تأثیر پدیده‌های ژئومورفولوژی بر منابع آب زیرزمینی(مطالعه موردی: دشت سهرین زنجان)

دکترفریده اسدیان*

جعفر خلفی**

چکیده

در کشور ما شرایط اقلیمی به گونه‌ای است که حتی در پربارانترین دشتهای کشور، نیاز به آب زیرزمینی احساس می شود و هر ساله بر تعداد چاههای عمیق و نیمه عمیق در آنها افزوده می گردد. این مساله موجب افت سطح آبهای زیرزمینی و حتی پیشروی آب شور در بسیاری از دشتهای کشور گردیده است. با توجه به قرار گرفتن بسیاری از شهرها و روستاها در این مناطق و همچنین قرار داشتن سطح وسیعی از اراضی کشاورزی در این نواحی نیاز به آب شرب و کشاورزی در بسیاری از این مناطق احساس می‌شود و از سوی دیگر این مساله افت شدید سطح آب زیرزمینی که هر ساله شاهد آن هستیم را موجب گردیده است، به نظر می‌رسد مهمترین مسئله موجود در حال حاضر و آینده، تامین آب مورد نیاز ساکنین این دشتها باشد. بنابراین بررسی وضعیت منابع آبهای زیرزمینی و تعیین عوامل اثرگذار بر روی آنها از اهمیت شایانی برخوردار است. فرمها و فرایندهای ژئومورفیک از جمله مهمترین عواملی هستند که می توانند بر میزان ذخیره، جهت جریان و کمیت و کیفیت آب زیرزمینی اثرگذار بوده و آن را در کنترل خود داشته باشند. بدین منظور، د ر پژوهش حاضر با توجه به اهمیت شناسایی عوامل موثر در وضعیت این منابع و به منظور استفاده صحیح از منابع آبهای زیرزمینی، اقدام به مطالعه پدیده‌های ژئومورفولوژی برای ارزیابی تاثیرات این پدیده‌ها بر روی منابع آب زیرزمینی دشت سهرین واقع در استان زنجان، با استفاده از فنون سنجش از دور (RS) و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردیده است.

نتایج حاصله از این پژوهش نشان می‌دهد، پدیده‌های ژئومورفولوژی جزء عوامل تاثیرگذار بر منابع آب زیرزمینی دشت سهرین می‌باشند. بر این اساس می‌توان گفت مناطق کوهستانی ارتفاعات شمالی دشت، دشت‌های سیلابی، پادگانه‌های آبگذاشتی و مخروط افکنه‌ها جزء مهمترین این عوامل می‌باشند. بوسیله بررسی ارتباط بین پدیده‌های ژئومورفولوژی و منابع آب زیرزمینی در دشت، مناطق دارای پتانسیل منابع آب زیرزمینی مشخص گردید. سپس پیشنهاداتی برای تقویت و بهبود وضعیت آب زیرزمینی دشت سهرین، همانند تعیین محلهای مناسب برای تغذیه مصنوعی منابع آب‌زیرزمینی و یا احداث سدهای زیرزمینی درمناطقی که دارای آب زیرزمینی و بستر مناسب است اقدام گردید.

واژه‌های کلیدی : پدیده‌های ژئومورفولوژی، منابع آب زیرزمینی، RS، GIS

---

*دکتری درجغرافیای طبیعی،مدرس مدعو دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

** دانشجوی کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی و کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی زنجان

تاریخ دریافت:۸۹/۶/۲۸ تاریخ پذیرش:۸۹/۱۱/۲

مقدمه

در ایران منبع اصلی آب، بارش است که به طور طبیعی سالانه ۲۵۲ میلیمتر است. این میزان یک سوم متوسط بارش جهانی (۸۳۱ میلی متر) و یک سوم میزان آسیا (۷۳۲ میلیمتر) است. حدود ۳۰ درصد بارش به شکل برف و بقیه به شکل باران است. به این ترتیب در حالی که یک درصد جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند، سهم ایران از منابع آب تجدیدپذیر فقط ۳٦ صدم درصد است. ذکر این درصدها برای این اهمیت دارد که بروز بحران آب آنها را دستخوش تغییر می‌کند و سازمان‌های بین المللی هشدار می‌دهند که با افزایش جمعیت در ایران، این کشور در سال ۲۰۲۵ درگیر بحران جدی آب خواهد بود. در بخش شمالی کشور بارش باران به ۸۵۰ میلیمتر یعنی میزانی بالاتر از متوسط جهانی بالغ می‌شود، در حالی که در بخشی از کشور این میزان به کمتر از ۵۰ میلیمتر می‌رسد. از میانه بهار آب رودخانه‌ها و چشمه‌ها کاهش می‌یابد و در تابستان تنها منبع قابل استفاده آبهای زیرزمینی است. در حالی که با میزان بهره‌برداری کنونی، آبهای زیرزمینی در معرض خطر جدی قرار دارند. تحقیقات سازمان ملل حاکی از آن است که منابع قابل استفاده آب ایران از ۲۲۰۰ میلیارد مترمکعب در سال ۱۹۹۰ به ۷۲٦ تا ۸٦۰ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۲۵ کاهش خواهد یافت (موسوی، ۱۳۸۲).

در پژوهش حاضر با توجه به اهمیت شناسایی عوامل موثر در وضعیت منابع آبهای زیرزمینی و به منظور استفاده صحیح از آنها، اقدام به مطالعه پدیده‌های ژئومورفولوژی موجود در دشت سهرین زنجان برای ارزیابی تاثیرات این پدیده‌ها بر روی منابع آب زیرزمینی دشت، با استفاده از روشهای سنجش از دور (RS) و سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) گردیده است.

عبدی (۱۳۷۹)، در تحقیق خود به بررسی مشخصه‌های رسوب‌شناختی نهشته‌های کواترنری دشت رنجان به منظور تعیین محلهای مناسب تغذیه مصنوعی پرداخته و محیط رسوبی دشت را بیشتر از نوع مخروط افکنه دانسته و میزان افت سطح آب زیرزمینی را در حدود ۱۰ متر و وسعت سفره آب زیرزمینی دشت را ۵۵۰ کیلومتر مربع و حجم سفره را حدود ۱۷۱۳ میلیون متر مکعب برآورد کرده است.سپس باتوجه بوجود حجم خالی سفره و رواناب سطحی(حدود ۲۰۰ میلیون مترمکعب در سال)در دشت زنجان ، محل اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در محلهای مناسب را تعیین نموده است.

موسوی (۱۳۸۲)، در تحقیق خود به بررسی تاثیر پخش سیلاب بر منابع آب منطقه قره‌چریان پرداخته و به این نتیجه رسیده است که میزان آبدهی چشمه‌ها و قنوات موجود در محدوده پخش سیلاب در مقایسه با سایر مناطق افزایش چشمگیری داشته است و آب نفوذ یافته از طریق شبکه پخش سیلاب، علت افزایش سطح آب زیرزمینی و به تبع آن افزایش میزان دبی چشمه‌ها و قنوات موجود در آن محدوده در مقایسه با سایر مناطق می‌باشد.

RAO (۲۰۰۲)، در بخشی از مرکز و سواحل شرقی هندوستان به بررسی کاربرد سنجش از دور در مطالعه پدیده های ژئومورفولوژی پرداخته و به تلفیق مطالعات میدانی با فن سنجش از دور در جهت بررسی و شناخت پدیده‌های ژئومورفولوژی تاکید می‌نماید.

یک مطالعه جالب در دشتهای مرتفع جنوب ایالات متحده توسط Warren (۲۰۱۰) در مورد تاثیر منابع آب زیرزمینی بر روی پدیده های زمین شناسی، ژئومورفولوژی و پالئوکلیمای منطقه انجام گردیده که نتایج حاصله از این مطالعه بیانگر تاثیر متقابل همه فرایندهای زمین‌شناسی و منابع آب‌زیرزمینی بر روی ذخیره و توزیع آب در محیط می‌باشد.

حسنی شریعت پناهی (۱۳۸٤)، به بررسی نقش ویژگیهای ژئومورفولوژیکی در منابع آب شمال کویر حاج علیقلی پرداخته است. ایشان محل به هم رسیدن مخروط‌افکنه‌ها را مناطق مناسب برای تغذیه منابع آب زیرزمینی در این منطقه دانسته است. همچنین، بخش کوهستانی منطقه را عامل جذب رطوبت و بارندگی و تامین آب مورد نیاز دشت معرفی و تکتونیزه بودن این بخش را عامل موثر در جذب بیشتر آبها و ظهور چشمه‌ها و تغذیه آب زیرزمینی دشت بیان کرده، و در پایان، بدون اشاره به معضلات زیست محیطی احداث سدهای زیرزمینی، اجرای اینگونه پروژه‌ها را در منطقه پیشنهاد داده است.

اطلاعات موجود نشان می‌دهد که تحقیقات گسترده و جامعی در رابطه با موضوع تاثیر پدیده‌های ژئومورفولوژی با منابع آب زیرزمینی مخصوصا در داخل کشور صورت نگرفته است. همچنین پیشینه تحقیق و مطالعه در این مورد بیشتر مربوط به دهه‌های اخیر است، بطوریکه به رغم پژوهشهای انجام شده تا به امروز، به نظر می‌رسد، ادامه تلاشهای علمی به لحاظ روابط پیچیده پدیده‌های ژئومورفولوژی با منابع آب زیرزمینی تا روشن شدن و درک ابعاد مختلف آن اجتناب ناپذیر باشد.

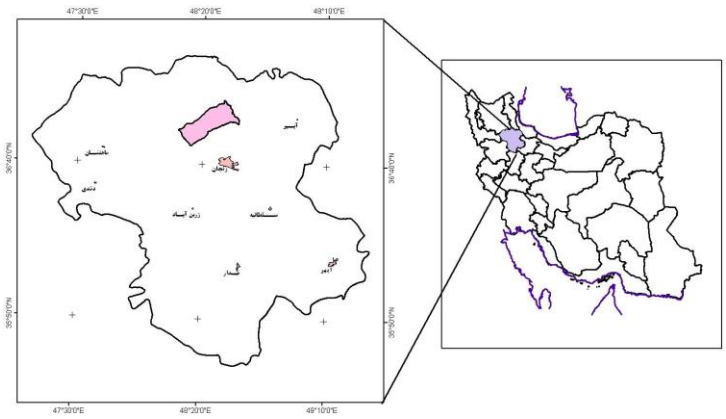
منطقه مورد مطالعه

دشت سهرین در شمال غربی ایران و در ناحیه شمال غربی شهر زنجان، بین طولهای جغرافیایی "۱٤ ، '۱۰ ، °٤۸ تا "٤۰ ، '۳٤،°٤۸ شرقی و عرض های جغرافیایی"۰۳ ، '٤٦ ، °۳٦ تا "۵۰ ، '۰۰ ، °۳۷ شمالی و در فاصله ۲۵ کیلومتری از آن قرار دارد (نقشه ۱). این دشت با مساحت ۳۸۹۳٦/٤ هکتار از شمال شرق به کوههای طارم، از جنوب غرب به رودخانه زنجانرود، از جنوب شرق به رودخانه سهرین و از شمال غرب به رودخانه قره چریان محدود می گردد. حداکثر ارتفاع منطقه ۲۹۰۰ متر در قسمت شمال شرق دشت واقع در کوههای طارم و حداقل آن ۱۳۸۰ متر در نزدیکی روخانه زنجانرود است. اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک بوده و میانگین بار ش سالانه منطقه در طی دوره آماری۱۳۷۷-۱۳٤۷ برابر با ۳٤۰ میلیمتر است. مناطق مسکونی عمده موجود در این دشت شامل ۱٤ روستا می باشد.

مواد و روشها

فرآیند و روش تحقیق، مبتنی بر گردآوری منابع مطالعاتی موجود شامل تحقیقات صورت گرفته، نقشه‌های تهیه شده توسط سازمانهای مختلف و تصاویر ماهواره‌ای IRS منطقه است. در مرحله اول، با استفاده از اطلاعات موجود و نقشه‌های پایه، در محیط نرم‌افزارهای GIS و RS، همانند Ilwis3.3، ArcGIS و برنامه جنبی Arc Hydro اقدام به تهیه نقشه‌های موضوعی مورد نیاز گردید. سپس با استفاده از این نقشه‌ها، نقشه ژئومورفولوژی اولیه (شامل فرمها و فرایندهای ژئومورفولوژی) برای دشت تهیه گردید. در این مرحله به‌منظور

کنترل و تصحیح اشکال و فرایندهای مختلف ژئومورفولوژی مشخص شده روی نقشه مقدماتی و تعیین محدوده این پدیده‌ها، از تصاویر ماهواره‌ای IRS (باندهای LISS۳٤٥ سال ۲۰۰۷) استفاده گردید. برای تهیه داده‌های مورد نیاز از این تصاویر، ابتدا با توجه به محدوده دشت روی نقشه توپوگرافی (مقیاس ۲۵۰۰۰ :۱)، شماره گذر و ردیف محدوده دشت تعیین شد. منطقه مطالعاتی در فریم ٦٦/٤٤ قرار دارد. نقشه محدوده دشت برای برش تصاویر ماهواره‌ای در نرم افزار Ilwis 3.3 مورد استفاده قرار گرفت. سپس تصویر مربوط به هر باند برای محدوده دشت تهیه و تصویر کاذب رنگی از این تصاویر تهیه گردید.



نقشه ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در گستره ایران و استان زنجان

برای مشخص شدن بیشتر و بهتر وضعیت توپوگرافی و اشکال مختلف روی دشت، ترکیب رنگی تهیه شده، با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه شده از نقشه توپوگرافی، سه بعدی گردید. سپس با استفاده از مشاهده بصری تصویر و قراردادن نقشه ژئومورفولوژی اولیه تهیه شده روی آن، محدوده فرمها و فرایندهای مشخص شده روی نقشه کنترل و تصحیح گردید. همچنین محدوده مخروط افکنه‌ها و آبگذاشتهای روی دشت با دقت بالا مشخص شد. برای کنترل نهایی نقشه تهیه شده، با استفاده از نرم‌افزار DNR Garmin، این نقشه به یک دستگاه GPS منتقل گردیده و بوسیله سیستمهای مسیریاب ماهواره‌ای (Navigation)، نقشه موجود در طی عملیات صحرایی تصحیح گردید. نتیجه نهایی حاصل شده از تلفیق اطلاعات میدانی، نقشه‌های تهیه شده و تصاویر ماهواره‌ای، عبارت است از نقشه ژئومورفولوژی منطقه که حاوی فرمها و فرایندهای مختلف ژئومورفیک در منطقه است.

در مرحله دوم، با استفاده از آمار گردآوری شده مربوط به منابع آب زیرزمینی منطقه اعم از چاهها، چشمه‌ها، قنوات و ... و انجام عملیات میدانی، موقعیت منابع آب موجود در دشت مشخص و نقشه پراکنش آنها تهیه و مشخصات آنها مورد مطالعه قرار گرفت.

در نهایت با تلفیق اطلاعات و نقشه‌های موجود، تهیه بانک اطلاعاتی و استفاده از تمام داده‌ها، نقشه‌ها و اطلاعات جمع‌آوری شده، به بررسی روابط بین پدیده‌های ژئومورفولوژی موجود با تشکیل، میزان ذخیره، جهت جریان و موقعیت منابع آب زیرزمینی و ... پرداخته

شده و مهمترین پدیده‌ها و اشکال ژئومورفولوژیکی تاثیرگذار بر منابع آب زیرزمینی در دشت شناسایی گردید. با توجه به نتایج حاصله، پیشنهاداتی جهت بهره برداری بهینه از منابع آب موجود در منطقه ارائه و مکانهای مناسب جهت تغذیه مصنوعی سفره‌های آب‌زیرزمینی و نیز احداث سد یا سدهای زیرزمینی درمناطقی که دارای آب زیرزمینی و بستر مناسب هستند مشخص شدند.

واحدهای ژئومورفولوژی موجود در منطقه مورد مطالعه

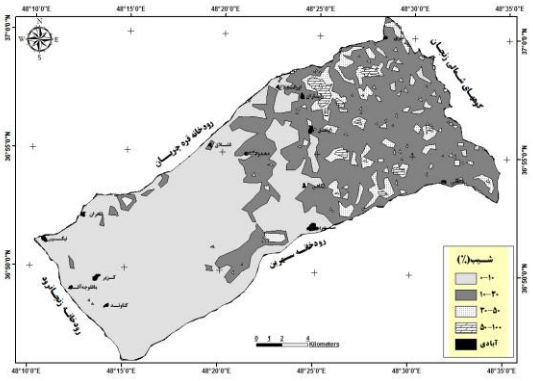
پدیده‌ها و اشکال ژئومورفولوژیکی سطح زمین از یک طرف ناشی از عملکرد نیروهای سازنده فرایندهای درونی می‌باشند که تحت عنوان فرایندهای ساختمانی نامیده می‌شوند و از طرف دیگر این پدیده‌ها تحت تاثیر فرایندهایی از بیرون واقع می‌شوند که بیشتر آنها ناشی از عملکرد فرایندهای اقلیمی و فاکتورهای آب و هوایی است (اصغری مقدم، ۱۳۸٦). در این قسمت به بررسی این پدیده‌ها و فرایندهای ساختمانی (مورفوتکتونیکی) و آب و هوایی (مورفودینامیکی) در دو بخش عمده، پرداخته شده و بر این اساس نقشه ژئومورفولوژی دشت ارائه خواهد شد.

فرایندهای ساختمانی

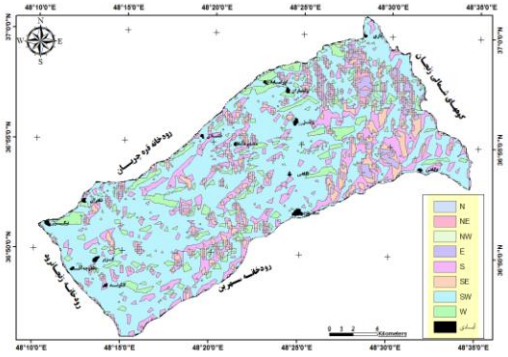
بطورکلی فرایندهای ساختمانی موجود در دشت سهرین، در سه مورفولوژی جداگانه قابل بحث و بررسی می‌باشد.

واحد کوهستان و ارتفاعات :

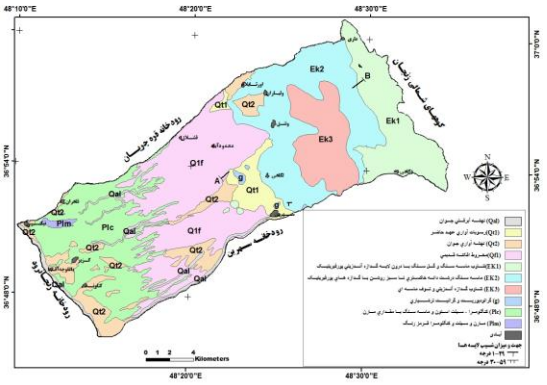
این محدوده کوهستانی سرتاسر ارتفاعات شمالی دشت را در بر می‌گیرد که دارای شیب عمومی ۲۵ درصد بوده و سطحی در حدود ۱۳۹/۹۲ کیلومتر مربع را شامل می شود که حدود ۳۵ درصد سطح دشت را به خود اختصاص داده است. بلندترین نقطه آن کوه خیرالمسجد (۲۹۰۰ متر از سطح دریا) می باشد. بعد از رسوب گذاری کنگلومرای قاعده ای، دوره ائوسن در این منطقه، شامل سنگهای آذرینی و رسوبات توفی است. این رسوبات بیشترین گسترش و ضخامت را در این کوهها نشان می‌دهند. نهشته‌های آذر آواری با دو منشا آتشفشانی و رسوبی در این کوهها معادل سازند کرج در البرز مرکزی است.



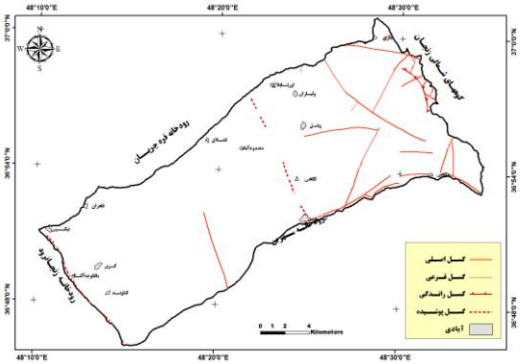
نقشه ۲- نقشه شیب



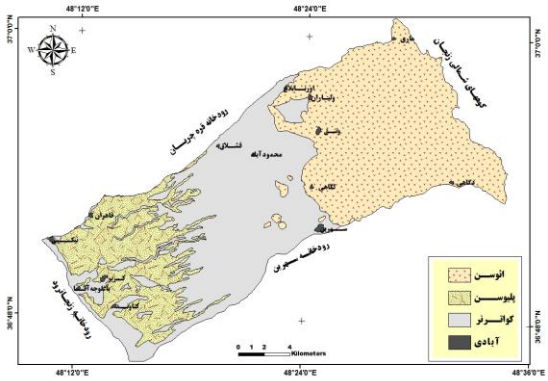
نقشه ۳- نقشه جهت شیب



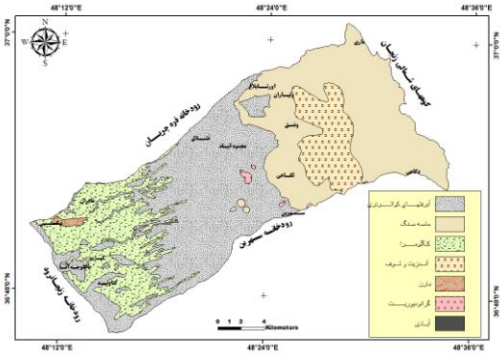
نقشه ٤- نقشه زمین‌شناسی



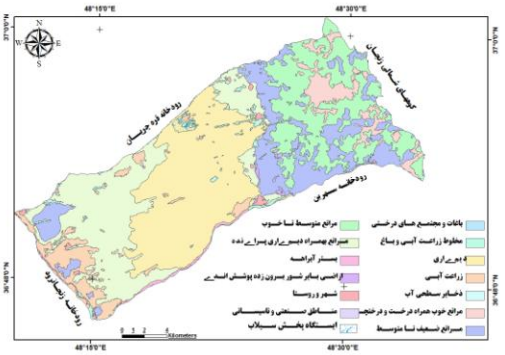
نقشه ٥- نقشه تکتونیک



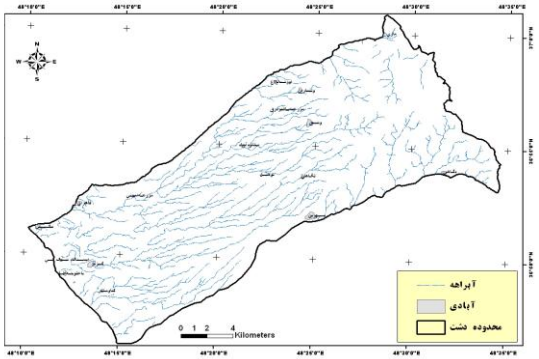
نقشه ٦- نقشه سن زمین شکلها



نقشه ٧- نقشه لیتولوژی

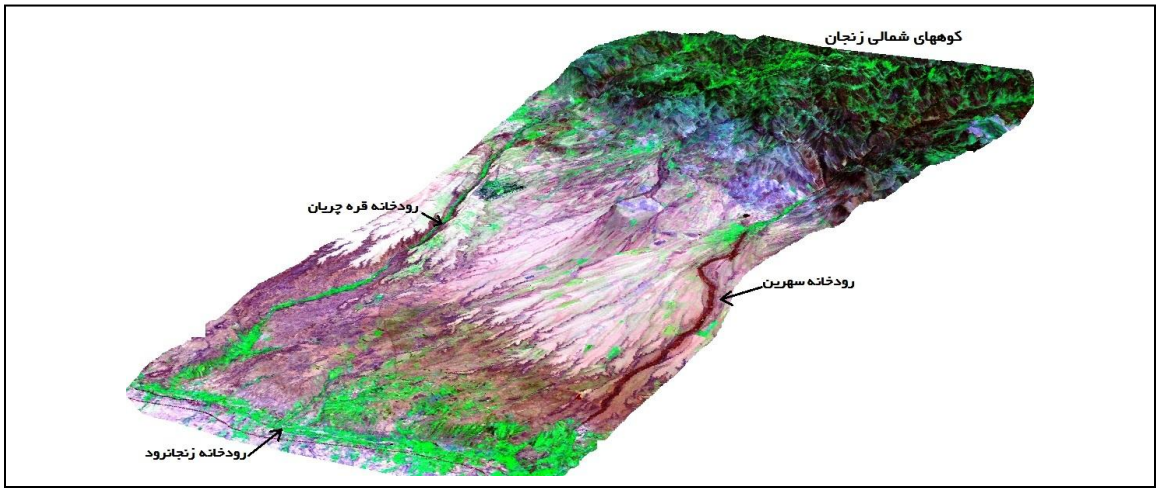


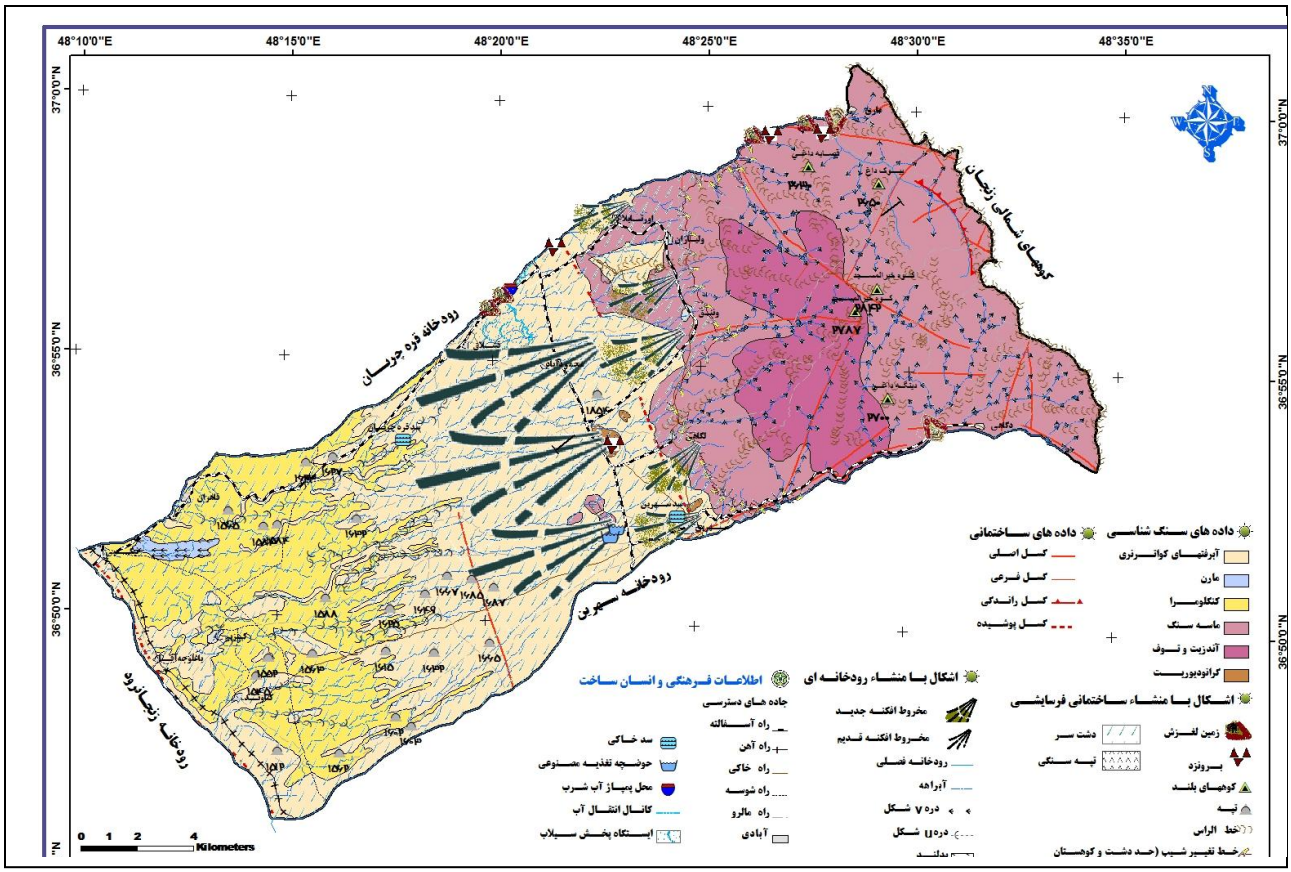
نقشه ٨- نقشه کاربری اراضی



نقشه ٩- نقشه هیدروگرافی

نقشه‌ها تهیه شده توسط پژوهشگر (۱۳۸۹)، با اقتباس از نقشه‌های سازمان زمین شناسی و نقشه‌برداری


کوههای شمالی زنجان
رودخانه قره چریان
رودخانه سهرین
رودخانه زنجانرود

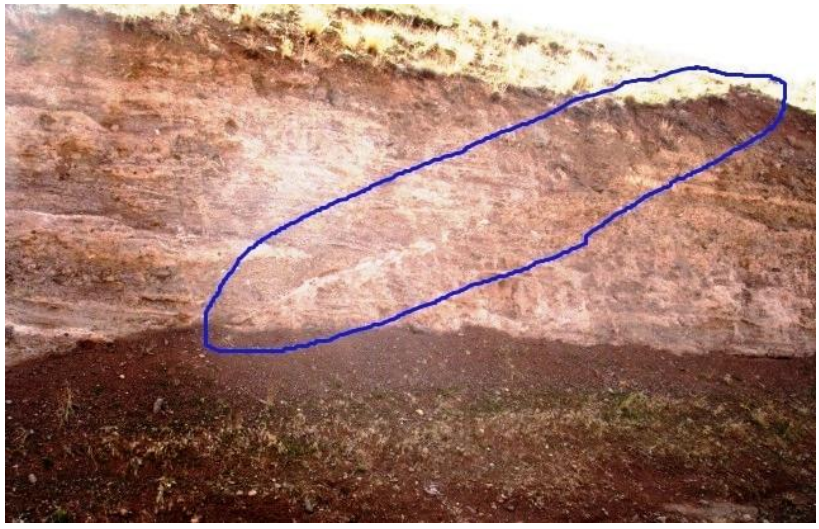

48°10'0"E
48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
37°0'0"N
36°55'0"N
36°50'0"N
36°45'0"N
رود خانه قره چریان
رودخانه سهرین
رودخانه زنجانرود
کوههای شمالی زنجان
داده های سنگ شناسی
داده های ساختمانی
اشکال با منشاء ساختمانی فرسایشی
اشکال با منشاء رودخانه ای
اطلاعات فرهنگی و انسان ساخت
0 1 2 4 Kilometers

با توجه به برف‌گیر و سردسیر بودن ارتفاعات دشت و جهت رو به آفتاب اغلب دامنه‌های آن، هوازدگی فیزیکی موثر گردیده و تشکیل واریزه‌های متوسط و درشت در این قسمت‌ها داده است. در اینجا عمل یخبندان آب، پوشش گیاهی منطقه، تجزیه سنگها به وسیله ریشه گیاهان و تغییرات درجه حرارت عامل تشدید این نوع هوازدگی است.

این پهنه به دلیل اینکه سرچشمه دو رودخانه مهم سهرین در شرق و قره‌چریان در قسمت غربی منطقه مورد تحقیق است و عامل تشکیل مناطق مسکونی موجود در دشت (حد فاصل دو رودخانه) می‌باشد دارای اهمیت فراوانی می باشد. بطورکلی این پهنه از واحدهای چین خورده و گسل خورده و تشکیلات ماسه‌سنگهای ائوسن همراه با گدازه‌های آندزیتی و توف تشکیل شده است که به دلیل برخورداری از برخی ویژگیهای خاص، نظیر مقاومت فیزیکی نسبتا بالا و سیمای توپوگرافی مرتفع، مقطع آبراهه‌ها در این نواحی معمولا «V» شکل و بصورت پرتگاه است.

سرعت جریان در این مقاطع به دلیل ازدیاد شیب و حجم فراوان بارشها، زیاد بوده و نقش مهمی را در تغییر شکل کوهستان به عهده دارند. از ویژگیهای دیگر این محدوده ضریب نفوذپذیری کم آن و وجود چشمه‌های فراوان مخصوصا در قسمت شمال غربی است. به نظر می‌رسد این قسمتها به دلیل وجود گسلهای فراوان و داشتن شکستگیهای برشی، سطوح لایه بندی و کانیهای نامقاوم که سریعا هوازده می‌شوند امکان نفوذ آبها را به لایه‌های پایین‌تر فراهم می‌آورند (عکس ۱).

از نکات قابل توجه اینکه برف موجود در کوههای شمال شرقی روستا در محلی به نام قصابه تا یکی دو دهه پیش بویژه در فصل تابستان مورد استفاده اهالی قرار می‌گرفته است (به نقل از مصاحبه با افراد بومی و ساکنین روستای ماری).



واحد کوهپایه و تپه‌های کم ارتفاع

این پهنه، شامل تپه‌ها و صخره‌های حاوی تشکیلات نفوذی گرانودیوریت و گرانیت است که در بخشهای میانی دشت بطور پراکنده (در پایین دست و بین روستاهای وننق و سهرین) و بیشتر در پایین دست و نزدیک ارتفاعات شمالی محدوده (بالادست روستاهای سهرین، وننق و اورتابلاق) مورد مطالعه دیده می‌شود.

از عوامل محدود کننده نفوذ آب در لایه‌های سنگی و نیز تشکیل سفره‌های آب با حجم ذخیره بالا در این قسمت از دشت، می‌توان به وجود نداشتن درز و شکافهای کافی در سنگها، عدم ارتباط فضاها با همدیگر، پر شدن درز و شکافها به وسیله مواد دانه ریزتر (به ویژه در سنگها گرانودیوریتی) لگد کوب شدن و سم کوب شدن سطح زمین به وسیله احشام و مهمتر از همه شیب دامنه‌ها را نام برد. از نظر کیفیت آب در واحدهای سنگی دشت به علت محدود بودن مواد قابل انحلال، کیفیت آب چشمه‌ها و دره‌ها مطلوب و دارای آب شیرین می‌باشند. از پدیده های دیگر موجود در این تشکیلات می‌توان به وجود چشمه آبگرم در نزدیک روستای وننق در تشکیلات گرانودیوریتی اشاره کرد.

واحد تقریبا هموار و کم ارتفاع

بخش گسترده‌ای از اراضی دشت (حدود ٤٠ درصد)، مربوط به پهنه‌های هموار و کم ارتفاع با شیب حدود ۱ الی ۱۰ درصد است. این محدوده از اراضی دشت، به دلیل دارا بودن ویژگیهای محیطی مستعد برای کشاورزی در سطح استان مطرح بوده و دارای اهمیت اقتصادی فراونی است. بطور کلی سیمای مورفولوژیکی این محدوده را در می‌توان در سه بخش جداگانه مورد بررسی قرار داد :

دشت‌های سیلابی و پادگانه‌های آبگذاشتی:

این اراضی اساساً حاصل رسوب‌گذاری متمادی رودخانه های سهرین، قره‌چریان و زنجانرود در اطراف مسیر خود طی سالیان زیاد می‌باشد. این اراضی معمولا به دلیل واقع شدن در مسیر سیلابهای فصلی، کمتر مورد استفاده کشاورزی قرار می گیرند. در حالیکه اراضی حاشیه این مناطق معمولا علاوه بر اینکه دارای خاک حاصلخیز برای کشاورزی است، به دلیل نزدیکی به مسیر عبور جریانات زیرزمینی، مکانهای مناسبی برای حفر چاه می باشند، به همین دلیل فعالیتهای زراعی در آنها رونق فراوانی دارد. این اراضی قابلیت نفوذ زیادی دارد زیرا فضاهای خالی بین مواد تشکیل دهنده آن بزرگتر است، که باعث به وجود آمدن قابلیت نفوذ مستقیم آب شده است.(عکس ۲)

عکس ۲- نمایی از اراضی کشاورزی حاشیه دشت رسوبی در حاشیه رودخانه قره‌چریان (تصویر ماهواره‌ای

مسیل‌ها و بسترهای طغیانی قدیمی

بسترهای طغیانی گذشته، شامل قسمتهایی از اراضی است که در طول سالیان گذشته، مسیر عبور جریانات فصلی و سیلابی خارج شده از کوهستان در پای کوه‌ها می‌باشد.این پهنه‌ها، در برگیرنده خاک‌های دارای سنگریزه کم (حداکثر تا ۱۵ درصد) است که پس از حمل توسط رودخانه‌ها در منطقه رسوبگذاری شده‌اند.

مخروط‌افکنه‌ها

مخروط افکنه‌ها به علت حاصلخیزی و امکان دسترسی به منابع سطحی و زیرزمینی در محدوده آنها، از جنبه های کشاورزی و سکونتگاهی مورد توجه ژئومورفولوگ‌ها هستند (Blair، ۱۹۹٤).

سطح قابل توجهی از اراضی دشت سهرین را مخروط افکنه‌های مرکبی با شیب کمتر از ۵ درصد تشکیل می‌دهند که به دلایل ذیل مطالعه آنها اهمیت بسزایی دارد :

- مستعدترین اراضی جهت زراعت می‌باشند (عکس ۳ و ٤).

- منبع و محل مناسبی برای ذخیره یا تغذیه آبهای زیرزمینی بسیاری از دشتها از جمله دشت سهرین می‌باشند.

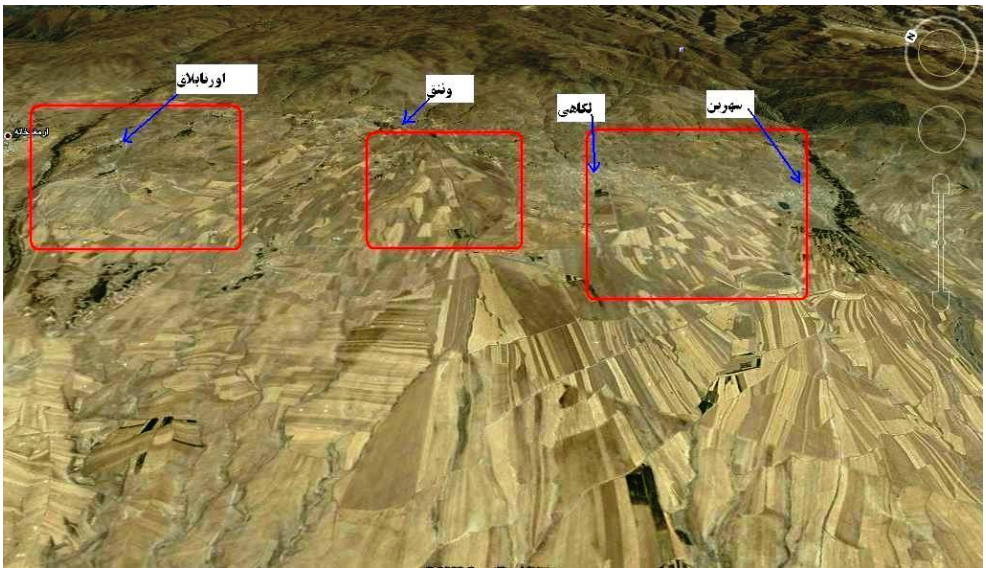
- به علت بالا بودن نفوذپذیری رسوبات مخروط افکنه‌ای، این عوارض محل مناسبی برای پروژه‌های تغذیه سفره‌های آب‌زیرزمینی تلقی می‌گردند.

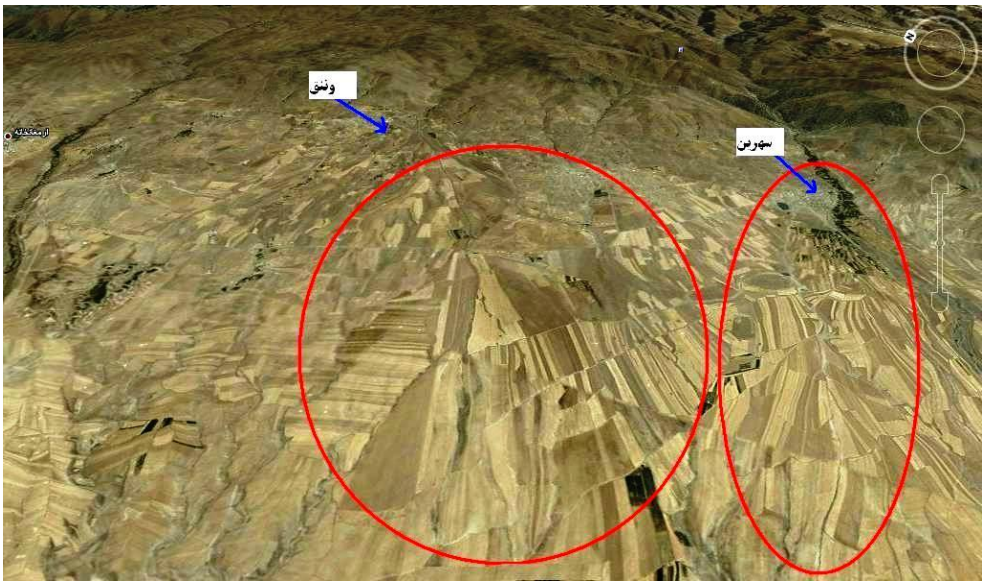
- مخروط افکنه‌ها به علت ذخیره آبی خوبی که عموما بوسیله حفر قنات استخراج می‌گردند مسکونی هستند (پاشایی، ۱۳۸۱).

فرایندهای مورفودینامیکی تاثیرگذار بر منطقه

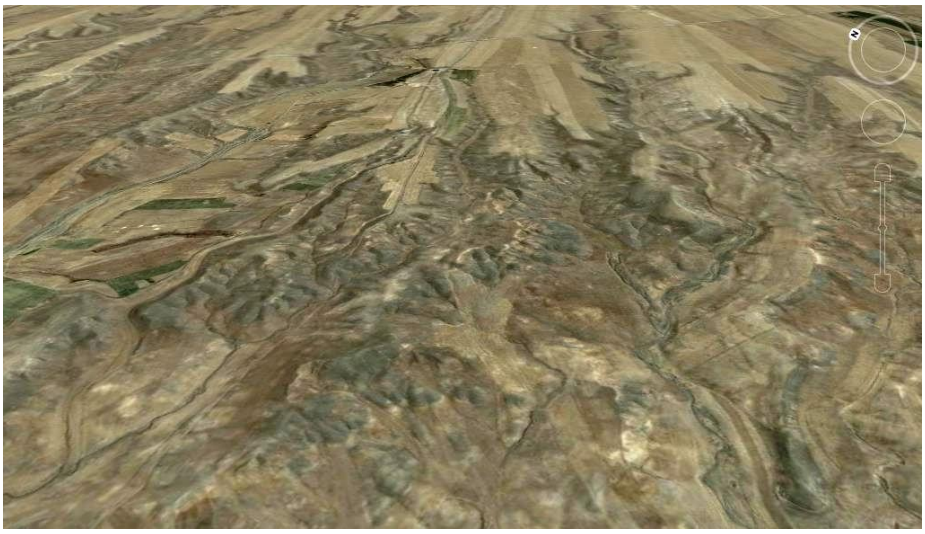
در حال حاضر با توجه به شرایط آب و هوایی، مهم‌ترین عوامل فرسایشی از سمت ارتفاعات شمال شرقی به سمت پست‌ترین نقاط دشت در نزدیکی رودخانه زنجانرود شامل فرایندهای : فرسایش برفی، فرایندهای با منشا هوازدگی، فعالیت آبهای جاری و انحلال است.

با توجه به مشاهدات و مطالعات میدانی، هوازدگی شیمیایی و نیز عمل انحلال ، اغلب در تشکیلات مارنی واقع در جنوب غربی دشت قابل مشاهده است (عکس ۵).





عکس ٤- زراعت دیم و آبی در روی مخروط افکنه‌های مرکب موجود در دشت سهرین (تصویر ماهواره‌ای Google Earth 2003)



عکس ٥- فرسایش بدلندی بر روی مارنهای نزدیک روستای قره‌چریان (تصویر ماهواره‌ای Google Earth 2003)

نفوذپذیری دشت

در مطالعه منابع آبهای زیرزمینی و قابلیت ذخیره آبها در سازندهای مختلف، اولین قدم طبقه بندی لیتولوژی سنگهای منطقه و سپس مطالعه وضعیت درزها و گسلها و میزان انحلال یافتگی آنهاست (نقشه ۱۱).

آبهای زیرزمینی

برای مشخص کردن جهت و میزان جریان آب‌زیرزمینی و نقش تغذیه کنندگی پدیده‌های مختلف ژئومورفولوژی موجود در دشت، به بررسی آمار و موقعیت چاههای پیزومتری و بهره‌برداری و چشمه‌های موجود در دشت پرداخته شده و نقشه تراز سطح آب زیرزمینی برای دشت تهیه گردید.

چاه‌ه‌ای پیزومتری، چاههایی هستند که برای اندازه‌گیری و مطالعه نوسانات سطح آب زیرزمینی، تا برخورد به سطح ایستابی و کمی پایین تر از آن، با قطر دهانه محدود(حدود ۸ اینچ) حفر می‌شوند. در حدود ۲۳ چاه پیزومتری در دشت سهرین و محدوده آن توسط سازمان آب استان زنجان حفر گردیده که آمار آنها بصورت مرتب برداشت و مورد مطالعه قرار می‌گیرند. که با استفاده از این آمار، به روش درون یابی در نرم افزار Surfer، نقشه‌های هم عمق سطح آب زیرزمینی در دوره‌های حداکثر و حداقل تهیه شده است (نقشه ۱۲ و ۱۳). آمار چاهها در منطقه بیانگر یک نتیجه جالب است و آن اینکه دوره حداکثر در چاههای پایین دست ایستگاه پخش سیلاب قره‌چریان مربوط به مهر ماه است در حالیکه دوره حداکثر در بقیه چاههای موجود در دشت معمولا در اواخر اسفند ماه رخ می‌دهد. از تعداد ۲۳ حلقه چاه پیزومتری، در حدود ۹ چاه دارای لوگ حفاری مطالعه شده هستند. با توجه به لوگ چاههای پیزومتری موجود، دامنه تغییرات سطح ایستابی تا حدی از توپوگرافی تبعیت نموده بطوریکه در نواحی مرتفع عمدتا در عمق بیشتری نسبت به سطح توپوگرافی قرار گرفته و در نواحی پست به سطح زمین نزدیک تر شده است بطوریکه در مجاورت زنجانرود عمق سطح ایستابی خیلی نزدیک به سطح زمین و در حدود کمتر از ۱۰ متر است. بطورکلی، عمق سطح ایستابی در دشت، بین ۲۰ تا ٦٦ متر است که بطور متوسط در قسمتهای میانی دشت، سطح برخورد به آب حدود ۳۳ متر می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و هیدرودینامیکی آبخوانهای آبرفتی دشت

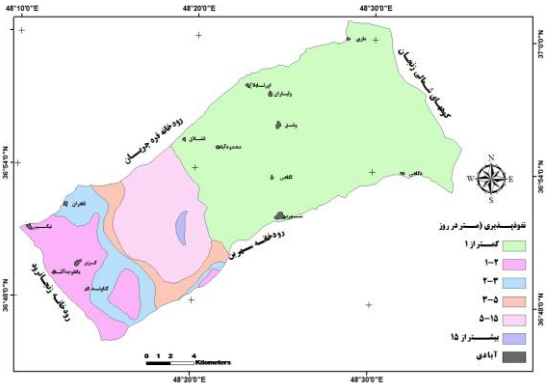
ضخامت آبخوان (m)	سطح برخورد به آب (m)	نفوذپذیری (m/day)	ضریب ذخیره (٪)	قابلیت انتقال (m/day)
۸۵	۳۳	۱-۱۵	٤	۱۲۵

چاههای بهره‌برداری، چشمه، قنات

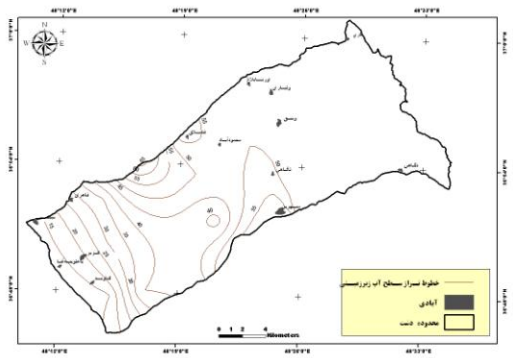
منابع تخلیه کننده آب زیرزمینی شامل چشمه، قنوات و چاهها می باشند. با توجه به سازندهای زمین شناسی، پراکنش و نوع این منابع در نقاط مختلف متفاوت است. چشمه ها غالباً در مناطق کوهستانی واقع بوده و قنوات و چاهها در آبگذاشتها حفر گردیده اند. چشمه ها و قنوات و چاهها، تخلیه کننده‌های طبیعی و مصنوعی آب زیرزمینی می باشند.

بطور کلی در دشت سهرین تا سال ۱۳۸٤، ۱٤۳ حلقه چاه بصورت قانونی ثبت گردیده، که به نظر می‌رسد تعداد چاههای بهره‌برداری بیش از این آمار باشد. اکثر این چاهها در نزدیکی رودخانه زنجانرود و یا در پایین دست ایستگاه پخش سیلاب قره‌چریان حفر گردیده است (نقشه ١٤). در بازدید به عمل آمده از روستاها و اراضی پایین دست ایستگاه پخش سیلاب، این موضوع ثابت گردید که پس از احداث این ایستگاه میزان حفر چاهها و تبدیل زمینهای زراعی دیم به آبی شدت بیشتر شده است. بطوریکه در یک تجزیه و تحلیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، افزایش مساحت اراضی زراعی دیم از ۱۱۰/۳ هکتار در سال ۱۳۷۵ به ۲۷۱ هکتار در سال ۱۳۸٦ تخمین زده می‌شود.

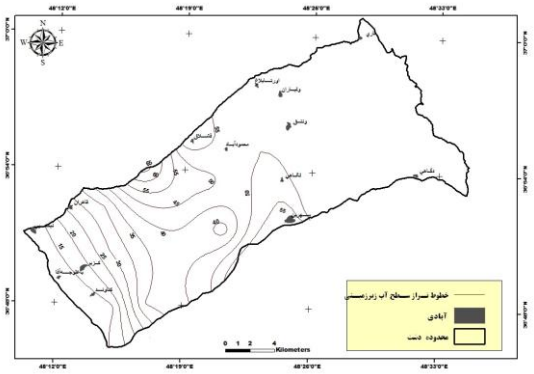
در دشت سهرین تا سال ۱۳۸۹ در حدود ۲۹۸ حلقه چشمه ثبت گردیده است که پراکنش آنها بیشتر در مناطق کوهستانی شمالی دشت و در تشکیلات توف و ماسه سنگ سازند ائوسن (تشکیلات کرج) و گاهی در رسوبات آبگذاشتی و کنگلومرایی مشاهده می‌شوند (نقشه ١٤). همچنین در دشت سهرین تا سال ۱۳۸٤، در حدود ۲۱رشته قنات ثبت گردیده است. از مهمترین این قناتها می‌توان به قناتهای قره‌چریان، نوحل و قنات داخل ایستگاه پخش سیلاب قره‌چریان اشاره کرد که تغییرات دبی خروجی قناتهای قره‌چریان و قنات داخل ایستگاه پخش سیلاب تا حدود زیادی با میزان آبگیری ایسنگاه پخش سیلاب تغییر می‌نمایند(نقشه ١٤).

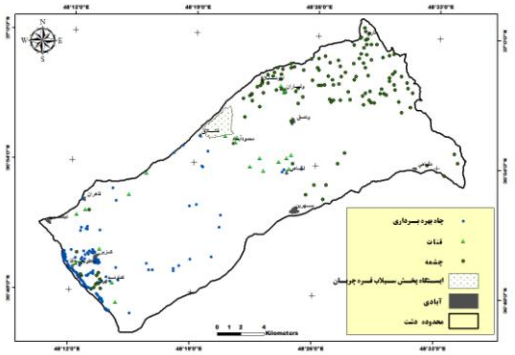


نقشه ۱۱- نقشه نفوذپذیری دشت سهرین



نقشه ۱۲- نقشه هم عمق سطح آب زیرزمینی در دوره حداقل





نقشه ۱۳- نقشه هم عمق سطح آب زیرزمینی در دوره حداکثر نقشه ١٤- نقشه موقعیت چاههای بهره برداری، قنوات و چشمه‌ها

تلفیق نقشه‌های منابع آب زیرزمینی با نقشه ژئومورفولوژی

در ادامه به منظور درک صحیح و مناسب از تاثیر پدیده‌های ژئومورفولوژی بر منابع آب زیرزمینی در دشت، اقدام به تلفیق نقشه‌های منابع آب زیرزمینی با نقشه ژئومورفولوژی شده و تاثیرات آنها بر این منابع بررسی گردید (نقشه ۱۵). نتایج حاصله از تلفیق نقشه‌ها، بیانگر ارتباط بین پدیده‌های ژئومورفولوژی و منابع آب زیرزمینی در دشت سهرین است.

ارتباط تنگاتنگی بین اشکال توپوگرافی و ژئومورفولوژی و سیستمهای هیدرولوژی در دشت سهرین وجود دارد، به عنوان مثال از ۲۹۸ چشمه ثبت گردیده، فقط ۳۲ چشمه در مناطق دشتی و کم شیب است و پراکنش آنها بیشتر در مناطق کوهستانی شمالی دشت و در تشکیلات توف و ماسه سنگ سازند ائوسن (تشکیلات کرج) و گاهی در رسوبات آبگذاشتی و کنگلومرایی مشاهده است. بطوریکه از تعداد کل چشمه‌ها، سه چشمه در مناطق دارای تشکیلات آبگذاشتی، ۲۷ چشمه در تشکیلات کنگلومرای پلیوسن، ۱۸ چشمه در آندزیت و توف ائوسن و بقیه در تشکیلات ماسه سنگی ائوسن قرار دارد. همچنین در یک برآورد کمی بین فعالیت های تکتونیکی و وجود چشمه‌ها در محیط GIS، مشاهده می‌گردد که از ۲۹۸ چشمه موجود در دشت، ۱٦۰ چشمه در مجاورت مناطق فعال گسلی در شمال و شمال غربی دشت ایجاد شده است. این موضوع بیانگر این مطلب است که انتقال آب در این نقاط از دشت تحت تأثیر فرایند خطواره‌های گسلی قرار گرفته است. احتمالا این گسلها به عنوان یکی از منابع تغذیه کننده آبخوانهای دشت می‌تواند مطرح باشد.

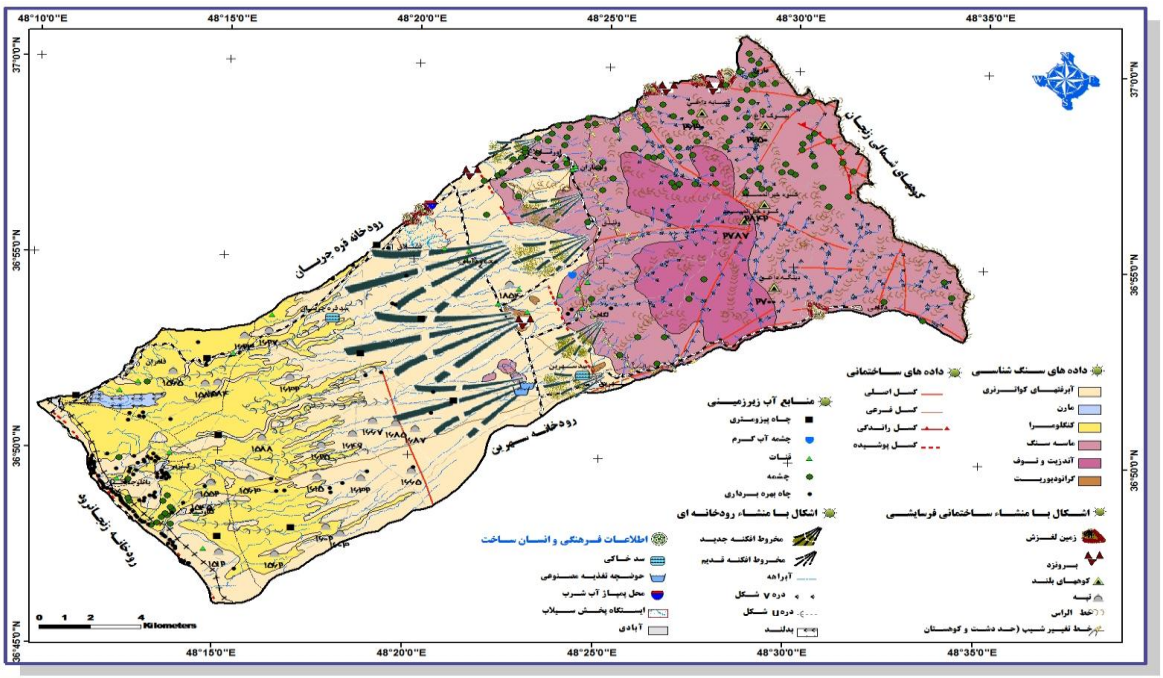
هچنین از ۲۱ رشته قنات موجود در دشت، حدود ۱۳ قنات در محدوده مخروط‌افکنه‌ها و بقیه در تشکیلات کنگلومرایی دشت ایجاد شده‌اند. آب فنوات معمولا از نزدیکی راس مخروط افکنه‌ها تامین می‌شود یعنی اینکه مادر چاهها در محل راس مخروط حفر گردیده‌اند که بافت درشتتر و بزرگتر از ماسه دارند و کمتر تفکیک شده‌اند. در نتیجه بر اثر قابلیت نفوذپذیری بیشتر مواد در حلقه چاههای فوقانی، آب به سرعت به طرف پایین و در داخل مخروط افکنه حرکت می‌نماید. این موضوع قابل ذکر است که، کیفیت آب در مادر چاهها

بسیار مناسب است، در صورتی که در قسمتهای انتهایی سراشیبی و نزدیک پنجه مخروط‌افکنه، قطر متوسط ذرات کاهش می‌یابد و سطح آب‌زیرزمینی نیز بالا می‌آید و از کیفیت آب کاسته می‌شود.

دقت در نقشه‌ی تراز سطح آب‌زیرزمینی دشت، بیانگر این موضوع است که، حداکثر سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی در حاشیه ارتفاعات شمالی منطقه (در ابتدای مخروطه‌افکنه) و بیش از ۵۰ متر است، در حالیکه در محدوده آبگذاشت‌های حاشیه زنجان رود، سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر عمق دارد بدین ترتیب حرکت آب زیرزمینی از نقطه‌ای با ارتفاع زیاد به طرف نقطه‌ی کم ارتفاع صورت می‌گیرد، یعنی در دشت سهرین جهت جریان ها از قسمتهای کوهستانی شمالی به سمت مرکز و جنوب است. این موضوع ناشی از ضخامت آبگذاشت‌ها است که هر چه از ارتفاعات دور می‌شویم ضخامت آنها کاهش می‌یابد و در نتیجه سطح ایستابی بالا می‌آید. بنابراین رودخانه زنجانرود که در خط القعر دشت واقع شده است ، نقش زهکش دشت و آب خروجی مسیلهای بالادست را ایفا می‌نماید.

آبخوانهای موضعی

این آبخوانها دارای سفره‌های آب زیرزمینی ضعیف وکم‌حجم بوده که ابعاد بسیار محدودی دارند. بهره‌برداری از این سفره ها غالباً بصورت چاه‌های نیمه‌عمیق می‌باشد و در حاشیه مسیلها، آبگذرها و رودخانه‌ها و مخروط‌افکنه‌های کوچک دشت تشکیل شده‌اند. منابع آب این سفره‌ها تابع شرایط اقلیمی و هیدرولوژی جریانات سطحی بوده و در حاشیه رودخانه‌های فصلی دشت، بخصوص رودخانه‌های سهرین و قره‌چریان از اهمیت خاصی برخوردار هستند.



نقشه ۱۵- تلفیق نقشه منابع آب زیرزمینی با نقشه ژئومورفولوژی

نتیجه گیری

با توج به نتایج حاصله، نقش عوامل ژئومورفولوژی در منابع آب زیرزمینی دشت سهرین را می‌توان در سه بخش جداگانه مورد بحث قرار داد.

آبخوانهای بزرگ منطقه‌ای در دشت

آبخوان‌های موضعی به هم پیوسته که تشکیل یک آبخوان بزرگ آزاد را در مقیاس منطقه‌ای بوجود می‌آورند، دارای وسعت زیاد و حجم قابل ملاحظه‌ای می‌باشند. آبخوان یا سفره آزاد بزرگ موجود در دشت سهرین در واقع قسمتی از آبخوان آزاد دشت زنجان است که دارای حجم بسیار زیاد بوده و از نزدیکی سلطانیه در شرق استان تا روستای سرچم در منتهی الیه غرب استان ایجاد شده است (سفره‌های آزاد در واقع سفره‌های سطحی است که در نتیجه برخورد آبهای نفوذی به اولین قشر غیر قابل نفوذ زمین، تشکیل می‌شود) (کردوانی، ۱۳۸۵). این آبخوان در دشت سهرین، توسط ارتفاعاتی که در بخش شمالی دشت قرار دارند و همچنین رودخانه ها و مخروط‌افکنه‌های موجود در آن و آبهای برگشتی از مزارع تغذیه می‌شود.

واحد کوهستان و ارتفاعات شمالی دشت و میزان نفوذپذیری در آنها

ارتفاع، نقش مهمی در تعیین میزان، نوع بارندگی و میزان تبخیر و تعرق دارد. در مناطق کوهستانی ارتفاعات شمالی دشت که بارندگی در زمستان بیشتر بصورت برف است و میزان تبخیر و تعرق کمتر است، ذوب تدریجی برف در فصلهای گرم سال موجب تقویت آبهای زیرزمینی می‌گردد. وجود محلی به نام قصابه در شمال شرقی روستای ماری، که در اواسط فصل تابستان نیز دارای برف است شاهدی بر این مدعا است.

شیب زیاد در این قسمت از اراضی دشت سهرین، به عنوان عامل کاهش دهنده نفوذ آب، موجب افزایش روانابها، مخصوصا در مناطق عاری از پوشش گیاهی شده است. بطورکلی این بخش به عنوان محدوده عامل جذب رطوبت و بارندگی و تامین آب مورد نیاز برای دشت سهرین است. تکتونیزه بودن منطقه بصورت گسلهای متعدد که در جهت‌های مختلف عمل کرده‌اند، هوازدگی فیزیکی سنگها و از طرفی پوشش گیاهی مرتعی مناسب، باعث ایجاد درز و شکافهای فراوان و در نتیجه افزایش تغذیه آب زیرزمینی در این محدوده شده است.

واحد تقریبا هموار و کم ارتفاع و وضعیت نفوذ و آب در آنها

بخش نسبتا وسیعی از اراضی دشت شامل : دشت‌های سیلابی و پادگانه‌های آبگذاشتی، بسترهای طغیانی گذشته و مخروط افکنه ها می‌باشند. این اراضی معمولا قابلیت نفوذ زیادی داشته و به علت حاصلخیزی و امکان دسترسی به منابع سطحی و زیرزمینی، شاهد استقرار مراکز جمعیتی و اراضی کشاورزی در محدوده آنها هستیم. سطح قابل توجهی از اراضی دشت سهرین را مخروط افکنه‌های مرکبی با شیب کمتر از ۵ درصد تشکیل می‌دهند. در محل به هم رسیدن مخروط‌افکنه‌ها که ضخامت رسوبات آبگذاشتی نیز بیشتر است، تغذیه آبهای زیرزمینی بیشتر می‌باشد. این مخروط افکنه‌ها بزرگترین ذخایر آب زیرزمینی دشت به حساب می‌آیند.

حاشیه جنوبی و جنوب‌غربی و میزان نفوذپذیری در آنها

در قسمتهایی از حاشیه جنوبی و جنوب‌غربی دشت، رسوبات مارنی و مارنهای گچ دار وجود دارند. مارنهای مذکور، که در آنها آثار فرسایش بدلندی و خندقی را می‌توان مشاهده کرد، معادل ۰/٤ درصد کل مساحت دشت را تشکیل می‌دهند. این منطقه دارای پوشش گیاهی بسیار کم و یا عاری از پوشش گیاهی است. فرسایش در آنها قابل ملاحظه است که میزان قابل توجهی رسوب نیز تولید می‌کنند. میزان نفوذپذیری در این بخش از اراضی دشت پایین می‌باشد.

جهت عمومی جریان آب زیرزمینی و سطح ایستابی در دشت

با توجه به نقشه هم عمق سطح آب زیرزمینی، جهت اصلی جریان آب زیرزمینی در دشت سهرین از شمال‌شرقی به جنوب‌غربی، یعنی از ارتفاعات شمالی دشت به سمت زنجانرود است. این بیانگر این نکته است که زنجانرود در این منطقه کاملا نقش زهکش آبخوان را ایفا می کند و آب زیرزمینی را از منطقه تخلیه می نماید. همچنین با توجه به لوگ چاههای پیزومتری ارائه شده، دامنه تغییرات سطح ایستابی تا حدی از توپوگرافی تبعیت نموده بطوریکه در نواحی مرتفع عمدتا در عمق بیشتری قرار گرفته و در نواحی پست همانند محدوده رودخانه‌های سهرین، قره‌چریان و مخصوصا زنجانرود به سطح زمین نزدیک‌تر شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده مهمترین واحدهای ژئومورفولوژی موجود در دشت سهرین عبارتند از : کوههای شمالی دشت همراه با گسلهای متعدد در جهتهای مختلف، بخشهای میانی دشت بصورت دشت‌های سیلابی و پادگانه‌های آبگذاشتی، بسترهای طغیانی گذشته، آبگذرها، مخروط‌افکنه‌ها و تپه‌ها و صخره‌های کم ارتفاع حاوی تشکیلات نفوذی گرانودیوریت، زمین‌لغزشهای موجود در ارتفاعات شمال شرقی رودخانه قره‌چریان و شمال غربی رودخانه سهرین، اشکال ناشی از هوازدگی شیمیایی و نیز عمل انحلال در تشکیلات مارنی حاشیه جنوبی و جنوب غربی دشت، هوازدگی فیزیکی در ارتفاعات شمالی و حرکتهای دامنه‌ای بر روی دامنه‌های مشرف به رودخانه قره‌چریان.

پدیده‌های ژئومورفولوژی جزء عوامل تاثیرگذار بر منابع آب زیرزمینی دشت سهرین می‌باشند. بطوریکه کوههای بلند شمالی دشت با تاثیر در میزان بارش و تشکیلات آبگذاشتی موجود در قسمتهای میانی دشت بصورت مخروط‌افکنه‌ها و دشتهای سیلابی و آبگذرها و ... همراه با لیتولوژی متنوع در قسمتهای مختلف نقش اساسی در تغذیه، ذخیره، جهت جریان و کیفیت آب زیرزمینی ایفا می‌نمایند.

پیشنهادها

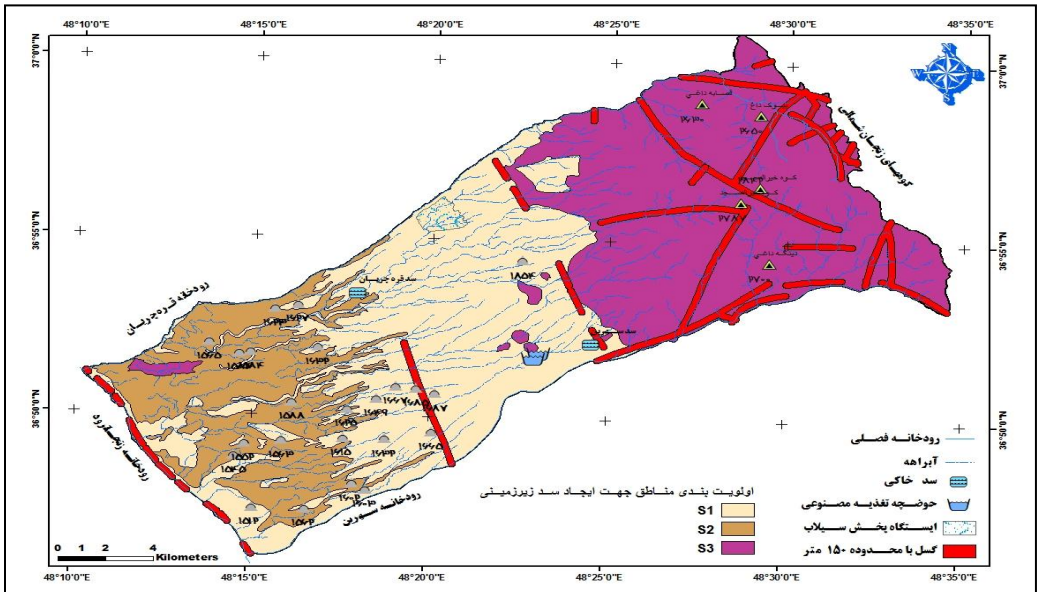
با توجه به پتانسیل‌های موجود در بسیاری از نقاط دشت، از جمله وجود منابع آبهای سطحی به صورت جریان‌های سیلابی و وجود مواد آبگذاشتی مناسب، انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی و تقویت منابع آب زیرزمینی ار جمله کارهایی است که در سالهای اخیر مورد توجه دست اندرکاران امر قرار گرفته است. اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی بصورت حوضچه‌های نفوذ در شرق و پروژه پخش سیلاب قره‌چریان در غرب دشت موید این موضوع است. نتایج حاصل شده از اجرای طرح پخش سیلاب قره‌چریان بیانگر استعداد مناسب دشت برای اجرای طرحهای مشابه است.

با توجه به نتایج حاصله از اجرای پخش سیلاب قره چریان و با توجه شرایط مشابه رودخانه سهرین با رودخانه قره‌چریان، پیشنهاد می‌گردد، پروژه پخش سیلابی همانند پخش سیلاب قره‌چریان در سمت شرق دشت اجرا گردد.

با توجه به مواد آبگذاشتی با نفوذپذیری و ضخامت مناسب، مخروط افکنه های شمالی دشت و وجود منابع آب سطحی، انجام طرح‌های تغذیه مصنوعی و تقویت منابع آب زیرزمینی ار ضروری‌ترین کارهایی است که باید مد نظر دست اندرکاران در این دشت قرار گیرد. این شرایط، اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی در این دشت را توجیه‌پذیر می‌سازد. نمونه‌های موردی موفق اجرا شده در دشت، همانند پروژه تغذیه مصنوعی حوضچه‌ای در پایین دست روستای سهرین و نیز پروژه عظیم پخش سیلاب قره‌چریان طی دههای گذشته می‌تواند راهنمای مناسبی جهت ادامه اجرای این پروژه‌ها جهت رونق بیشتر بخش کشاورزی در جهت توسعه پایدار در دشت باشد. پیشنهاد می‌گردد، جهت انجام پروژه‌های بعدی پژوهشها و تحقیقات جامعی در راستای مکانیابی محلهای مناسب انجام عملیات تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب، نحوه لایه‌بندی تشکیلات زمین‌شناسی دشت، تعیین مناسب‌ترین روشهای تغذیه مصنوعی با توجه به شرایط ژئومورفولوژیکی، زمین‌شناسی، منابع آب و ... صورت گیرد.

یکی از روشهایی که در سالهای اخیر برای مقابله با مشکل و تامین آب پیشنهاد شده است احداث سدهای زیرزمینی بوسیله ایجاد مانع در مسیر لایه های آبدار به منظور تامین آب است که با توجه به مزایای زیاد آن نسبت به آبهای سطحی، در دهه‌های اخیر توجه شایانی به آن گردیده است. از سوی دیگر بسیاری از پژوهشگران با احداث اینگونه سدها به دلیل عوارض زیست محیطی آن در پایین دست، به شدت مخالف هستند. علی رغم این موضوع و آگاهی بسیاری از مدیران و برنامه‌ریزان به این عوارض، احداث اینگونه سدها همچنان در دستور کار قرار دارد. به همین دلیل در این مبحث محلهای مناسب در دشت سهرین جهت احداث سدهای زیرزمینی معرفی می‌گردند تا در صورت تاکید بر احداث این سدها، زمینه‌ای مناسب برای برنامه‌ریزان فراهم باشد.

بدین منظور بوسیله تفسیر هر یک از اشکال و فرایندهای موجود بر روی نیمرخها و نقشه نهایی، همانند مخروط‌افکنه‌ها (به عنوان یکی از مهمترین تغذیه کننده ذخایر منابع آب زیرزمینی)، نهشته‌های آبگذاشتی، تشکیلات نفوذپذیر زمین شناسی، فاصله حداقل از گسلها (حداقل ۱۵۰ متر) و تشکیلات زیرسطحی با قابلیت ذخیره و هدایت آبی مناسب (همانند آبگذاشتهای کواترنر) و اراضی دارای شیب کمتر از ۸ درصد به عنوان مکانهای مناسب ایجاد سدهای زیرزمینی تشخیص داده شده‌اند (اصغری مقدم، ۱۳۸۸) (سلامی، ۱۳۸۵). بطوریکه در این دشت در مجموع، مناطق به لحاظ استعداد آنها برای ایجاد سد زیرزمینی در سه درجه تشخیص داده شد، که نقشه اولویت‌بندی اراضی برای احداث این سدها با استفاده از اطلاعات موجود و نقشه ژئومورفولوژی تهیه گردید (نقشه ١٦).



نقشه ١٦- نقشه اولویت‌بندی مناطق مستعد جهت ایجاد سدهای زیرزمینی

S1- این اراضی از نظر عوامل محدود کننده برای ایجاد سد زیرزمینی، هیچ گونه محدودیتی ندارند. علاوه براین وجود مخروط افکنه‌ها در بالادست این اراضی، شیب کم، وجود یک لایه نفوذ ناپذیر زیرسطحی در پایین لایه‌های نفوذپذیر سطحی (آبگذاشت های عهد حاضر) و اجرای طرحهای پخش سیلاب و حوضچه‌های تغذیه روی این اراضی نشان می‌دهد که این مناطق کاملا مستعد برای ایجاد سدهای زیرزمینی می‌باشند.

S2- این اراضی از نظر عوامل محدود کننده، دارای محدودیت کمی می باشند. تشکیلات زمین شناسی این مناطق بیشتر از نوع کنگلومرا است که نسبتا نفوذپذیر است.

S3- این اراضی برای ایجاد سدهای زیرزمینی نامناسب تشخیص داده شدند. به لحاظ محدودیت این اراضی دارای منابع تغذیه مناسب نبوده و در بسیاری از قسمتها به دلیل دارا بودن تشکیلات زمین‌شناسی اعم از آندزیت، مارن و ماسه سنگ، دارای قابلیت نفوذ و هدایت آبی مناسب نیستند.

فهرست مراجع

۱- اصغری مقدم، محمد رضا، ۱۳۸۸. مبانی هیدرولوژی برای جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۲- اصغری مقدم، محمد رضا، ۱۳۸٦. مبانی ژئومورفولوژی (ساختمانی - اقلیمی)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

۳- حسنی شریعت پناهی، فردین، ۱۳۸٤. بررسی نقش ویژگیهای ژئومورفولوژیکی در منابع آب شمال کویر حاج علیقلی و امکان سنجی بهره‌برداری بهینه در توسعه منطقه با استفاده از RS-GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده روانشناسی و علوم اجتماعی، گروه جغرافیا. صفحه .۹۱

٤- سلامی، همت، ۱۳۸۵، تعیین مکانهای مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در مناطق آذرین با استفاده از دورسنجی، مطالعه موردی: دامنه شمالی کوههای کرکس، سایت www.SID.com . صفحه .۱

۵- کردوانی، پرویز، ۱۳۸۵. ژئوهیدرولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه .۱۱۱

٦- کرینسلی، دانیل، ۱۳۸۱. کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی آن، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، صفحه .٥٦

۷- عبدی، پرویز، ۱۳۷۹. بررسی مشخصه‌های رسوب‌شناختی نهشته های کواترنری دشت رنجان به منظور تعیین محلهای مناسب تغذیه مصنوعی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران. صفحه ٤۵.

۸- موسوی، سید جمال. ۱۳۸۲. تاثیر پخش سیلاب بر منابع آب منطقه قره چریان زنجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، صفحه .۱۳٤

9- Bayat Movahhed, F. Farahnak, M. 1997, Biomass Rangeland Mapping, MSc Thesis, ITC, Enschede, the Nether Lnds.

13- Blair, T.C and Mc pherson, J.G 1994 Alluvial fan processes and Forms. In: A.D. Abrahams and A.J. parsons (eds). Geomorphology of desert environments. Chapman and Hall., pp.354-367.

10- D.P. RAO,2002 .Remote sensing application in geomorphology. Tropical Ecology 43(1): 49-59, 2002. International Society for Tropical Ecology.

12- Warren W. Wood, 2010. Role of Ground Water in Geomorphology, Geology, and Paleoclimate of the Southern High Plains, USA. Journal compilation © 2010 National Ground Water Association.