

بررسی خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنر آبخوان دشت

جم

علی جعفری^۱، رسول مهدوی^۲، آرش ملکیان^{۳*}، حمید غلامی^۴ و احد حبیب‌زاده^۵

^۱ دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، آ دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان و ^۲ دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، آ استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان و ^۳ استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۱

چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع اصلی آب مصرفی است. در مقابله با افزایش تقاضا برای استفاده‌های آب شرب، کشاورزی و صنعتی، مدیریت این منابع بسیار مهم است. اقدامات مدیریتی نیاز به دانستن رفتار مکانی و زمانی آب‌های زیرزمینی است. با توجه به برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در این منطقه و با در نظر گرفتن سیلاب‌ها و رژیم بارندگی این ناحیه که دارای بارش‌های بسیار شدید در زمان‌های کوتاه می‌باشد، نیاز به بررسی خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنر دشت جم احساس می‌شود. در این تحقیق، بررسی‌های اکتشافی-ژئوفیزیکی نهشته‌های کواترنر در محدوده آبخوان دشت جم صورت گرفت. برای این کار از روش‌های گرافیکی، ترسیم مقاطع ژئوالکتریک و تهیه نقشه‌های هم‌مقاومت ظاهری برای عمق‌های مختلف، بررسی‌های اکتشافی چاه‌های پیژومتری حفاری شده در محدوده آبخوان دشت جم از طریق تهیه و ترسیم لوگ چاه‌ها و مقاطع زیرسطحی بین چاه‌ها استفاده شد و نهایتاً، به روابط هیدروژئومورفولوژیکی نهشته‌های کواترنر پرداخته شد. نتایج نشان داد، کمینه عمق آبرفت از ۳۰ متر در حاشیه شمال غربی محدوده آبخوان و در فاصله ۵۰۰ متری شرق پارک جنگلی جم و بیشترین عمق آن نیز ۹۵ متر در حاشیه شمال غربی محدوده آبخوان و در فاصله ۴۵۰ متری جنوب چاه نفت و گاز مهرباغ واقع شده است. بیشترین ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی دشت جم ۲/۵ متر در روز مربوط به چاه گچی و کمینه آن نیز به میزان ۱/۰۶ متر در روز در چاه فرامرزی محاسبه شد. بررسی روند تغییرات ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی نشان داد، میزان آن در بخش شرقی محدوده مورد مطالعه ۲/۵-۲ متر در روز بوده که به سمت بخش غربی کاهش یافته و به ۱-۱/۵ متر در روز رسیده است و در جهت شمال به جنوب نیز روند کاهشی دارد (از ۲-۲/۵ به ۱-۱/۵ رسیده است). روند مکانی تغییرات ضریب قابلیت انتقال از شرق به غرب تا نیمه‌های دشت تقریباً ثابت در طبقه ۲۰۰-۱۸۰ مترمربع در روز قرار گرفته است ولی در نواحی غربی میزان آن ۹۰-۵۰ مترمربع رسیده و کاهش یافته است. تغییرات این ضریب در جهت شمال به جنوب تا میانه دشت تغییرات معنی‌داری نشان نداد. اما در بخش‌های جنوبی دچار کاهش شده است که نتیجه افت ضخامت آبرفت در این نواحی ارزیابی می‌شود. بررسی‌ها نشان داد ۴۸۱۰ هکتار از منطقه از واحد کوهستان، ۲۱۸۶ هکتار از واحد تپه‌هاهور و ۵۲۸۲ هکتار نیز از واحدهای فلات و دشت میان‌کوهی تشکیل شده است.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیرزمینی، استان بوشهر، اقدامات مدیریتی، روابط هیدرودینامیکی، سازندها

مقدمه

محدوده مورد مطالعه، منطقه‌ای است که از لحاظ صنعتی به‌ویژه صنعت نفت و گاز به‌علت وجود پالایشگاه جم و منطقه صنعتی عسلویه در سال‌های اخیر به شدت توسعه یافته است. با توجه به توسعه صنعتی و افزایش جمعیت، نیاز روز افزون به منابع آب در این محدوده شدیداً احساس می‌شود. با توجه به افت قابل ملاحظه سطح آب زیرزمینی سفره‌های آب زیرزمینی موجود در این محدوده طی سال‌های اخیر و تخلیه بسیار زیاد از این منابع و افزایش جمعیت منطقه، از طرفی وجود بارش‌های سیل‌آسای زمستانی که حجم بالایی از رواناب را ایجاد می‌نماید، لزوم بررسی خصوصیات هیدرودینامیکی نهشته‌های کواترنر، وضعیت آب زیرزمینی و تغذیه مصنوعی در آبخوان جم را انکارناپذیر می‌نماید. دوره کواترنر و نهشته‌های آن، بستر زیستی را تشکیل داده و بیشتر فعالیت‌های حیاتی نظیر منابع طبیعی، کشاورزی، شهرسازی و غیره در روی سازندهای این دوره بنا شده و بیش از نیمی از مساحت کشور را پوشانده است (Ahmadi و همکاران، ۲۰۱۲). ژئومورفولوژی دشت‌های آبرفتی به‌طور کلی شامل مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی، تراس‌های آبرفتی و دلتاها هستند. این نهشته‌ها که معمولاً به‌عنوان لندفرم‌های رودخانه‌ای شناخته می‌شوند، از نظر زمین‌شناسی جزء نهشته‌های دوره کواترنر به‌شمار می‌آیند.

پژوهش‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی به‌دلیل ارائه شاخص‌هایی برای اکتشافات آب زیرزمینی و هدایت سریع پژوهشگران برای کشف نقاط دارای منابع آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. مهمترین اشکال ژئومورفولوژی قابل مطالعه از نظر آب‌های زیرزمینی، مخروط‌افکنه‌ها، پادگان‌های آبرفتی و دشت‌های آبرفتی می‌باشند.

Keith Todd و همکاران (۱۹۷۶) پژوهش درباره منابع آب زیرزمینی را به دو گروه پژوهش‌های زمینی و سطحی طبقه‌بندی نموده است. روش‌هایی که در سطح زمین به بررسی منابع آب زیرزمینی می‌پردازند، بر اساس روش‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و اکتشافات ژئوفیزیکی مانند مقاومت الکتریکی (ارتعاشات برگشتی)، روش‌های ثقلی و مغناطیسی

استوار است. تحلیل‌های ژئومورفولوژی به‌علت ارائه شاخص‌هایی برای اکتشاف آب زیرزمینی و هدایت سریع پژوهشگران به نقاط دارای منابع آب، مورد توجه ژئومورفولوژیست‌ها قرار گرفته است.

Abdi و همکاران (۲۰۰۰) تحقیقات خود را در مورد تعیین محل‌های مناسب پخش سیلاب در دشت زنجان انجام دادند. ایشان با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی، زمین‌شناسی و پردازش آن‌ها در محیط GIS، به بررسی مشخصات بافتی و نفوذپذیری رسوبات کواترنری پرداختند. در نهایت با اندازه‌گیری مقاومت مخصوص ظاهری و عرضی به‌دست آمده برای مجموعه نهشته‌های دشت زنجان اقدام به طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی نمودند. سپس با تلفیق و همپوشانی لایه‌ها و تجزیه و تحلیل نقشه‌های به‌دست آمده، محل‌های مناسب برای ذخیره‌سازی آب‌های سطحی و تقویت منابع آب زیرزمینی را اولویت‌بندی کردند.

Ghermzcheshmeh و همکاران (۲۰۰۰) مطالعات خود را در زمینه مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در دشت میمه اصفهان انجام دادند. ایشان پنج عامل شیب، نفوذپذیری، قابلیت انتقال، ضخامت آبرفت و هدایت الکتریکی را بررسی کردند و هر کدام از عوامل را به چهار طبقه خیلی مناسب تا نامناسب با استفاده از سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری^۱، تقسیم‌بندی کردند. از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی، نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد برای اجرای طرح‌های پخش سیلاب، تهیه شد.

Soltani (۲۰۰۲) تحقیقی را به‌منظور تعیین مناطق مستعد پخش سیلاب با استفاده از GIS در حوزه آبخیز سمل بوشهر انجام داد. برای این منظور از نقشه‌های شیب، قابلیت اراضی، نفوذپذیری سطحی، واحدهای کواترنر، ضخامت آبرفت و کاربری اراضی استفاده کرد و در محیط GIS طبقه‌بندی نمود. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی را بر اساس اهمیت هر یک در مکان‌یابی، وزن‌دهی کرد و با تلفیق نقشه‌ها مناطق مستعد را تعیین نمود. نتیجه تحقیق نشان می‌دهد که اپراتورهای $\gamma=0/1$ و $\gamma=0/2$

¹ Decision Support System

و از مدل منطقی فازی بیشترین درصد هم‌پوشانی را با عرصه کنترلی دارا هستند.

Noori و همکاران (۲۰۰۳) تحقیقی را به منظور تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز گاوبندی شهرستان بندرلنگه استان هرمزگان انجام داد. برای این منظور از لایه‌های اطلاعاتی شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، لندفرم‌ها استفاده کرد. سپس همه لایه‌های اطلاعاتی را در محیط GIS طبقه‌بندی نمود. لایه‌های اطلاعاتی را بر اساس منطق‌های بولین و فازی تلفیق کرده و مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی را مشخص کرده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که حدود هشت تا ۱۲ درصد از عرصه کواترنر منطقه برای تغذیه آب‌های زیرزمینی مناسب است. همچنین، مناطق مناسب برای پخش سیلاب به‌طور عمده در واحد دشت‌سر و مناطق مناسب تغذیه مصنوعی به طریق حوضچه‌های تغذیه بیشتر در واحدهای دشت‌سر و مخروط‌افکنه واقع شده است.

Habibzadeh و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر تغذیه مصنوعی و آبخوانداری بر سفره زیرزمینی دشت تسوج (شمال دریاچه ارومیه) را مورد تحقیق قرار داده است. در این راستا ایشان به منظور بررسی هیدروژنومورفولوژیکی سفره مبادرت به حفر دو حلقه چاه پیزومتری و یک حلقه چاه اکتشافی در محدوده اجرایی طرح کرد و با استفاده از شش حلقه چاه پیزومتری مربوط به سازمان آب منطقه‌ای استان شبکه کامل پایش و آماربرداری تشکیل داد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق در طول دوره آماری کمترین عمق آب‌های زیرزمینی مربوط به چاه پیزومتری قلعه مراغوش با ۶/۹ متر عمق و بیشترین عمق مربوط به چاه پیزومتری آبخوانداری امستجان با ۸۴/۵۸ متر می‌باشد. بررسی نتایج نقشه‌های ژئوفیزیکی منطقه، لوگ‌های چاه‌های پیزومتری و اکتشافی نشان می‌دهد که منطقه دارای استعدادهای قابل ملاحظه‌ای برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی است. میزان قابلیت نفوذپذیری ۶۷/۵-۱۰۰ مترمربع بر روز برآورد شده است.

Rostaea و همکاران (۲۰۱۴) در ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های شمال دریاچه ارومیه، نقشه درونیابی ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان دشت تسوج بر اساس روش زمین‌آماری کریجینگ عام بر اساس داده‌های آزمایشات پمپاژ در پنج طبقه برای ضریب آبگذری و هفت طبقه برای ضریب قابلیت انتقال، پهنه‌بندی کردند. در این مطالعه بیشترین مقدار ضریب آب‌گذری و قابلیت انتقال مربوط به شمال شرق محدوده مطالعاتی و حوالی بستر رودخانه تسوج اعلام شد. مقایسه این نقشه‌ها با نقشه‌های درونیابی نهشته‌های کواترنر، ارتباط مشخصی را بین نوع نهشته‌ها با مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی نمایان می‌سازد چرا که این نواحی دارای ضخامت بالای ۱۰۰ متری از آبرفت‌های دانه‌درشت می‌باشد. ضریب آبگذری یا هدایت هیدرولیکی در این نواحی بالا بوده و با توجه به ضخامت بالای نهشته‌ها، مقدار قابلیت نفوذ افزایش یافته است که با توجه به بررسی‌های انجام یافته وجود مسیر یک کانال مدفونی محتمل است.

Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) بر روی هدایت هیدرولیکی آب‌های زیرزمینی در جنوب غرب ایران مطالعه نموده است، ایشان روش‌های مختلف میان‌یابی را مورد مقایسه قرار دادند و سه روش کریجینگ^۱ معمولی (با MAE برابر ۱/۳۷ متر در روز)، یونیورسال کریجینگ با روند خطی (MAE برابر ۱/۳۸۳ متر در روز) و روش میانگین متحرک با درجه ۲ (MAE برابر ۱/۳۲۹ متر در روز) مناسب‌ترین روش‌ها تشخیص داده شدند.

Zeinali (۲۰۰۷) شناسایی پساب خروجی مزارع پرورش ماهی و بررسی امکان تزریق آن به چاه‌های جذبی در منطقه قوریگل شهرستان بستان‌آباد را انجام دادند. ایشان در این تحقیق به بررسی ضرایب هیدرودینامیکی K و T رسوبات سفره پرداختند. نتایج نشان داد که آبخوان آبرفتی منطقه با تالاب قوریگل پیوند هیدرولیکی دارد. مقدار قابلیت انتقال (T) در نقاط مختلف آبخوان متغیر می‌باشد به‌طوری که مقدار T از ۱۵ مترمربع بر روز در شمال شرق آبخوان تا ۱۶۵

^۱ Kriging

مفهوم آبهای زیرزمینی، تغییرات سطح آب زیرزمینی برای دوره‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ و ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷، بررسی کرد. با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) که در آن لایه‌های ارتفاع سطح آب، ارتفاع از سطح دریا، لایه‌های خاک، عمق سنگ بستر، سطح پایه آبخوان، کاربری اراضی و اطلاعات پوشش گیاهی به بررسی سطوح پیژومتریک، خواص هیدرولیکی و پارمترهای تغذیه و تخلیه این دشت پرداخت. این پیش‌بینی برای یک دوره ۱۰ ساله از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵، با توجه به نرخ تغذیه و تخلیه آبهای زیرزمینی صورت گرفت. این بررسی کاهش ذخیره آب از ۸/۳۴ میلیون مترمکعب به ۴/۴۳ در سامانه ذخیره‌سازی آبهای زیرزمینی پیش‌بینی کرد. Amini و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تغییرات بیلان آب زیرزمینی آبخوان دشت آبرفتی دهگلان کردستان، ذخیره منابع آب و موارد مصرفی، میزان تغذیه و تخلیه و تراز سطح آب ثبت شده در چاه‌های کشاورزی و پیژومتری بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱ جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کرد. با تعیین میزان بارش و آب مصرفی منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های مورد نیاز، از جمله نقشه‌های هم‌تبخیر، درجه حرارت، سطح آب زیرزمینی و هدایت هیدرولیکی آبخوان، به‌وسیله نرم‌افزار GIS تهیه شد. با استفاده از اطلاعات و نقشه ترسیمی و بررسی داده‌های ورودی و خروجی به دشت، بیلان آب آبخوان محاسبه کرد. نتایج معادلات بیلان آب نشان داد که بیلان منفی بوده و این کاهش قابل توجه، برابر با ۱۵/۰۱۹ میلیون مترمکعب است.

دوره کوتاه‌تر و نهشته‌های آن که نیمی از مساحت کشور را پوشش می‌دهد، بستر زیستی بوده و بیشتر فعالیت‌های حیاتی بر روی آن سازندهای این دوره قرار دارد. این نهشته‌ها ظرف اصلی تامین کننده آب برای بشر محسوب شده، به‌عنوان بهترین مکان‌های زندگی به‌شمار می‌آیند. ژئومورفولوژی آن‌ها شامل مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی، تراس‌های آبرفتی و دلتاها هستند.

جمع‌بندی سابقه تحقیق نشان می‌دهد که تقریباً

مترمربع بر روز در شمال غرب آبخوان (حوالی سایت پرورش ماهی) متغیر است. حجم ذخیره کل آبخوان برابر ۵۲۷۷۶۸۰ مترمکعب محاسبه شده است. بین بارندگی ماهانه و متوسط تراز آب زیرزمینی یک ارتباط مستقیمی وجود دارد. عکس‌العمل آبخوان در برابر بارندگی نسبتاً سریع بوده، تقریباً یک ماه بعد از بارندگی‌های نسبتاً زیاد، آثار آن به‌صورت افزایش سطح آب زیرزمینی نمود پیدا می‌کند. Saraf و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعات خود در ناحیه مادایا پرادش^۱ در نواحی مرکزی هند با بارش ۱۰۴۰ میلی‌متر در سال مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی را تعیین نمود. آن‌ها از فن سنجش از دور در استخراج بعضی از نقشه‌ها مانند نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی و شیب استفاده نمودند. در نهایت با تلفیق لایه‌های فوق، نقشه پهنه‌بندی عرصه‌های مناسب جهت تغذیه آبهای زیرزمینی را به‌دست آوردند. با مقایسه نقشه موجود با داده‌های اندازه‌گیری شده مشخص شد که روش استفاده شده منطقی بوده است.

Grapes و همکاران (۲۰۰۶) خصوصیات هیدرودینامیکی دشت سیلابی در حوضه چاک رودخانه لامبورن در جنوب انگلستان را مورد بررسی قرار دادند. ایشان از اطلاعات مربوط به گمانه‌ها و چاه‌های پیژومتریک منطقه استفاده نموده، سطوح مختلف عمق آب زیرزمینی را در کانال‌های دشت سیلابی و کف دره‌ها تهیه کردند. لایه آبدار آبرفتی گراولی در عمق دره وجود دارد که به‌وسیله رودخانه دائمی تغذیه می‌شود. شیب هیدرولیکی با استفاده از گمانه‌های موجود در سه سایت در دشت سیلابی اندازه‌گیری شد که شامل سایت‌های Bockhampton, West Shefford, Garston East بودند. بررسی‌ها نشان دهنده جریان‌ات چشمه‌ای در حاشیه دشت‌های سیلابی و در نتیجه عرض سفره گراولی و دشت سیلابی افزوده شده بود.

Sohrabi و همکاران (۲۰۱۳) در ارزیابی آبخوان آبرفتی و منابع آب زیرزمینی دشت ایوان خوزستان با استفاده مدل ریاضی GMS، با رویکرد استفاده از مدل

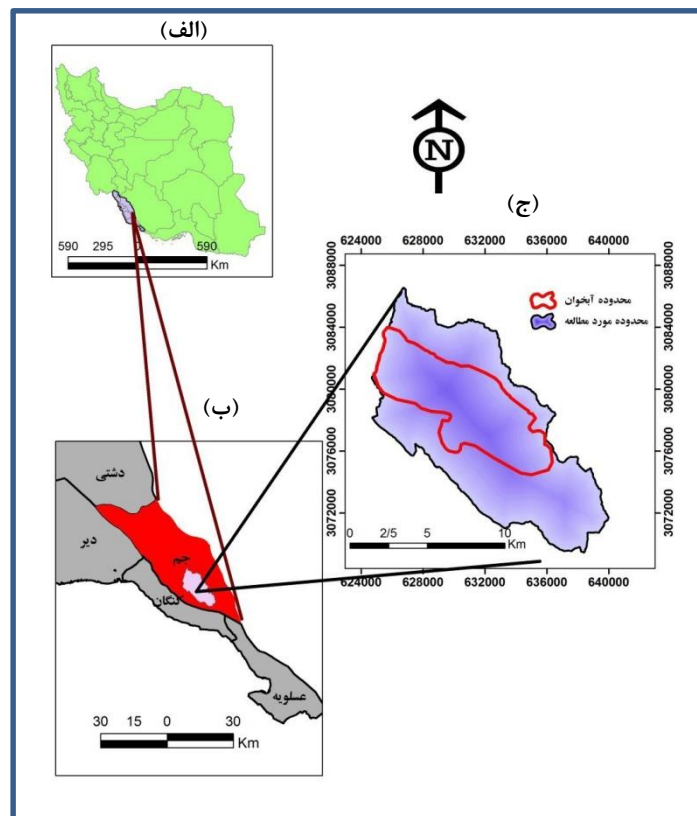
^۱ Madhya Pradesh

سازندها و سنگ‌های آن‌ها در گستره منطقه مورد مطالعه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: محدود مورد مطالعه به صورت دشت کشیده‌ای با عرض کم در میان ارتفاعات عمدتاً آهکی در جنوب شهرستان شیراز و نیز در فاصله ۲۰۰ کیلومتری جنوب شهرستان بوشهر در استان بوشهر قرار گرفته است. شهرستان جم منطقه اصلی تمرکز جمعیت در محدوده مطالعاتی می‌باشد. این منطقه بین طول‌های جغرافیایی ۱۵' ۵۲° تا ۲۵' ۵۲° شرقی و عرض‌های ۴۴' ۲۷° تا ۵۴' ۲۷° شمالی قرار گرفته است. دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده آسفالتی بوشهر-بندر کنگان- جم امکان‌پذیر است. جاده‌های درجه دو بین روستاها و جاده‌های بین مزارع و باغات امکان دسترسی به بخش‌های مختلف منطقه را فراهم نموده است (شکل ۱).

هر کدام از آن‌ها به مواردی همچون بررسی خصوصیات سازندها و اشکال ژئومورفولوژی، مشخصات بافتی و نفوذپذیری پرداخته‌اند و محل‌های مناسب برای تغذیه آب‌های زیر زمینی را مشخص کرده، بیشتر مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق در زمینه هیدروژئومورفولوژی، مدل‌سازی مفهومی چینه‌ای نهشته‌های کواترنر در نرم‌افزار GIS، ارزیابی ژئوستاتیستیکی نهشته‌ها و ضرایب هیدرودینامیکی بررسی‌های لازم صورت گرفت و روند و مقدار منحنی‌ها در تمام طول مقاطع بررسی شد. ضخامت لایه‌های نهشته‌های کواترنر در مقاطع طولی و عرضی محدوده مورد مطالعه مدل‌سازی شد و رابطه ضرایب هیدرودینامیکی و تغییرات ضخامت نهشته‌های کواترنر مد نظر قرار گرفت. با استفاده از اطلاعات نقشه ژئومورفولوژی و تجزیه و تحلیل، مقایسه و تلفیق آن‌ها با یکدیگر، رفتار هیدرودینامیکی (نفوذپذیری) انواع



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی در الف) کشور ایران، ب) استان بوشهر، ج) شهرستان جم

استفاده شد. پس از ورود داده‌های ضریب قابلیت انتقال آب نهشته‌های کواترنر به نرم‌افزار GIS، از

در این تحقیق، برای مدل‌سازی مفهومی از نرم‌افزار ArcGIS و برای تحلیل‌های آماری، از نرم‌افزار

طریق لگاریتم‌گیری نرمال‌سازی داده‌ها انجام شد. لوگ‌های زمین‌شناسی چاه‌های پیژومتری و اطلاعات مقاطع ژئوالکترونیک در بررسی روند مکانی تغییرات ضرایب هیدرودینامیکی مورد استفاده قرار گرفت. پس از بررسی دانه‌بندی لایه‌های مختلف در لوگ‌های حفاری بر اساس جنس و بافت خاک و استخراج داده‌های هدایت هیدرولیکی و با در نظر گرفتن ضخامت هر مقطع در محل چاه مورد نظر و با استفاده از روش تجربی و نرم‌افزار Soil Water Characteristics-Equations اقدام به محاسبه ضریب قابلیت انتقال آبخوان جم شد. بررسی‌های زمین‌آماری با روش کریجینگ معمولی و فاصله معکوس بر روی داده‌های ضرایب هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال صورت گرفت.

ژئومورفولوژی حوزه آبخیز و محدوده مورد مطالعه

واحدهای ژئومورفولوژیکی: از دیدگاه شکل‌شناسی واحدهای کوهستان، تپه‌ماهور، پادگانه، دشت میان کوهی و آبرفت‌های بستر رودخانه در گستره حوزه آبخیز و منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. ریخت‌شناسی، ارتفاع نسبی از سطح دریا، شیب و ارتفاع نسبی عوارض نسبت به یکدیگر معیار تشخیص واحدهای مختلف ژئومورفولوژی در این منطقه بوده است. واحد کوهستان، واحد تپه‌ماهور و واحد فلات و دشت آبرفتی میان کوهی سطح کل این مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند. در واحد فلات و دشت آبرفتی، فلات‌ها سطح بیشتری را از دشت‌های آبرفتی و بستر رودخانه‌ها تشکیل داده‌اند. از مجموع ۱۲۴۶۳ هکتار، ۴۸۱۰ هکتار مربوط به واحد کوهستان شامل رخنمون توده‌سنگی و پوشش فرسایشی، ۲۱۸۶ هکتار مربوط به تپه‌ماهور شامل رخنساره‌های توده‌سنگی و پوشش نهشته‌های منقل فرسایشی و خاک‌دار و ۵۲۸۲ هکتار شامل واحدهای فلات و دشت میان کوهی است (شکل ۲).

تیپ‌های ژئومورفولوژیکی: واحدهای کوهستان و تپه‌ماهور به دو نوع تیپ دامنه‌های منظم و دامنه‌های

نامنظم تفکیک می‌شوند و بر همین پایه واحد مخروط‌افکنه و دشت میان کوهی بر اساس پروفیل طولی و عرضی دامنه به تیپ‌های ناهموار و هموار تقسیم‌بندی می‌شوند. رخنساره‌ها در این نوع تیپ صرف نظر از عوامل به وجود آورنده آن بر پایه خصوصیات همچون کیفیت تظاهر واحدهای سنگی و درصد پوشش نهشته‌های منقل واقع بر روی آن‌ها تشخیص داده می‌شوند. در واحد فلات و دشت میان کوهی فقط تیپ هموار دیده می‌شود.

رخساره‌های ژئومورفولوژیکی و ارائه نقشه

مربوطه: تقسیم‌بندی تیپ به اجزاء کوچک بر اساس شکل ظاهری، نوع رخنمون، اشکال فرسایش و تخریب را رخنساره می‌نامند. پس از تعیین رخنساره‌ها و تهیه نقشه ژئومورفولوژی با تلفیق نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع، نقشه رخنساره‌های ژئومورفولوژیکی، واحدهای همگن مشخص خواهد شد که آن را واحد کاری می‌نامند. برای نامگذاری هر یک از واحدها، تیپ‌ها و رخنساره‌های علائم اختصاری ویژه‌ای انتخاب شده است و از این علائم با لحاظ کردن ضوابط معینی جهت نامگذاری بخش‌های مختلف استفاده شده است. در این روش برای معرفی واحد کوهستان از علامت M و برای واحدهای تپه‌ماهور، دشت و آبرفت بستر رودخانه و اراضی کشاورزی به ترتیب از علائم Qc، H و Qt بهره‌گیری شده است. برای تعیین تیپ‌های ژئومورفولوژیکی که بر اساس انتظام دامنه‌ها صورت گرفته از حروف I به معنی نامنظم و R به معنی منظم استفاده شده است. به‌منظور مشخص نمودن رخنساره‌های ژئومورفولوژیکی از علائم O به معنی رخنمون سنگی و C به معنی دامنه‌های پوشیده از نهشته‌های منقل و خاک استفاده شده است (شکل ۲). درصد متوسط برای هر یک از این دو نوع رخنمون را حرف m بیان می‌کند. برای تعیین هر یک از رخنساره‌های ژئومورفولوژیکی از حروف فوق به نحوی استفاده شده است که از سمت چپ به راست به ترتیب حروف نوع واحد، تیپ، رخنساره و رخنمون و درصد آن در پهنه مورد نظر نشان می‌دهند (جدول ۱).

جدول ۱- واحدها، تیپ‌ها، رخساره‌های ژئومورفولوژیکی

علائم نقشه	رخساره ژئومورفولوژیکی (مطالعات آبخیزداری و آبخوان‌داری حوزه آبخیز باغان)	ژئومورفولوژی			
		تیپ	واحد		
MRo	رخنمون و توده‌سنگی با دامنه منظم که در آن شیب لایه‌بندی زمین‌شناسی توپوگرافی موازی بوده و شبکه هیدروگرافی موازی دارد. گاهی نیز بر روی آن حدود ۲۰ درصد نهشته‌های منفصل فرسایشی مشاهده می‌شود.	M	واحد کوهستان		
MROm	رخساره برونزد سنگی بین ۳۰ تا ۵۰ درصد همراه با پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد که در آن شیب لایه‌های زمین‌شناسی با شیب توپوگرافی موازی و دارای شبکه زهکشی موازی می‌باشد.				
MRC	رخساره پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی با دامنه منظم با خاک کم عمق تا نسبتاً عمیق سنگریزه‌ای گاهی حدود ۱۰ درصد برونزد سنگی دارای شبکه زهکشی شبکه درختی تا موازی در واحد کوهستان				
MRD	رخساره پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی خاکدار مناسب با دامنه منظم و شیب کم تا متوسط که اراضی دیم در منطقه کوهستان بر روی آن‌ها واقع شده است.				
MBD	رخساره پوشش فرسایشی نهشته‌های منفصل با فرسایش نوع بدلند با دامنه نامنظم گاهی منظم و فرسایش‌پذیری شدید همراه با شبکه هیدروگرافی شاخه درختی بسیار متراکم در واحد کوهستان				
MIC	رخساره پوشش، نهشته‌های منفصل فرسایشی در بعضی جاها برونزد سنگی حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد با دامنه نامنظم و شبکه هیدروگرافی شبه موازی در واحد کوهستان				
Mio	رخساره توده سنگی با دامنه نامنظم با پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی کمتر از ۱۰ درصد با شبکه زهکشی شاخه درختی تا شبه درختی در واحد کوهستان				
MIom	دامنه نامنظم برونزد سنگی در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد و نهشته‌های منفصل فرسایشی در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد در واحد کوهستان با شبکه زهکشی شاخه درختی تا داربستی				
MQs	رخساره واریزه و ریزش سنگی به‌صورت‌های بلوکی تا متوسط دانه به هم پیوسته ناشی از پدیده‌های مختلف هوازدگی فیزیکی در پای دامنه‌های سنگی با دامنه نامنظم گاهی منظم				
HIo	رخساره پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی و خاکدار با دامنه منظم و شیب متوسط در واحد تپه‌ماهور که گاهی اراضی دیم زراعی منطقه بر روی آن‌ها واقع شده و دارای شبکه زهکشی موازی است.			H	واحد تپه ماهور
Hiom	رخساره برونزد سنگی با دامنه منظم در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد و پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد و شبکه زهکشی موازی در واحد تپه‌ماهور که در آن شیب لایه‌های زمین‌شناسی با شیب توپوگرافی موازی است.				
HBD	رخساره توده سنگی با دامنه منظم در واحد تپه‌ماهور که در آن شیب لایه‌های زمین‌شناسی با شیب توپوگرافی موازی است و دارای شبکه هیدروگرافی موازی بوده و گاهی تا حدود ۲۰ درصد پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی نیز دیده می‌شود.				
HRC	رخساره پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی و خاکدار با دامنه منظم و شیب متوسط در واحد تپه‌ماهور که گاهی اراضی دیم زراعی منطقه بر روی آن‌ها واقع شده و دارای شبکه زهکشی موازی است.				
HRom	رخساره برونزد سنگی با دامنه منظم در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد و پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد و شبکه زهکشی موازی در واحد تپه‌ماهور که در آن شیب لایه‌های زمین‌شناسی با شیب توپوگرافی موازی است.				
HRO	رخساره توده سنگی با دامنه منظم در واحد تپه‌ماهور که در آن شیب لایه‌های زمین‌شناسی با شیب توپوگرافی موازی است و دارای شبکه هیدروگرافی موازی بوده و گاهی تا حدود ۲۰ درصد پوشش نهشته‌های منفصل فرسایشی نیز دیده می‌شود.				
Qt	پادگانه و تراس‌های قدیمی با خاک‌های کم عمق تا نسبتاً عمیق آبرفتی و کوهرفتی با شیب کم و شبکه زهکشی عمدتاً موازی و دامنه همواری که بعضی اراضی کشاورزی و باغات منطقه بر روی آن‌ها واقع شده است.	فلات	واحد فلات و دشت میانکوهی		
Do	ارضی دشت کشاورزی و باغات مستقر بر روی آبرفت‌ها کوهرفت‌های نسبتاً ریزدانه حاشیه رودخانه‌های اصلی زیرحوضه‌های بزرگ که عمده باغات خرما و مرکبات بر روی آن‌ها احداث شده‌اند.				
Qal	رسوبات آبرفتی جور نشده، ناهمگن و تا حدودی گرد شده کانال شریانی بستر رودخانه‌های اصلی حوضه				

دارا است (مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر).

پهنه‌بندی اقلیمی محدوده مطالعاتی بر اساس سیستم دومارتن گسترش یافته، حاکی از آن است که اشکوب اقلیمی خشک گرم، اقلیم غالب محدوده را تشکیل می‌دهد. همچنین، سایر اقلیم‌ها از قبیل نیمه‌خشک گرم و نیمه‌خشک معتدل در منطقه در ترازهای مختلف ارتفاعی یافت می‌شود. بررسی منحنی آمبروترمیک در حوضه مطالعاتی نشان می‌دهد که دوره خشک از اواسط فروردین شروع شده و تا اوایل آذر ماه ادامه دارد و باقی سال جزء دوره مرطوب به حساب می‌آید.

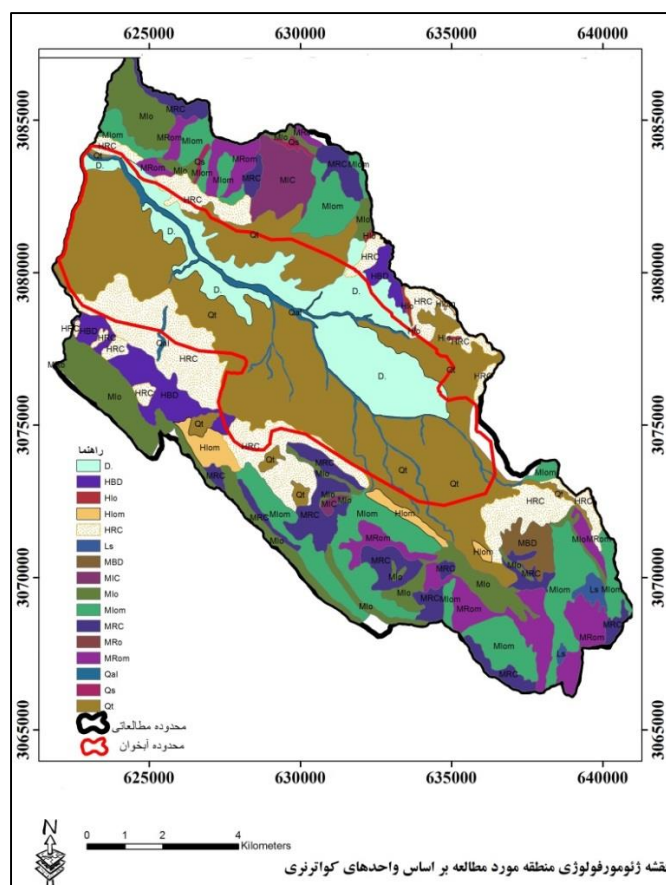
منابع آبی منطقه: طبق آماربرداری سال ۱۳۹۴، منابع اصلی آب دشت جم شامل ۶۵۱ حلقه چاه (۲۹ چاه عمیق و ۶۲۲ چاه نیمه‌عمیق)، چهار چشمه و سه رشته قنات می‌باشد (مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان بوشهر).

هوا و اقلیم: بررسی بارندگی سالانه نشان می‌دهد که بیشینه بارندگی سالانه در ایستگاه باغان ۷۲۹/۵ میلی‌متر و کمترین مقدار ۸۲ میلی‌متر در ایستگاه قنطره نازل ثبت شده است. بررسی ضریب تغییرات حاکی از نامنظم بودن ریزش‌های جوی در منطقه می‌باشد. گرادیان متوسط بارندگی سالانه حاکی از آن است که با افزایش ارتفاع به مقدار ۱۰۰۰ متر، میزان بارندگی به مقدار ۱۶۰ میلی‌متر افزوده می‌شود. بر این اساس متوسط بارندگی سالانه حوضه برابر با ۳۲۶/۴ میلی‌متر و حجم بارش برابر با ۲۹۶/۸ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود.

بر اساس تجزیه و تحلیل تعداد روزهای بارانی با مقادیر مختلف در ایستگاه‌های شاخص منطقه، در مجموع سالانه تعداد ۲۰ روز بارانی وجود دارد. بررسی میزان تبخیر از تشتک در ایستگاه معرف منطقه نشان می‌دهد که در مجموع سالانه حدود ۳۵۴۸ میلی‌متر تبخیر وجود دارد. همچنین، در مقیاس ماهانه، بهمن ماه کمترین میزان تبخیر و تیر ماه بیشینه تبخیر را

جدول ۲- خصوصیات چاه‌های بهره‌برداری دشت جم

کل	نیمه عمیق	عمیق	واحد	پارامتر
۶۵۱	۶۲۲	۲۹	حلقه	تعداد چاه
۱۰۰	۵۵	۱۰۰	متر	عمق حداکثر
۲	۲	۴۵	متر	عمق حداقل
۷۷	۵۹	۱۸	حلقه	تعداد چاه‌های برقی
۴۷۰	۴۵۹	۱۱	حلقه	تعداد چاه‌های دیزلی
۱۸۷۷	۱۶۰۶	۲۷۱	هکتار	سطح زیرکشت مزارع
۴۵۱	۴۳۸	۱۳	هکتار	سطح زیرکشت باغات
۴۸۴	۴۷۳	۱۱	حلقه	تعداد چاه‌های با مصرف کشاورزی
۲	۱	۱	حلقه	تعداد چاه‌های با مصرف شرب
۳۰	۱۵	۱۵	حلقه	تعداد چاه‌های با مصرف شرب- کشاورزی
۱۴	۱۴	-	حلقه	تعداد چاه‌های با مصرف صنعتی
۲	۱	۱	حلقه	تعداد چاه‌های با مصرف کشاورزی- صنعتی
۱۸۵۱۱۲۲۴	۱۵۳۰۵۳۳۰	۳۲۰۵۸۹۴	مترمکعب	تخلیه سالانه



شکل ۲- نقشه ژئومورفولوژی، واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های آن

زیرزمینی بوده، همچنین، بررسی دانه‌بندی لوگ‌های چاه‌های مشاهده‌ای منطقه نشان داد در صورت فراهم شدن شرایط اقلیمی، مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی اغلب همین رسوبات خواهند بود، لذا از جمله شاخص‌های اساسی برای دستیابی به منابع آب زیرزمینی و یا اجرای عملیات تغذیه مصنوعی، شناسایی ضرایب قابلیت هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری^۱ و قابلیت انتقال^۲ است.

بررسی نقشه‌های ژئوفیزیکی و لوگ چاه‌های مشاهده‌ای منطقه نشان داد، آبرفت با آب زیرزمینی از نوع آزاد با عمق ۳۰ تا ۹۵ متر استعداد‌های قابل ملاحظه‌ای برای عملیات تغذیه مصنوعی دارد. ضرایب هیدرودینامیکی چاه‌های مشاهده‌ای در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۳ مشخص است، کلیه این چاه‌ها در آبرفت، حفاری شده‌اند و بیشترین تمرکز آن‌ها در مرکز منطقه، حوالی روستاهای صیدی، هنگدان و شهرستان جم می‌باشد. بیشترین و کمترین عمق این چاه‌ها به ترتیب ۱۰۰ و دو متر است.

نتایج و بحث

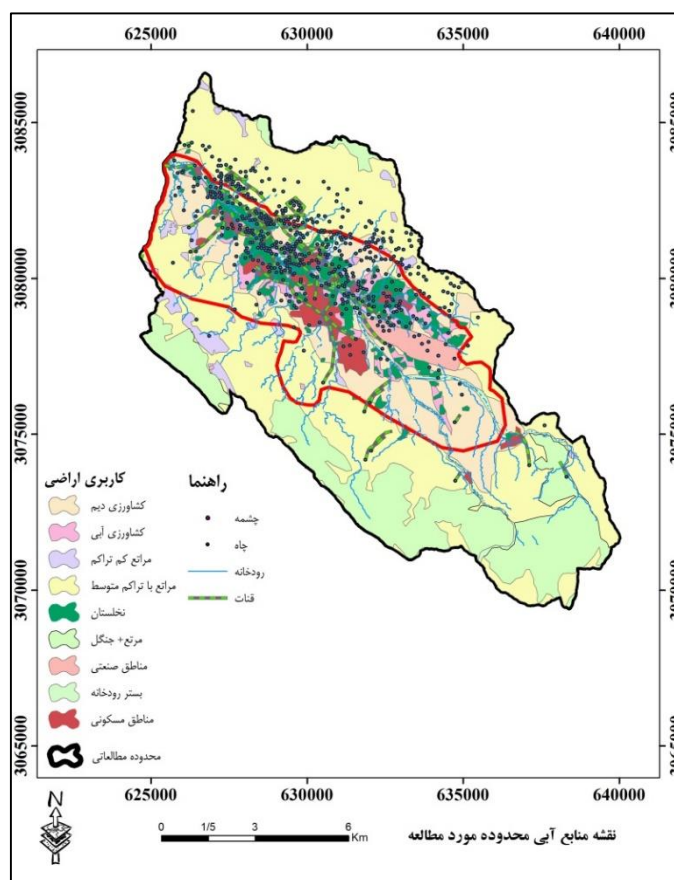
تعیین نوع رخساره‌های ژئومورفولوژی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین سهم را رخساره پادگانه و تراس‌های قدیمی با خاک‌های کم‌عمق تا نسبتاً عمیق آبرفتی و کوه‌رفتی که بعضی اراضی کشاورزی و باغات منطقه بر روی آن‌ها واقع شده، تشکیل می‌دهد. سپس به ترتیب رخساره‌های HRC، Mio، D، بیشترین مساحت دارا هستند (شکل ۲ و جدول ۳). با توجه به این‌که نهشته‌های کواترنر از عمده‌ترین منابع و مخازن آب

¹ Hydraulic Conductivity

² Transmissivity

جدول ۳- مساحت واحدها، تیپها و رخساره‌های ژئومورفولوژیکی

مساحت کل	مساحت به هکتار	رخساره ژئومورفولوژیکی	مساحت به هکتار	تیپ	رخساره ژئومورفولوژیکی
۱۲۴۶۳	۲۷۵/۳۳۶	Qal	۳۸۱۷/۷۸۸	Qt	رخساره ژئومورفولوژیکی
	۲۷۲/۷۶۳	MIC	۱۶۱۳/۱۷۸	HRC	
	۱۷۷/۷۴۹	HIom	۱۵۸۸/۷۰۹	MIom	
	۱۳۴/۸۴۹	MBD	۱۲۸۳/۹۱۳	D.	
	۵۶/۸۳۶	Ls	۱۲۰۲/۵۶۱	MIo	
	۳۲/۵۴۱	Qs	۸۱۲/۹۸۴	MRC	
	۲۰/۶۳۴	HIo	۷۹۷/۵	MRom	
۰/۰۰۱	MRo	۳۷۶/۱۰۸	HBD		



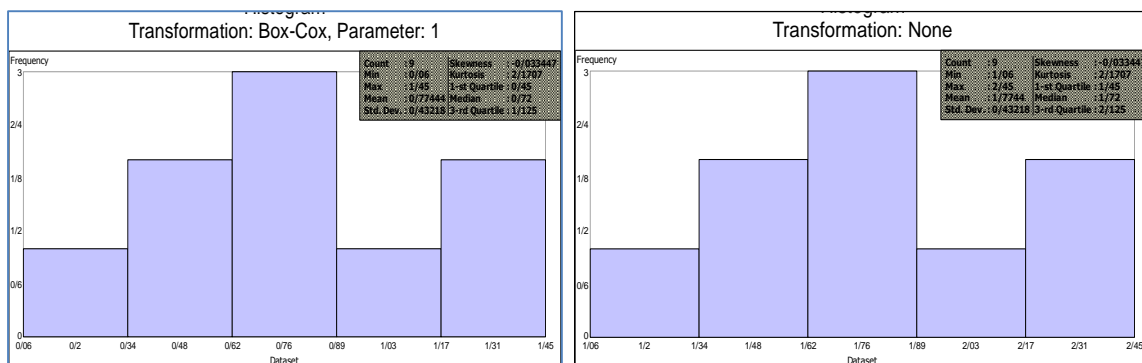
شکل ۳- نقشه منابع آبی محدوده مورد مطالعه

جدول ۳- ضرایب هیدرودینامیکی چاه‌های مشاهده‌ای

نام چاه	X	Y	K (md ⁻¹)	T (m ² d ⁻¹)
قایدی	۶۲۶۵۲۱	۳۰۸۱۴۹۱	۱/۷	۱۵۲
فرامرزی	۶۲۸۴۶۲	۳۰۸۲۱۹۵	۱/۰۶	۵۴
حاج‌نوشاد	۶۳۱۳۳۵	۳۰۸۰۴۳۷	۲/۲	۱۷۰
گچی	۶۳۲۲۳۱	۳۰۷۸۹۱۱	۲/۵	۱۸۰
دولنگه	۶۳۵۲۹۰	۳۰۷۷۵۶۲	۱/۸۶	۱۰۸
پلنگی	۶۳۴۱۵۵	۳۰۷۵۶۵۶	۲/۴۵	۱۶۵
اسلام‌آباد	۶۳۳۰۵۰	۳۰۷۷۰۲۱	۱/۷۲	۱۱۲
جم	۶۲۹۶۵۱	۳۰۷۹۲۰۶	۱/۴۲	۱۱۰
حاجی‌آباد	۶۲۸۲۵۷	۳۰۸۰۳۲۱	۱/۴۶	۱۱۳

جدول ۴- داده‌های آماری ضرایب قابلیت هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال قبل و بعد از نرمال‌سازی

شاخص‌های آماری	قبل از نرمال‌سازی (K)	بعد از نرمال‌سازی (K)	قبل از نرمال‌سازی (T)	بعد از نرمال‌سازی (T)
تعداد داده	۹	۹	۹	۹
کمینه	۱/۰۶	۰/۰۵۸۲۶۹	۵۴	۳/۹۸۹
بیشینه	۲/۴۵	۰/۸۹۶۰۹	۱۸۰	۵/۱۹۳
میانگین	۱/۷۷۴۴	۰/۵۴۵۲۶	۱۲۹/۳۳	۴/۸۰۸۵
میانه	۱/۷۲	۰/۵۴۲۳۲	۱۱۳	۴/۷۲۷۴
انحراف معیار استاندارد	۰/۴۳۲۱۸	۰/۲۵۷۳۱	۴۰/۴۳۲	۰/۳۷۱۴۴
چولگی	-۰/۰۳۳۴۴۷	-۰/۴۸۱۸۸	-۰/۴۰۰۵۵	۱/۱۰۳۷
کشیدگی	۲/۱۷۰۷	۰/۳۷۱۴۹	۲/۳۱۱۲	۳/۶۵۵۴



شکل ۴- هیستوگرام ضریب هدایت هیدرولیکی قبل و بعد از نرمال‌سازی

ضریب قابلیت انتقال آب نهشته‌های کواترنر به نرم‌افزار GIS، از طریق لگاریتم‌گیری، نرمال‌سازی داده‌ها انجام شد (شکل ۷).

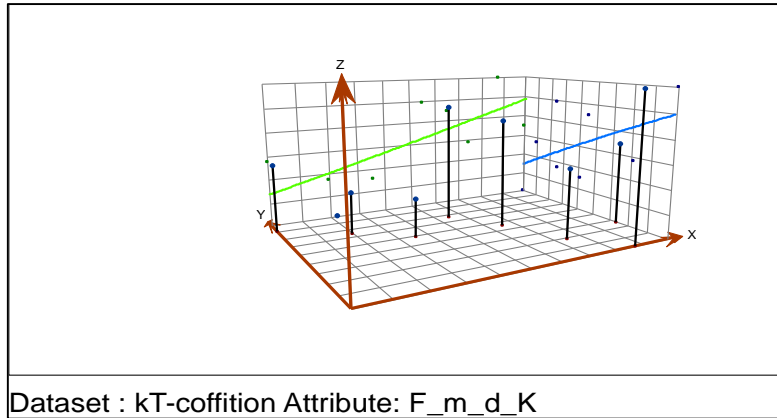
در بررسی روند مکانی ضریب قابلیت انتقال نهشته‌های کواترنر، تغییرات آن در جهت شرق به غرب رو به کاهش و روند آن از شمال به جنوب رو به افزایش است (شکل ۸).

اگر محدوده دشت مورد مطالعه به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم شود، بیشترین مساحت بخش مرکزی از رخساره دشت کشاورزی و باغات تشکیل شده است که بر روی کوه‌رفت‌های نسبتاً ریزدانه حاشیه رودخانه فصلی جم ایجاد شده‌اند. بخش شمالی و قسمت اعظم بخش جنوبی از رخساره پادگانه‌های آبرفتی و تراس‌های قدیمی با خاک‌های کم‌عمق تا نسبتاً عمیق آبرفتی و کوه‌رفتی به‌وجود آمده است که دارای شیب کمی بوده و بعضی اراضی کشاورزی و باغات منطقه بر روی آن‌ها واقع شده است (شکل ۲).

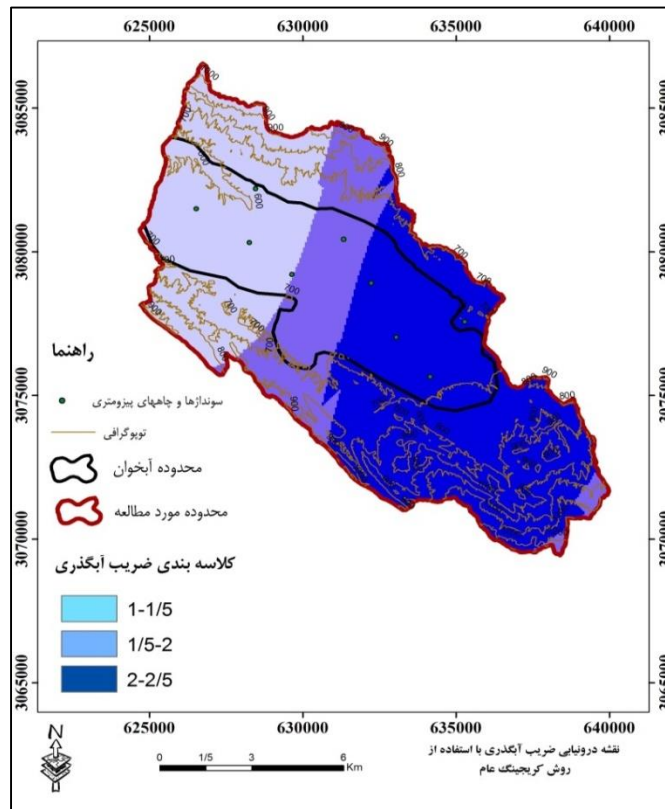
شکل‌های ۴ و ۷ هیستوگرام داده‌ها قبل و بعد از نرمال‌سازی نشان می‌دهد. جدول ۴ اطلاعات آماری ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال قبل و بعد از نرمال‌سازی نشان می‌دهد.

روند مکانی تغییرات قابلیت هدایت هیدرولیکی نهشته‌های کواترنر: روند مکانی داده‌های ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی با دو رنگ آبی و سبز نشان داده شده است. رنگ سبز نمایانگر روند تغییرات داده‌ها از شرق به غرب است. بررسی نمودار نشان می‌دهد از شرق به غرب یعنی از منطقه چاهه به سمت اکبرآباد، ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی کاهش یافته یعنی نفوذپذیری رسوبات آبرفتی آبخوان کاهش می‌یابد. رنگ آبی نشان دهنده روند تغییرات از شمال به جنوب یعنی از کوه یاحسین به سمت کوه پردیس کاهش پیدا می‌کند (شکل ۵). نقشه درون‌یابی این ضریب، این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد (شکل ۶).

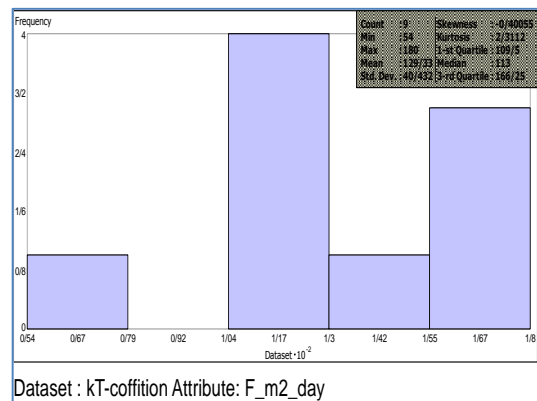
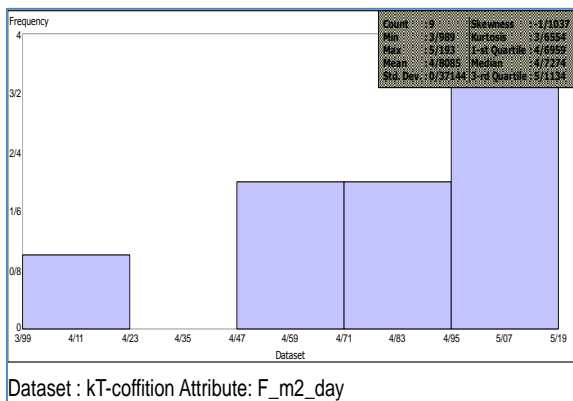
بررسی‌های زمین‌آماري ضریب قابلیت انتقال نهشته‌های کواترنر دشت جم: پس از ورود داده‌های



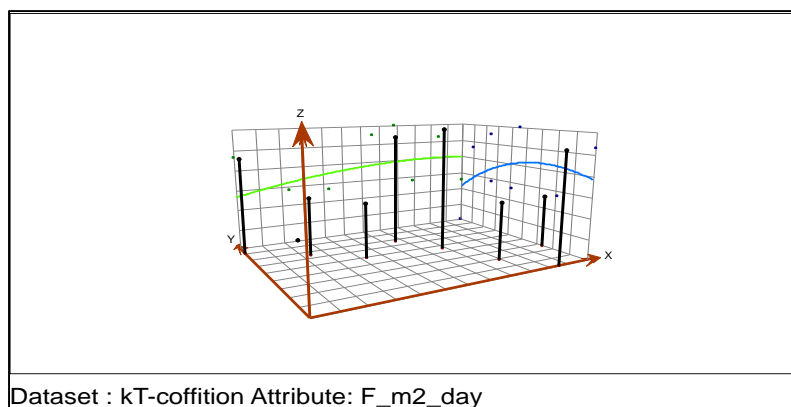
شکل ۵- روند مکانی داده‌های ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی



شکل ۶- نقشه درون‌یابی ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی به روش کریجینگ عام



شکل ۷- هیستوگرام داده‌های آماری ضریب قابلیت انتقال قبل و بعد از نرمال‌سازی



شکل ۸- روند مکانی ضریب قابلیت انتقال نهشته‌های کواترنر

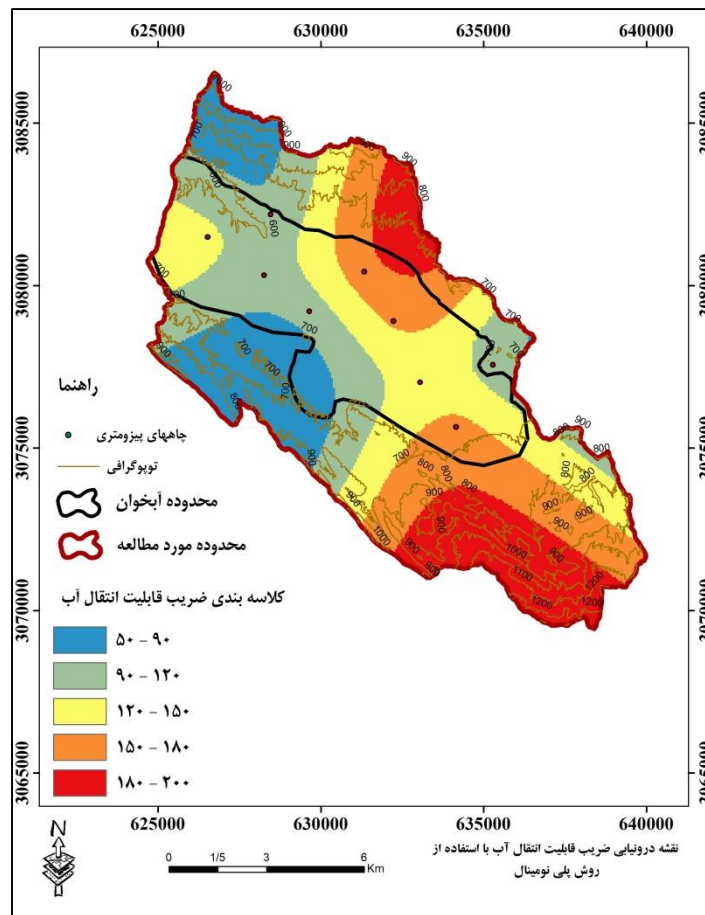
بخش‌های جنوب غربی بیشتر و در بخش‌های شمال شرقی ضخامت کمتری دارند. در بخش‌های شمال شرقی، لایه رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار ضخیم‌تر و در بخش‌های جنوب غربی باریک‌تر می‌شود (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). نتایج بررسی نشان داد که بین ضرایب هیدرودینامیکی و تغییرات ضخامت نهشته‌های کواترنر رابطه مستقیم وجود دارد و با کاهش ضخامت رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار، ضرایب هیدرودینامیکی نیز کاهش می‌یابد.

با بررسی چگونگی روند و مقدار منحنی‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری و چگونگی توزیع آن‌ها در شکل ۱۲ می‌توان نتیجه‌گیری کرد، روند منحنی‌های بالای ۲۰۰ اهم‌متر در طول تمامی مقاطع بیانگر رسوبات آبرفتی خشک دانه‌درشت می‌باشد. روند منحنی‌های سبز ۱۰۰ اهم‌متر بیانگر وجود رسوبات آبرفتی دانه متوسط احتمالاً آبدار در عمق متوسط است. در طول کلیه مقاطع با افزایش عمق، از مقدار منحنی‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری کاسته شده که این امر دلیل بر وجود سنگ‌کف مارنی است. روند منحنی‌های قرمز رنگ در عمق در اطراف سونداژهای ۲۷ تا ۴۰ مقطع RB3 و RB32 مقطع RH و RB33 مقطع RB37 و RB35 مقطع RG و RB37 مقطع RK بیانگر بالا بودن درصد نسبی مارن و احتمالاً حاوی املاح در زیر سونداژهای یاد شده نسبت به محل سایر سونداژها (منحنی‌های سبز رنگ در عمق) در طول مقاطع می‌باشد.

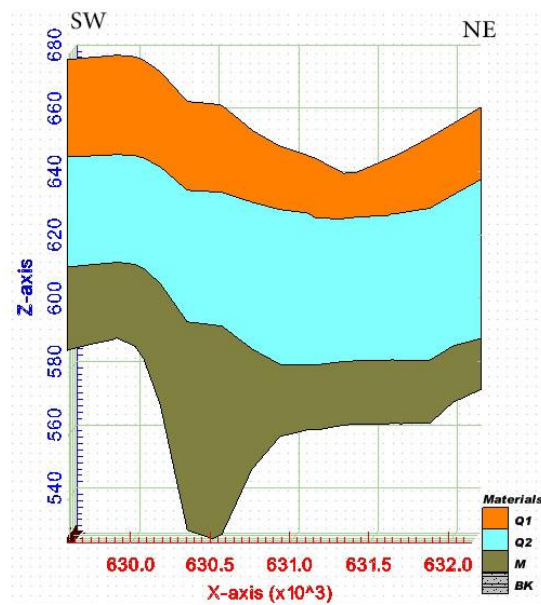
اغلب منابع آبی در آبرفت تجمع داشته و بیشترین تمرکز حفاری‌ها در مرکز آن، حوالی روستاهای صیدی، هنگدان و شهرستان جم می‌باشد. بیشترین و کمترین عمق این چاه‌ها به ترتیب ۱۰۰ و دو متر است. کمینه عمق آبرفت، ۳۰ متر در حاشیه شمال غربی محدوده آبخوان و در فاصله ۵۰۰ متری شرق پارک جنگلی جم قرار دارد و بیشترین عمق آن نیز ۹۵ متر در حاشیه جنوب شرق محدوده آبخوان و در فاصله ۴۵۰ متری چاه نفت و گاز مهرباغ واقع شده است.

بیشترین ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی دشت جم ۲/۵ متر در روز مربوط به چاه گچی و کمینه آن نیز به میزان ۱/۰۶ متر در روز در چاه فرامرزی به‌دست آمد. بررسی روند تغییرات ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی نشان می‌دهد میزان آن در جهت‌های شرق به غرب و شمال به جنوب روند کاهشی دارد (شکل‌های ۵ و ۶). روند مکانی تغییرات ضریب قابلیت انتقال از شرق به غرب تا نیمه‌های دشت تقریباً ثابت ولی در نواحی غربی کاهش می‌یابد. این ضریب در جهت شمال به جنوب تا میانه دشت تغییرات معنی‌داری نشان نداده اما در بخش‌های جنوبی کاهش داشته است (شکل‌های ۸ و ۹).

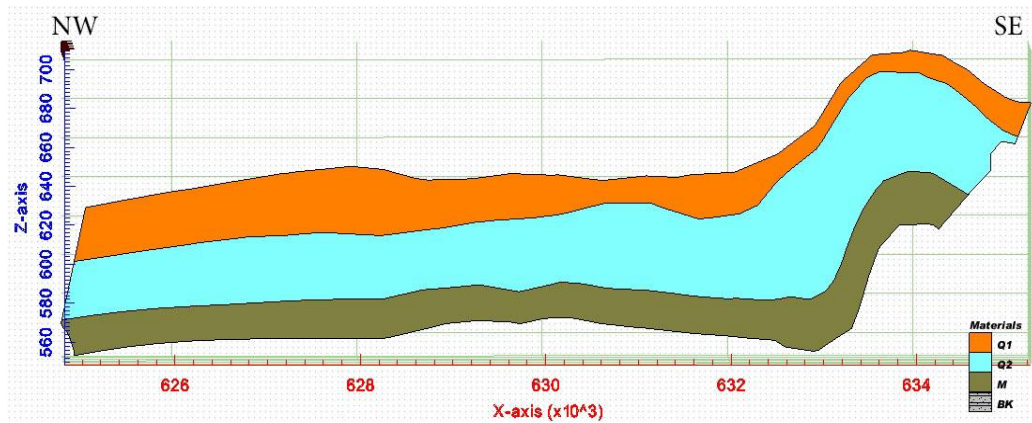
آنچه در مورد این مقاطع می‌توان بیان کرد، این است که لایه سطحی شامل رسوبات آبرفتی خشک (Q_2) بوده، در زیر این لایه، لایه حاوی رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار (Q_1) قرار دارد. سنگ کف مارنی (M) در تمام طول مقاطع دیده می‌شود آنچه در مقاطع طولی و عرضی مشاهده می‌شود رسوبات آبرفتی خشک در



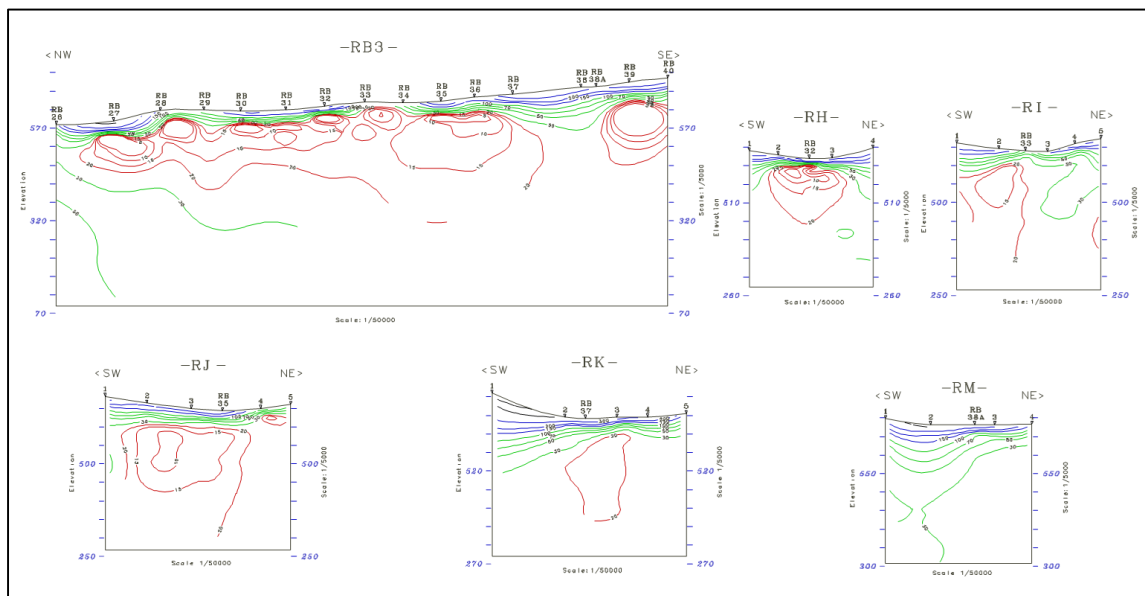
شکل ۹- نقشه درون‌یابی ضریب قابلیت انتقال آب با استفاده از روش پلی‌نومینال



شکل ۱۰- مقطع عرضی در جهت شمال شرق-جنوب غرب ضخامت لایه‌های رسوبات آبرفتی خشک (Q_2)، رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار (Q_1) و سنگ کف مارنی (M) به متر



شکل ۱۱- مقطع طولی شمال غربی-جنوب شرقی ضخامت لایه‌های رسوبات آبرفتی خشک (Q₂)، رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار (Q₁) و سنگ کف مارنی (M) به متر



شکل ۱۲- مقاطع هم‌مقاومت ویژه ظاهری دشت جم

شیب کم که بعضی اراضی کشاورزی و باغات منطقه بر روی آن‌ها واقع شده است (Qt) در طبقه ۲-۲/۵ قرار دارد (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، در زمینه هیدروژئومورفولوژی، مدل‌سازی مفهومی چینه‌ای نهشته‌های کواترنر در نرم‌افزار GIS، ارزیابی ژئوستاتیستیکی نهشته‌ها و ضرایب هیدرودینامیکی در نرم‌افزار GIS، بررسی‌های لازم صورت پذیرفت و نتایج زیر در تحلیل‌های هیدروژئومورفولوژی نهشته‌های کواترنر آبخوان دشت جم به‌دست آمده است: بررسی مقاطع نهشته‌های کواترنر نشان داد، لایه سطحی این نهشته‌ها شامل رسوبات آبرفتی خشک (Q₂) بوده، در زیر آن لایه

نتایج بررسی ضرایب قابلیت انتقال در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی نشان داد، رخساره پادگانه و تراس‌های قدیمی با خاک‌های کم‌عمق تا نسبتاً عمیق آبرفتی و کوه‌رفتی با شیب کم و شبکه زهکشی عمدتاً موازی و دامنه هموار، که بعضی اراضی کشاورزی و باغات منطقه بر روی آن‌ها واقع شده است (Qt) که بیشترین مساحت محدوده مورد مطالعه را نیز تشکیل می‌دهد، دارای ضریب قابلیت انتقال متوسط بین ۱۴۴-۱۱۶ متر مربع در روز است (جدول ۵).

نتایج بررسی میزان ضریب قابلیت هیدرولیکی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی نشان داد که رخساره پادگانه‌های آبرفتی و تراس‌های قدیمی با خاک‌های کم‌عمق تا نسبتاً عمیق آبرفتی و کوه‌رفتی به‌وجود با

رسوبات آبرفتی خشک دانه درشت می‌باشد. روند منحنی‌های ۱۰۰ اهم‌تر بیانگر وجود رسوبات آبرفتی دانه متوسط احتمالاً آبدار در عمق متوسط است. در طول کلیه مقاطع با افزایش عمق از مقدار منحنی‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری کاسته شده که این امر دلیل بر وجود سنگ کف مارنی است.

حای رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار (Q₁) قرار دارد. سنگ کف مارنی (M) در تمام طول مقاطع دیده می‌شود. با یک نگاه بر چگونگی روند و مقدار منحنی‌های هم‌مقاومت ویژه ظاهری و چگونگی توزیع آن‌ها می‌توان گفت، روند منحنی‌های بالای ۲۰۰ اهم‌تر در سطح، در طول تمامی مقاطع بیانگر

جدول ۵- درصد ضریب قابلیت انتقال در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی محدوده مورد مطالعه

نام رخساره	۹۸-۱۱۶	۱۱۶-۱۳۰	۱۳۰-۱۴۴	۱۴۴-۱۵۸	۱۵۸-۱۸۴	مساحت (هکتار)
D.	.	۲۶/۶۲۷۴۵	۴۱/۰۱۸۶۸	۲۸/۸۵۷۴۶	۳/۴۷۹۶۴۱	۱۲۸۳/۹۱۳
HBD	۶۴/۴۳۱۸۵	۱۷/۲۴۲۵۹	۰/۰۹۰۴۷۱	۷/۰۷۶۰۷۷	۱۰/۶۶۱۸۹	۳۷۶/۱۰۸۱
HIo	.	۱۵/۱۵۴۱۹	۱۵/۶۰۹	۴۵/۴۸۱۲۹	۲۲/۵۶۹۷۳	۲۰/۶۳۴۴۹
HIom	۵۷/۶۳۷۴۲	.	۲/۶۰۷۰۳۱	۳۳/۰۸۵۸۴	۶/۲۵۳۷۲۹	۱۷۷/۷۴۹۸
HRC	۲۹/۱۴۴۰۶	۴۱/۵۶۴۲۴	۱۶/۰۶۳۵۹	۸/۰۴۴۲۱	۲/۸۱۷۴۰۶	۱۶۱۳/۱۷۹
Ls	.	.	۰/۲۹۰۹۲۲	۸۱/۶۸۰۷۵	۱۸/۰۲۸۳۴	۵۶/۸۳۵۵۷
MBD	.	.	۱۲/۸۷۱۸۷	۸۷/۱۲۸۱۸	.	۱۳۴/۸۴۸۸
MIC	.	.	۵۰/۳۶۹۶۸	۴۹/۶۰۵۲۱	.	۲۷۲/۷۶۲۹
MIo	۵۰/۱۶۰۲۹	۸/۱۳۳۰۸۹	۷/۵۵۲۷۵۷	۶/۹۸۸۵۸۱۹	۲۶/۵۷۸۵۹	۱۱۵۸/۵۱۵
MIom	۱۰/۸۵۲۷۴	۱۰/۶۴۶۱۴	۹/۸۳۹۰۵۸	۲۸/۸۶۵۳۸	۳۹/۶۰۸۶۴	۱۵۸۸/۷۰۹
MRC	۱۱/۸۲۶۸۲	۵/۳۱۶۷۳۵	۲۴/۹۱۴۴۸	۱۸/۵۲۳۹۳	۳۸/۹۲۸۱۲	۸۱۲/۹۸۲۸
MRom	۷/۴۱۴۴۳۷	۱۴/۵۳۲۶۹	۷/۵۰۸۱۶۹	۲۱/۶۵۲۸۲	۴۷/۵۲۶۶۹	۷۹۷/۰۵۰۱
Qal	۳/۲۵۵۹۹۹	۳۷/۱۰۸۴۲	۳۹/۵۳۶۸	۲۰/۰۱۱۲۸	۰/۰۵۶۳۹۷	۲۷۵/۳۳۵۱
Qs	۱۱/۶۱۷۱	۳۰/۷۲۷۱۶	۱۹/۱۶۹۱۷	۳۸/۴۸۶۵۶	.	۳۲/۵۴۰۸۴
Qt	۶/۰۵۷۶۴۱	۳۶/۰۳۴۴۵	۳۷/۱۹۵۹۳	۱۷/۸۹۴۲۷	۳/۸۳۱۰۴۲	۳۸۴۳/۹۸۸
مساحت تحت تاثیر طبقه‌های ضریب قابلیت انتقال	۲۰۲۴/۹۸۵	۲۹۴۲/۳۹۸	۳۰۴۳/۵۱۴	۲۵۱۷/۸۷۵	۱۹۶۰/۸۰۵	۱۲۴۶۳

جدول ۶- میزان ضریب قابلیت هیدرولیکی (درصد) در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی محدوده مورد مطالعه

نام رخساره	۱-۱/۵	۱/۵-۲	۲-۲/۵	مساحت (هکتار)
D.	۲۶/۳۷۷۹۵	۱۰/۰۶۵۴	۶۳/۵۵۶۶۴	۱۲۸۳/۹۱۲۸
HBD	۲۸/۹۸۱۰۲	۵۳/۰۳۵۱۲	۱۷/۹۸۳۸۶	۳۷۶/۱۰۸۱۲
HIo	.	۰/۲۴۵۱۹۶	۹۹/۷۵۴۷۹	۲۰/۶۳۴۴۷۸
HIom	.	۵۷/۶۳۷۴۲	۴۲/۳۶۲۵۸	۱۷۷/۴۷۹۷۹
HRC	۴۱/۸۲۰۹۸	۲۷/۳۰۹۵۴	۳۰/۸۶۹۴۹	۱۶۱۳/۱۷۹
Ls	.	۱۰۰	.	۵۶/۸۳۵۵۶۹
MBD	.	.	۹۹/۹۹۹۹۸	۱۳۴/۸۴۸۳۳
MIC	۲۴/۴۶۶۸۵	۶۹/۰۷۶۳۴	۶/۴۵۶۸۰۶	۲۷۲/۷۶۲۸۷
MIo	۲۱/۰۵۲۷۶	۴۴/۷۲۴۳۸	۳۴/۲۲۲۸۷	۱۱۵۸/۵۱۴۹
MIom	۱۳/۹۴۶۵۵	۴۱/۶۳۴۴۹	۴۴/۴۱۸۹۶	۱۵۸۸/۳۲۷۶
MRC	۱۱/۹۰۶۱۹	۲۹/۷۲۱۶۹	۵۸/۳۷۲۱۳	۸۱۲/۹۸۲۸
MRo	.	۹۹/۹۸۵۳	.	۰/۰۰۱۳۶۰۲
MRom	۲۳/۷۲۶۱۴	۴۰/۱۱۰۴۷	۳۶/۱۶۳۳۹	۷۹۶/۸۳۶۳۵
Qal	۳۵/۹۹۴۲۲	۱۸/۲۰۷۷۶	۴۵/۷۹۸۰۴	۲۷۵/۳۳۵۱۴
Qs	۴۲/۳۴۴۲۷	۵۷/۶۵۵۷۴	.	۳۲/۵۴۰۸۳۶
Qt	۲۶/۲۷۷۰۸	۲۹/۰۷۱۴۴	۴۴/۶۵۱۴۸	۳۸۶۲/۴۲۹۵
مساحت (هکتار)	۳۰۶۸/۱۴۱۲	۴۰۴۹/۴۴	۵۳۴۵/۴۱۸	۱۲۴۶۳

رخساره پادگانه‌های آبرفتی و تراس‌های قدیمی که با خاک‌های کم‌عمق تا نسبتاً عمیق آبرفتی و کوه‌رفتی به‌وجود آمده است، دارای شیب کمی بوده و بعضی اراضی کشاورزی و باغات منطقه بر روی آن‌ها واقع شده است (Qt) و بیشترین مساحت محدوده مورد مطالعه را نیز تشکیل می‌دهد، دارای ضریب قابلیت انتقال متوسط بین ۱۴۴-۱۱۶ مترمربع در روز و ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی ۲/۵-۲ متر در روز است. نتایج این بررسی نشان داد بین ضرایب هیدرودینامیکی و تغییرات ضخامت نهشته‌های کواترنر رابطه مستقیم وجود دارد و با کاهش ضخامت رسوبات آبرفتی احتمالاً آبدار، ضرایب هیدرودینامیکی و در نهایت نفوذپذیری نیز کاهش می‌یابد.

نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیق شهرام روستایی و همکاران مطابقت دارد، زیرا آن‌ها در ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های شمال دریاچه ارومیه، بیشترین مقدار ضریب آب‌گذری و قابلیت انتقال را به شمال‌شرق محدوده مطالعاتی و حوالی بستر رودخانه تسوج اعلام کردند. مقایسه نقشه‌های ضریب آب‌گذری و قابلیت انتقال با نقشه‌های درونیایی نهشته‌های کواترنر دشت جم، ارتباط مستقیمی بین نوع نهشته‌ها با مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی نمایان ساخت.

در ارزیابی هیدرودینامیکی و ژئومورفولوژیکی نهشته‌های محدوده دشت جم، نقشه درونیایی ضریب آب‌گذری آبخوان بر اساس روش زمین‌آماری و بر اساس داده‌های آزمایشات پمپاژ در سه طبقه و برای ضریب قابلیت انتقال در پنج طبقه پهنه‌بندی شد. مقایسه این نقشه‌ها با نقشه‌های درونیایی نهشته‌های کواترنر، ارتباط مشخصی را بین نوع نهشته‌ها با مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی نمایان می‌سازد، چرا که این نواحی دارای ضخامت بالای ۱۰۰ متری از آبرفت‌های دانه درشت است.

بیشترین ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی دشت جم ۲/۵ متر در روز مربوط به چاه گچی و کمینه آن نیز به میزان ۱/۰۶ متر در روز در چاه فرامرزی به‌دست آمد. بررسی روند تغییرات ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی نشان می‌دهد میزان آن در جهت‌های شرق به غرب و شمال به جنوب روند کاهشی دارد. روند مکانی تغییرات ضریب قابلیت انتقال از شرق به غرب تا نیمه‌های دشت تقریباً ثابت ولی در نواحی غربی کاهش می‌یابد. این ضریب در جهت شمال به جنوب تا میانه دشت تغییرات معنی‌داری نشان نداده اما در بخش‌های جنوبی کاهش داشته است. نتایج بررسی ضرایب قابلیت انتقال و ضریب قابلیت هدایت هیدرولیکی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی نشان داد

منابع مورد استفاده

1. Abdi, P. and J. Ghayumian. 2000. Determine suitable locations for water spreading in Zanjan plain using geophysical data and GIS. The National Symposium on Groundwater Recharge Projects' Achievements, Tehran, 13-15 (in Persian).
2. Ahmadi, H. and S. Feiznia. 2012. Quaternary formations (The oritical and applied principals in natural resources). University of Tehran Press, 625 pages (in Persian).
3. Alizadeh, A. 2007. Applied hydrology principles. University of Imam Reza 17th edition (in Persian).
4. Amini, A. and V. Homayounfar. 2016. The groundwater balance in alluvial plain aquifer at Dehghan, Kurdistan, Iran. Applied Water Science, Springer, DOI 10.1007/s13201-016-0445-9.
5. Ghermezcheshmeh, B. and J. Ghayomian. 2000. The determination of required indicators in locating water spreading, case study: Meymeh plain, Isfahan. The 2nd National Symposium on Groundwater Recharge Projects' Achievements (in Persian).
6. Grapes, T.R., C. Bradley and G.E. Petts. 2005. Hydrodynamics of floodplain wetlands in a chalk catchment: The River Lambourn, UK. Journal of Hydrology, 320(3): 324-341.
7. Habibzadeh, A. and A. Majidi. 2005. The effect of artificial recharge and aquifer on underground water Tasuj Plain. The 2nd National Conference of Watershed Management and Water Resources Management, Bahonar University of Kerman (in Persian).
8. Nouri, B. 2003. The determination of suitable areas for artificial recharge of groundwater using data from remote sensing and Geographic Information System in Gavbandi Catchment. MSc Thesis, Tehran University, 110 pages (in Persian).

9. Rostayee, S., A. Habibzadeh and M. Nikjo. 2014. Hydrodynamic and geomorphological evaluate to analysis the quaternary deposits of underground water crisis north of Lake Urmia, case study: Tasuj Plain. *Journal of Geomorphological Research*, 2: 1-15 (in Persian).
10. Sohrabi, N., M. Chitsazan and V. Amiri. 2012. Evaluation of groundwater resources in alluvial. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5-11: 1164-1170.
11. Soltani, M.J. 2002. Land evaluation in order to locate prone areas for flood spreading operations in GIS. MSc Thesis, School of Civil Engineering, Khajeh Nasir Toosi University, 134 pages (in Persian).
12. Zeinali, H. 2007. Identification of fish farms effluent and investigation in the possibility of injecting it into absorbed wells in Gorigoal Lake in Bostanabad County. The 3rd Iran Water Resources Management Conference (in Persian).

Study of the hydro geomorphological characteristics of quaternary deposits in Jam Plain aquifer

Ali Jafari¹, Rasool Mahdavi², Arash Malekian^{*3}, Hamid Gholami⁴ and Ahad Habibzadeh⁵

¹ PhD, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran, ² Associate Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran,

³ Associate Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran, Iran,

⁴ Assistant Professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran and

⁵ Assistant Professor, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Tabriz, Iran

Received: 20 January 2017

Accepted: 26 July 2017

Abstract

Groundwater is a major source of water. The management of these resources is very important answer for increasing drinking, agricultural and industrial water demands. Management measures need knowing the spatial and temporal behavior of groundwater. According to anomalous use of groundwater resources in this region and considering floods due to precipitation regime with severe rainfall, there is a need to investigate Hydro-geomorphological characteristics of quaternary deposits of Jam Plain. In this research, exploration-geophysical surveys of quaternary deposits within the Jam Plain was investigated. For this purpose, graphical methods, geo-electric sections draw, and preparing iso-resistance to different depths maps, reviews exploratory piezometer wells drilled within the Jam Plain by drawing the logs through the provision of wells and subsurface levels between wells; and finally, hydro-geomorphology relations of quaternary deposits were studied. Results showed that the minimum alluvial depth starts from 30 m in north-western margin at a distance of 500 m east of Jam Forest Park and its maximum depth of 95 m is in the north-western margin of the aquifer and 450 m south of Mehrbagh oil and gas well. The highest hydraulic conductivity coefficient of 2.5 m/day in Jam Plain belongs to Gachi well and its minimum of 1.06 m/day is related to Faramarzi well. Investigating the trend of changes of hydraulic conductivity coefficient showed that its rate in the eastern part of the study area was 2-2.5 m/day and decreases to 1-1.5 m/day in the western parts and in the north to south direction it decreases from 2-2.5 to 1-1.5 m/day. The spatial trend of changes in the coefficient of transmission capacity from east to west to the middle of the plain is approximately constant and is located on the floor of 180-200 m²/day, but in western areas it has fallen to 50-90 m²/day. The changes of this coefficient showed no significant changes in the north to south direction till the middle of the plain. But, decreased in the southern parts, which is the result of the reduction of the thickness of alluvium in these areas. Results demonstrated that 4810, 2186 and 5282 ha of the study area belongs to mountainous, hill and plateau and the middle areas between the plains and the mountains units.

Key words: Bushehr Province, Formations, Groundwater, Hydrodynamic relations, Management activities

* Corresponding author: malekian@ut.ac.ir