نصری (۱۳) مطابقت دارد.

بررسی و تحلیل نتایج آنالیز شیمیایی چاه‌های معرف دشت مورد مطالعه

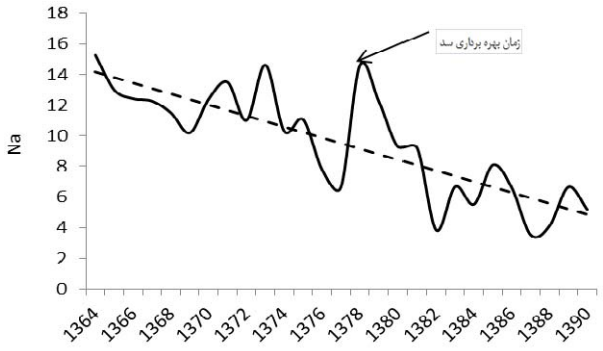
بررسی عامل‌های کیفی در مقیاس زمانی نشان می‌دهد که کیفیت آب در محدوده مورد مطالعه در حال بهتر شدن می‌باشد. EC آب برحسب میکروموس بر سانتی‌متر بیان می‌شود. طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای شرب و کشاورزی EC <۱۵۰۰ برای آب‌های شیرین و برای آب‌های شور EC ≥۱۵۰۰ می‌باشد (۲۲). تغییرات کیفی EC در طول دوره ۲۶ ساله در شکل (۳) نشان داده شده است. شکل (۴) تغییرات عامل TDS (برحسب میلی‌گرم در لیتر) برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. طبق استاندارد سازمان بهداشت جهانی، TDS کمتر از ۵۰۰ برای آب شرب و مقدار ۱۵۰۰ -۱۲۰۰ برای آب شرب با اعمال تصفیه مناسب می‌باشد (۲۲). دامنه مناسب سولفات‌ها برای مصارف شرب برابر ۲۵۰ و علامت بارز تشخیص آن در آب، طعم و بوی بد آب می‌باشد. تغییرات زمانی عامل سولفات در شکل (۵) نشان داده شده است. همچنین نتایج تغییرات کیفیت سدیم برای منطقه مورد مطالعه در یک دوره ۲۶ ساله نشان داد که در سطح اعتماد ۹۹ درصد (ضریب همبستگی پیرسون برابر با ۰/۸) معنی‌دار می‌باشد که حاکی از بهتر شدن کیفیت آب زیرزمینی با توجه به عامل های کیفی بررسی شده، می‌باشد شکل (۶).

بررسی همبستگی عامل‌های کیفی نسبت به زمان

همان‌طور که در جدول (۱) دیده می‌شود، براساس آزمون پارامتری پیرسون، تمام عامل‌ها به‌جز PH، K و SO_4 در سطح اعتماد ۵ و ۱ درصد نسبت به زمان، از روند نزولی معنی‌دار برخوردار بوده‌اند. آنچه که مشهود است، احداث سد در بلند مدت تاثیر خود را ابتدا روی سطح آب و سپس روی کیفیت آب گذاشته است. همچنین همبستگی بالا میان متغیرها نیز موید این مطلب می‌باشد. نتایج این پژوهش در مورد تغییرات



شکل ۵. روند تغییرات عامل کیفی SO_4 محدوده ساری- نکا



شکل ۶. روند تغییرات عامل کیفی Na محدوده ساری- نکا

جدول ۱. ماتریس همبستگی پیرسون عامل‌های کیفی دشت ساری- نکا

عامل	همبستگی	سال	EC	TDS	PH	TH	CL	SO_4	CA	MG	NA	K	SAR
سال	Pearson Correlation	۱											
	Sig. (2-tailed)												
EC	Pearson Correlation	-۰/۵۰	۱										
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۱											
TDS	Pearson Correlation	-۰/۵۵	۰/۵۶	۱									
	Sig. (2-tailed)	۰	۰										
PH	Pearson Correlation	-۰/۱۹	-۰/۲۳	-۰/۰۱	۱								
	Sig. (2-tailed)	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۹۵									
TH	Pearson Correlation	-۰/۷۸	۰/۵۷	۰/۶۶	-۰/۰۴	۱							
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰	۰/۸۵								
CL	Pearson Correlation	-۰/۶۸	۰/۶۲	۰/۴۸	-۰/۰۶	۰/۶۹	۱						
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰/۰۱	۰/۷۸	۰							
SO_4	Pearson Correlation	-۰/۲۹	۰/۵۹	۰/۴۳	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۰۷	۱					
	Sig. (2-tailed)	۰/۱۵	۰	۰/۰۳	۰/۶۸	۰/۵۰	۰/۷۳						
CA	Pearson Correlation	-۰/۶۴	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۶۶	۰/۸۸	۰/۶۵	۰/۱۰	۱				
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰/۴۰	۰	۰	۰	۰/۶۲					
MG	Pearson Correlation	-۰/۷۴	۰/۳۸	۰/۵۹	۰/۰۹	۰/۹۰	۰/۵۸	۰/۱۴	۰/۵۸	۱			
	Sig. (2-tailed)	۰	۰/۰۵	۰		۰	۰	۰/۴۹	۰				
NA	Pearson Correlation	-۰/۸۰	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۲۶	۰/۶۹	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۶۷	۱		
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰	۰/۱۸	۰	۰	۰	۰	۰			
K	Pearson Correlation	۰/۲۹	-۰/۴۴	-۰/۴۶	۰/۳۴	-۰/۳۸	-۰/۳۷	-۰/۲۲	-۰/۳۱	-۰/۳۷	-۰/۱۹	۱	
	Sig. (2-tailed)	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۳۳		
SAR	Pearson Correlation	-۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۶۶	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۷۱	۰/۳۲	۱
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۴۳	۰/۲۹	۰	۰/۳۷	۰/۶۱	۰	۰/۱۱	

جدول ۲. ماتریس همبستگی کندال عامل‌های کیفی دشت ساری- نکا

عامل	همبستگی	سال	EC	TDS	PH	TH	CL	SO_4	CA	MG	NA	K	SAR
سال	Correlation Coefficient	۱											
	Sig. (2-tailed)												
EC	Correlation Coefficient	-۰/۲۹	۱										
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۳											
TDS	Correlation Coefficient	-۰/۴۵	۰/۴۱	۱									
	Sig. (2-tailed)	۰	۰										
PH	Correlation Coefficient	-۰/۱۴	-۰/۰۸	۰/۱۱	۱								
	Sig. (2-tailed)	۰/۳۵	۰/۵۸	۰/۴۴									
TH	Correlation Coefficient	-۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۴۹	-۰/۰۲	۱							
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰	۰/۹۰								
CL	Correlation Coefficient	-۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۰۲	۰/۴۷	۱						
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰	۰/۹۲	۰							
SO_4	Correlation Coefficient	-۰/۲۴	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۱۱	۱					
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۹	۰	۰	۰/۵۴	۰/۱۰	۰/۴۴						
CA	Correlation Coefficient	-۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۳۸	-۰/۰۷	۰/۷۹	۰/۴۳	۰/۱۵	۱				
	Sig. (2-tailed)	۰	۰	۰/۰۱	۰/۶۱	۰	۰	۰/۲۸					
MG	Correlation Coefficient	-۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۵۱	۰/۰۲	۰/۷۶	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۵۵	۱			
	Sig. (2-tailed)	۰	۰/۰۳	۰	۰/۹۰	۰	۰	۰/۰۶	۰				
NA	Correlation Coefficient	-۰/۶۱	۰/۳۶	۰/۵۵	۰/۱۸	۰/۵۲	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۵۲	۱		
	Sig. (2-tailed)	۰	۰/۰۱	۰	۰/۲۱	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰			
K	Correlation Coefficient	۰/۲۳	-۰/۳۱	-۰/۳۲	۰/۲۹	-۰/۳۲	-۰/۳۲	-۰/۲۴	-۰/۲۵	-۰/۳۰	-۰/۱۷	۱	
	Sig. (2-tailed)	۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۳۰		
SAR	Correlation Coefficient	-۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۴۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۵۶	۰/۲۹	۱
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۳۳	۰/۱۲	۰	۰/۳۹	۰/۳۶	۰	۰/۰۸	

متغیرهای کیفی با نتایج سروری و اسکافی (۵) همخوانی دارد.

به همین ترتیب بررسی روی عامل‌های کیفی براساس آزمون غیرپارامتری کندال انجام گرفت که تمام عامل‌ها به‌جز PH، K و SO_4، دارای روند نزولی در سطح اعتماد ۵ و ۱ درصد بوده است. عامل SO_4 اگر چه دارای روند معنی‌داری نیست، اما از روند کاهشی برخوردار می‌باشد (جدول ۲).

نتایج تغییرات زمانی عامل‌های کیفی محدوده مورد مطالعه در مقیاس زمانی نشان داد که کیفیت آب در محدوده مورد مطالعه در حال بهتر شدن می‌باشد. با نگاهی بر نمودار تغیرات کیفیت آب مشاهده می‌شودکه پس از سال ۱۳۷۸ مقدار EC سیر نزولی داشته و از شوری آب کاسته شده است. لذا این آب از نظر شرب و کشاورزی در محدوده تجن، وضعیت مساعدتری را یافته است. همچنین عامل TDS پس از سال ۱۳۷۸ روند مناسب‌تری برای کشاورزی و شرب را در محدوده تجن پیدا نموده است. تغییرات میزان سولفات نشان می‌دهد که افزایش این عامل تا زمان آبگیری سد می‌تواند به‌دلیل ماندگاری آب تا سال ۱۳۷۸ باشد که پس از آزاد سازی آب روند این افزایش، کاهش یافته و به حد نرمال خود رسیده است. روند افزایش

جدول ۳. مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده میزان عامل‌های کیفی در سال آماری ۱۳۶۴

فاکتور کیفی	مدل	نوع واریوگرام	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه	RMSE
TDS mg/lit	J-Bessel	کوواریوگرام	۱۶۹۸۳۲۶	۶۹۲۶۶۰/۷	۱۸۹۵۶/۵۶	۱۴۵۲/۰۳
EC mg/lit	J-Bessel	کوواریوگرام	۲۶۶۸۴۰۹	۱۲۶۲۴۱۲	۱۸۹۵۶/۵۶	۱۸۱۱/۷
Cl meq/lit	Exponential	کوواریوگرام	۱۹۴/۰۱	۲۴/۲۲	۳۱۸۸۵/۶۶	۱۳/۷۹
So_4 mg/lit	J-Bessel	واریوگرام	۰/۱۷	۶/۷۵	۸۹۲۱/۵۳	۲/۱۵
Na mg/lit	J-Bessel	واریوگرام	۲۳/۵۴	۱۷۸/۲۹	۱۳۴۶۶/۸	۱۲/۸۷
TH mg/lit	J-Bessel	واریوگرام	۸۰۷۸۰/۸۲	۸۸۷۹/۴۴	۱۰۱۸۳/۰۱	۲۵۲/۶۴

جدول ۴. مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده میزان عامل‌های کیفی در سال آماری ۱۳۷۸

فاکتور کیفی	مدل	نوع واریوگرام	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه	RMSE
TDS mg/lit	J-Bessel	واریوگرام	۴۸۷۵۷۸/۵	۱۱۵۵۱۰۵	۶۷۰۸/۰۳	۱۴۰۱/۳
EC mg/lit	Exponential	واریوگرام	۱۶۰۷۱۱۲	۰	۶۴۱۵/۸۲	۱۱۹۹/۷۳
Cl meq/lit	Exponential	واریوگرام	۴۷/۴	۳/۸۳	۲۶۰۲۱/۶۱	۶/۶۲
So_4 mg/lit	J-Bessel	کوواریوگرام	۷/۴۳	۷/۵۶	۴۷۶۷/۵۹	۳/۵۷
Na mg/lit	Hole Effect	کوواریوگرام	۵۵/۰۶	۴۵/۶۴	۴۷۶۷/۵۹	۹/۱۱
TH mg/lit	K-Bessel	واریوگرام	۳۸۶۳۵/۳۶	۱۳۴۱۸/۲۲	۵۵۳۰/۶۴	۲۴۱/۲۱

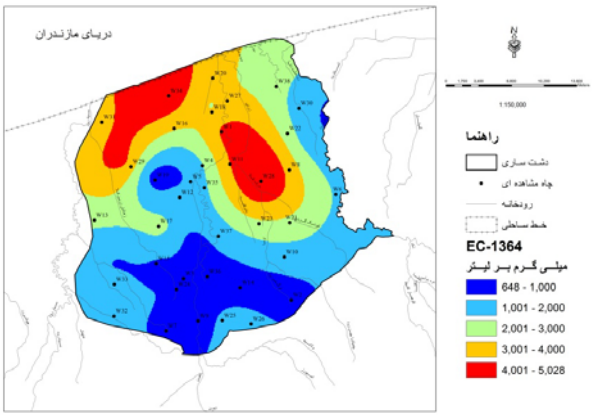
جدول ۵. مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده میزان عامل‌های کیفی در سال آماری ۱۳۹۰

فاکتور کیفی	مدل	نوع واریوگرام	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه	RMSE
TDS mg/lit	J-Bessel	کوواریوگرام	۱۲۴۸۵۶/۸	۲۷۷۵۹۴	۵۶۷۹/۴۹	۵۵۲/۲۱
EC mg/lit	J-Bessel	کوواریوگرام	۳۰۸۴۵۸/۶	۷۰۵۱۱۵/۷	۵۶۷۹/۴۹	۸۷۲/۴۵
Cl meq/lit	Hole Effect	واریوگرام	۰	۲۷/۵۶	۵۷۴۹/۷	۵/۰۱
So_4 mg/lit	J-Bessel	کوواریوگرام	۰/۳۳۲	۲/۹۴	۵۶۷۹/۴۹	۱/۳۷
Na mg/lit	Hole Effect	واریوگرام	۰	۳۸/۵	۵۷۴۹/۷	۵/۵
TH mg/lit	J-Bessel	واریوگرام	۲۵۰۸۴/۹۶	۱۵۲۹۰/۶۴	۱۳۳۳۹/۸۹	۱۷۵/۴۶

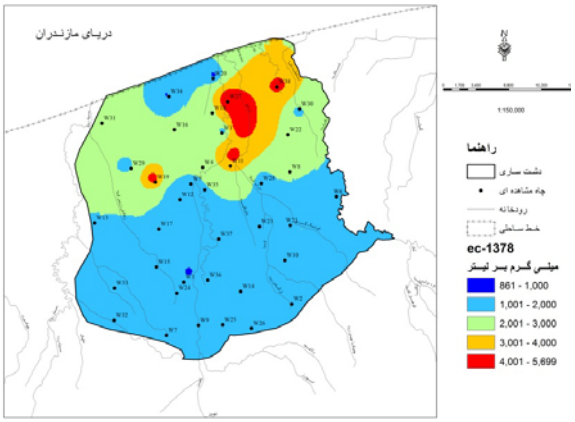
عامل کیفی سدیم تا زمان آبگیری سد، به‌دلیل ماندگاری آب تا سال ۱۳۷۸ تقریبا ثابت بوده که البته در سال ۱۳۷۸ به بالاترین مقدار خود می‌رسد که پس از آزاد سازی آب، کاهش یافته است. نتایج حاصل شده تغییرات عامل‌های کیفی با نتایج سروری و اسکافی (۵) مطابقت دارد.

تغییرات مکانی عامل‌های کیفی با استفاده از روش زمین آمار

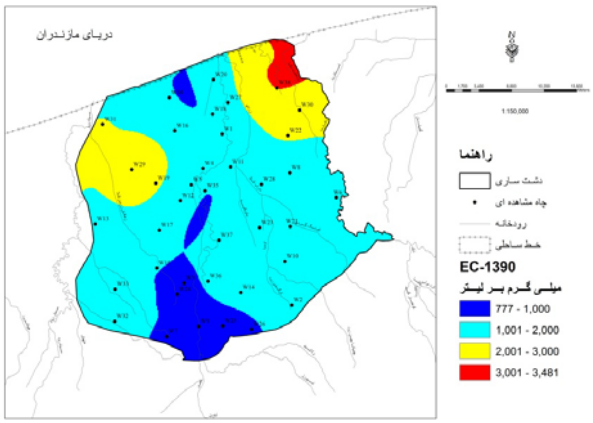
در جدول‌های (۳، ۴ و ۵) روش مناسب درون‌یابی، پارامترهای بهینه شده و همچنین RMSE، برای هریک از عامل‌ها آورده شده که کارایی هریک از مدل‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که روش واریوگرام و کوواریوگرام J-Bessel، بهترین روش انتخاب شده برای درون‌یابی عامل‌های کیفی می‌باشد. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی عامل‌های کیفی (هدایت الکتریکی، سولفات و سدیم) برای سه دوره ۱۳۶۴، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ به‌دست آمد که در شکل‌های (۷) تا (۱۵) آمده است. نقشه‌های مذکور تغییرات مکانی را در این سه دوره پیش از احداث سد، زمان بهره‌برداری سد و بعد از بهره‌برداری سد نشان می‌دهد که در همه پارامترها (هدایت الکتریکی، سولفات و سدیم) در سال



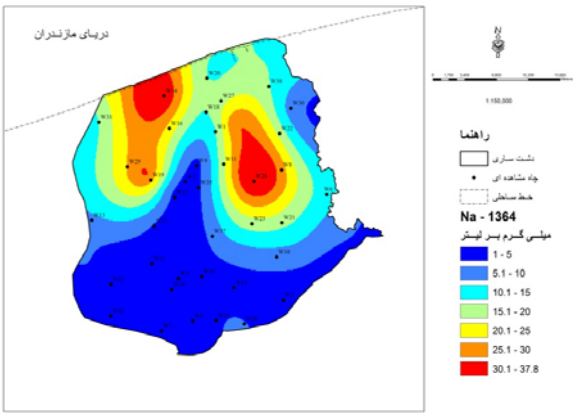
شکل ۷. پهنه‌ندی مکانی میزان EC سال ۱۳۶۴



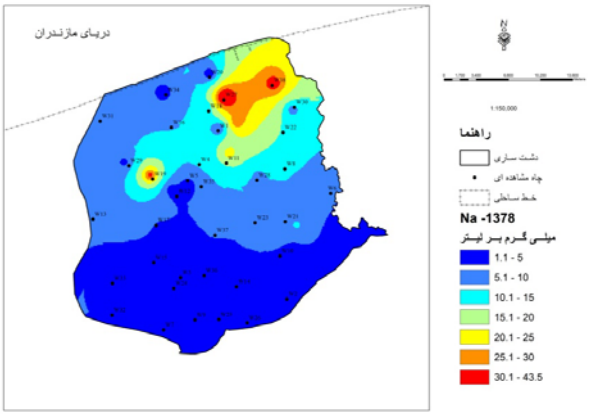
شکل ۸. پهنه‌بندی مکانی میزان EC سال ۱۳۷۸



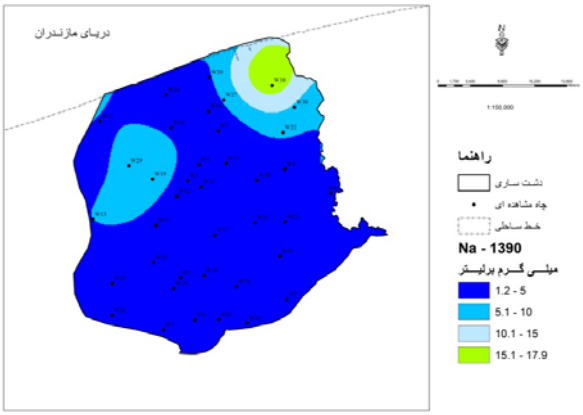
شکل ۹. پهنه‌بندی مکانی میزان EC سال ۱۳۹۰



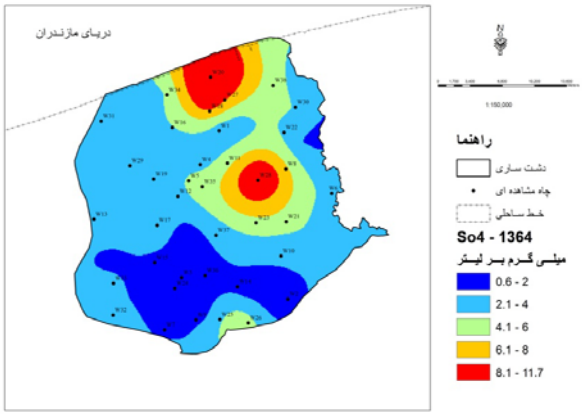
شکل ۱۰. پهنه‌بندی مکانی میزان Na سال ۱۳۶۴



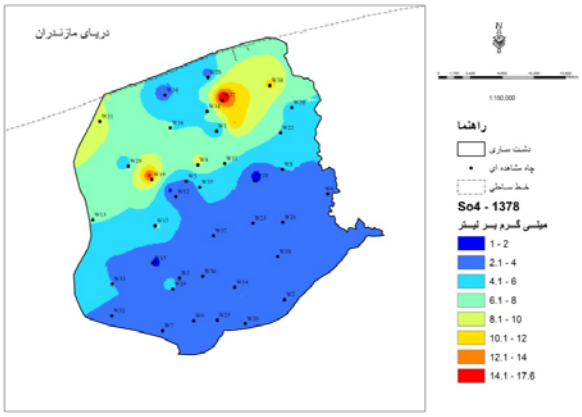
شکل ۱۱. پهنه‌بندی مکانی میزان Na سال ۱۳۷۸



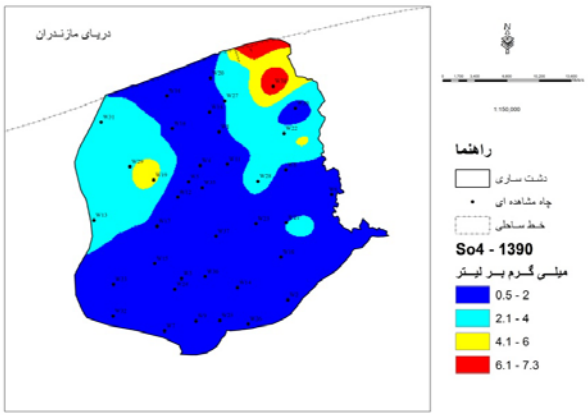
شکل ۱۲. پهنه‌بندی مکانی میزان Na سال ۱۳۹۰



شکل ۱۳. پهنه‌بندی مکانی میزان SO_4 سال ۱۳۶۴



شکل ۱۴. پهنه‌بندی مکانی میزان SO_4 سال ۱۳۷۸



شکل ۱۵. پهنه‌بندی مکانی میزان SO_4 سال ۱۳۹۰

۱۳۹۰ مقدار آن به حداقل رسید. همان گونه که در شکل‌های (۷) الی (۱۵) نشان داده می‌شود در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۷۸ بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه از لحاظ کیفی شرایط بدی را داشته است اما پس از احداث سد و پس از گذشت چند سال (۱۳۹۰) وضعیت کیفیت آب زیرزمینی شرایط بهتری را تجربه می‌کند.

ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی روی تغییرات مکانی عامل‌های کیفی نشان داد که روش واریوگرام و کوواریوگرام J-Bessel بیشترین روش انتخاب شده برای درون‌یابی عامل‌های کیفی می‌باشد. در سال ۱۳۶۴، برای عامل‌های کیفی TDS، EC، SO_4، Na، TH، روش J-Bessel و برای Cl روش نمایی انتخاب شد. در سال ۱۳۷۸، برای عامل‌های کیفی TDS و SO_4 روش J-Bessel، برای Cl و EC روش نمایی، برای Na روش Hole Effect و برای TH، روش K-Bessel انتخاب شد. در سال ۱۳۹۰، برای عامل‌های کیفی TDS، SO_4، EC و TH روش J-Bessel و برای Cl و Na روش Hole Effect انتخاب شد. نتایج عامل کیفی کلر با نتایج قمی‌شون و همکاران (۸)، محمدی (۱۰) و مقامی و همکاران (۱۲) مطابقت دارد.

نقشه‌های پهنه‌بندی سه دوره مورد مطالعه در ماه اردیبهشت برای سه عامل کیفی EC، SO_4، و Na نشان می‌دهد که وضعیت کیفیت آب در محدوده مورد مطالعه برای این متغیرها در حال بهتر شدن می‌باشد. بررسی نقشه‌های کیفی نشان می‌دهد که شمال شرقی منطقه مورد مطالعه به‌دلیل وجود آبخوان شور، از لحاظ پارامترهای کیفی مورد بررسی، حاد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

همان‌طوری که نتایج این پژوهش نشان داد، با احداث سد و بهره‌برداری از طرح شبکه آبیاری و زهکشی سد شهید رجایی و به‌تبع آن عدم استفاده کشاورزان از چاه‌های آب برای مصارف کشاورزی به‌ویژه در سال اول بهره‌برداری، سطح آب در آبخوان بالا می‌آید که در پی آن کیفیت آب زیرزمینی شرایط مناسبی پیدا می‌کند. همچنین نقشه‌های تغییرات مکانی، در سه دوره پیش از احداث سد، زمان بهره‌برداری سد و بعد از بهره‌برداری سد نشان می‌دهد که در همه پارامترها (هدایت الکتریکی، سولفات و سدیم) در سال ۱۳۹۰ مقدار آن به حداقل رسید. در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۷۸ بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه از لحاظ کیفی شرایط بدی را داشت اما پس از احداث سد و پس از گذشت چند سال (۱۳۹۰) وضعیت کیفیت آب زیرزمینی، شرایط بهتری را تجربه می‌کند. می‌توان نتیجه‌گیری نمود در صورتی که مدیریت صحیحی در بهره‌برداری از شبکه صورت گیرد، می‌توان با استفاده از منابع آب زیرزمینی در منطقه جهت مصارف شرب، صنعت و محیط زیست، استفاده بهینه کرد.

منابع مورد استفاده

۱. تقی زاده مهرجردی، ر.، ش. محمودی، س. م. خزایی و ا. حیدری. ۱۳۸۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار (مطالعه موردی: رفسنجان). دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. دانشگاه تهران. ۳۱ اردیبهشت تا ۱ خرداد ۱۳۸۷.

۲. جهانشاهی، ا.، ع. روحی مقدم و ع. دهواری. ۱۳۹۳. ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین آمار (مطالعه موردی: آبخوان دشت شهر بابک)، نشریه دانش آب و خاک ۲۴(۲): ۱۹۷-۱۸۳.

۳. حبیبی، و.، ع. احمدی و م. فتاحی. ۱۳۸۸. مدل‌سازی تغییرات مکانی برخی از ویژگیهای شیمیایی آبهای زیرزمینی به کمک روش‌های زمین آماری، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ۳(۷): ۳۴-۲۳.

۴. رسولی، ی. ۱۳۸۰. شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی دشت فشاویه با استفاده از MODFLOW. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۵. سروری، ح. و پ. اسکافی. ۱۳۸۷. مشکلات زهکشی اراضی شبکه آبیاری مارون بهبهان و بررسی راهکارها. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱ بهمن ۱۳۸۷.

۶. شیخ گودرزی، م.، س. ح. موسوی و ن. ا. خراسانی. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی تغییرات مکانی در ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: دشت تهران-کرج)، مجله منابع طبیعی ایران ۶۵(۱): ۹۳-۸۳.

۷. قبادیان، ر.، ع. فتاحی چقابگی و م. زارع. ۱۳۹۳. تاثیر احداث شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان بر منابع آب زیرزمینی دشت میان دربند با استفاده از مدل GMS 6.5، نشریه پژوهش آب در کشاورزی ۴: ۷۷۱-۷۵۹.

۸. قمیشون، م.، آ. ملکیان، خ. حسینی، س. قرچلو و م. ر. خاموشی. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت سمنان- سرخه با استفاده از روش‌های زمین آمار، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۹(۳): ۵۴۵-۵۳۵.

۹. قهرمان، ب.، م. حسینی و ح. عسگری. ۱۳۸۲. کاربرد زمین آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی، مجله مهندسی عمران ۱۴(۵۵): ۹۸۰-۹۷۱.

۱۰.محمدی، ص. ۱۳۸۶. بررسی تغییرات مکانی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از زمین آمار. پایان-نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه تهران.

۱۱.مدنی، ح. ۱۳۷۳. *مبانی زمین آمار*. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۶۵۹ ص.

۱۲.مقامی، ی.، ر. قضاوی، ع. ولی و س. شرفی. ۱۳۹۰. ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی به منظور پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از GIS (مطالعه موردی: آبخوان دشت شهر بابک)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی ۲: ۱۸۲-۱۷۱.

۱۳.نصری، ب. و ر. دادمهر . ۱۳۸۵. تأثیر نفوذ آب از طریق شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد بر آب زیرزمینی دشت مهاباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی. دانشگاه ارومیه.

14. Arsalan, H. 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra plain, Turkey. Agric. Water Manage. 113: 57-63.
15. Asgar, M. N., S. A. Prathapar and M. S. Shafique. 2002. Extracting relatively fresh groundwater from aquifers underlain by salty groundwater. Agric. Water Manage. 52: 119-137.
16. Galllichand, J., D. Bouckland, D. Marcotte and M. J. Henry. 1992. Spatial interpolation of soil salinity and sodicity a saline soil in southern Alberta. Can. J. Soil Sci. 72: 503-516.
17. Huchinson, M. F. 1991. Continent wide data assimilation using thin plate smoothing splines. BMRC Research Report No. 27, Melbourne Bureau of Meteorology. PP: 104-113.
18. Kangaroglu, F. and G. Gunay. 1997. Ground water nitrate pollution in an alluvial aquifer, Eskir urban area and its vicinity, Turkey. Environ. Geol. 31: 178-184.
19. Kim, J. and M. Sultan. 2002. Assessment of long-term hydrologic impacts of Lake Nasser and related irrigation projects in southwestern Egypt. J. Hydrol. 262: 68-83.
20. Lastett, G. M., A. B. Mcbratney and M. F. Huchinson. 1987. Comparison of several spatial predication method for soil pH. J. Soil Sci. 38: 325-341.
21. The Department of Environment and Conservation NSW. 2007. Guidelines for the assessment and management of groundwater contamination, http://www.enviroment.nsw.gov.au.
22. WHO. 2008. Pyriproxyfen in drinking-water: Use for vector control in drinking water sources and containers. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization (WHO/HSE/AMR/08.03/9).

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 2, Summer 2017, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

The Effects of Constructing Irrigation and Drainage Network of Rajaei Dam on Spatial and Temporal Changes of Groundwater Quality and Quantity

M. Khoshravesh* and M. Valizadeh

(Received: May 08-2016 ; Accepted: July 27-2016)

Abstract

Construction of a dam in the upstream of Tajan basin, as one of the human activities in order to provide drinking water, hydropower, agriculture, flood control or other purposes, can be effective on other sectors such as water resources. The purpose of this study is investigating the impact of Rajaei dam on groundwater resources in Sari-Neka plain during 26 years period (1985-2011) using geostatistical method, parametric and non-parametric tests. The results of statistical tests showed that groundwater table variation during 26 years has experienced insignificant upward trend. Quality factors such as EC, TDS, TH, Cl, SO_4, Mg, Na and SAR had significant downward trend at 5% confidence level for Pearson and Kendall test. The Quality changes of groundwater resources in the region had good condition due to construction of dam. The results of spatial analysis for the study area using Kriging interpolation method in the three years for 1985, 1999, 2011 showed that in 1999 (the year of exploitation of the dam) most of the quality factors had reached the highest level from 1985 until the dam operation (1999) and then decreased to 2011. The results of this study showed that, agricultural activities after dam construction, operation of irrigation system and drainage network design of Rajaei dams, have raised the water table in northern part of the region and consequently had a significant impact on the quality of water resources.

Keywords: Parametric and non-parametric tests, Geostatistic, Water table variation, Chemical analysis, Correlation matrix.

1. Dept. of Water Eng., Faculty of Agric. Eng., Sari Agric. Sci. and Natural Resour. Univ., Sari, Iran.
*: Corresponding Author, Email: khoshravesh_m24@yahoo.com