Archive of SID

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۲، سال ششم، بهار ۱۳۹۹، صص ۶۵-۴۳
Hydrogeomorphology, Vol.6, No.22, Spring 2020, pp (43-65)

ارزیابی پتانسیل منابع آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز صوفی چای با استفاده از مدل‌های نسبت فراوانی و سیستم اطلاعات جغرافیایی

لیلا بیابانی[۱]، آرش ملکیان*[۲]، بهروز اکبرپور بناب[۳]

۱ـ دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲ـ دانشیار، دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳ـ کارشناس هیدرواقلیم- مهندسین مشاور آبخوان

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۴ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۵

چکیده

مدیریت مناسب منابع آب زیرزمینی برای شناخت پتانسیل‌های بالای منابع آب زیرزمینی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از مدل نسبت فراوانی[۲] تلاش گردیده تا مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز صوفی چای مشخص گردد. از عوامل مؤثر هیدروژئولوژیکی در وقوع آب زیرزمینی شامل: ارتفاع، شیب، توپوگرافی، تراکم رودخانه‌ها، تراکم خطواره‌ها، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و کاربری اراضی می‌باشد. در این مدل، ابتدا چاه‌های با آبدهی بالای۱۱ لیتر بر ثانیه از حوضه مورد مطالعه استخراج گردید. سپس۷۰ درصد چاه برای مرحله‌ی مدل‌سازی (۶۹۸۱ عدد) و ۳۰ درصد چاه برای مرحله‌ی صحت‌سنجی (تعداد۲۹۹۲ عدد) به صورت تصادفی انتخاب گردید. با استفاده از GIS تحلیل‌های لازم بر روی عوامل و نقشه‌ها صورت گرفت و نقشه‌ها همپوشانی شدند. در نهایت با استفاده از خروجی مدل، نقشه‌ی پتانسیل منابع آب زیرزمینی ایجاد گردید. جهت صحت‌سنجی و ارزیابی نقشه‌های پتانسیل آب زیرزمینی از منحنی ROC استفاده گردیده شد. مساحتی از حوضه که زیرخط منحنی قرارگرفته نتایج رضایت بخشی از این مدل را ارائه داده است. بدین صورت نواحی که در بخش پتانسیل بالای آب زیرزمینی قرار گرفته‌اند دارای بیش از ۹۰٪ چاه‌های منطقه را شامل شده است. همچنین نتایج این منحنی نشان داد که ۸۰/۷ درصد این مدل کارایی خوبی در پتانسیل منابع آب زیرزمینی منطقه دارد. بر این اساس با استفاده از این مدل درصد مساحت‌ها به این صورت می‌باشد: ۶۳درصد از مناطق کم، ۱۸درصد متوسط، ۱۲درصد خوب و ۷ درصد خیلی خوب می‌باشد.

کلمات کلیدی: مدل نسبت فراوانی، پتانسیل آب زیرزمینی، عوامل هیدروژئولوژیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوضه‌ی آبریز صوفی چای

* (نویسنده‌ی مسئول). **E-mail:**malekian@ut.ac.i

www.SID.ir

Archive of SID

۱ـ مقدمه

آب زیرزمینی یک محیط اشباع‌شده از آب است که فضای خالی بین سازندهای زمین‌شناسی و خاک‌ها را که در زیر سطح ایستایی قرار دارد را پر می‌نماید (فیتز[۱]، ۷:۲۰۰۲). این آب از باران و ذوب حاصل از برف تأمین می‌گردد که در داخل خاک نفوذ کرده و تا رسیدن به لایه‌های غیرقابل نفوذ حرکت می‌نماید (فریز و چری[۲]، ۲۵۳:۱۹۷۹).

آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یکی از عمده‌ترین منابع طبیعی با ارزش جهت حفظ سلامت بشر، توسعه اقتصادی و تنوع اکولوژیکی (لی و همکاران[۳]، ۲۰۱۵: ۱۳۱۷)، تأثیر بر توان اکولوژیک سرزمین (ماندان[۴]، ۲۰۰۸: ۱۹۴) و همچنین به دلیل درجه حرارت مناسب و قابلیت آسیب‌پذیری کمتر و قدرت گستردگی بالا از اهمیت زیادی برخوردار است.

امروزه با افزایش جمعیت و نیاز روزافزون به آب برای مصارف مختلف کشاورزی، صنعتی و خانگی و همچنین با کاهش آب‌های سطحی(فقط حدود ۳٪ از آب‌های شیرین را در بردارد) (لی و همکاران[۵]، ۲۰۱۵: ۱۳۱۸) و افزایش شرایط خشک‌سالی، آب‌های زیرزمینی به‌ویژه در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فراخشک بیش‌ازپیش مورد توجه قرار گرفته است. در این مناطق به سبب بهره‌برداری بیش از ۸۰٪ از آب‌های زیرزمینی، منجر به افت شدید آن گردیده که نتیجه‌ی آن پیشروی آب‌شور و افت کیفیت آب زیرزمینی است.

اصطلاح پتانسیل آب زیرزمینی نیز، به مقدار آب زیرزمینی موجود و عوامل هیدرولوژیک در منطقه اشاره می‌نماید (جی‌ها و همکاران[۶]، ۲۰۱۰: ۱۷۱۵). این اصطلاح ممکن است با استفاده از ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی منطقه امکان وجود آب زیرزمینی در

۱- Fitts
۲- Freeze& Cherry
۳- Lee et al.
۴- Madan et al.,
۵- Lee et al.,
۶- Jha et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

یک ناحیه را مشخص نماید. ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی می‌تواند به‌عنوان خط راهنمای مفید برای طراحان جهت مشخص کردن سیاست‌های مناسب آب زیرزمینی استفاده گردد.

در خصوص بررسی پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از روش نسبت فراوانی در داخل و خارج مـطالعات زیادی انجام شده است. فلاح و همکاران (۱۳۹۸: ۹۸) با استفاده از روش‌های نسبت فراوانی و آماری به بررسی پتانسیل منابع اب زیرزمینی محدوده‌ی خرم آباد پرداختند. نتایج نشان داد که این روش با صحت‌سنجی ۸۲ درصد مدل قابل اعتمادی در پتانسیل آب زیرزمینی منطقه است. قربانی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۶: ۵۲) تحقیقی در خصوص پتانسیل مکان‌یابی دشت ازنا- الیگودرز با استفاده از روش نسبت فراوانی و متغیرهای محیطی انجام گردیدو نتایج نشان داد که عوامل تعیین‌کننده‌ی مناطق مستعد آب‌های زیرزمینی متفاوت بوده و عواملی همچون خطواره‌ها، تراکم زهکشی، زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی و بافت خاک ازجمله‌ی عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب‌های زیرزمینی محسوب می‌گردد. خوش طینت و همکاران (۱۳۹۸: ۱) به بررسی مدل های نسبت فراوانی و نسبت آنتروپی شاتون در دشت سرو پرداخت. نتایج نشان داد که مدل نسبت فراوانی دارای عملکرد بهتری است و مهم‌ترین فاکتورهای موثر پتانسیلی آب زیرزمینی، کاربری اراضی، خاک، زمین‌شناسی و طبقات ارتفاعی بوده است. نوحانی و همکاران (۱۳۹۷: ۱۱۹) با بررسی مدل نسبت فراوانی در دشت الشتر لرستان به این نتیجه رسیدند که مدل نسبت فراوانی با استفاده از عوامل هیدرولوژیکی و اعتبارسنجی صورت گرفته، مدل نسبت فراوانی دارای صحت ۸۵ درصد مناسب برای تهیه‌ی نقشه‌های پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی منطقه می‌باشد.. طهماسبی‌پور و همکاران (۱۳۹۶: ۳۳) پتانسیل منابع آبی دشت دهلران، موسیان و آبدانان استان ایلام بر اساس روش فوق، صحت‌سنجی حدود ۹۳ تا ۹۸ درصد را مشخص نمود و به این نتیجه رسیدند که این روش در منطقه اعتبار دارد. همچنین محققان زیادی (نظیر: نوبر[۱]، ۲۰۰۷؛ مانپ[۲]، ۲۰۱۴؛ لی[۳]، ۲۰۱۱) با استفاده از روش‌های مختلف

۱- Nober
۲- Manep
۳- Lee

www.SID.ir

Archive of SID

مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی، اقدام به پتانسیل‌یابی نموده‌اند و نتایج حاکی از این است که این روش نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد.

وجود ارتفاعات سهند و حضور بارش برف و باران فراوان موجب دائمی شدن رودخانه صوفی چای گردیده که این مسئله باعث تغذیه‌ی مناسب آبخوان منطقه شده است. آبخوان آبرفتی منطقه تا دهه‌ی ۱۳۵۰ اثری از نفوذ آب‌شور دریاچه وجود نداشته است (لطفی، ۱۳۹۱: ۳۳). اما در دهه‌های گذشته به علت احداث سد علویان در سال۱۳۷۴ و توسعه کشاورزی، صنعتی و شهری این آبخوان بیش از حد ظرفیت مجاز مورد بهره‌برداری قرار گرفته همراه با خشکسالی‌های دهه‌ی اخیر باعث مختل شدن تعادل ذخایر آب زیرزمینی و تعادل میان آب‌شور و شیرین در منطقه شده است، به‌طوری‌که در حاشیه‌ی غربی دشت بناب آب زیرزمینی شور به آب شیرین نفوذ کرده و بر کیفیت آن تأثیر گذاشته است.

در این پژوهش برای شناسایی منابع آب و پتانسیل آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز صوفی چای به منظور کنترل استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی از آبخوان‌های پیرامون دریاچه‌ی ارومیه و همچنین مشخص شدن مناطق پتانسیل مناسب بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی از روش مدل نسبت فراوانی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است.

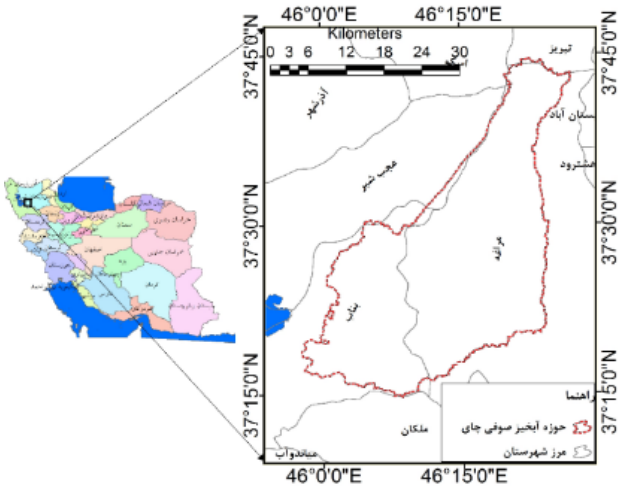
۲ـ مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه حوضه آبریز صوفی چای است که با مساحت ۱۰۹۵ کیلومترمربع بین ۴۵ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳۷ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی قرارگرفته است. این حوضه‌ی آبریز یکی از زیرحوضه‌های دریاچه‌ی ارومیه است (رضایی مقدم، ۱۳۹۳: ۴۳) که از سمت شمال به ارتفاعات سهند، از شمال غرب و غرب به حوضه‌ی آبریز قلعه چای، از سمت شرق به دامنه‌های کوهستانی سهند و حوضه‌ی آبریز لیلان چای و از سمت جنوب و جنوب غرب به دریاچه‌ی ارومیه منتهی می‌شود. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۴۵۰ متر و حداقل آن ۱۲۶۵ متر

www.SID.ir

Archive of SID

است. رودخانه‌ی صوفی چای از ارتفاعات توده کوهستانی سهند سرچشمه گرفته و در جهت شمال شرق- جنوب غرب با بستری عمیق و باریک پس از عبور از روستای علویان وارد دشت مراغه می‌شود. پس از عبور از شهر مراغه و مشروب نمودن باغ‌های جنوب غرب آن در روستای فرج‌آباد با شاخه شمالی مردق چای یکی شده و وارد دشت بناب می‌شود. این رودخانه در دشت بناب به دلیل شیب ملایم توپوگرافی از حالت تک بستری خارج‌شده و به فرم شریانی درآمده است. در نهایت با جهت شرقی ـ غربی و با همان ویژگی به دریاچه‌ی ارومیه می‌ریزد (بیابانی، ۱۳۸۳: ۲۰). متوسط درجه حرارت حوضه‌ی ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالیانه‌ی آن حدود ۳۳۰ میلی‌متر درسال برای یک دوره‌ی ۵۰ ساله (۱۳۳۹-۱۳۸۸) گزارش شده است (ندیری و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۵) (شکل ۱).



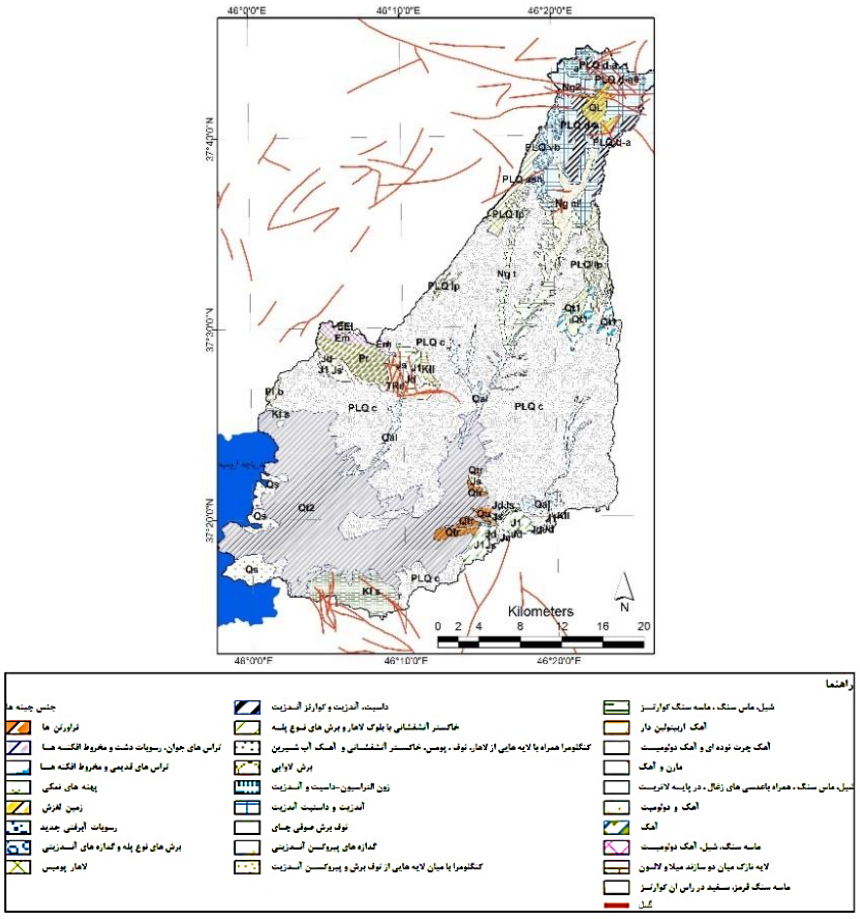
شکل (۱) نقشه‌ی موقعیت حوضه‌ی آبریز صوفی چای در استان آذربایجان‌شرقی و ایران
Fig (1) Location map of the studied Sufichay Watersheh in Iran and East Azarbayjan

منطقه‌ی مورد مطالعه بر اساس واحدهای زمین‌شناسی شامل سنگ‌های رسوبی، آبرفتی و سنگ‌های آذرین است. قدیمی‌ترین سنگ‌های حوضه متعلق به دوران اول، سازند لالون است و جدیدترین سنگ‌های حوضه‌ی رسوبات آبرفتی و جوان کواترنری است که با مساحت ۲۷۵ کیلومترمربع، عمدتاً روستاها و چاه‌های حوضه بر روی آن مستقر شده است. از نظر

www.SID.ir

Archive of SID

بافت خاک منطقه نیز عمدتاً از لوم رسی با مساحت ۳۱۶ کیلومترمربع و سپس رس با مساحت ۲۹ کیلومترمربع کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است شکل (۲).



شکل (۲) نقشه‌ی واحدهای چینه‌شناسی حوضه‌ی آبریز صوفی چای

Fig (2) The map of the geology units of the Sufichay Watershed

www.SID.ir

Archive of SID

- روش تحقیق

بر اساس مدل نسبت فراوانی، داده‌های مکانی در ارتباط با عوامل آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز صوفی چای مشخص شده است. در این مدل ۸ عامل مرتبط به آب‌های زیرزمینی مانند ارتفاع، شیب، توپوگرافی، تراکم رودخانه‌ها، تراکم خطواره‌ها، زمین‌شناسی، خاک و کاربری اراضی در جدول(۱) استفاده شده است. ورودی داده‌ها، در GIS به‌صورت Vector بوده و جهت تهیه‌ی نقشه‌ی DEM با توان تفکیک ۲۰ متری از منحنی‌های میزان و نقاط ارتفاعی از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ حوضه استخراج گردیده و سپس درجه‌ی شیب از طریق DEM تهیه گردیده شده است. نقشه‌ی تراکم زهکشی حوضه نیز از نقشه‌های مذکور استخراج گردیده است. درنهایت عوامل به صورت Raster با سلول‌های ۲۰×۲۰ متر جهت مدل نسبت فراوانی تهیه‌شده است. حوضه‌ی مورد مطالعه از نظر شبکه[۱]، دارای ۲۱۲۶ ردیف و ۲۷۸۵ ستون و تعداد پیکسل چاه‌های منطقه ۱۸۴۶ ردیف و ۱۳۱۸ ستون است. در تجزیه و تحلیل همبستگی بین فاکتورها و چاه‌های منطقه، از تقسیم درصد پیکسل‌هایی که چاه‌ها در آن واقع‌شده است به درصد کل پیکسل‌هایی که هر یک از عوامل حاصل‌شده به‌دست‌آمده است و عدد ۱ به‌عنوان عدد مبنا در نظر گرفته شده است. اگر عدد نسبت فراوانی بیشتر از ۱ باشد به این معنی است که همبستگی بالایی بین هر یک از عوامل با چاه‌های موجود دیده می‌شود و اگر عدد آن کمتر از ۱ باشد، همبستگی کمی بین آن‌ها وجود دارد (اه و همکاران[۲]، ۲۰۱۱: ۱۷۰). این نقشه‌های موضوعی در محیط GIS باهم ادغام‌شده و بر اساس معادله‌ی (۱) شاخص GWPI[۳]، مدل نسبت فراوانی (مانپ[۴]، ۲۰۱۴: ۷۲۱) و نقشه‌ی پتانسیل آب زیرزمینی تهیه گردیده شده است. در نهایت جهت ارزیابی و

۱- Grid
۲- Oh et al.,
۳- Ground Water Potantial Index
۴- Manap et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

اطمینان از صحت مدل از منحنی ROC در نرم‌افزار Medcalc استفاده شده است (بویی[۱]، ۲۰۱۲: ۲۰۶).

جدول (۱) داده‌های پایه‌ی مورد استفاده در حوضه‌ی آبریز صوفی چای
Table (1) data used in the Sufichay Watershed

طبقه‌بندی	تقسیم طبقه‌ها	نوع داده در GIS	مقیاس	مأخذ
آب زیرزمینی	موقعیت چاه‌ها	نقطه‌ای	۱:۲۵۰۰۰	شرکت مدیریت منابع آب ایران
نقشه‌های پایه	توپوگرافی	نقطه‌ای- خطی- پلی-گون	۱:۲۵۰۰۰	سازمان نقشه‌برداری کشور
	خاک	شبکه‌ای	۲۰*۲۰ متر	موسسه آب‌وخاک کشور
	کاربری اراضی	شبکه‌ای	۲۰*۲۰ متر	تصاویر ماهواره‌ای Landsat
	زمین‌شناسی	پلی‌گون	۱:۱۰۰۰۰۰	سازمان زمین‌شناسی کشور
	خطواره‌ها(گسل)	خطی	۱:۱۰۰۰۰۰	تصاویر ماهواره‌ای Landsat

$$GWPI=Wr1+Wr2+\cdots+Wrn \quad (۱)$$

GWPI= شاخص پتانسیل آب زیرزمینی

Wr= نسبت هر یک از عوامل هیدروژئولوژیکی

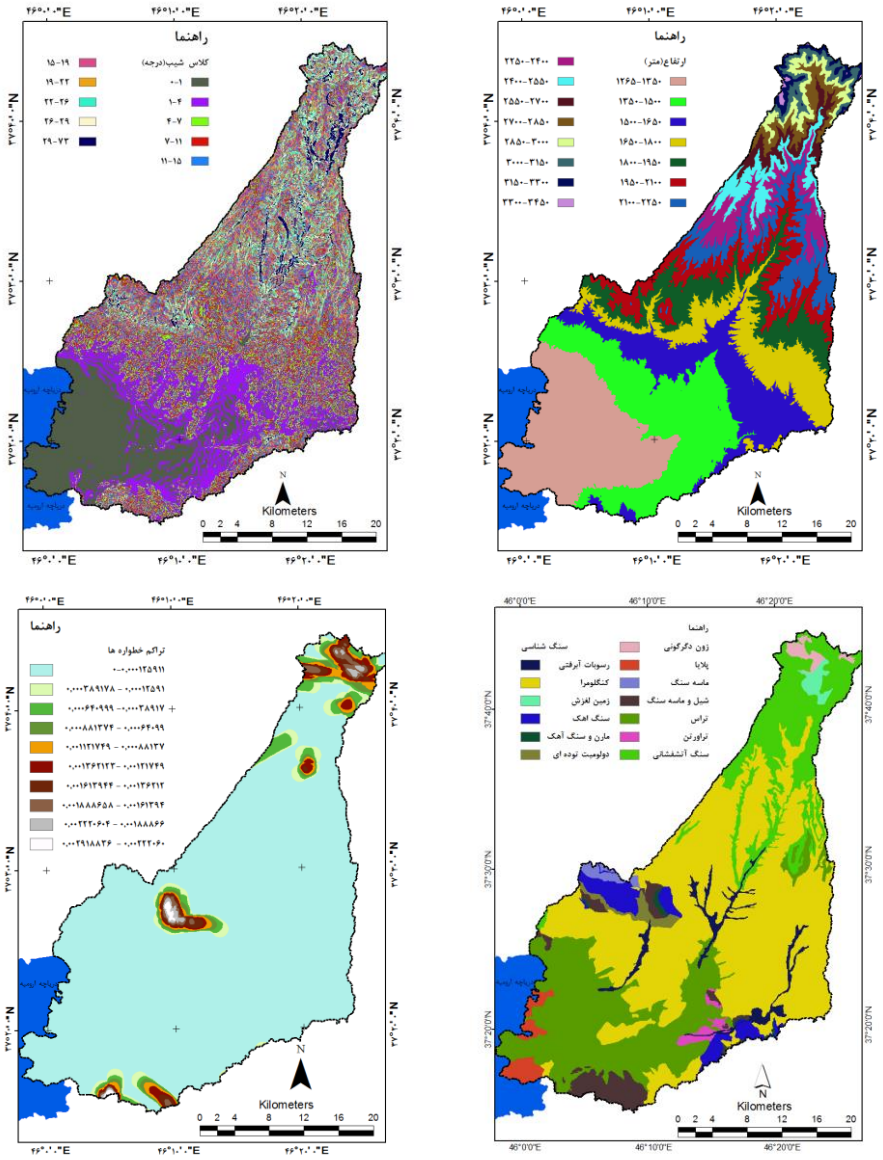
۳ـ بحث و نتایج

نتایج فاکتورهای هیدروژئولوژیکی مؤثر در حوضه‌ی آبریز صوفی چای بر اساس مدل نسبت فراوانی در شکل (۴) محاسبه شده است.

۱- Bui et al.,

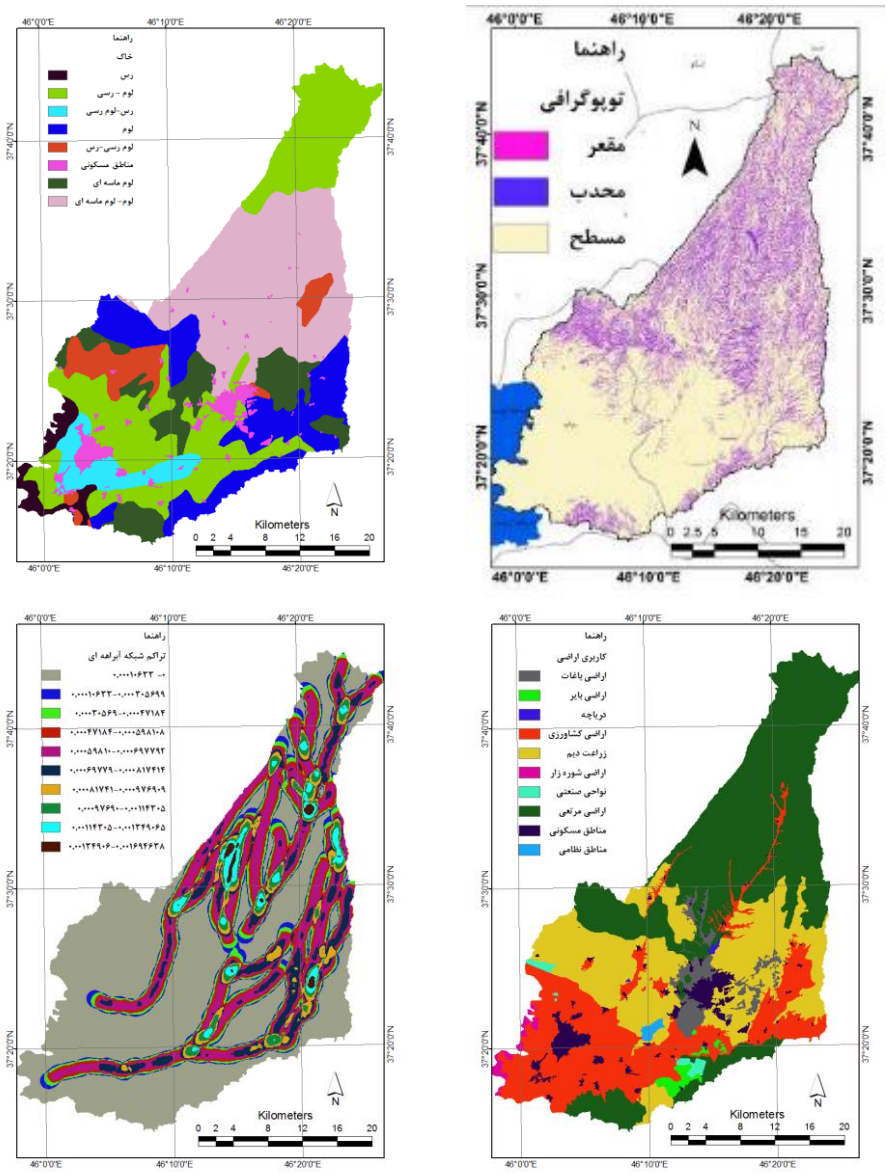
www.SID.ir

Archive of SID



www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۴) عوامل هیدروژئولوژیکی حوضه‌ی آبریز صوفی چای

Fig (4) Hydrogeological Factors of the Sufichay Watershed

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به شکل فوق نقشه‌ی هر یک از عوامل هیدروژئومورفولوژیک تهیه گردید. کاربری اراضی یا تـغییرات پوشش زمین نقش مهمی در تغذیه‌ی آب‌های زیرمینی ایفا می‌کند. به عبارتی سطح آب قابل نفوذ حاصل از بارش تحت تأثیر کاربری اراضی منطقه قرار دارد (اشوانی[۱]، ۲۰۰۶: ۷۵). صعود و نزول سطح آب زیرزمینی به میزان شدت و مدت بارندگی، شیب عمومی سنگ‌ها، هوازدگی به سمت کانال زهکشی بستگی دارد (سنایاک[۲]، ۲۰۱۶: ۱۱۸). تراکم شبکه‌ی آبراهه‌ها نیز، با توجه به سنگ‌های بستر تعیین می‌شود. هر چه تراکم شبکه در منطقه بیشتر باشد، منطقه‌ی مستعد رواناب بیشتر و نفوذ کمتر است (سنایاک، ۱۱۸:۲۰۱۶). در منطقه‌ی مورد مطالعه میزان تراکم شبکه‌ها متوسط بوده و در نتیجه مقدار نفوذ در سطح مناسب می‌باشد و احتمال تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد. طبقات ارتفاعی نیز بر روی جهت وسرعت حرکت رواناب سطحی تعیین‌کننده است و نقش مهمی در پراکندگی آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند (اشوانی،۷۵:۲۰۰۶). همچنین شیب نیز عامل مهمی در جریان رواناب و نفوذ است. با توجه به نقشه‌ی ارتفاع و شیب منطقه‌ی مورد مطالعه، بخش‌های جنوب غربی حوضه که دارای ارتفاع کم و شیب کم است تغذیه‌ی سطح آب زیرزمینی امکان‌پذیر است و بخش شمال شرقی دارای ارتفاع زیاد و شیب بالا است که موجب ایجاد رواناب می‌گردد. بافت خاک نیز تأثیر زیادی در سرعت نفوذ آب دارد. هر چه خاک سست‌تر و دانه درشت‌تر باشد نفوذپذیری آب بیشتر است. خاک‌های منطقه عموماً لوم و لوم ماسه‌ای است که در میزان نفوذ آب نقش بسزایی دارند. لایه‌ی زمین‌شناسی نیز تأثیر فراوانی در نفوذپذیری اولیه جریان آب دارد. هر چه چینه‌ها متخلخل و نفوذپذیر باشند سرعت نفوذپذیری افزایش می‌باشد. لایه‌ی گسل‌ها نیز مشخص‌کننده‌ی میزان درز و ترک و شکاف در منطقه است. مطالعه‌ی آنها مشخص نمود که منطقه عموماً کنگلومرایی است و درز و ترک این چینه‌ی فراوان است. توپوگرافی منطقه در تحلیل محیطی اهمیت زیادی دارد (فلاح، ۱۳۹۴: ۱۰۸۲). نقشه‌ی توپرگرافی منطقه نشان می‌دهد که بخش شمال شرقی حوضه انحنای سطح محدب و بخش جنوب

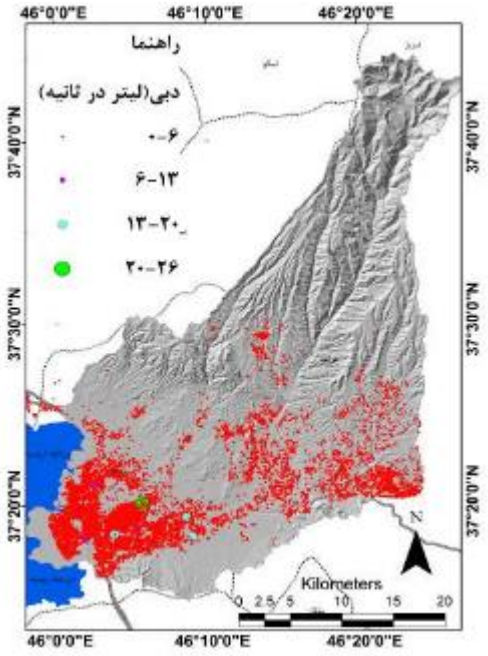
۱- Ashwani et al.,
۲- Senanayake et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

غربی انحنای سطح هموار و مسطح دارد که در نفوذ آب زیرزمینی منطقه نقش به سزایی دارند.

موقعیت چاه‌های منطقه نیز بر اساس میزان تخلیه سالانه در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵) موقعیت چاه‌های منطقه بر اساس میزان تخلیه سالانه
Fig (5) Location of wells based on annual discharge rate

همچنین نقشه فوق نشان داده است که میزان دبی چاه‌ها عموماً ۶-۰لیتر در ثانیه است و عموماً این چاه‌ها در بخش انتهایی حوضه احداث گردیده است.

نتایج ارزش‌های نسبت فراوانی عوامل هیدرولوژیکی در ارتباط با چاه‌های حادث‌شده در جدول (۲) ارایه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲) ارزش‌های نسبت فراوانی فاکتورهای هیدرولوژیکی در ارتباط با چاه‌های حادث‌شده

Table (2) Frequency Ratio Values of Hydrological Factors Associated with Wells

فاکتور	کلاس	تعداد کل پیکسل‌ها		پیکسل‌های حاوی آب زیرزمینی		نسبت فراوانی
		تعدادa	درصد	تعدادb	درصد	
ارتفاع(متر)	۱۳۵۰-۱۲۶۵	۵۱۸۸۹۲	۱۹	۶۹۷۸	۷۱	**۳/۷۶**
	۱۵۰۰-۱۳۵۰	۴۸۳۴۵۵	۱۸	۱۰۵۶	۱۱	۰/۶۱
	۱۶۵۰-۱۵۰۰	۳۴۳۴۹۵	۱۳	۱۱۵۴	۱۲	۰/۹۴
	۱۸۰۰-۱۶۵۰	۲۸۰۱۳۶	۱۰	۴۲۲	۴	۰/۴۲
	۱۹۵۰-۱۸۰۰	۲۴۵۴۳۱	۹	۱۷۴	۲	۰/۲
	۲۱۰۰-۱۹۵۰	۲۲۴۷۳۴	۸	۳	۰	۰
	۲۲۵۰-۲۱۰۰	۱۷۸۷۳۱	۷	۰	۰	۰
	۲۴۰۰-۲۲۵۰	۱۲۶۴۴۲	۵	۰	۰	۰
	۲۵۵۰-۲۴۰۰	۸۵۸۲۱	۳	۰	۰	۰
	۲۷۰۰-۲۵۵۰	۵۵۰۸۴	۲	۰	۰	۰
	۲۸۵۰-۲۷۰۰	۶۲۷۸۵	۲	۰	۰	۰
	۳۰۰۰-۲۸۵۰	۵۳۱۹۴	۲	۰	۰	۰
	۳۱۵۰-۳۰۰۰	۴۴۹۹۰	۲	۰	۰	۰
	۳۳۰۰-۳۱۵۰	۳۰۲۹۹	۱	۰	۰	۰
	۳۴۵۰-۳۳۰۰	۵۲۳۲	۰,۲	۰	۰	۰
شیب (درجه)	۱-۰	۵۲۱۹۷۸	۱۹	۷۰۰۱	۷۲	**۳/۷۵**
	۴-۱	۵۴۴۰۴۲	۲۰	۱۹۰۲	۱۹	۰/۹۸
	۷-۴	۲۷۳۷۵۷	۱۰	۴۴۴	۵	۰/۴۵
	۱۱-۷	۳۰۷۳۹۱	۱۱	۲۸۹	۳	۰/۲۶
	۱۵-۱۱	۲۸۶۸۱۸	۱۰	۱۱۲	۱	۰/۱۱
	۱۹-۱۵	۲۷۰۶۹۷	۱۰	۲۵	۰	۰/۰۳
	۲۲-۱۹	۱۷۸۵۰۴	۷	۸	۰	۰/۰۱
	۲۶-۲۲	۱۸۳۵۰۵	۷	۳	۰	۰
	۲۹-۲۶	۱۰۰۸۱۸	۴	۲	۰	۰/۰۱
	۷۳-۲۹	۷۱۲۱۱	۳	۱	۰	۰
تراکم خطواره	۰-۰/۰۰۰۱۲۵۹	۲۴۲۴۱۵۲	۸۹	۹۷۳۱	۹۹	**۱/۱۲**
(کیلومتر/کیلومترمربع)	-۰/۰۰۰۳۸۹	۷۳۷۴۹	۳	۵۱	۱	۰/۱۹

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۰۰۰۱۲۵۹

ادامه جدول (۲) ارزش‌های نسبت فراوانی فاکتورهای هیدرولوژیکی در ارتباط با چاه‌های حادث‌شده

تراکم خطواره (کیلومتر/کیلومترمربع)	-۰/۰۰۰۸۸۱ ۰/۰۰۰۶۴۰	۳۶۶۹۷	۱	۳	۰	۰/۰۲
	-۰/۰۰۱۱۲۱ ۰/۰۰۰۸۸۱	۳۷۴۲۰	۱	۰	۰	۰
	-۰/۰۰۱۳۶۲ ۰/۰۰۱۱۲۱	۳۵۲۶۰	۱	۰	۰	۰
	-۰/۰۰۱۳۱۶ ۰/۰۰۱۳۶۲	۲۶۹۹۲	۱	۰	۰	۰
	-۰/۰۰۱۸۸۸ ۰/۰۰۱۳۱۶	۲۱۸۹۷	۱	۰	۰	۰
	-۰/۰۰۲۲۲۰ ۰/۰۰۱۸۸۸	۱۰۷۳۷	۰	۰	۰	۰
	-۰/۰۰۲۹۱۸ ۰/۰۰۲۲۲۰	۴۹۰۴	۰	۰	۰	۰
سنگ‌شناسی	دولومیت توده‌ای	۲۸۲۰۲	۱	۰	۰	۰
	رسوبات آبرفتی	۷۰۷۵۷	۳	۳۰۳	۳	۱/۲
	کنگلومرا	۱۳۴۴۱۳۹	۴۹	۱۹۸۸	۲۰	۰/۴۱
	زمین‌لغزش	۲۱۶۰۲	۱	۰	۰	۰
	سنگ‌آهک	۹۰۴۰۷	۳	۳۸	۰	۰/۱۲
	مارن و سنگ‌آهک	۸۴۰۹	۰	۳	۰	۰/۱
	زون دگرگونی	۲۰۹۴۹	۱	۰	۰	۰
	پلایا	۴۷۰۸۳	۲	۶۷۷	۷	۴/۰۲
	ماسه‌سنگ	۱۸۹۱۸	۱	۰	۰	۰
	شیل و ماسه‌سنگ	۱۰۰۰۴۲	۴	۸۸	۱	۰/۲۵
	پادگانه	۶۰۰۱۸۵	۲۲	۶۶۳۶	۶۸	۳/۰۹
	تراورتن	۲۰۸۲۶	۱	۵۴	۱	۰/۷۳
	سنگ‌آتش‌فشانی	۳۶۷۲۰۲	۱۳	۰	۰	۰
خاک	رس	۷۲۹۳۵	۳	۶۱۳	۶	۲/۳۵
	لوم رسی	۷۹۲۰۰۳	۲۹	۳۴۸۹	۳۶	۱/۲۳

www.SID.ir

Archive of SID

۷/۶۲	۳۵	۳۴۰۸	۵	۱۲۵۱۳۹	لوم رسی-رسی	
۰/۶۴	۱۰	۹۶۰	۱۵	۴۱۷۹۶۶	لوم	
۰/۳۳	۲	۱۸۹	۶	۱۵۸۲۹۷	لوم- لوم رسی	
۱/۰۳	۴	۳۷۸	۴	۱۰۲۲۱۵	مناطق مسکونی	
۰/۴۲	۴	۴۲۹	۱۰	۲۸۷۵۵۷	لوم ماسه ای	
۰/۱۱	۳	۳۲۱	۲۹	۷۸۲۶۰۹	لوم ماسه‌ای- لوم	
۱/۲۳	۹۸	۹۶۲۶	۸۰	۲۱۸۴۱۴۶	مسطح	توپوگرافی(انحنای سطح)
۰/۱۱	۱	۱۰۱	۱۰	۲۶۵۶۱۳	محدب	

ادامه جدول (۲) ارزش‌های نسبت فراوانی فاکتورهای هیدرولوژیکی در ارتباط با چاه‌های حادث‌شده

۰/۰۶	۱	۶۰	۱۱	۲۸۸۹۶۲	مقعر	توپوگرافی
۱/۱۶	۵۹	۵۷۳۲	۵۱	۱۳۸۶۸۲۰	۰-۰/۰۰۰۱۰۶۳	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومترمربع)
۰/۹۵	۴	۴۲۰	۴	۱۲۳۱۱۶	-۰/۰۰۰۱۰۶۳ ۰/۰۰۰۳۰۵۶	
۱/۰۱	۶	۶۲۶	۶	۱۷۳۷۷۷	-۰/۰۰۰۳۰۵۶ ۰/۰۰۰۴۷۱۸	
۰/۹۷	۸	۸۰۱	۸	۲۳۰۰۹۸	-۰/۰۰۰۴۷۱۸ ۰/۰۰۵۹۸۱	
۰/۸۶	۱۲	۱۲۰۱	۱۴	۳۹۱۸۵۴	-۰/۰۰۰۵۹۸۱ ۰/۰۰۰۶۹۷۷	
۰/۹۶	۷	۶۹۶	۷	۲۰۲۸۵۲	-۰/۰۰۰۶۹۷۷ ۰/۰۰۰۸۱۷۴	
۰/۶۱	۲	۱۹۷	۳	۹۰۲۰۹	-۰/۰۰۰۸۱۷۴ ۰/۰۰۰۹۷۶۹	
۰/۲۸	۱	۷۴	۳	۷۳۷۱۷	-۰/۰۰۰۹۷۶۹ ۰/۰۰۱۱۴۳	
۰/۱۹	۰	۳۶	۲	۵۲۸۸۲	-۰/۰۰۱۱۴۳ ۰/۰۰۱۳۴۹	
۰/۰۸	۰	۴	۰	۱۳۳۹۶	-۰/۰۰۱۳۴۹ ۰/۰۰۱۶۹۴	

www.SID.ir

Archive of SID

	باغ	۹۲۵۲۵	۳	۶۳۵	۶	۱/۹۲
	اراضی بایر	۲۵۴۳۹	۱	۱۴	۰	۰/۱۵
	سد	۲۸۸۲	۰	۰	۰	۰
کاربری اراضی	کشاورزی	۶۴۱۲۴۲	۲۳	۸۲۲۹	۸۴	۳/۵۹
	کشاورزی دیم	۷۰۸۰۸۹	۲۶	۴۳۵	۴	۰/۱۷
	نواحی صنعتی	۱۷۶۲۲	۱	۲۱	۰	۰/۳۳
	اراضی مرتعی	۱۱۲۰۳۷۴	۴۱	۶۲	۱	۰/۰۲
	نواحی مسکونی	۱۰۲۲۱۵	۴	۳۷۸	۴	۱/۰۳
	نواحی نظامی	۹۰۸۲	۰	۲	۰	۰/۰۶
a تعداد کل پیکسل‌ها در منطقه مورد مطالعه ۲۷۳۸۷۲۱						
b تعداد پیکسل‌هایی که چاه‌ها در آن قرار دارد ۹۷۸۷						

در این پژوهش بر اساس طبقات ارتفاعی بیشترین میزان چاه‌ها در ارتفاع بین ۱۲۶۵ تا ۱۳۵۰ با نسبت فراوانی ۳/۶۷ و وزنی نهایی ۱۰۵/۴ است. به دلیل ارتفاع کم این بخش بهره‌برداری از چاه‌ها بسیار شدید است. ارتباط بین آب زیرزمینی حادث شده با شیب، نشان می‌دهد که شیب کم و مسطح احتمال آب زیرزمینی بیشتر است. برای شیب ۰ تا ° ۱ که نسبت آن۱≥ باشد که احتمال بالا بودن آب زیرزمینی را مشخص می‌نماید. درصورتی‌که در سطوح شیب‌دار رواناب افزایش دارد و باعث کاهش نفوذ می‌گردد. بر اساس نظر مادروسی و همکاران[۱] (۱۵۹:۲۰۰۸) شیب‌های بیش از °۳۵ چاهی وجود ندارد و سفره آب زیرزمینی تشکیل نمی‌شود. در منطقه‌ی مورد مطالعه بیشترین میزان چاه‌ها درشیب بین ۰تا۱ درجه با نسبت فراوانی ۳/۷۵و وزنی نهایی ۱۰۸/۴۷ حاصل گردیده است. از نظر تراکم خطواره‌ها (گسل) بیش‌ترین میزان چاه‌ها در کلاس خیلی کم با نسبت فراوانی۱/۱۲و وزنی نهایی ۱۹/۶۵ قرارگرفته است. این موضوع نشان داده است که در حوضه‌ی آبریز تعداد چاه‌ها در مناطقی که گسل کمتری دارد، بیشتر است.

عامل زمین‌شناسی نشان داده است که بیشترین نسبت فراوانی در پلایاها ۴/۰۲ و تراس‌ها و ۳/۰۹ و وزنی نهایی به ترتیب ۳۵/۷۰ و ۹۳/۷۰ حاصل گردیده است. از نظر بافت

۱- Madrucci et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

خاک نیز عمدتاً در خاک‌های لومی – رسی و رسی با نسبت فراوانی ۷/۶و وزنی نهایی ۱۱۶/۸۷ حاصل گردیده است. وجود لوم به دلیل بافت متوسط در خاک منطقه میزان نفوذپذیری را به ۵-۱۰ میلی‌متر در ساعت افزایش داده است. وجود رس با بافت ریز و کوچک بودن قطر خلل و فرج، ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهد. همچنین این خاک‌ها تخلخل بیشتری نسبت به خاک‌های ماسه‌ای و بافت درشت دارند. لذا این خاک‌ها در حوضه‌ی مورد مطالعه مکان مناسبی جهت حفر چاه‌های منطقه است. در شاخص پستی‌وبلندی، نواحی مسطح دارای بیشترین نسبت فراوانی با مقدار ۱/۲۳و وزنی نهایی ۳۴/۳۳ است. بر اساس تراکم شبکه هیدرو گرافی، بیشترین تعداد چاه‌ها با فراوانی ۱/۱۶ و وزنی نهایی ۱۵/۸۶در مناطق با تراکم بالای آبراهه‌ها قرارگرفته است. در شاخص کاربری اراضی بیشترین میزان چاه‌ها در بخش اراضی کشاورزی با نسبت فراوانی ۳/۵۹ و باغات ۱/۹ و وزنی نهایی به ترتیب ۱۰۵/۶۱ و ۱۶/۵۰ قرار گرفته است. این مسئله نشان می‌دهد که بیشتر چاه‌های حوضه در بخش کشاورزی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. نتایج مساحت و درصد هر یک از رده‌های پتانسیل آب زیرزمینی در جدول (۳) ارایه شده است.

جدول (۳) مساحت و درصد هر یک از رده‌های پتانسیل آب زیرزمینی

Table (3) Area and percentage of each groundwater potential class

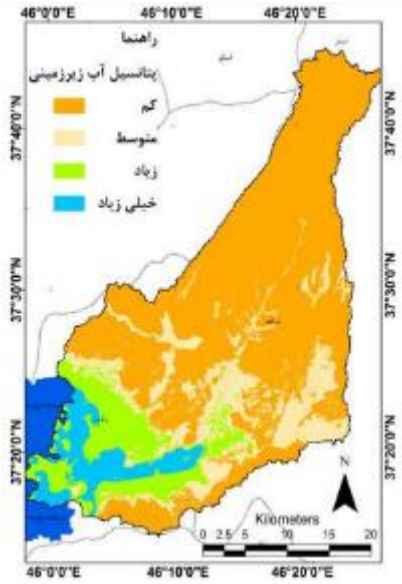
ردیف	تعداد حلقه چاه در هر یک از کلاس‌ها	طبقه‌بندی کلاس‌ها	تخلیه سالانه (میلیون مترمکعب در سال)	مساحت (کیلومترمربع)	درصد
۱	۵۷۴	کم	۷/۲	۶۹۶	۶۳
۲	۱۹۳۸	متوسط	۲۰	۱۹۲	۱۸
۳	۲۷۶۲	بالا	۲۷,۵	۱۳۲	۱۲
۴	۴۲۴۳	خیلی بالا	۳۹	۷۵	۷
جمع کل	۹۷۷۳	-	۹۳/۷	۱۰۹۵	۱۰۰

بر این اساس بیشترین تعداد حلقه چاه‌ها (۴۲۴۳ حلقه) با کمترین مساحت (۷۵ کیلومتر مربع) و میزان تخلیه‌ی سالانه چاه (۳۹ میلیون مترمکعب در سال) در کلاس طبقه‌بندی خیلی زیاد قرار گرفته است. این موضوع نشان‌دهنده‌ی این است که بهره‌برداری

www.SID.ir

Archive of SID

از سفره‌های آب زیرزمینی در حوضه‌ی آبریز صوفی چای به ویژه در حاشیه‌ی دریاچه‌ی ارومیه (دشت بناب) بیش‌ازحد بوده است که باعث افت سطح آب زیرزمینی شده است. همچنین کلاس طبقه‌بندی کم، دارای مساحت ۶۹۶ کیلومترمربع و ۵۷۴ حلقه چاه و میزان تخلیه سالانه ۷/۲ میلیون مترمکعب است. همچنین نقشه‌ی پتانسیل آب زیرزمینی بر اساس مدل نسبت فراوانی در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل(۶) نقشه‌ی پتانسیل آب زیرزمینی بر اساس مدل نسبت فراوانی
Fig(6) Groundwater potential map based on Frequancy ratio model

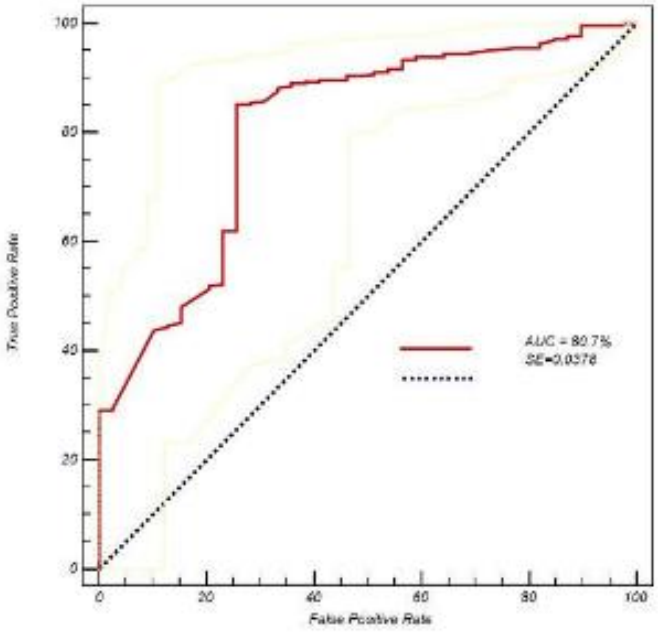
پس از تهیه‌ی نقشه‌ی نهایی و تقسیم‌بندی آن در ۴ کلاس کم تا خیلی زیاد، برای ارزیابی نقشه‌های تهیه شده و دقت آن نمی‌توان از چاه‌هایی استفاده کرد که در پهنه‌بندی استفاده شده‌اند، زیرا با به‌کارگیری این چاه‌ها در ارزیابی، دقت به دست آمده به درستی دقت مدل استفاده شده را نشان نمی‌دهد و باید کارایی مدل استفاده‌شده با داده‌هایی امتحان شود که برای مدل‌سازی به کار گرفته نشده باشد. برای رفع این مشکل، تعدادی از

www.SID.ir

Archive of SID

محل وقوع چاه‌ها در منطقه‌ی مورد برای مدل‌سازی و بخشی از آن نیز برای ارزیابی مدل یادشده (به ترتیب ۷۰ و ۳۰ درصد) استفاده شده است.

جهت ارزیابی صحت مطابقت نقشه‌های پتانسیل آب زیرزمینی با موقعیت چاه‌های منطقه از منحنی ROC استفاده گردید که در شکل (۷) ارایه شده است. در این منحنی حدود ۹۰٪ از چاه‌ها که دبی بیش از ۱۱ مترمکعب بر ثانیه دارند، در کلاس پتانسیل بالا و ۱۰٪ آن‌ها در کلاس پتانسیل کم آب زیرزمینی طبقه‌بندی‌شده است.



شکل (۷) ارزیابی نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از منحنی ROC
Fig (7) evaluates the groundwater potential map using the ROC curve

بر اساس شکل فوق هر چه مقدار سطح زیر منحنی (AUC) به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد دقت مدل بیشتر خواهد بود و چاه‌های حادث شده در منطقه با فاکتورهای هیدروژئولوژیک مطابقت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

۴ـ نتیجه‌گیری

در حوضه‌ی آبریز صوفی چای، مناطق دارای پتانسیل منابع آب به وسیله‌ی عوامل هیدرولوژیکی لایه‌های اطلاعاتی درجه‌ی شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، خاک، تراکم زهکشی، ارتفاع، تراکم گسل‌ها و وضعیت پستی و بلندی به عنوان عوامل مؤثر بر چاه‌های آب زیرزمینی شناسایی شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

حدود ۹۹۷۳ حلقه چاه با آبدهی بیشتر از ۱۱ لیتر بر ثانیه به صورت تصادفی به ۲ گروه تقسیم شدند. حدود۷۰ درصد چاه های با آبدهی مناسب (تعداد۶۹۸۱چاه) و ۳۰ درصد (تعداد۲۹۹۲ چاه) برای اعتبارسنجی به صورت تصادفی تقسیم شده است. مدل نسبت فراوانی با استفاده از چاه‌های آموزشی مورد تحلیل قرار گرفت. تعداد و درصد پیکسل در هر کلاس و تعداد و درصد چاه‌ها در هر کلاس برای اجرای مدل‌ها محاسبه و مورد استفاده قرارگرفته است. ارزش هر کلاس در لایه اعمال و در نهایت لایه‌ها در ArcGIS همپوشانی شدند. ارزیابی مدل در منحنیROC مقدار ٪۸۰/۷=AUC محاسبه شده است. خروجی مدل‌ها نقشه‌ی نهایی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی را حاصل نمود. در این نقشه منطقه به چهار طبقه‌ی مختلف شامل پتانسیل کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی‌شده است. بر اساس این نقشه مناطق با پتانسیل کم در بخش‌های شمالی و مرکزی حوضه دارای توپوگرافی ناهموار، شیب زیاد و سنگ‌های مقاوم است و مناطق با پتانسیل زیاد در بخش‌های جنوبی حوضه دارای توپوگرافی هموار، شیب کم و رسوبات آبرفتی حادث شده است. همچنین نتایج اعتبار و صحت سنجی، مدل نسبت فراوانی کارایی قابل قبولی را ارایه داده است. با توجه به اینکه اهمیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت آنها روز به روز افزوده شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود مسئولان مربوطه جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی مورد مطالعه و مناطق نظیر از مدل نسبت فراوانی استفاده نمایند تا از هزینه های مربوطه کم شده و دقت بررسی‌ها نیز افزوده شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۵ـ منابع

Arianne Ford, J., Miller, M., and Augusto, G. (2015). Comparative Analysis of Weights of Evidence, Evidential Belief Functions, and Fuzzy Logic for Mineral Potential Mapping Using Incomplete Data at the Scale of investigation with data missing due to incomplete mapping. *Investigation Natural Resources Research,* 25(1), 19-33.

Ashwani, K. Srivastava, Amit Sinha, and Rajesh Upadhyay (2006). Monitoring Landuse/ Landcover of Maharajganj district of U.P. using remote sensing technique, accepted for oral presentation in XXVI INCA International Congress, organized by Indian National Cartographic Association & Survey of India, at New Delhi, between 22-24th,1-12.

Biabani, L. (2004). *Geomorphological study of the east and southeast cities of Lake Urmia*, Ms Thesis, University of Tabriz.1-110.

Bui, DT.,Pradhan, B., lofman,O., Revhaug, I and Disk,OB. (2011). Landslide suscepitibility mapping at Hoa Binh province (vietnam) using an adaptive neuro-fuzzy inference system and GIS., *Comput Geoscience, Elsevier*, 45, 199-211.

Falah, F., Ghorbani Nejad, S., Rahmati, O., Daneshfar, M., and Zeinivand, H. (2016). Applicability of generalised additive model in groundwater potential modelling and comparision its performance by bivariate statistical methods. *Geocarto International*, 32(10),1069-1089

Falah, F,. Daneshfar, M., Ghorbaninejad, S. (2018). Application of the Statistical Index Model in Groundwater Potential Mapping in the Khorramabad Plain. *Journal of Water and Sustainable Development*, 4(1), 89-98.

Fitts, CR. (2002). Groundwater science. Academic press. 2nd Edition. *Elsevier science.*

Freeze, RA., Cherry, JA. (1979). Groundwater. Prentice – Hall, Inc. *Englwood Cliffs*, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

Jha, M.K., Chowdary, V.M., and Chowdhury, A. (2010). Groundwater assessment in Salboni Block, West Bengal (India) using remote sensing, geographical information system and multi-criteria decision analysis techniques, *Journal Hydrogeology*,18(7), 1713-1728.

Khoshtinat, S., Aminnejad, B., Hassanzadeh, Y., Ahmadi, H. (2019). Potential Detection of Groundwater Resources of Sero Plain: Applications of Shannon's Entropy and Frequency Ratio (FR) Models, *Available Online from 13 May* 2019.

Ghorbani Nejad, S., Daneshfar, M., Rahmati, O., Fallah,O., Haghizade, A., Tahmasebipour, N. (2018). Groundwater resource potential of Azna-Aligoudarz plain using environmental variables and frequency ratio (FR) model, *Journal of Water and Sustainable Development*, 8(2), 62-78.

Oh, H-J., Kim ,Y-S., Choi, J-K., Park, E., Lee, S. (2011). GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City Korea, *Journal Hydrology*, 399 (3–4):158–172.

Lee, S., Lee, W. (2015). Application of *Decision-Tree Model to Groundwater Productivity-Potential Mapping Sustainability, 7, 13416-13432.*

Lotfi, A. (2012). Urmia Lake Basin Description, Iran Wetlands Conservation Plan Documentation Collection. Tehran. Azin Print, 1-112.

Madan,K, Jha., Kamii, Y., Chikamori, K. (2008). *Cost-Effective Approaches for Sustainable Groundwater Management in Alluvial Aquifer System Water Resources Management,* 23-219.

Madrucci, V., Taioli ,F., Cesar de Araujo, C. (2008). Groundwater favorability map using GIS multicriteria data analysis on crystalline terrain, Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Hydrology*. 357(3), 153–173.

Manap. M., Nampak. H., Pradhan, B., Lee, S., Ramli, M.F. (2014). Application of probabilistic-based frequency Ratio model in groundwater potential mapping using remote sensing data and GIS., *Arabian Journal of Geosciences,*7, 711-724.

www.SID.ir

Archive of SID

Nadiri, A., Yousefzadeh, S. (2018). Comparison of Artificial Neural Network Models, Fuzzy Logic and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Estimation of Hydraulic Conductivity of Maragheh-Bonab Plain Aquifer, *Journal of Tabriz University of Hydrogeomorphology*, 10(Spring), 21-40.

Nobre RCM., Filho OCR., Mansur WJ., Nobre, MMM and Cosenza, CAN. (2007). Groundwater vulnera-bility and risk mapping using GIS, modeling and a fuzzy logic tool, *Journal Contam Hydrology*, 24. 222-277.

Nohani, E., Merufinia, E., Khosravi, Kh. (2018). Evaluation of Frequency Ratio Method for Groundwater Potential Mapping at Al-Shtar Plain, Lorestan Province, *Journal Irrigation and Drainage*, 12(1)67, 119-129.

Rezaei Moghadam, M., Andriani, H., Valizadeh Kamran, S., Mokhtari Asl, A. (2014). Investigating the Effects of Land Use Change and Land Coverage on Flooding and Runoff Discharge (Case Study: Alavian Dam Basin), *Journal of Tabriz University of Hydrogeomorphology*, 1(winter), 41-57.

Senanayake, I.P., Dissanayake, D.M. D.O. K., Mayadunna, B.B., Weerasekera, W.L. (2016). An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota, Sri Lanka using GIStechniques, *Journal of Geoscience Frontiers,* 7(1), 115-124.

Shahi, H., Kamkar, A., Rouhani, A. (2014). GIS-based weights-of-evidence model for mineral potential mapping of Hydrothermal gold deposits in Torbat-e-Heydarieh area, *Journal Mining & Environment*, 5(2), 79-89.

Tahmasebipour, N., Arshia, A., Mirzapour, H. (2018). Groundwater Potential Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Models at Dehloran and Mosian-Abdanan Plains, *Iran. Extension and Development of Watershed Management,* 5(18), 33-43.

www.SID.ir