پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال چهاردهم، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۴
صص. ۱۳۵-۱۲۳

مدل‌سازی تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با رسوبات و مقاطع زمین‌شناسی

هیوا علمیزاده*- دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.
آزاده مقصودی – دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۲ تائید نهایی: ۱۴۰۴/۰۲/۲۴

چکیده

چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری در مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفیکی و آب‌های زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. مدل‌های موجود اغلب برای مدیریت منابع آب در شرایط بحرانی مانند خشکسالی یا سیل به‌اندازه کافی انعطاف‌پذیر نیستند. از این رو توسعه مدل‌هایی که بتوانند به‌طور پویا با شرایط بحرانی سازگار شوند، مفید است. هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی نوسان آب‌های زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با رسوبات و مقاطع زمین‌شناسی با استفاده از GIS می‌باشد. در این راستا برای انجام این پژوهش، با استفاده از داده‌های تراز آب‌های زیرزمینی و چاه نگارها و همچنین نقشه‌های به‌دست‌آمده در نرم‌افزار WinLog و Arc GIS به تحلیل و ارزیابی تغییرات سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری محدوده مطالعاتی پرداخته شد. نتایج بررسی نقشه‌های عمق و سطح ایستابی نشان داد جهت جریان آب زیرزمینی در دشت شوش از شمال و شمال‌شرق به سمت جنوب و غرب منطقه می‌باشد. براساس مقاطع زمین شناسی و چاه نگارهای پیزومتری، در حاشیه شمالی دشت شوش (اطراف شهر دزفول- اندیمشک) عمدتاً بافت رسوبات درشت دانه بوده و حاصل فرسایش کنگلومرای بختیاری می‌باشد. همچنین رسوبات سازند بختیاری به دلیل نفوذپذیری، چسبندگی بین دانه‌ای و تخلخل مناسب، مهم‌ترین سازند دشت شوش از نظر منابع آب زیرزمینی و تغذیه آبخوان می‌باشد. با توجه به اینکه بیشتر محدوده مطالعاتی به بخش کشاورزی تعلق دارد و در این مناطق میانگین افت سطح ایستابی حدود ۴۸ متر می‌باشد؛ بنابراین اگر در استفاده از آب‌های زیرزمینی مدیریت اصولی صورت نگیرد، در معرض خطر جدی بحران آب قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج پژوهش، داده‌های چاه نگارها امکان استخراج اطلاعات ژئومورفولوژیکی و تحلیل دقیق‌تر و سریع‌تر را فراهم نموده و در شناسایی ساختارهای پیچیده زیرسطحی و تحلیل تغییرات لایه‌ها بسیار مفید می‌باشند.

واژگان کلیدی: ***پیزومتری، چاه نگار ، درون یابی، نوسان سطح ایستابی، تراز آب.***

---

* نویسنده مسئول: E-mail: elmizadeh@kmsu.ac.ir

مقدمه

آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین و ارزان‌ترین بخش از آب‌های شیرین در دسترس و قابل استفاده را تشکیل می‌دهند که به دلیل کم بودن عوامل بیماری‌زا، ضریب آلودگی محیطی کمتری داشته و به عنوان یک منبع قابل اتکا، معمولا نیازی به تصفیه جهت مصارف عمومی، صنعتی و کشاورزی ندارند. شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی از این منابع بسیار مهم، که آب مورد نیاز جهت شرب، صنایع و کشاورزی را تأمین می‌کنند، می‌تواند در توسعه اقتصادی، سلامت جامعه، توسعه پایدار فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و کم آب، نقش بسزایی داشته باشد (ودیشکینا[۱] و همکاران، ۲۰۲۴؛ پیمان و همکاران، ۲۰۲۳؛ رشیدی و همکاران، ۲۰۲۴). از این رو پایش منطقه‌ای و بررسی تغییرات سفره‌های آب زیرزمینی، با تاثیر برتوان اکولوژیک سرزمین در برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه پایدار منابع اهمیت فراوانی دارد (وانگ[۲] و همکاران، ۲۰۱۹). در سالیان اخیر، به دلیل رشد جمعیت و توسعه کشاورزی و صنعت و همچنین با ورود به فناوری چاه و پمپ و ازدیاد بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی توسط چاه و قنات، به تدریج سطح ایستابی در بیشتر دشت‌های کشور افت پیدا کرده و تعداد زیادی از آنها نیز خشک یا شور شده‌اند (قاسم‌پناهی و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر آن برداشت بی‌رویه و بهره‌برداری بیشتر آب از چاه‌ها و تغییرات اقلیمی از جمله کاهش بارندگی، افزایش دما، کمبود آب‌های سطحی و تغذیه نشدن سفره‌ها، در کاهش سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی نقش موثری داشته است (برناو[۳] و همکاران، ۲۰۲۴؛ جکوب[۴]، ۲۰۱۸؛ محمد و همکاران، ۲۰۲۳). در این میان برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در اغلب دشت‌های کشور، فشار بیش از اندازه به آبخوان‌ها را موجب شده و چرخه تجدیدپذیری آب‌های زیرزمینی را با چالش روبه رو نموده است. در این رابطه افت شدید سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌ها، موجب افزایش هزینه پمپاژ، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات، افزایش تدریجی املاح آب، کاهش کیفیت آب و روی آوردن کشاورزان به استخراج بیشتر آب‌های زیرزمینی از طریق چاه‌های عمیق شده که به تبع آن، بیشتر سفره‌ها دچار افت سطح ایستابی و بحران منابع آبی گردیده؛ به طوریکه برداشت بیشتر از این سفره‌ها امکان پذیر نمی‌باشد و در حال تخریب و نابودی هستند (قاسم‌پناهی و همکاران، ۲۰۲۳؛ رضایی و همکاران، ۱۴۰۱). به همین دلیل این ماده حیاتی یکی از مهم‌ترین ارکان در توسعه کشور می‌باشد که توسعه سایر بخش‌ها در گروی بهره‌برداری پایدار از آن است. در این میان چاه‌های اکتشافی و پیزومتری باتوجه به امکان دسترسی مستقیم به درون زمین و پی بردن به وجودلایه‌ها و سازندهای زمین شناسی، در مطالعات ژئومورفیکی، زمین‌شناسی و آب‌های زیرزمینی اهمیت ویژه‌ای دارند. به طوریکه از اطلاعات مربوط به این چاه‌ها می‌توان جهت تشخیص وضعیت هیدروژئولوژیکی، اندازه‌گیری نوسان سطح آب زیرزمینی، تعیین ضخامت آبرفت، تعیین جهت حرکت آب زیرزمینی، بررسی دقیق‌تر و اطلاع از ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان و تعیین موقعیت فضایی و ابعاد آنها استفاده نمود (هوانگ[۵] و همکاران، ۲۰۲۴؛ مرادی و همکاران، ۲۰۲۳ و جمالی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). طی سال‌های اخیر تعداد و تراکم چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در دشت شوش به ویژه در نیمه شمالی دشت بعلت آبدهـــی مناسب، افزایش قابل توجهی یافته است. با این وجود مشکل تامین منابع آب در بخش کشاورزی علی‌رغم بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی وجود داشته و هنوز بخش قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی این مناطق به دلیل عدم استفاده بهینه و کمبود منابع آب، به صورت دیم می‌باشند. همچنین هیدروگراف واحد دشت نیز با توجه به برداشت سالانه شش میلیون متر مکعب آب جهت مصارف مختلف، افت سطح ایستابی را نشان می‌دهد (مقصودی و علمیزاده، ۱۴۰۱). بنابراین بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی، ارزیابی و پایش سطح سفره و متغیرهای مؤثر

---

[۱] Vedyashkina

[۲] Wang

[۳] Bernau

[۴] Jacob

[۵] Huang

بر آن، از جمله مهم‌ترین راهکارهای مدیریتی جهت بررسی و تعیین میزان نوسانات آب‌های زیرزمینی به واسطه برداشت و تغذیه است، تا بتوان رفتارهای آتی آبخوان‌ها را پیش‌بینی نموده و اقدامات متناسب با آن را اعمال نمود. در ایران پژوهش‌های مفیدی در ارتباط با روند نوسانات سطح سفره‌های دشت‌های داخلی انجام شده که بیشتر این مطالعات نشان دهنده کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی طی سال‌های اخیر هستند (رحیمی و همکاران، ۲۰۲۲؛ جعفرزاده و همکاران، ۲۰۲۲؛ چترسیماب و همکاران، ۲۰۲۱). جمع‌بندی پژوهش‌های مرتبط نشان می‌دهد که از مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی می‌توان برای بررسی مشکلات عمده برنامه‌ریزی و مدیریتی نوسانات سطح آبهای زیرزمینی و پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات سفره و افت آب زیرزمینی تحت اثر مکانیسم‌های مختلفی مانند برداشت و تغذیه در سفره‌ها استفاده نمود (رجبی و همکاران، ۱۴۰۰؛ رضایی و همکاران، ۱۴۰۱؛ زاخاروا[۱] و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین ، مدل‌سازی نوسان سفره‌های آب‌های زیرزمینی جهت مطالعه سنجش اجزای شبیه‌سازی مانند پارامترهای هیدرولیکی و مرزهای فیزیکی (برناو و همکاران، ۲۰۲۴)، رابطه بین آب‌های زیرزمینی و سطحی با تبخیر و تعرق و بارندگی (هوانگ و همکاران، ۲۰۲۴؛ گارنش[۲] و همکاران، ۲۰۱۸)، تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب‌های زیرزمینی (هاوس[۳] و همکاران، ۲۰۱۷؛ چکوتریکول[۴] و همکاران، ۲۰۱۸)، شبیه-سازی و درک بهتر آلودگی و پایش کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی و رودخانه (جایاشری[۵] و همکاران، ۲۰۲۳؛ ژیائو[۶] و همکاران، ۲۰۱۸)، مدل‌های یادگیری ماشین در شبیه‌سازی جریان‌های ماهانه و سالانه (پیمان و همکاران، ۲۰۲۳)، تعیین جهت حرکت و جریان آب زیرزمینی و فعل و انفعالات بین شبکه آبراهه‌ها و آب‌های زیرزمینی (ماتیاتوس[۷] و همکاران، ۲۰۱۸) و کاربرد مدل‌های هیدرولوژیکی داده‌های سنجش از دوری و شبیه‌سازی دبی جریان در مدیریت منابع آب (کگانگ[۸] و همکاران، ۲۰۲۲؛ هیپ[۹] و همکاران، ۲۰۱۸) کارامد و مفید ارزیابی گردیده‌است. همچنین در سال‌های اخیر، الگوریتم یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای تحلیل داده‌ها چاه‌ها و مدل‌سازی تغییرات آب‌های زیرزمینی به‌کار گرفته شده‌اند. این فناوری‌ها امکان پردازش حجم زیاد داده‌ها و شناسایی الگوهای پیچیده را فراهم کرده‌اند (مرادی و همکاران، ۲۰۲۳؛ محمد و همکاران، ۲۰۲۳؛ قاسم‌پناهی و همکاران، ۲۰۲۳). شکاف‌های پژوهشی در مدل‌سازی تغییرات آب‌های زیرزمینی شامل ادغام داده‌های چندمنبعی، استفاده از فناوری‌های نوین، تحلیل عدم قطعیت، استفاده از داده‌های لاگ چاه‌ها و تطبیق مدل‌ها با تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. تحقیقات آینده می‌توانند بر توسعه روش‌های پیشرفته، بهبود دقت مدل‌ها، و کاربردهای عملی در مدیریت پایدار منابع آب متمرکز شوند. از این رو هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی نوسان آب‌های زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با رسوبات و مقاطع زمین‌شناسی با استفاده از GIS می‌باشد که نتایج آن می‌تواند در مدیریت منابع آب، پیش‌بینی خشکسالی، برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی و کاهش ریسک‌های ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی مفید باشد و به تصمیم‌گیرندگان در سطوح مختلف کمک کند تا راهکارهای مؤثری برای برنامه‌های مدیریت منابع آب زیرزمینی ارائه دهند.

---

[۱] Zakharova

[۲] Ganesh

[۳] House

[۴] Chacuttrikul

[۵] Jayashree

[۶] Xiao

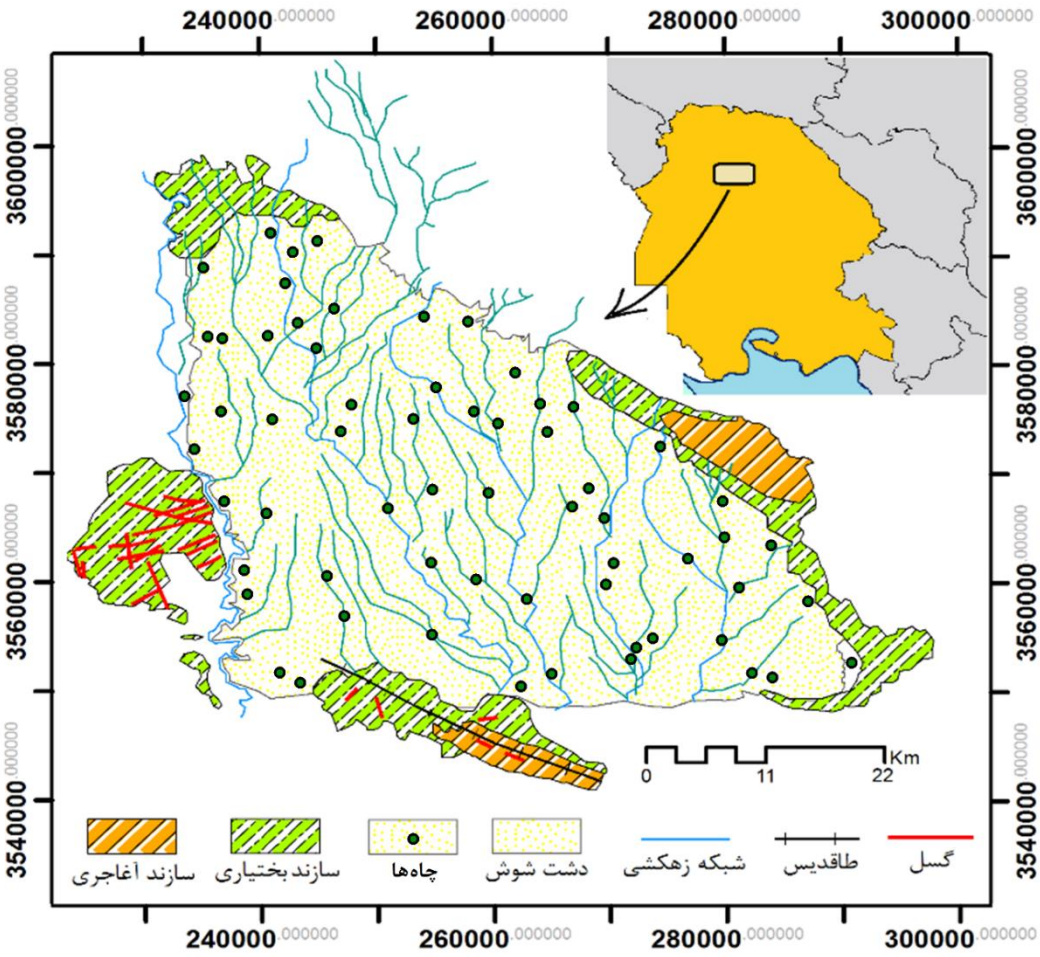
[۷] Matiatos

[۸] Kegang

[۹] Hiep

روش تحقیق

دشت شوش در جنوب غربی کشور، استان خوزستان و در نیمه میانی تا انتهایی حوضه رودخانه دز با وسعتی بالغ بر ۱۹۹۶ کیلومترمربع واقع شده و شامل دشت‌های سبیلی، دشت لور (اندیمشک)، دشت دیمچه، دشت دز غربی و دشت دز شرقی می‌باشد. محدوده مطالعاتی از شمال به حوضه مولاب و سراب جلدان، از غرب به حوضه دشت عباس شرقی، اوان و چنانه–سرخه، از جنوب به حوضه میان آب شوشتر و آهودشت و از شرق به حوضه گتوند و لالی منتهی می‌گردد. مهم‌ترین رودخانه‌های جاری در دشت شوش شامل رودخانه‌های دز، کهنک، گلال، بالارود و شاوور است که به‌طور گسترده‌ای از آب این زهکش‌ها بخصوص در آبیاری و کشاورزی استفاده می‌گردد (شکل ۱). میزان بارش متوسط سالانه در سطح محدوده دشت حدود ۳۲۸ میلی‌متر محاسبه شده که حجم بارندگی با توجه به مساحت محدوده مورد مطالعه برابر ۸۰۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. همچنین میزان رواناب سطح زهکشی شده از سطح محدوده برابر ۱۲۶ میلی‌متر و معادل ۳۱۲ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بیلان هیدرولوژی در مقیاس ماهانه میزان نفوذ را طی ماه‌های پر باران سال یعنی آذر، دی، بهمن و اسفند برابر ۱۲۴ میلی‌متر سالانه معادل ۳۰۷ میلیون متر مکعب نشان می‌دهد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۸).



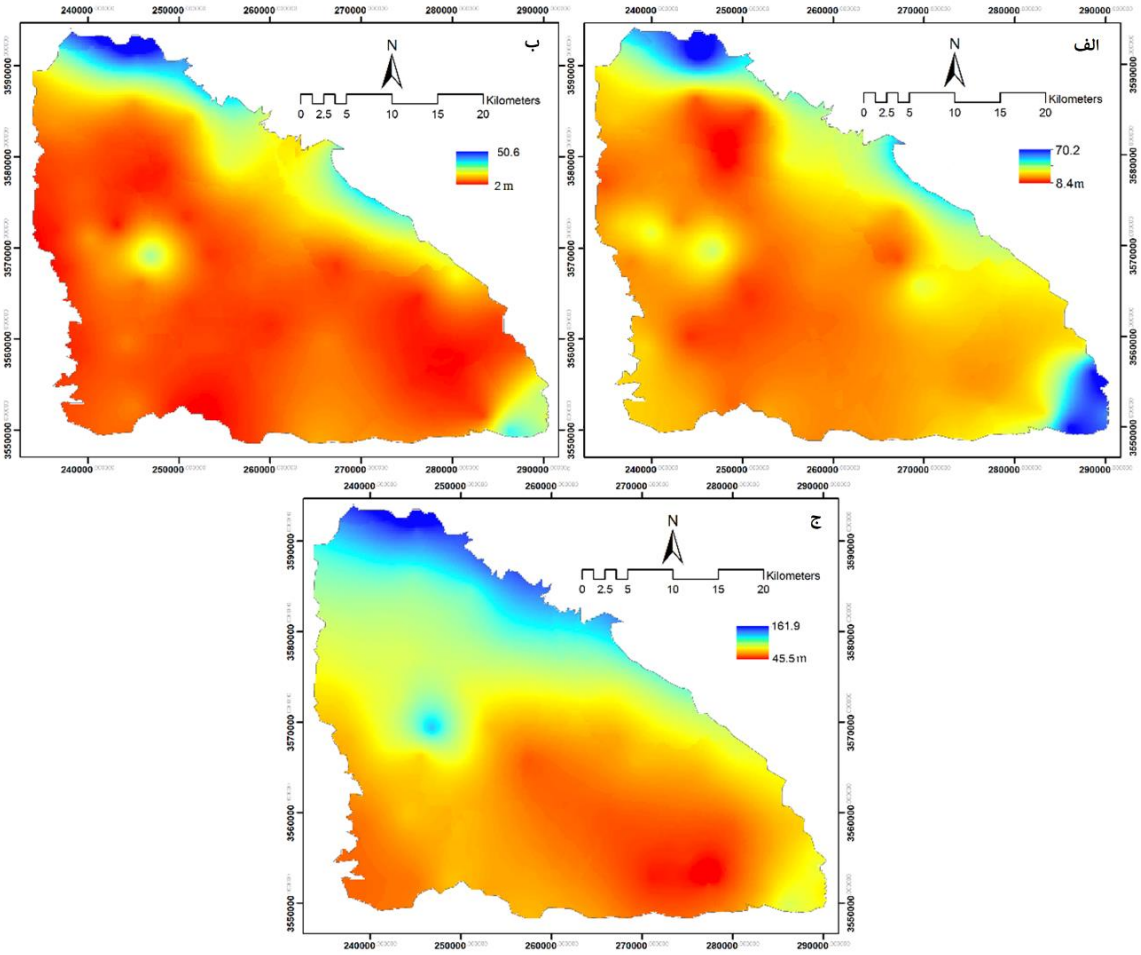
شکل ۱: نقشه دشت شوش در ارتباط با چاه‌ها و سازندهای زمین‌شناسی پیرامون

در این پژوهش از داده‌های تراز آب‌های زیرزمینی محدوده مطالعاتی دشت شوش و دبی ایستگاه‌های هیدرومتری از سازمان آب و برق خوزستان مربوط به دوره آماری ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۹ استفاده گردید. در این محدوده ۶۳ حلقه چاه حفاری شده که عمق آنها نیز تا حدود مشخص شدن سنگ کف سفره‌های آب زیرزمینی ادامه می‌یابد. پراکندگی این چاه‌ها در

دشت شوش نسبتاً مناسب بوده و تا حد زیادی نماینده سطح آب دقیق در قسمت‌های مختلف آن می‌باشد. همچنین جهت بررسی لایه‌های زمین به ازای هر متر عمق، یک نمونه خاک جهت بررسی نوع رسوبات برداشت گردیده و در ادامه از اطلاعات مربوط به حفاری‌ها در بررسی دقیق‌تر و شناخت وضعیت آبخوان آب زیرزمینی از نظر تعداد، نوع لایه‌های آب‌دار، ضخامت آبرفت در مناطق مختلف آبخوان، جنس سنگ کف، اطلاع از ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان (از طریق پمپاژ چاه‌های اکتشافی) و سازندهای زمین شناسی استفاده شده است. نوع مطالعه تحلیلی – توصیفی و مقایسه تاریخی داده‌ها است که در طول تحقیق با استفاده از روش میدانی، چاه نگارها و GIS با اهداف مقایسه تغییرات انجام گرفته در محدوده مطالعاتی به صورت دوره‌ای مقایسه و تغییرات و نوسانات ارزیابی گردید. برای دست‌یابی به این هدف از نرم‌افزار ArcGIS برای استخراج داده‌های مورد نیاز، پهنه‌بندی منابع آب زیرزمینی و تلفیق نقشه‌ها و نیز طبقه‌بندی و تحلیل داده‌ها به عنوان ابزارهای اساسی تحقیق استفاده شد و پس از جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌های مورد استفاده از سطح آب چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری محدوده دشت شوش در محیط نرم‌افزار ArcGIS نقشه‌های پهنه‌بندی درون‌یابی با استفاده از روش IDW تهیه گردید. همچنین با استفاده از نرم افزار WinLog مقاطع زمین‌شناسی چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری در جهت‌های مختلف (شرقی- غربی و شمالی- جنوبی) ترسیم شدند. جهت ارزیابی و تحلیل داده‌های تغییرات سطح ایستابی و افت سطح ایستابی، از چاه‌های دارای داده‌های کامل‌تر استفاده گردید و ویژگی‌های طبیعی، داده‌های هیدرولوژیکی، فیزیوگرافیکی، عوامل اقلیمی و ساختار زمین‌شناسی دشت شوش مطالعه و بررسی گردید. در نهایت نوسانات سطح آب زیرزمینی، بر اساس چاه نگارها، آمارهای اقلیمی، گزارش‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های تراز آب‌های زیرزمینی چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری دشت شوش مقایسه و ارزیابی گردید.

بحث و یافته‌ها

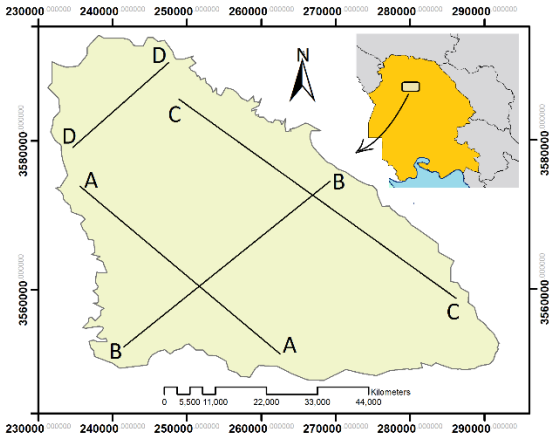
با ارزیابی و اندازه‌گیری سطح آب پیزومترهای موجود در منطقه مورد مطالعه و تهیه هیدروگراف می‌توان نوسان و افت سطح آب‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرارداد. بررسی نقشه‌های عمق و سطح ایستابی (شکل۲ الف و ب) نشان داد جهت جریان آب زیرزمینی در دشت شوش از شمال و شمال‌شرق به سمت جنوب و غرب منطقه می‌باشد. بیشترین تراز آب زیرزمینی عمدتاً در شمال شرق (دشت سبیلی) می‌باشد که به سمت جنوب غرب کاهش می‌یابد. در شرق محدوده دشت نیز جهت کلی جریان از سمت شمال شرق به سمت جنوب غرب است. تراز آب زیرزمینی کنترل کننده جهت جریان از شمال شرق به سمت جنوب غرب بوده و در حوالی شهر دزفول جهت جریان شمالی- جنوبی دارد (شکل۲ ج).



شکل ۲. نقشه‌های درون‌یابی عمق ایستابی (الف)، سطح ایستابی (ب) و تراز آب (ج) در دشت شوش

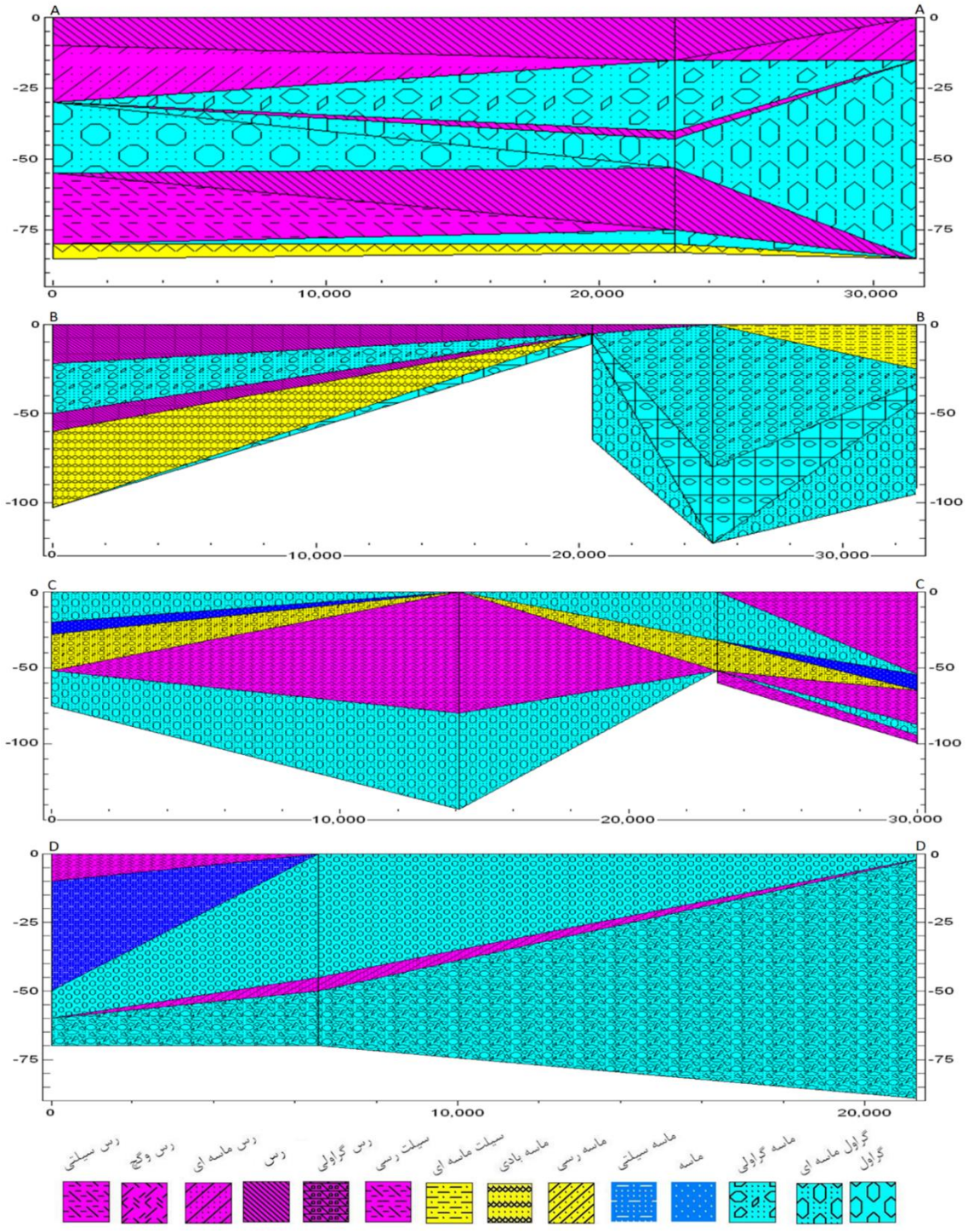
نقشه هم‌تراز در قسمت‌های جنوبی دشت (دز غربی و در حوالی روستای طالب آباد) یک خط تقسیم آب زیرزمینی را نشان می‌دهد که افزایش نسبی توپوگرافی سطح زمین به صورت نواری شکل، بالا آمدن احتمالی سنگ کف و زهکشی رودخانه دز از یکسو و کرخه و شاوور از سوی دیگر باعث چنین پدیده‌ای شده‌اند. در برخی بازه‌ها نیز ارتباط هیدرولیکی میان سفره آبدار دشت دز غربی و رودخانه وجود ندارد. به طور کلی می‌توان گفت ارتفاعات کنگلومرایی به استثنای کنگلومرای واقع در غرب بالارود از منابع تغذیه کننده آب‌های زیرزمینی منطقه هستند و جهت جریان آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از منابع تغذیه کننده و تخلیه کننده دیگر، رودخانه دز بوده که در ۲ کیلومتر ابتدایی مسیر، ساحل سمت راست (دشت اندیمشک) را تغذیه کرده ولی در تغذیه ساحل چپ (دشت سبیلی) نقشی ندارد. مطالعات پیشین (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۷ و مقصودی و علمیزاده، ۱۴۰۱) نشان داده‌اند که پیزومترهایی که توسط شرکت‌های بهره‌برداری شبکه آبیاری–زهکشی دز و کارون نصب شده‌اند، زهکش آب زیرزمینی را در حوالی زهکش‌های منطقه به ویژه زهکش شاوور به وضوح نشان می‌دهند، ولی پیزومترهایی که نسبتاً عمیق هستند انحراف خطوط تراز را در محل زهکش‌ها آشکـار نمی‌کنند. البته ناگفته نماند که توزیع پیزومترها به ویژه پیرامون زهکش‌ها چندان مناسب نیست ولی آنچه که مسلم است بخش قابل توجهی از آبی که در محدوده شبکه‌های آبیاری به مصرف کشاورزی می‌رسد، نفوذ کرده و قسمت عمده آنها قبل از اینکه به آب‌های زیرزمینی عمـیق بپیوندد، از طریق این زهکش‌ها، تخلیه می‌شوند و تاثیر چندانی روی آب‌های عمیق ندارند. به این علت در قسمت‌های جنوبی دشت بیشتر جریان آب‌های زیرزمینی به‌سمت زهکش‌ها و رودخانه‌های جاری در دشت

بوده و منحنی‌ها حلقه‌های نیمه بسته‌ای را در اطراف زهکش‌ها تشکیل داده‌اند. همچنین در جنوب غرب دشت دز غربی جهت جریان آب زیرزمینی کاملا به سمت رودخانه کرخه بوده و از خروجی‌های مهم آب زیرمینی دشت محسوب می‌شود. براساس نمودار چاه‌های پیزومتری و مقاطع زمین شناسی چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری (شکل‌های ۳ و ۴)، همانگونه که انتظار می‌رود، در حاشیه شمالی دشت شوش (اطراف شهر دزفول- اندیمشک) عمدتاً بافت رسوبات درشت دانه بوده و حاصل فرسایش کنگلومرای بختیاری می‌باشد. به طور کلی در بخش‌هایی که سازندهای بختیاری و آغاجاری رخنمون دارند، در چاه نگارها، لایه‌های گراولی همراه با لایه‌های ماسه‌ای، سیلتی و رسی مشاهده می‌گردد. در چاه نگارهای حاصل از این چاه‌ها رسوبات درشت دانه در اندازه‌های قلوه سنگ، شن، ریگ و ماسه ریز و درشت قابل مشاهده است. رسوبات سازند بختیاری به دلیل نفوذپذیری، چسبندگی بین دانه‌ای و تخلخل مناسب، مهم‌ترین سازند دشت شوش از نظر منابع آب زیرزمینی و تغذیه آبخوان می‌باشد. به دلیل وجود سازند کنگلومرای بختیاری در قسمت‌های شمالی دشت شوش و تخریب، فرسایش و حمل رسوبات این سازند، آبرفت‌های دشت شوش در قسمت اعظم محدوده شامل رسوبات درشت دانه و قلوه‌سنگی بوده که به تدریج در بخش‌های مرکزی دشت (میانه‌های دشت تقریباً بعد از تقاطع بالارود با دز) به سمت هفت تپه، از اندازه دانه‌ها کاسته می‌شود و به رسوبات ریزدانه تبدیل می‌گردند؛ به نحوی که رسوبات عمدتاً بافت سیلتی و رسی دارند. همچنین وجود رسوبات ریزدانه در حد سیلت و ماسه در برخی از چاه نگارهای موجود در شمال غرب محدوده مطالعاتی می‌تواند به رخنمون‌های سازند آغاجاری در شمال غرب دشت شوش مرتبط باشد که به دلیل وجود رسوبات دانه‌ریز رسی، مارنی و ژیپس و ماسه سنگ‌های سخت، ضرائب هیدرودینامیکی پایینی داشته و از نفوذپذیری چندانی برخوردار نیست. به طور کلی این لایه‌ها اثر مثبتی بر تغذیه سفره‌ها نداشته و از نظر هدایت، ذخیره و آبدهی ضعیف می‌باشند. این وضعیت رسوبی کماکان در بخش شمال شرقی منطقه نیز قابل مشاهده است. در این بخش که سازندهای بختیاری و آغاجاری رخنمون دارند، در چاه نگارها، لایه‌های گراولی همراه با لایه‌های ماسه‌ای، سیلتی و رسی مشاهده می‌گردد و به تدریج به سمت مرکز دشت، آبرفت‌ها دانه ریز شده و لایه‌های رسوبی تماماً به رس و میان‌لایه‌هایی از ماسه و سیلت تبدیل می‌شود. همچنین بررسی نقشه‌های افت سطح ایستابی و تراز آب در دشت شوش (شکل ۲) نشان داد بیشترین افت در قسمت‌های جنوب، جنوب غرب و غرب محدوده مطالعاتی وجود داشته و افت سطح ایستابی در این قسمت‌ها را می‌توان به عوامل اقلیمی، دوری از مسیر رودخانه و شیب زیاد نسبت داد. این یافته‌ها با نتایج پژوهش‌های (ودیشکینا[1] و همکاران، ۲۰۲۴؛ پیمان و همکاران، ۲۰۲۳؛ برناو و همکاران، ۲۰۲۴) همخوانی دارد. این نتایج نشان‌دهندهٔ این است که همبستگی بالایی بین تغییرات پارامترهای اقلیمی با افت سطح ایستابی و تراز آب وجود دارد.



شکل ۳. مقاطع زمین شناسی چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری در (شکل۴)

[1] Vedyashkina



شکل ۴. مقطع زمین‌شناسی چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری در جهت‌های مختلف

نتیجه‌گیری

بررسی نمودار چاه‌های مشاهداتی و پیزومتری منطقه نشانگر افق‌های متفاوت و متناوبی از رسوبات تحکیم نیافته‌ای مانند شن و ماسه همراه با رس و سیلت است که به تناوب در اعماق مختلف تکرار می‌گردند. در حاشیه شمالی دشت (اطراف شهر شوش) عمدتا رسوبات درشت دانه و حاصل فرسایش کنگلومرای بختیاری می‌باشند. در نمودار حاصل از این چاه‌ها

رسوبات دانه درشت در حد گراول تا قلوه سنگ و ماسه ریز و درشت دیده می‌شود و در بخش‌های میانی و شمالی دشت دز شرقی نیز همین وضعیت مشاهده می‌گردد. براساس نتایج حفاری‌های اکتشافی و پیزومترها و نیز وجود چندین حلقه چاه آرتزین در منطقه می‌توان نتیجه گرفت که دشت شوش دارای دو آبخوان آزاد و محبوس می‌باشد. به نظر می‌رسد در حد واسط این دو آبخوان یک لایه نیمه نفوذپذیر از جنس رس ماسه‌ای نیز وجود داشته باشد. بخش شمالی دشت دز غربی از رسوبات درشت دانه تشکیل شده و از میانه‌های دشت (تقریباً بعد از تقاطع بالارود با دز) به سمت هفت تپه، اندازه رسوبات کاسته شده به نحوی که رسوبات عمدتا سیلتی و رسی هستند. وجود رسوبات دانه‌ریز در حد ماسه و سیلت در برخی از نمودار چاه‌های موجود در شمال غرب اندیمشک به رخنمون‌های سازند آغاجاری و بخش لهبری در شمال غرب منطقه نسبت داده می‌شود. این وضعیت در بخش شمال شرقی منطقه نیز قابل مشاهده است. در این بخش که سازندهای بختیاری، آغاجاری و لهبری رخنمون دارند، در چاه نگارها، لایه‌های گراولی همراه با لایه‌های ماسه‌ای، سیلتی و رسی مشاهده می‌گردد و به تدریج به سمت مرکز دشت لایه‌های رسوبی تماماً به رس با بین لایه‌هایی از ماسه و سیلت تبدیل می‌شود. به طور کلی نتایج حفاری‌های پیزومتری با حفاری‌های اکتشافی و نمودار چاه‌های بهره‌برداری انطباق خوبی با هم دارند. در اعماق پایین‌تر در سرتاسر دشت شوش بین قسمت‌های شمالی و جنوبی یک تغییر رخساره‌ای شدید و ناگهانی دیده می‌شود. به‌طوریکه قسمت‌های شمالی دشت تا اعماق ۱۰۰ متر رسوبات عموماً درشت دانه و از نوع رسوبات کنگلومرای بختیاری می‌باشد. علت وجود این تغییر رخساره‌ای سریع و شدید را می‌توان در وجود یک تاقدیس مدفون (با توجه به طول موج چین‌خوردگی‌های موجود در منطقه، احتمال می‌رود این تاقدیس مدفون در حوالی محل تقاطع رودخانه‌های بالارود و دز وجود داشته باشد) یا چند شکستگی به موازات تاقدیس‌ها دانست که ایجاد فروافتادگی قسمت شمال دشت را باعث شده است. این وضعیت در چاه نگارها موجود از چاه‌ها مشاهده می‌شود. اما در قسمت‌های جنوبی دشت شوش بلافاصله بعد از بستر رودخانه دز، در چاه‌های عمیق حفر شده رسوبات متناوب رسی، سیلتی، ماسه‌ای و شنی دیده می‌شود که بدون آبرفت قابل توجهی بوده و رسوبات آن رسوبات سازند لهبری می‌باشد. امتداد لایه‌های لهبری در زیر آبرفت‌های دشت شوش در قسمت جنوبی دشت به حالت عادی منبع تغذیه آب زیرزمینی گردیده است، به‌طوری‌که بسیاری از چاه‌های حفرشده در این ناحیه درون طبقات لهبری قرارگرفته‌اند و از آب موجود در لایه‌های آن بهره‌برداری می‌نمایند، بنابراین در بخش جنوب غربی دشت، تشکیلات لهبری به‌عنوان تغذیه آب زیرزمینی عمل می‌نمایند.

در دشت شوش جهت جریان و شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی متاثر از وضعیت توپوگرافی منطقه است، بطوریکه جهت عمومی جریان آب زیرزمینی عمدتاً از شمال شرق به سمت جنوب غرب و شیب هیدرولیکی نیز بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۵ متغیر می‌باشد. البته در حد فاصل رودخانه دز به طرف غرب و جنوب‌غرب دشت شوش، شرایط هیدروژئولوژیکی به نحوی است که یک خط تقسیم آب باعث تغییر حرکت آب زیرزمینی به سمت جنوب شرق می‌گردد. بررسی نقشه‌های افت نشان داد که در برخی از قسمت‌ها افت بسیار زیادی وجود داشته است. بیشترین افت را در قسمت‌های شمال شرق، جنوب شرق و غرب محدوده مطالعاتی مشاهده می‌کنیم. با توجه به این‌که در این قسمت‌ها میزان بارش زیاد و مقدار تبخیر و دما بالا است، یکی از دلایل افت در این قسمت‌ها را می‌توان به عوامل اقلیمی منطقه نسبت داد. همچنین در مناطق شمالی محدوده مورد مطالعه عمدتاً از آب زیرزمینی جهت مصارف مختلف استفاده می‌شود و حداکثر تراکم چاه‌های بهره‌برداری نیز در این مناطق وجود دارد و به علت قابلیت انتقال بالای رسوبات درشت دانه در این مناطق، عموماً آبدهی ایـــن چاه‌ها نیـــز بالا است؛ اما در مناطق مرکزی و جنوبی دشت به علت ریزدانه بودن رسوبات، آبدهی چاه‌ها کمتر می‌باشد. با توجه به بررسی‌های انجام‌گرفته در دشت شوش به علت شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، نامنظم بودن توزیع بارندگی از نظر زمانی و مکانی، افزایش تقاضا برای منابع آب و محدودیت منابع آب سطحی، وابستگی زیادی به آب‌های زیرزمینی منطقه وجود دارد، همچنین برداشت بی‌رویه برای مصارف کشاورزی با توجه به اینکه بیشتر محدوده مطالعاتی به بخش کشاورزی تعلق دارد، باعث افت سطح ایستابی در منطقه شده است. با وجود اینکه رودخانه دز تا حدودی به تغذیه سطح ایستابی کمک می‌کند،

ولی به دلیل برداشت بیش‌ازحد و کمبود بارش، این منبع تغذیه هم در خطر است و اگر پمپاژ از چاه‌ها مدیریت نشود، با بحران کمبود آب مواجه است.

قدردانی

این مقاله مستخرج از نتایج پایان نامه اجرا شده در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می‌باشد.

منابع

- جمالی‌زاده، م.ع. بذرافشان، م. مهدوی. ۱۳۹۹. پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌های سری زمانی و GMS. مطالعه موردی: دشت رفسنجان. دوره ۷.شماره۱، ص۹۷-۱۰۹.
- رجبی، معصومه، روستایی، شهرام، و جوادی، سیدمحمدرضا. (۱۴۰۰). ارزیابی نرخ فرونشست دشت همدان-بهار و ارتباط آن با پارامترهای محیطی. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، (۳) ۱۰. ص ۱۷۵-۱۸۶.
- رضایی، کامران، حیدری، اعظم، سیاح پور، محمد جواد. (۱۴۰۱). بررسی تراز آب زیرزمینی و شبیه‌سازی سناریوهای پیش‌بینی در حوضه آبریز پریشان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، (۲) ۱۱. ص ۲۲۸-۲۱۰.
- ساریخانی رامین، جمشیدی امین، قاسمی دهنوی آرتمیس. ۱۳۹۹. شوری، هیدروشیمی و کیفیت آب زیرزمینی در دشت رباط–خرم آباد، غرب ایران. زمین شناسی مهندسی. ۱۴ (۵) :۸۵–۱۱۲.
- سلطانی.ع. سلطانی.م. سلیمانی، ک. ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی شهرستان شوش برای شرب، اکوهیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۴، ص:۱۱۳۵–۱۱۴۶.
- علایی طالقانی، محمود، شفیعی، نجمه، رجبی، مرضیه. ۱۳۹۶. تأثیر عوامل ژئومورفولوژی بر تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی دشت میاندره کرمانشاه. هیدروژئومورفولوژی، ۴(۱۳)، ۲۱–۴۱.
- مقصودی، آ.، علمیزاده، ه.، ۱۴۰۱: بررسی نوسانات سطح آبهای زیرزمینی دشت شوش در ارتباط با تغییرات محیطی، نهمین همایش ملی انجمن ژئومورفولوژی، آبان ۱۴۰۱، تهران.
- *Alaei Taleghani, M., Shafiei, N., Rajabi, M., 2018. The Effect of Geomorphologic Factors on Feeding Underground Water Resources in Kermanshah Meyandareh Plain, Hydrogeomorphology, Vol. 4, No. 13, PP.21-41.*
- *Bernau, J.A., Bowen, B.B., Inkenbrandt, P.C., 2024. Diurnal to seasonal dynamics of saline pan evaporation and groundwater level fluctuations, Bonneville Salt Flats, Utah, USA. Hydrogeol J 32, 1167–1187. https://doi.org/10.1007/s10040-024-02793-z*
- *Chacuttrikul, P., Kiguchi, M., Oki, T., 2018. Impacts of climate and land use changes on river discharge in a small watershed: a case study of the Lam Chi subwatershed, northeast Thailand. Hydrological Research Letters, 12(2), 7–13. doi:10.3178/hrl.12.7.*
- *Chatrsimab, Z., Alesheikh, A.A., Voosoghi, B., Behzadi, S., Modiri, M., 2021. Investigating the effect of aquifer type and groundwater level drop on subsidence rate using radar interference technique and field data (Case study: Tehran-Karaj-Shahriar aquifer area). Adv. Appl. Geol. 10(4), 683-689. DOI: 10.22055/AAG.2020.30557.2028*
- *Ganesh, K., Jai Sankar, G., Jagannadha Rao, M., C.S.V. Prasad, A., 2018. Multi criterion Analysis for Ground water Potential Zones along River Gostani and surroundings of Visakhapatnam, Andhra Pradesh, India. International Journal of Engineering & Technology, 7(3.31), 186. doi:10.14419/ijet.v7i3.31.18295.*
- *Ghasem Panahi, M., Hassanzadeh, E., Faridhosseini. A., 2023. Prediction of groundwater level fluctuations under climate change based on machine learning algorithms in the Mashhad aquifer, Iran. Journal of Water and Climate Change; 14 (3): 1039–1059. doi: https://doi.org/10.2166/wcc.2023.027*

- *Gue, A., Grasby, S. E., Mayer, B., 2018. Influence of saline groundwater discharge on river water chemistry in the Athabasca oil sands region – A chloride stable isotope and mass balance approach. Applied Geochemistry, 89, 75–85. doi:10.1016/j.apgeochem.2017.10.004.*
- *Han, J., Gasparini, N. M., Johnson, J. P. L., Murphy, B. P., 2014. Modeling the influence of rainfall gradients on discharge, bedrock erodibility, and river profile evolution, with application to the Big Island, Hawai'i. Journal of Geophysical Research: Earth Surface, 119(6), 1418–1440. doi:10.1002/2013jf002961.*
- *Hiep, N. H., Luong, N. D., Viet Nga, T. T., Hieu, B. T., Thuy Ha, U. T., Du Duong, B., Lee, H., 2018. Hydrological model using ground- and satellite-based data for river flow simulation towards supporting water resource management in the Red River Basin, Vietnam. Journal of Environmental Management, 217, 346–355. doi:10.1016/j.jenvman.2018.03.100.*
- *Hou, P., Beeton, R. J. S., Carter, R. W., Dong, X. G., Li, X., 2007. Response to environmental flows in the lower Tarim River, Xinjiang, China: Ground water. Journal of Environmental Management, 83(4), 371–382. doi:10.1016/j.jenvman.2005.12.026.*
- *House, A., Acreman, M., Sorensen, J., Thompson, J., 2017. Hydroecological impacts of climate change modelled for a lowland UK wetland, Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, PP.2015-4671.*
- *Huang, J., Wang, J., Zhou, Y., 2024. A dynamic harmonic regression approach to estimating groundwater evapotranspiration based on diurnal groundwater-level fluctuations. Hydrogeol J 32, 253–266. https://doi.org/10.1007/s10040-023-02719-1*
- *Huang, S., Krysanova, V., Zhai, J., Su, B., 2014. Impact of Intensive Irrigation Activities on River Discharge Under Agricultural Scenarios in the Semi-Arid Aksu River Basin, Northwest China. Water Resources Management, 29(3), 945–959. doi:10.1007/s11269-014-0853-2.*
- *Jaafarzadeh, M., Tahmasebi, N., Hagizaeh, A., Pourghasemi, H.R., Rouhani, H., 2022. Prediction of susceptible areas for groundwater recharge based on maximum entropy model. Adv. Appl. Geol. 11(4), 723-739. DOI: 10.22055/AAG.2020.29115.1967Razaei Tavabe, K., heidari, A., sayahpour, M. (2022). Investigation of groundwater level and simulation of forecast scenarios in Parishan catchment. Quantitative Geomorphological Research, 11(2), 210-228. doi: 10.22034/gmpj.2022.332696.1337*
- *Jacob, N., 2018. Letter to the Editor: Radon isotope assessment of Submarine Groundwater Discharge (SGD) in Coleroon River Estuary, Tamil Nadu, India. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 317(3), 1495–1495. doi:10.1007/s10967-018-5999-6.*
- *Jayashree, P. Dibakar, C. 2023. Infilling of missing data in groundwater pollution prediction models using statistical methods. Hydrological Sciences Journal. 68:15, 2208-2222.*
- *Kegang, W. Shahab, S. Band, R. Meghdad, B. Myriam Hadjouni, Hela Elmannai, Kwok-Wing Chau. 2022. Performance improvement of machine learning models via wavelet theory in estimating monthly river streamflow. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics 16:1, 1833-1848.*
- *Kord, Kh., 2018. Modeling of underground water fluctuation in Dezful plain - Andimshek in connection with Dez river. Master's thesis thesis. Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran*
- *Matiatos, I., Paraskevopoulou, V., Lazogiannis, K., Botsou, F., Dassenakis, M., Ghionis, G., Poulos, S. E., 2018. Surface–ground water interactions and hydrogeochemical evolution in a fluvio-deltaic setting: The case study of the Pinios River delta. Journal of Hydrology, 561, 236–249. doi:10.1016/j.jhydrol.2018.03.067.*

- *Matsubaya, O., Kawaraya, H., 2014. Genetical relationship of ground water and river water to precipitation suggested from several observation results of their hydrogen and oxygen isotopic ratios at Akita. Journal of Groundwater Hydrology, 56(4), 309–320. doi:10.5917/jagh.56.309.*
- *Minaei, M., Irannezhad, M., 2016. Spatio-temporal trend analysis of precipitation, temperature, and river discharge in the northeast of Iran in recent decades. Theoretical and Applied Climatology, 131(1-2), 167–179. doi:10.1007/s00704-016-1963-y.*
- *Mohammed, K.S., Shabanlou, S., Rajabi, A. 2023. Prediction of groundwater level fluctuations using artificial intelligence-based models and GMS. Applied Water Science. 13, 54. https://doi.org/10.1007/s13201-022-01861-7*
- *Moradi, A., Akhtari, Azari A., 2023, Prediction of groundwater level fluctuation using methods based on machine learning and numerical model, Journal of Applied Research in Water and Wastewater, 10 (1), 20-28. https://doi.org/10.22126/arww.2023.7707.1246*
- *Najah, A, Ayman, Y, Ahmed, H. Birima, O. Yuk Feng H. 2022. Water level prediction using various machine learning algorithms: a case study of DurianTunggal river, Malaysia. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics 16:1, pages 422-440.*
- *Peiman, P. Changhyun, J. Bateni, E. 2023. Machine learning models coupled with empirical mode decomposition for simulating monthly and yearly streamflows: a case study of three watersheds in Ontario, Canada. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics 17:1.*
- *Rahmani, G.H., Chitsazan, M., Ghafouri, H., 2022. Predicting water level drawdown and assessment of land subsidence in Damaneh-Daran Aquifer by combining numerical and Analytical models. Adv. Appl. Geol. 12(2), 259-275. DOI: 10.22055/AAG.2021.36217.2190*
- *Rajabi, M., Roostaei, S., Javadi, S. M. R., 2021. Evaluation of subsidence rate of Hamedan-Bahar plain and its relationship with environmental parameters. Quantitative Geomorphological Research, 10(3), 175-188. doi: 10.22034/gmpj.2021.141036*
- *Rashidi Gooya, H., Katibeh, H. & Maleki, A., 2024. Forecasting groundwater fluctuations caused by earthquakes using fuzzy logic and AHP Method: A case study from Iran. Earth Sci Inform 17, 2143–2158. https://doi.org/10.1007/s12145-024-01264-z*
- *Sabzevari, A. A., Zarenistanak, M., Tabari, H., Moghimi, S., 2015. Evaluation of precipitation and river discharge variations over southwestern Iran during recent decades. Journal of Earth System Science, 124(2), 335–352. doi:10.1007/s12040-015-0549-x.*
- *Shi, H., Wang, G., 2015. Impacts of climate change and hydraulic structures on runoff and sediment discharge in the middle Yellow River. Hydrological Processes, 29(14), 3236–3246. doi:10.1002/hyp.10439.*
- *Soltani, A., Soltani, M., Solaimani, K., 2018. Groundwater Quality Assessment of Shush Country for Drinking. Iranian journal of Ecohydrology, 5(4), 1135-1146. doi: 10.22059/ije.2018.257339.873*
- *Vedyashkina, V.V., Pozdnyakov, S.P., 2024. Groundwater Level Fluctuations near the Kamennaya Steppe Station as an Indicator of the Climate Change in the Middle Don Basin. Russ. Meteorol. Hydrol. 49, 953–963. https://doi.org/10.3103/S1068373924110037*
- *Wang, H., Jiang, X.-W., Wan, L., Han, G., Guo, H., 2015. Hydrogeochemical characterization of groundwater flow systems in the discharge area of a river basin. Journal of Hydrology, 527, 433–441. doi:10.1016/j.jhydrol.2015.04.063.*
- *Wang, X., Liu, Z., Wang, C., Ying, Z., Fan, W., Yang, W., 2016. Occurrence and formation potential of nitrosamines in river water and ground water along the Songhua River, China. Journal of Environmental Sciences, 50, 65–71. doi:10.1016/j.jes.2016.05.021.*

- *Wang, Y., Dong, R., Zhou, Y., Luo, X., 2019. Characteristics of groundwater discharge to river and related heavy metal transportation in a mountain mining area of Dabaoshan, Southern China. Science of The Total Environment, 679, 346–358. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.04.273.*
- *Zakharova, E., Nielsen, K., Kamenev, G., Kouraev, A., 2020. River discharge estimation from radar altimetry: Assessment of satellite performance, river scales and methods. Journal of Hydrology, 583, [124561]. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124561.*