تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی برای مصرف کشاورزی در حوضه گاوخونی

لاله وزیری[۱]، سعید سلطانی[۱*]، محمد نعمتی ورنوسفادرانی[۲]، رضا مدرس[۱] و عباس کاظمی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۹)

چکیده

در این مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی آبخوان حوضه گاوخونی برای مصرف در کشاورزی مورد بررسی قرارگرفت. برای این منظور از داده‌های کیفیت آب مربوط به ۹۶ چاه عمیق که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان، در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۴ تهیه شده بود، استفاده شد. در مطالعه حاضر از پارامترهای سدیم، هدایت الکتریکی،کلرید، هیدوژن بیکربنات و نسبت جذبی سدیم (SAR) استفاده شد. طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی منطقه با استفاده از شاخص کیفیت آب کشاورزی (IWQI) و بر مبنای استانداردهای FAO صورت گرفت. نتایج شاخص IWQI در محدوده ۴۰ تا ۸۰ به‌دست آمد، که به‌ترتیب محدودیت زیاد و محدودیت کم برای مصارف کشاورزی را نشان می‌دهد. به‌طوری که کیفیت آب زیرزمینی از بالادست به‌سمت پایین‌دست حوضه به‌مرور زمان کاهش یافته است. همچنین مشخص شد تغییرات شاخص کیفیت در منطقه شمالی حوضه بیشتر تحت تأثیر اقلیم منطقه بوده و در قسمت‌های میانی و شرقی حوضه، جریان آب سطحی رودخانه زاینده‌رود و تولیدات کشاورزی باعث تغییرات کیفیت آب شده است. به‌عبارتی در حوضه گاوخونی برداشت بیش از حد از آب زیرزمینی، خشکسالی و تولیدات کشاورزی فراتر از ظرفیت، باعث افت کیفیت آب زیرزمینی شده است. با کاهش برداشت آب زیرزمینی و کاهش سطح کشت در مناطقی که آب مورد نیاز فقط از طریق آبخوان‌ها تأمین می‌شود، می‌توان کیفیت آب زیرزمینی را حتی در سال‌های خشک مدیریت کرد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفیت آب کشاورزی (IWQI)، کیفیت آب زیرزمینی، حوضه گاوخونی

۱. گروه مرتع وآبخیزداری – دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲. گروه محیط زیست– دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۳. رئیس گروه مطالعات آب سطحی، آب منطقه‌ای استان اصفهان، ایران

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ssoltani@cc.iut.ac.ir

مقدمه

امروزه آب‌های زیرزمینی در اکثر مناطق جهان از اهمیت بالایی در تأمین آب شرب و کشاورزی برخوردار هستند. تأمین آب با کیفیت مناسب برای کشاورزی باعث ایجاد فشار بر محیط زیست می‌شود و از همه مهم‌تر باعث افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در سطح جهانی می‌شود (۱۸). واضح است که شناخت بهتر روابط مکانی و زمانی بین کیفیت آب آبیاری و متغیرهای جغرافیایی و محیطی می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی مؤثر و کارامد منابع داشته باشد. کیفیت آب برای کاربردهای کشاورزی توسط بسیاری از ویژگی‌های انسانی و طبیعی، از قبیل تغییر پوشش گیاهی، زمین‌شناسی و آب‌وهوا تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۷ و ۱۹). برای ارزیابی هر موضوعی، نیاز به معیار اندازه‌گیری یا شاخص داریم. انتخاب شاخص‌های مناسب به ما این امکان را می‌دهد تا بتوانیم با مقایسه درست بین گزینه‌ها بهترین تصمیم را بگیریم (۱۱). کیفیت آب آبیاری باید به‌طور مداوم برای توسعه پایدار زمین‌های کشاورزی نظارت شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات آب آبیاری بر گیاهان و خاک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. چندین روش و شاخص برای ارزیابی کیفیت آب کشاورزی به‌کار برده می‌شود از جمله نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد سدیم (Na٪)، کربنات سدیم باقی‌مانده (RSC)، شاخص نفوذپذیری (PI) و ضریب آبیاری (۴، ۵، ۶، ۱۵ و ۱۶). به‌عنوان یک راه حل بهتر، شاخص کیفیت آب آبیاری (IWQI) است که شامل چند شاخص می‌شود و کیفیت آب را به یک مقدار واحد تبدیل می‌کند (۱۴). شاخص کیفیت آب آبیاری یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب است که در کشاورزی کاربرد دارد (۱۲). این شاخص در سه طبقه‌بندی محدودیت شدید، محدودیت بالا و محدودیت متوسط قرار دارد. توانا و همکاران (۲۰) در منطقه کردستان عراق به ارزیابی کیفی آب زیرزمینی برای مصرف کشاورزی با محاسبه شاخص IWQI پرداختند. با جمع‌آوری ۳۹ نمونه از آب چاه‌ها و چشمه‌ها در فصل خشک سال ۲۰۱۴ و در فصل مرطوب سال ۲۰۱۵ به آنالیز و تجزیه‌وتحلیل پارامترهای کیفیت آب پرداختند. نتایج نشان داد که مناطق پوشش هر سه کلاس به‌ترتیب ۱/۴، ۵۲/۴ و ۴۶/۲ درصد برای فصل خشک و ۰/۷، ۸۳/۳ و ۱۶ درصد برای فصل‌های مرطوب بود. تغییرات قابل توجهی در همه این کلاس‌ها از فصل‌های خشک به مرطوب اشاره شده است، این ممکن است مربوط به افزایش آب شیرین ناشی از بارش و کاهش مصرف آب آشامیدنی توسط مصرف‌کنندگان در فصل مرطوب باشد. با توجه به اهمیت موضوع کیفیت آب زیرزمینی و استفاده از آن برای کاربری‌های مختلف، در این تحقیق به بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی حوضه گاوخونی با استفاده از محاسبه شاخص کیفیت آب کشاورزی در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۴ و عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

زیرحوضه گاوخونی، یکی از زیرحوضه‌های درجه دو حوضه اصلی کویرمرکزی ایران است که با مساحت ۴۱۵۴۸ کیلومتر مربع، بین ′۲ °۵۰ تا ′۲۰ °۵۳ طول شرقی و ′۱۵ °۳۱ تا ′۴۵ °۳۳ عرض شمالی واقع شده است، که حدود ۴۰ درصد آن از مناطق کوهستانی و ۵۹ درصد این حوضه را دشت‌ها و کوهپایه‌ها و باقی‌مانده آن را نیز ستره آبی تالاب به مساحت ۴۸۵ کیلومتر مربع تشکیل می‌دهد. بارندگی‌ها در این حوضه طیف گسترده‌ای از ۵۰ تا ۱۵۰۰ میلی‌متر در مناطق کویری جنوب شرق تا ارتفاعات کوهرنگ دارند. نتایج مطالعاتی هواشناسی نشان می‌دهد که حوضه مطالعاتی دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک سرد است. در حوضه آبخیز گاوخونی وسعت اراضی کشاورزی بالغ بر ۱۶۹۵۰۹ هکتار (معادل ۴/۱ درصد کل وسعت حوضه) برآورد شده است. اراضی کشاورزی شامل آن دسته از کاربری‌هایی می‌شود که مورد استفاده کشاورزی است. این اراضی شامل اراضی آبی و دیم است. اراضی آبی نیز شامل اراضی زیر کشت زراعی آبی، زیر کشت باغی آبی و اراضی

آیش دیم است. سطوح اراضی گفته شده بستگی کامل به میزان آب در دسترس در هر منطقه دارد. اراضی دیم نیز شامل اراضی زیر کشت زراعی دیم، زیر کشت باغی دیم و اراضی آیش دیم است (۹). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز گاوخونی و چاه‌های نمونه‌برداری شده حوضه گاوخونی را نشان می‌دهد.

داده‌های مورد مطالعه

در این تحقیق آمار ماهانه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، دوره آماری ۲۱ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۴) ۱۵ واحد مطالعاتی حوضه گاوخونی که در محدوده استان اصفهان قرار دارد، از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان گرفته شد، همچنین به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات کیفیت آب کشاورزی تراز سطح آب زیرزمینی و دبی ایستگاه‌های هیدرومتری از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، آمار تولیدات کشاورزی محدوده‌های مطالعاتی از سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان و آمار بارش ازسایت هواشناسی کشور تهیه شد. به‌علت عدم دسترسی به آمار شش واحد مطالعاتی حوضه گاوخونی (بن– سامان، قلعه شاهرخ، اسفنداران، گاوخونی، یان‌چشمه، ایزدخواست)، این دشت‌ها از محدوده‌های مطالعاتی حذف شدند. مطالعات قبلی نشان می‌دهد آبخوان‌های دشت‌های قلعه شاهرخ، بن– سامان و یان‌چشمه به‌علت قرارگرفتن در مناطق کوهستانی و ضخامت آبرفت کم، در محاسبات حوضه از اهمیت بسیار کمی برخوردار هستند و به‌همین علت آبخوان های آنها غیرفعال درنظر گرفته می‌شود (۱۰).

شاخص بارش استاندارد

شاخص بارش استاندارد بر مبنای احتمال تجمعی بارندگی در یک ایستگاه است که پس از استخراج داده‌های بارندگی در مقیاس ماهانه طی یک دوره آماری مناسب (دست کم ۳۰ سال) دوره‌های زمانی مجموع بارندگی در مقیاس‌های مورد نظر تشکیل می‌شود. این دوره زمانی بایستی با یک توزیع آماری مناسب برازش داده شود. به‌همین دلیل مکی و همکاران (۱۳) شاخص SPI را بر مبنای توزیع گاما قرار دادند. از آنجا که تابع گاما برای مقادیر صفر تعریف شده نیست و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، از حالت تابع احتمال تجمعی تغییر یافته گاما که دربرگیرنده مقادیر صفر هم باشد (تابع تجمعی کل) استفاده می‌شود. پس از محاسبه تابع تجمعی کل، تغییر شکل هم احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد Z (با میانگین صفر و واریانس یک) صورت می‌گیرد که این متغیر همان مقادیر SPI بوده و یک تبدیل با احتمال یکسان است. Z یا SPI با استفاده از تقریب آبرامویتز و استوگان به‌دست می‌آید که احتمالات تجمعی را به متغیر تصادفی نرمال استاندارد (Z) تبدیل می‌کند. مقادیر SPI محاسبه شده بر اساس جدول ۱ وضعیت خشکسالی را مشخص می‌کند. با توجه به اینکه این شاخص در پایه‌های زمانی مختلف و منتهی به همه ماه‌ها می‌تواند محاسبه و استخراج شود. در این پژوهش مناسب‌ترین دوره زمانی برای این‌کار SPI در پایه زمانی ۱۲ ماهه منتهی به ماه اسفند است.

شاخص کیفیت آب کشاورزی (IWQI)

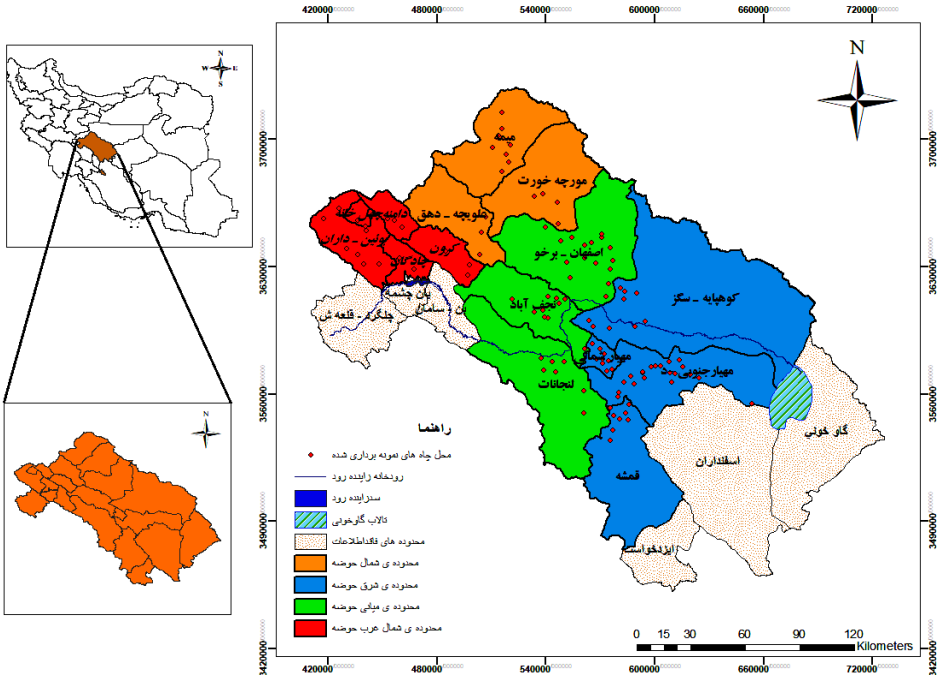
این شاخص توسط مایرلس و همکاران (۱۴) توسعه یافته است. این شاخص کیفیت آب را بر اساس پنج پارامتر (SAR، Cl، Na، $HCO3^-$ و EC) برای مصرف کشاورزی ارزیابی می‌کند. این پنج پارامتر بیشترین تأثیر را بر کیفیت آبیاری دارد. مقدار زیرشاخص‌ها و وزن مربوط به هر پارامتر با توجه به پارامترهای کیفیت آب آبیاری پیشنهاد شده توسط کمیته مشاوران دانشگاه کالیفرنیا UCCC و معیارهای تعیین شده توسط آیزر وستکات (۲) در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

مراحل محاسبه شاخص کیفیت آب کشاورزی

$$q_i = q_{imax} - [(X_{ij} - X_{inf})*q_{iamp}) \ / \ X_{amp}] \qquad (۱)$$

$$WQI = \sum_{i=۱}^{n} q_i W_I \qquad (۲)$$

WQI= شاخص کیفیت آب کشاورزی، qmax = بیشترین مقدار هرطبقه از qi، qiamp = دامنه طبقات qi، Xamp = دامنه پارامترمورد نظر در هر طبقه، Xinf = کمترین مقدار پارامتر مورد نظر در هر طبقه و Xij = مقدارپارامتر مورد نظر است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضه گاوخونی و چاه‌های نمونه‌برداری شده

جدول ۱. طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی بر اساس شاخص SPI

وضعیت خشکسالی	نمایه SPI
شدیداً مرطوب	۲ و بیشتر
بسیار مرطوب	بین ۱/۵– تا۱/۹۹–
مرطوب متوسط	بین۱– تا ۱/۹۹–
نزدیک نرمال	بین۰/۹۹– تا۰/۹۹
خشک متوسط	بین ۱ تا ۱/۴۹
بسیار خشک	بین ۱/۵ تا ۱/۹۹
شدیداً خشک	۲ و بیشتر

جدول ۲. مقادیر محدودکننده پارامتر برای اندازه‌گیری کیفیت

مقدار زیرشاخص	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)	نسبت جذبی سدیم ۱/۲^(میلی‌مول بر لیتر)	سدیم (میلی‌مول بر لیتر)	کلرید (میلی‌مول بر لیتر)	هیدوژن بیکربنات (میلی‌مول بر لیتر)
۸۵–۱۰۰	۲۰۰ ≤ EC < ۷۵۰	۲ ≤ SAR < ۳	۲ ≤ Na < ۳	۱ ≤ Cl < ۴	۱≤ HCO_3^-<۱/۵
۶۰–۸۵	۷۵۰ ≤ EC < ۱۵۰۰	۳ ≤ SAR < ۶	۳ ≤ Na < ۶	۴ ≤ Cl < ۷	۱/۵≤ HCO_3^-<۴/۵
۳۵–۶۰	۱۵۰۰ ≤ EC < ۳۰۰۰	۶≤ SAR <۱۲	۶ ≤ Na < ۹	۷≤ Cl < ۱۰	۴/۵≤ HCO_3^-<۸/۵
۰–۳۵	EC <۲۰۰ EC ≥۳۰۰۰	SAR <۲ SAR ≥۱۲	Na < ۲* Na ≥ ۹	Cl< ۱ ** Cl≥ ۱۰	HCO_3< ۱ HCO_3 ≥۸/۵

* با توجه به استاندارد فائو ۱ > Na (میلی‌مول بر لیتر) درنظر گرفته شده است و ** با توجه به استاندارد فائو ۱ > Cl (میلی‌مول بر لیتر) درنظر گرفته شده است.

جدول ۳. وزن پارامترها

پارامتر	وزن
EC	۰/۲۱۱
Na^+	۰/۲۰۴
Cl^-	۰/۲۰۲
HCO_3^-	۰/۱۹۴
SAR	۰/۱۸۹
Total	۱

جدول ۴. طبقه‌بندی شاخص کیفیت آب کشاورزی (۲)

طبقه کیفیت آب	محدودیت استفاده آب	معرف	
		خاک	گیاه
۸۵-۱۰۰	بدون محدودیت	در خاک‌هایی با احتمال کم مشکل شوری و سدیمی که با هر بار آبیاری شستشو می‌شوند و به‌جز درخاک‌هایی با شدت نفوذ کم	خطر سمی برای گیاه ندارد
۷۰-۸۵	محدودیت کم	درخاک‌هایی با بافت روشن و نفود متوسط استفاده شود، در خاک‌هایی با رس بالا خودداری شود	برای گیاهان حساس خودداری شود
۵۵-۷۰	محدودیت متوسط	در خاک‌هایی با نفوذ متوسط به بالا	گیاه با تحمل بالا به نمک ممکن است رشد کند
۴۰-۵۵	محدودیت زیاد	درخاک‌هایی با نفوذ بالا با لایه‌های فشرده	برای آبیاری گیاهان با تحمل بالای نمک و سدیم کنترل‌شده استفاده شود
۰-۴۰	شدیداً محدود	خطرناک برای استفاده آبیاری در موقعیت نرمال و موارد خاص ممکن است به‌کار برده شود	گیاه با تحمل نمک استفاده شود

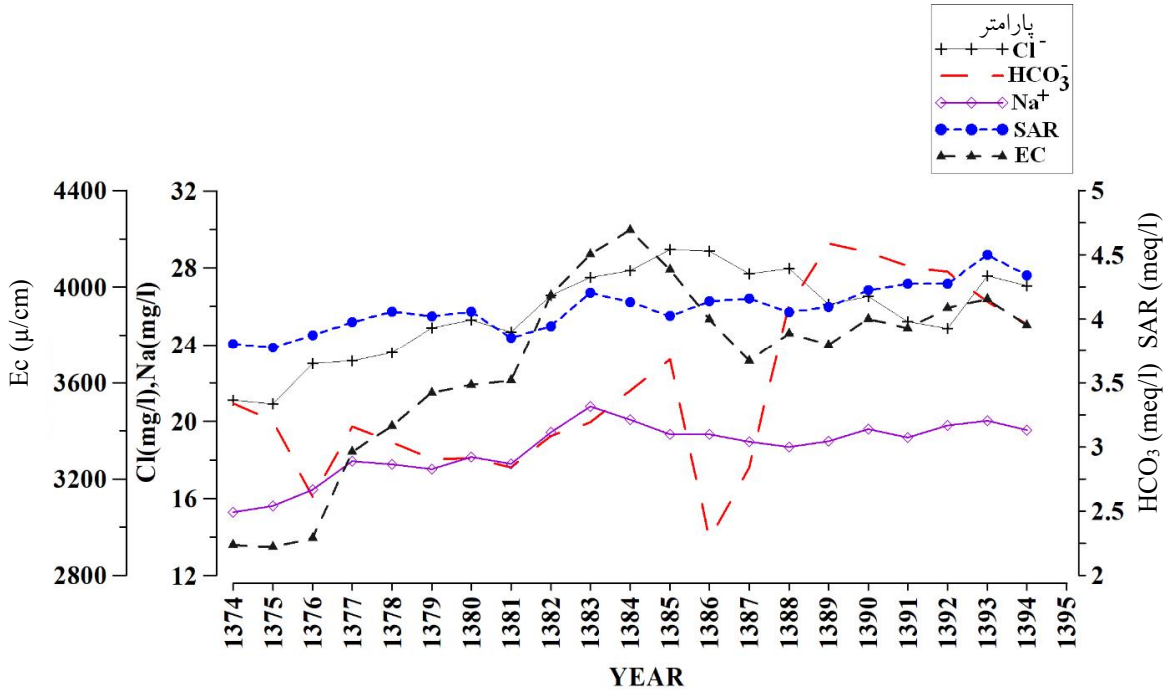
با توجه به معیارهای طبقه‌بندی کیفیت آب که در جدول ۱ آمده است، دو پارامتر Na و Cl این شاخص را به‌شدت محدود می‌کند. پیشنهاد ما برای اصلاح شاخص، استفاده از معیارهای فائو جهت طبقه‌بندی شاخص کیفیت کشاورزی است که درنتیجه آن ایرادهای شاخص را برطرف می‌کند. در این روش طبقات شاخص کیفیت آب کشاورزی که توسط هولوندا و آموریم (۷) و برناردو (۳) ارائه شده با توجه به خطر شوری، کاهش نفوذ آب به خاک و نیز سمیت برای گیاهان تقسیم‌بندی می‌شود و محدودیت‌های کلاس‌های استفاده آب در هر طبقه مشخص شده است (جدول ۴).

بحث و نتایج

مشخصات فیزیکی و شیمیایی، لایه‌های خاک و ویژگی‌های سنگ اصلی، تراز سطح آب زیرزمینی، اقلیم، کشاورزی و دیگر عوامل به‌طور مستقیم بر پارامترهای کیفیت آب مورد استفاده در آبیاری تأثیرمی‌گذارد. خاک و آب باید در قالب‌های بهینه برای کشاورزی پایدار مورد استفاده قرار گیرد و مدیریت شود. چنین مواردی اهمیت زیادی برای کشاورزی دارد. در ارزیابی کیفیت آب، شوری، میزان نفوذ، سمیت یونی و اثرات مختلف دیگر باید با دقت مورد توجه قرار گیرد.

خصوصیات پارامترهای کیفی

پس از بررسی اولیه داده‌ها و رفع نواقص، برای تجزیه‌وتحلیل روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی شاخص کشاورزی محاسبه شد. تغییرات پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی در حوضه گاوخونی در



شکل ۲. روند تغییرات میانگین سالانه پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی در دوره آماری ۲۱ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۴)

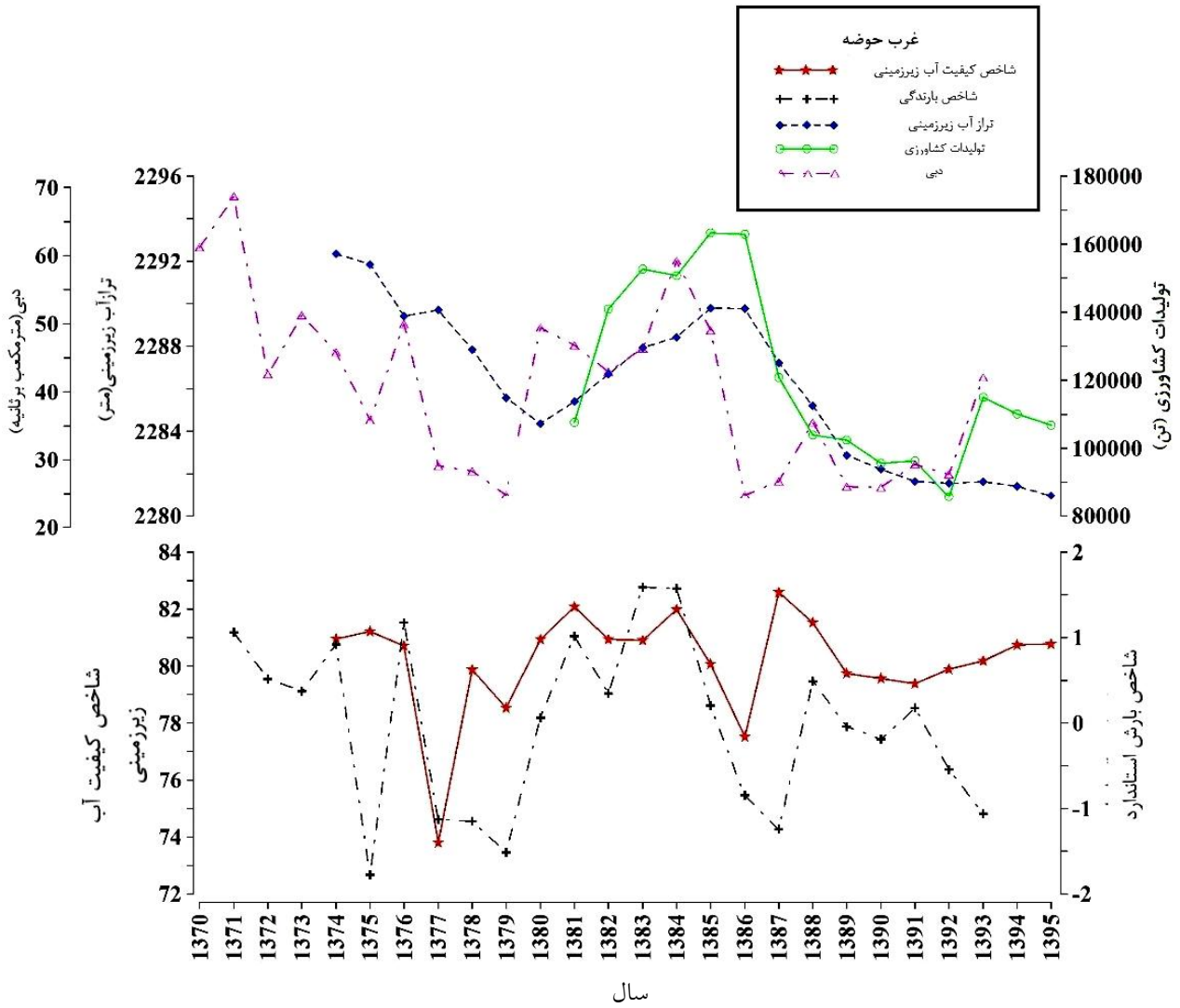
دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۴ در شکل ۲ نشان داده شده است. بررسی پارامترهای کیفیت آب روند افزایشی در طول دوره ۲۱ ساله نشان می‌دهد، هرچند میزان افزایش پارامترها متفاوت بوده ولی تقریباً از یک الگوی پراکنش مکانی پیروی می‌کنند و میزان عناصر طی این بازه زمانی در سال‌های اخیر بیشتر شده است.

روند مکانی شاخص کیفیت آب کشاورزی در حوضه گاوخونی

حوضه گاوخونی دارای ۲۱ محدوده مطالعاتی است که در این مقاله ۱۵ واحد مطالعاتی مورد مطالعه قرار گرفته است. برای مدیریت ارائه نتایج و تحلیل بهتر وضعیت کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های حوضه گاوخونی، دشت‌ها در چهار گروه کلی قرار گرفتند. محدوده شمال غرب حوضه (عمدتاً محدوده‌هایی که در بالادست سد قرار دارند) که شامل دشت‌های داران، دامنه، چادگان، چهل‌خانه و کرون است در شکل ۱ با رنگ قرمز نشان داده شده، محدوده شمال حوضه (دهق، مورچه‌خورت و میمه) رنگ نارنجی، محدوده میانی حوضه (اصفهان، نجف‌آباد و لنجان) رنگ سبز، محدوده شرق حوضه (مهیارجنوبی، مهیارشمالی، کوهپایه – سگزی و قمشه) رنگ آبی است. در ادامه به روند مکانی و زمانی شاخص کیفیت آب کشاورزی در هریک از محدوده‌ها پرداخته خواهد شد.

الف) منطقه شمال غرب حوضه

محدوده تغییرات شاخص کشاورزی ۸۴-۷۲ است و نشان می‌دهد کیفیت آب از لحاظ مصرف کشاورزی محدودیت کمی دارد و برای گیاه و خاک اثر منفی ندارد. با توجه به شکل ۳ مشخص می‌شود در بالادست حوضه بیشترین عاملی که روی کیفیت آب تأثیرگذار است عامل اقلیم و جریان آب سطحی است. در اکثر سال‌ها مشاهده می‌شود در هنگام خشکسالی شاخص کیفیت آب زیرزمینی به‌شدت افت کرده و در ترسالی کیفیت آب بهبود یافته است. اما درسال ۱۳۸۷ این عامل عکس شاخص کیفیت بوده و به‌علت اینکه سطح کشت و تولید کشاورزی در منطقه کاهش یافته کیفیت آب زیرزمینی حوضه افزایش یافته است. از سال ۱۳۹۲ روند تدریجی افزایش کیفیت آب ناشی از افزایش جریان سطحی آب است.



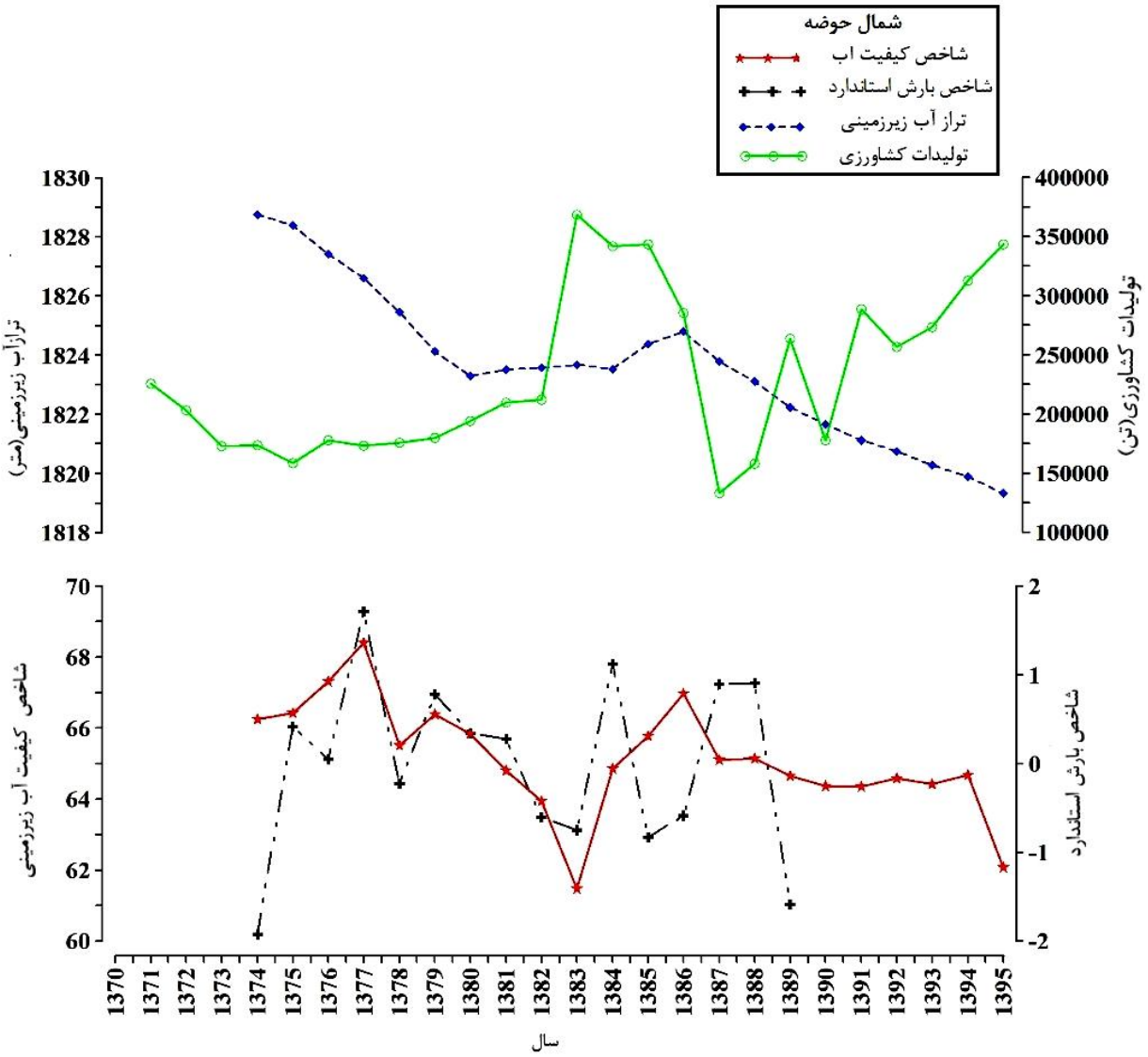
شکل ۳. تغییرات روند شاخص کشاورزی و عوامل مؤثر بر آن در شمال غرب حوضه گاوخونی در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۰

ب) منطقه شمال حوضه

نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت آب نشان می‌دهد که تغییرات کیفیت آب زیرزمینی درمحدوده ۷۰-۶۰ قرار دارد و این طبقه کیفیت، محدودیت متوسط برای مصرف کشاورزی دارد. باتوجه به جدول ۳، بایستی آب در این منطقه بیشتر برای گیاهان مقاوم به شوری و تحمل بالای نمک وخاک‌هایی که نفوذ پذیری زیاد دارند استفاده شود. باتوجه به شکل ۴ سطح آب زیرزمینی در این منطقه روند کاهشی دارد. روند شاخص کیفیت آب زیرزمینی و روند شاخص SPI همخوانی دارند، اما در سال‌های ۸۷-۸۲ نشان می‌دهد کشاورزی بیشترین تأثیر را بر کیفیت آب زیرزمینی داشته است.

ج) منطقه میانی حوضه

محدوده تغییرات شاخص کیفیت آب کشاورزی ۸۰-۶۸ است و نشان می‌دهد آب زیرزمینی این منطقه محدودیت نسبتاً کم برای آبیاری گیاهان و خاک دارد. باتوجه به شکل ۵ در سال‌های۸۶-۸۰ عامل تراز سطح آب زیرزمینی و میزان جریان سطحی تأثیر بیشتری روی کیفیت آب زیرزمینی داشته است. در این محدوده تغییرات آب سطحی، تغییرات سطح آب زیرزمینی را به‌دنبال دارد که درنتیجه آن کیفیت آب



شکل ۴. تغییرات روند شاخص کشاورزی و عوامل مؤثر بر آن در منطقه شمال حوضه در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۰

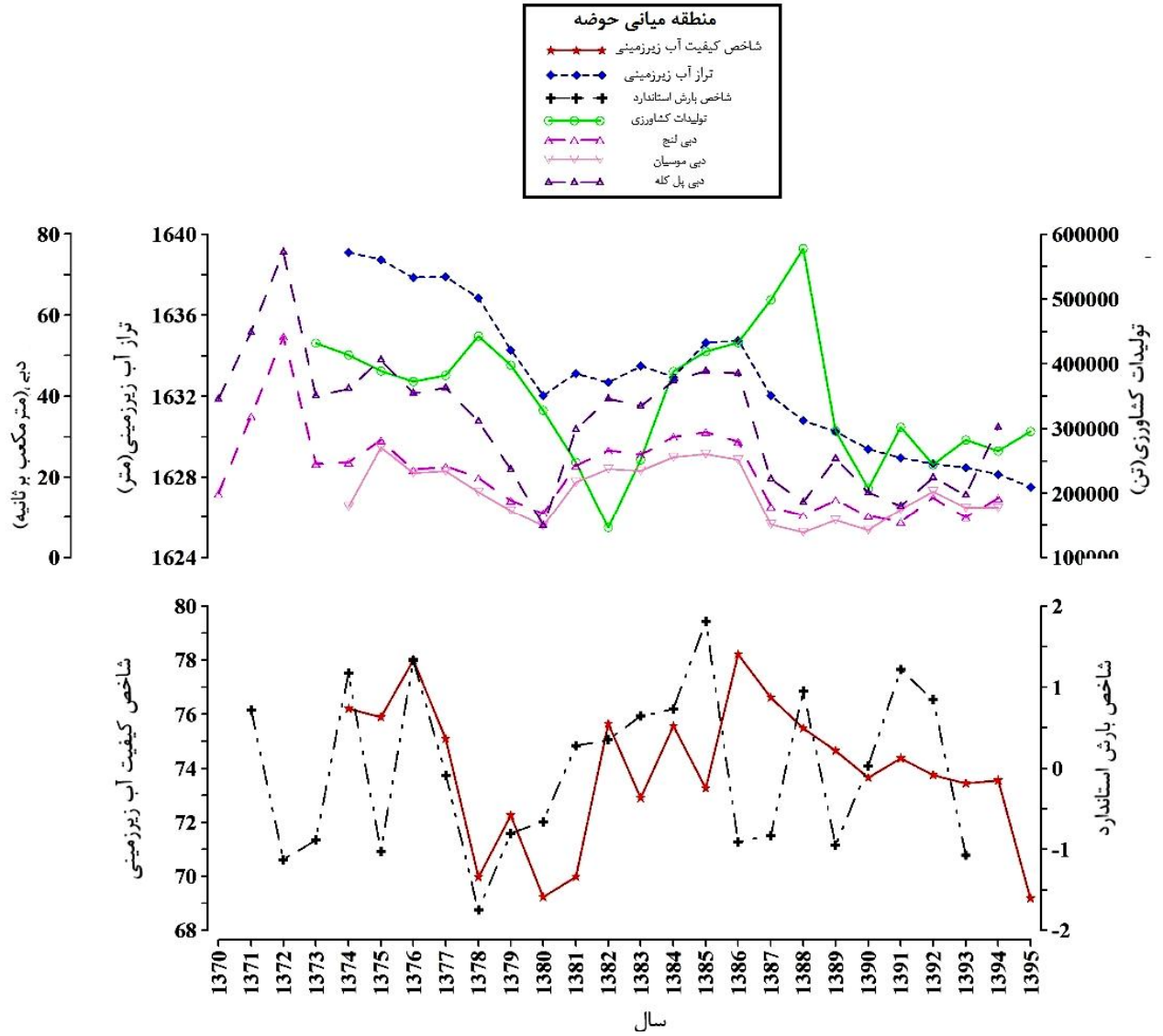
زیرزمینی این محدوده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

د) منطقه شرق حوضه

نتایج شاخص کیفیت آب زیرزمینی نشان می‌دهد محدوده تغییرات شاخص ۶۲-۵۶ است، درنتیجه کیفیت آب در این منطقه محدودیت زیادی دارد. در شکل ۶ مشاهده می‌شود طی ۲۱ سال گذشته میزان جریان آب سطحی به این منطقه کاهش یافته و تراز سطح آب زیرزمینی منطقه نیز به‌علت افزایش کشاورزی به‌ویژه در طول سال‌های ۸۷- ۸۲ افت کرده است.

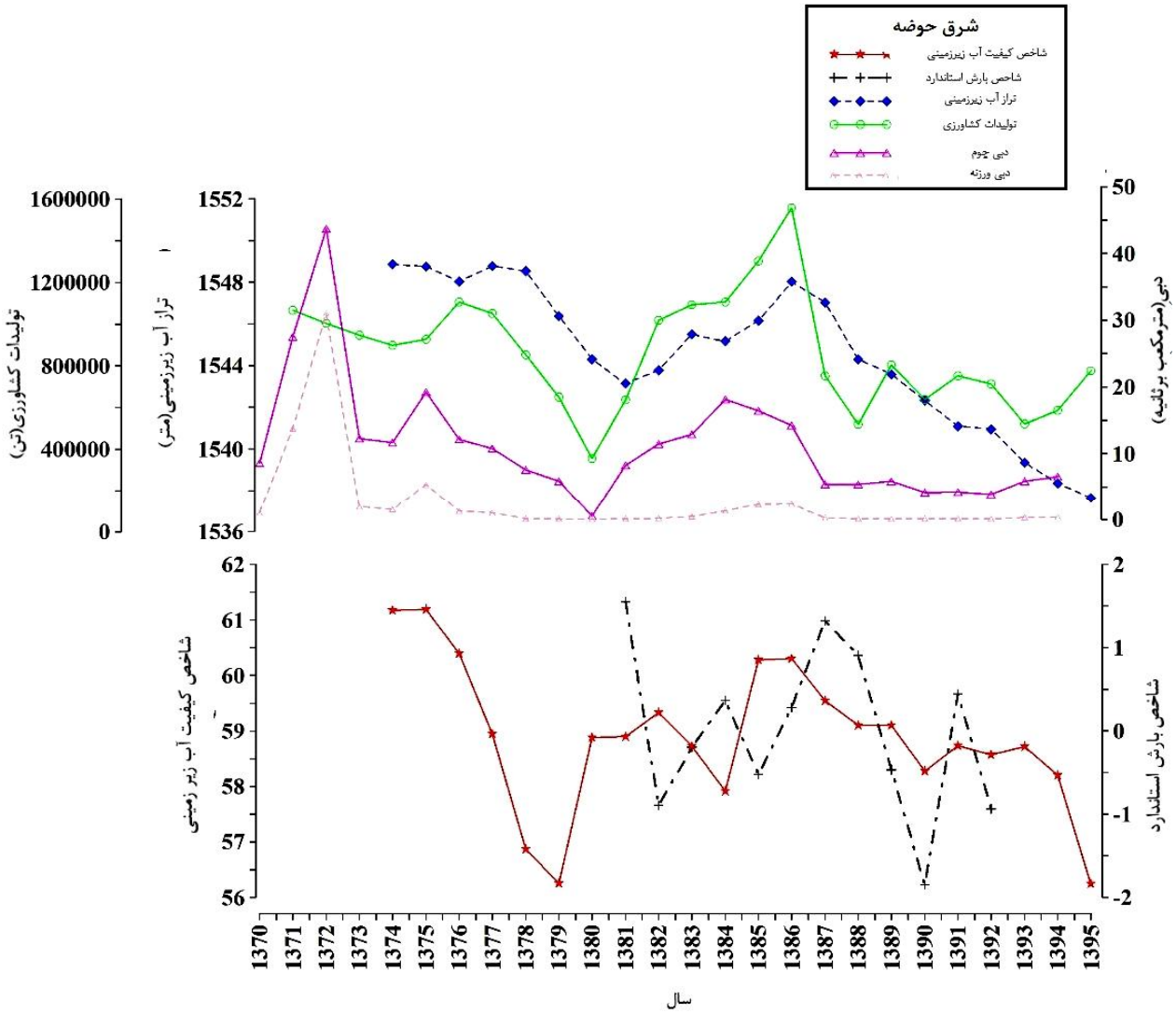
نتیجه‌گیری کلی

نتایج شاخص کیفیت آب کشاورزی نشان داد که در دوره آماری ۲۱ ساله حوضه گاوخونی، کیفیت آب زیرزمینی حوضه در حال کاهش است. مطابق با محدوده‌های حوضه گاوخونی می‌توان دریافت که کیفیت آب از بالادست به‌سمت پایین‌دست حوضه به‌مرور زمان کاهش یافته است. روند زمانی شاخص کیفیت آب نشان می‌دهد در سال‌هایی که خشکسالی رخ داده



شکل ۵. تغییرات روند شاخص کشاورزی و عوامل مؤثر بر آن در منطقه میانی حوضه در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۰

است کیفیت آب به‌شدت افت پیدا کرده است. عدم تغذیه سفره آب زیرزمینی از ورودی‌های زیرزمینی و کاهش بارندگی و دیگر پارامترهای تغذیه باعث کاهش تغذیه منابع آب زیرزمینی و افزایش زمان ماندگاری و درنتیجه بالا رفتن املاح و ناخالصی‌های آب زیرزمینی می‌شود. حسینی وسعادتی (۸) نیز در بررسی خشکسالی و تأثیر آن بر کیفیت آب زیرزمینی استان خوزستان، شرایط کم آبی و خشکسالی را عامل اصلی کاهش کیفیت آب به‌علت افزایش میزان شوری و املاح آب دانستند و همچنین کاهش کیفیت آب از بالادست به‌سمت پایین‌دست حوضه را گزارش کرده‌اند. در بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات شاخص کیفیت آب کشاورزی مشخص شد تغییرات شاخص کیفیت در منطقه شمالی حوضه بیشتر تحت تأثیر اقلیم منطقه بوده است، چون در این محدوده جریان آب سطحی و تولیدات کشاورزی ناچیز بوده است؛ اما در قسمت‌های میانی و شرقی حوضه، افزایش جریان آب در رودخانه زاینده‌رود و تولیدات کشاورزی به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش کیفیت آب شده است. پس از ترکیب اطلاعات محدوده‌ها نتیجه کلی در مورد کیفیت آب زیرزمینی برای



شکل ۶. تغییرات روند شاخص کشاورزی و عوامل مؤثر بر آن در منطقه شرق حوضه در دوره آماری ۱۳۹۵-۱۳۷۰

مصارف کشاورزی تهیه شد و نتایج نشان داد که اکثر مناطق مورد مطالعه به‌جز بخش شرق منطقه برای مصارف کشاورزی از کیفیت آب خوب و قابل قبولی برخوردار هستند. عبدی‌نژاد (۱) نیز با مطالعه کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت‌های مهم استان زنجان بر اساس استانداردهای آبیاری، کیفیت خوب تا متوسط آب‌های زیرزمینی زنجان را طی سال‌های ۸۵ - ۱۳۶۹ گزارش کرده‌اند و مشکل عمده‌ای در کیفیت آب آبیاری آن منطقه نیافته‌اند. برداشت بیش از حد آب زیرزمینی در حوضه مورد مطالعه با توجه به تجمع روستاها و زمین‌های کشاورزی در این قسمت از دشت باعث شده تا شاهد افت آب زیرزمینی در این بخش‌ها باشیم و تداخل آب شور با شیرین صورت بگیرد و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی کاهش یابد. شوری و سدیمی بودن آب زیرزمینی در حوضه گاوخونی می‌تواند ناشی از سازندهایی که جنس آنها مارن‌های میوسن همراه با گچ و نمک و آهک است، باشد. وسعت این سازند درحوضه ۳۶۵ کیلومتر مربع است که معادل ۲/۵ درصد کل سازندهای سخت حوضه است.

طبق نتایج حاصل از تحقیق حاضر به‌دلیل روند کاهشی کیفیت آب زیرزمینی، نباید با برداشت و اصرار بر استفاده در کشاورزی و هدررفت آب زیرزمینی باعث افزون شدن مشکلات منطقه شد که متأسفانه در یک دهه اخیر شاهد کارهایی عکس

این واقعیت‌ها بوده‌ایم که منجر به افت سفره آب زیرزمینی و نیز کاهش کیفیت آب شده است. به‌طور کلی باید گفت که در برداشت از آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک باید هم کمیت و هم کیفیت آب را با توجه به نوع مصرف درنظر گرفت.

منابع مورد استفاده

1. Abedinezhad, P. 2011. Investigating the status of groundwater aquifers in important plains of Zanjan Province. Second National Conference on National Iranian Applied Water Resources Research, Zanjan, Zanjan Regional Water Authority, 18-19 May, p. 10.
2. Ayres, R. S. and D. W. Westcot. 1999. Water Quality for Agriculture. *Journal of Irrigation and Drainage Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome* 29: 1-117.
3. Bernardo, S. 1995. Manual de Irrigação. 4th edition, Vicosa: UFV, 488 p.
4. Brindha, K. and L. Elango. 2013. Environmental assessment of water quality in Nagarjuna Sagar reservoir, India. *Earth Research Engineering and Science* 1(1): 33-36.
5. Cieszynska, M. 2012. Application of physicochemical data for water-quality assessment of watercourses in the Gdansk Municipality (South Baltic coast). *Environmental Monitoring and Assessment* 184: 2017-2029.
6. Fakhre, A. 2014. Evaluation of hydrogeochemical parameters of groundwater for suitability of domestic and irrigational purposes: a case study from central Ganga Plain, India. *Arabian Journal of Geosciences* 7: 4121-4131.
7. Holanda, J. S. J. A., Amorim. 1997. Management and control salinity and irrigated agriculture water in: Congresso Brasileiro de Engenharia setting, 21-22 Feb, Campina Grande.
8. Hosseini Zare, N. and N Saadati. 2001, Drought effects on water resources quality of Karoun and Dez rivers in Khuzestan Province. First National Conference on Water Crisis Management, Zabol, Zabol University, p. 19.
9. Iran Ministry of Energy. 2012. Updating of integrated water resource projects in Daryache-Namak, Gavkhouni, Siah-kouh, Rige-Zarin and Kavir-Markazi basins. *Ministry of Energy* 78-90 (In Farsi).
10. Karamouz, M. 2016. Project report of updating the Zayandehroud integrated reducing pollution. Isfahan Department of Environment, Isfahan, pp. 25-30 (In Farsi).
11. Li, P., J. Wu and H. Qian. 2012. Groundwater quality assessment based on rough sets attribute reduction and TOPSIS method in a semi-arid area, China. *Environmental Monitoring and Assessment* 184(8): 4841-4854.
12. Maia, E. C. 2012. Proposal for an Index to classify Irrigation Water Quality: A Case Study in Northeastern Brazil. *The Revista Rasileira de Ciência do Solo* 36: 823-830.
13. Mckee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, 8th Conference on Applied Climatology, 17- 22 January, Anaheim, CA, pp. 176-184.
14. Mireles, A. C. M., E. M. Andrade, L. C. G. Chaves, H. Frischkorn and L. A. Crisóstomo. 2010. A new proposal of the classification of irrigation water. *Revista Ciencia Agronomica Journal* 41(3): 349-357.
15. Mkandawire, T. 2008. Quality of groundwater from shallow wells of selected villages in Blantyre District, Malawi. *Physics and Chemistry Journal* 33: 807-811.
16. Offiong, O. E. and A. E. Edet. 1998. Water quality assessment in Akpabuyo, Cross River basin, South-Eastern Nigeria. *Journal of Environmental Geology* 34(2/3): 167-174.
17. Scanlon, R. B., C. R. Reedy, A. D. Stonestrom, E. D. Prudic and F. K. Dennehy. 2005. Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the southwestern US. *Journal of Global Change Biology* 11: 1577-1593.
18. Sharafi, Z. and A. A. Safari-Sinegani. 2012. Arsenic and other irrigation water quality indicators of groundwater in an agricultural area of Qorveh Plain, Kurdistan, Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* (4)12: 548-555.
19. Tu, J. 2013. Spatial variations in the relationships between land use and water quality across an urbanization gradient in the watersheds of northern Georgia, USA. *Journal of Environmental Management* 51: 1-17.
20. Twana, O. A., S. A. Salahalddin and A. Nadhir. 2016. Classification of groundwater based on irrigation water quality index and GIS in Halabja Saidsadiq basin, Iraq. *Journal of Environmental Hydrology* 2:1-21.

IJAE
Iranian Journal of Applied Ecology

Spatial and Temporal Variations of Groundwater Quality for Agricultural Use in Gavkhooni Basin

L. Vaziri[1], S. Soltani[1*], M. Nemati Varnosfaderany[2], R. Modarres[1] and A. Kazemi[3]

(Received: April 08-2018; Accepted: June 09-2019)

Abstract

In this study, the quality of groundwater aquifer of Gavkhooni basin was investigated in agriculture. For this purpose, water quality data related to 96 wells prepared by Isfahan Regional Water Authority during the statistical period 2015-2016 were used. In this study, sodium parameters, electrical conductivity, chloride, hydrogen bicarbonate and sodium absorption ratio (SAR) were used. Then, groundwater quality classification across the study area was carried out using agricultural water quality index (IWQI), which is based on the FAO standards. Results of IWQI varied from 40 to 80, corresponding to high and low limitations for agricultural use. It was shown that groundwater quality had declined over years from the upstream to the downstream of the basin. Furthermore, some changes in the quality index in the northern region of the study area were found to be more affected by the climate conditions of the region. In the middle and eastern territories, the surface streamflow of Zayandehroud River and agricultural activities had caused changes in the water quality. In general, in the Gavkhooni area, excessive groundwater exploitation, drought conditions and agricultural activities had reduced the groundwater quality. By reducing groundwater withdrawals and agricultural activities in areas where water is required only through water drainage, groundwater quality can be managed, even in dry years.

Keywords: Quality of Water Quality Index (IWQI), Groundwater Quality, Gavkhooni Basin.

1. Dept. of Watershed Manag., Faculty of Natur. Resour., Isfahan Univ. of Technol., Isfahan, Iran.
2. Dept. of Environ., Faculty of Natur. Resour., Isfahan Univ. of Technol., Isfahan, Iran.
3. Surface water section, Isfahan water authority
*: Corresponding Author, Email: ssoltani@cc.iut.ac.ir