دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۳۰۴-۲۹۱

نجمه شفیعی[۱]
***ابوالقاسم امیر احمدی**[۲]
ابوالفضل رحمانی[۳]

پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی با مدل آنتروپی شانون حوضه آبریز دشت نورآباد ممسنی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۰۹

چکیده

آب زیرزمینی به عنوان یکی از منابع اصلی تامین آب شرب در جهان به‌شمار می‌رود. در سال‌های اخیر به علت برداشت‌های بیش از حد از این منابع سبب افت دشت‌ها شده و به طوری که میزان تخلیه از آبخوان‌ها بیش‌تر از تغذیه آن‌ها می‌باشد و باعث بیلان منفی و پسخوراند مثبت و در نهایت اضمحلال سیستم می‌شود عواملی همچون رشد جمعیت، نیاز به غذا، ضرورت ارتقای سطح بهداشت و رفاه اجتماعی، توسعه صنعتی و حفاظت از اکوسیستم‌ها تقاضای آب را روز به روز بیش‌تر می‌کند به همین دلیل انتخاب رویکرد مناسب و تأثیرگذار و در عین حال کارشناسانه، در جهت حل مشکلات و معضلات پیش روی مدیریت منابع آب، ضرورت پیدا کرده است. شناسایی منابع آب زیرزمینی، شناختن مناطق با پتانسیل بالا و اصلاح شیوه برداشت از این منابع از مهم‌ترین اهداف به‌شمار می‌رود. محدوده مورد مطالعه حوضه آبریز نورآباد ممسنی با مساحتی حدود ۷۵۶ کیلومترمربع در بخش شمال‌غربی استان فارس واقع شده است. در این پژوهش از مدل آنتروپی شانون با استفاده از ۹ لایه رستری از محدوده جهت پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی حوضه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که مناطق واقع در بخش

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری.
*۲- گروه ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری. (نویسنده مسئول). E-mail: Amirahmadi1388@gmail.com
۳- دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

مرکزی دشت کم‌ترین میزان حساسیت را دارا می‌باشد که حدوده ٦٤٪ از محدوده را در بر می‌گیرد و بیش‌تر میزان حساسیت مربوط به بخش جنوبی دشت می‌باشد که برابر ۲٪ که ١٦ کیلومتر از مساحت حوضه را در بر گرفته است نتایج ارزیابی مدل آنتروپی شانون با استفاده از منحنی (ROC) نشان داد که مقدار AUC برابر ۸۵ درصد می‌باشد که مقدار آن بالا و قابل قبول می‌باشد.

کلید واژه‌ها: آب زیرزمینی، مدل آنتروپی شانون، حوضه آبریز، دشت نورآباد ممسنی، منحنی ROC.

مقدمه

منابع آب زیرزمینی از یک سو به دلیل شیرین بودن، ترکیبات شیمیایی، دمای ثابت، ضریب آلودگی کم‌تر و سطح اطمینان بالاتر در تأمین منابع آب به عنوان یک منبع قابل اتکا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب شده و از سوی دیگر با تأثیر بر توان اکولوژیکی منطقه یک پدیده مهم و موثر در توسعه اقتصادی و سلامت جامعه به حساب می‌آیند. آب‌های زیرزمینی فقط حدود ٤٪ از مجموعه آب‌هایی را فعالانه در چرخه آب‌شناختی دخالت دارد، تشکیل می‌دهند. با این وجود حدود ۵۰٪ جمعیت دنیا از نظر آب شرب متکی به این آب‌ها هستند (Tahritizro, 2006: 3). کشور ایران سرزمینی است خشک با نزولات جوی بسیار کم، به طوری که بارندگی آن کم‌تر از یک سوم متوسط بارندگی سطح دنیاست. از آن‌جا که منابع آب سطحی در بسیاری از مناطق کشور محدود می‌باشد، آب زیرزمینی به عنوان مناسب‌ترین منبع در دسترس جهت تأمین آب مورد نیاز به حساب می‌آید. در سال‌های اخیر به علت برداشت‌های بیش از حد از این منابع سبب افت دشت‌ها شده و به طوری که میزان تخلیه از آبخوان‌ها بیش‌تر از تغذیه آن‌ها می‌باشد؛ و باعث بیلان منفی و پسخوراند مثبت و در نهایت اضمحلال سیستم می‌شود. شناسایی منابع آب زیرزمینی، شناختن مناطق با پتانسیل بالا و اصلاح شیوه برداشت از این منابع از مهم‌ترین اهداف به‌شمار می‌رود (Alizadeh, 2010: 89). آب‌های زیرزمینی به دلیل خصوصیات متنوع از قبیل دما ثابت، ارزش توسعه‌ای کم، دسترسی گسترده و تاثیرپذیری کم از خشکسالی مهم‌ترین منابع طبیعی به‌شمار می‌رود. وقوع خشکسالی‌های متناوب و طولانی و نوسان زیاد آب‌وهوا از عوامل اصلی و موثر در کاهش میزان منابع آب سطحی است که فشار بسیار زیادی را بر منابع آب زیرزمینی وارد نموده و براین اساس اجرای پژوهش‌های بیش‌تر در زمینه پتانسیل‌یابی منابع آب اکتشاف و بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که در کشور ما شرایط اقلیمی به گونه‌ای است که حتی در پرباران‌ترین دشت‌های کشور نیاز به آب زیرزمینی احساس می‌شود و هر ساله بر تعداد چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در آن‌ها افزوده می‌شود. این مسأله موجب افت سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های کشور گردیده است؛ بنابراین بررسی وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی و تعیین عوامل اثرگذار بر روی آن‌ها اهمیت شایانی برخوردار است.

Waran (2010)، به مطالعه تأثیر منابع آب زیرزمینی بر روی پدیده‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و پالئوکلیمای دشت‌های مرتفع جنوب ایالات متحده پرداخت و نتایج حاصل از این مطالعه، بیانگر تأثیر متقابل همه فرآیندهای

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

زمین‌شناسی و منابع آب زیرزمینی بر روی ذخیره و توزیع آب در محیط می‌باشد. Mwega (2013)، به شناسایی و ترسیم مناطق بالقوه آب‌های زیرزمینی در حوضه دریاچه چالا کنیا با استفاده از سنجش از دور و GIS پرداختند جهت تهیه مناطق بالقوه آب زیرزمینی از نقشه‌های زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، تراکم زهکشی، شیب و بارش استفاده کردند. محدوده به چهار منطقه بالقوه آب‌های زیرزمینی بسیار بالا، بالا، متوسط و پایین طبقه‌بندی شد این مطالعه نشان داد که منطقه دارای پتانسیل آب زیرزمینی بسیار بالا است. Sheroder (2013) در مقاله‌ای تحت عنوان فعل و انفعالات میان پوشش‌گیاهی و هیدروژئومورفولوژی به این نتیجه رسید که دشت‌های سیلابی و سیستم‌های رودخانه‌ای توسط چهار بعد هیدروژئومورفولوژی یعنی اجزای طولی، جانبی، عمودی و زمانی همراه شده است. Manikandan (2014)، به بررسی مناطق بالقوه آب‌های زیرزمینی در منطقه کریشناگری، با استفاده از تکنیک MIF پرداختند و به این نتیجه رسیدند که آبخوان آبرفتی در نتیجه می‌تواند ذخیره مقدار قابل توجهی از آب پتانسیل را داشته باشد. Domingos (2015) به بررسی پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی حوضه کومور با استفاده از GIS، سنجش از دور و تحلیل سلسله مراتبی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که دشت‌های آبرفتی در شمال‌غرب امتداد رودخانه کومورو، بیش‌ترین میزان پتانسیل منابع آب زیرزمینی را دارد. زمین پوشیده از تپه، واقع در بخش‌های جنوبی و مرکزی منطقه مورد مطالعه از لحاظ منابع به علت شیب بیش‌تر و نفوذپذیری کم‌تر، آب زیرزمینی فقیر می‌باشد.

Rahimi (2011: 141-128)، به بررسی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت شهرکرد)، پرداخت و به این نتیجه رسید که ۵۹۰۰ هکتار دشت دارای پتانسیل بالا برای برداشت و تغذیه مصنوعی و مناسب برای حفر چاه، ۱۶۰۰ هکتار پتانسیل متوسط و ٤٨٥٢ هکتار پتانسیل کم است. Saif & Kargar (20111: 75-90) به بررسی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی حوضه‌ی سیرجان پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که رسوبات آبرفتی دوران چهارم و مخروطه‌افکنه‌ها بیش‌ترین میزان پتانسیل را دارا می‌باشند. Phoortagh & Poorghasmi (2014)، به ارزیابی پتانسیل آب زیرزمینی از نقاط چشمه در شهرستان بیرجند پرداختند بدین منظور ایشان از روش‌های نسبت فراوانی وزن واقعه و رگرسیون لجستیک در محیط سامانه اطلاعت جغرافیایی استفاده کردند. روش نسبت فراوانی با مقدار سطح زیر منحنی (AUC) برابر ۷۵/٦۹ درصد بهترین عملکرد را داشته است Naghibi (2013)، از مدل نسبت آنتروپی شانون به منظور تهیه نقشه پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در حوضه آبخیز مغان خراسان رضوی استفاده کردند نتایج ایشان نشان داد که مدل آنتروپی با سطح منحنی حدود ۹۱٪ بیش‌تر کارایی را دارد. Zabihi&etal (2015) به بررسی پتانسیل‌یابی حوضه آبریز دشت بجنورد با استفاده از مدل آنتروپی شانون و جنگل تصادفی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل آنتروپی شانون در مقابل مدل جنگل تصادفی دقت خیلی بالایی دارد و لایه‌های کاربری اراضی لیتولوژی فاصله از آبراهه و بیش‌ترین تاثیر را در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی دشت بجنورد دارد با توجه به خشکسالی‌های اخیر در دشت نورآباد شناسایی منابع آب زیرزمینی و مدیریت صحیح این منابع به‌عنوان راهکار توسعه جامع و پایدار امری حائز اهمیت است؛ بنابراین در این پژوهش سعی شده با استفاده از مدل آنتروپی ارتباط بین پتانسیل آب زیرزمینی با هریک از عوامل موثر بر آن، به‌دست آید و در نهایت نقشه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

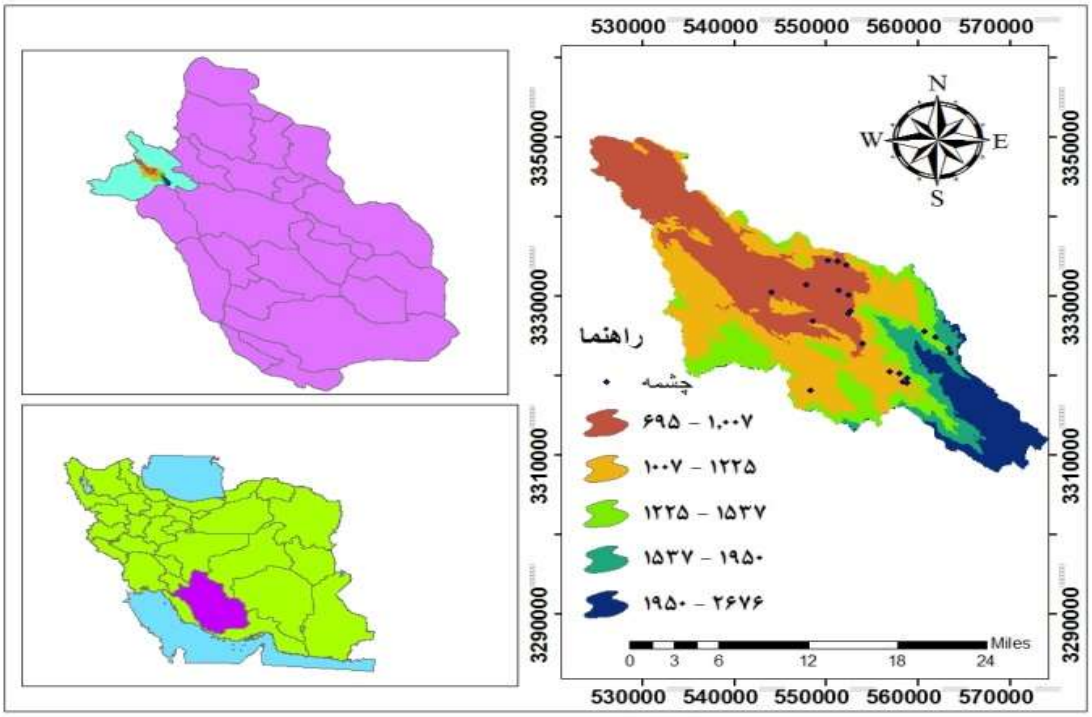
پتانسیل آب زیرزمینی دشت نورآباد بر اساس اطلاعات چشمه‌ها تهیه شود. ارزیابی صحت مدل مورد استفاده از دیگر اهداف تحقیق است.

محدوده مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی جغرافیایی جنوب کشور در دامنه‌های جنوب‌غربی سلسله جبال زاگرس و در بخش چین‌خورده آن قرار دارد. محدوده‌ی نورآباد از طرف شمال با شهرستان مصیری، از طرف جنوب با دشت قائمیه، از طرف غرب با دشت ماهور میلاتی و از سمت شرق با دشت فهلیان در ارتباط است. دشت نورآباد در محدوده‌ی جغرافیایی ′۱۵،°۵۱ تا ′۴۶،°۵۱ طول شرقی و ′۵۵، °۲۹ تا ′۱۷، °۳۰ عرض شمالی واقع شده است. تنها شهری که در این محدوده وجود دارد، شهر نورآباد می‌باشد که در ارتفاع ۹۳۵ متری از سطح دریا قرار دارد و در ۱۵۰ کیلومتری شمال‌غربی شیراز مرکز استان فارس واقع شده است. حداکثر ارتفاع ۲۶۸۴ متر کوه خانی در جنوب‌شرقی محدوده و حداقل ارتفاع ۶۹۸ متر در مصب رودخانه فهلیان در حوالی روستای باتون شمال‌غربی دشت می‌باشد. با توجه با آمار برداری‌های از سازمان آب حدود ۱۱۲۳ حلقه چاه اعم از عمیق و نیمه عمیق در محدود وجود دارد که بیش‌ترین مصرف چاه‌ها مربوط به فعالیت‌های کشاورزی و کم‌ترین میزان آن مربوط به بخش خدمات می‌باشد. در محدوده نورآباد به علت وجود سازندهای نفوذپذیر ۲۱ عدد چشمه وجود دارد در محدوده آبخوان تعدادی از چشمه‌ها در مسیر گسل اصلی کازرون قرار دارد. اکثر چشمه‌ها مصرف کشاورزی دارند. تا قبل از حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق قنات‌ها یکی از روش‌های تأمین منابع آب زیرزمینی حوضه می‌باشد. فقط یک رشته از قنات‌ها دایر در محدوده حوضه جهت فعالیت‌های کشاورزی استفاده می‌شود.

محدوده مطالعاتی نورآباد ممسنی مساحتی معادل ۷۵۶ کیلومتر مربع را دارا می‌باشد که از این مساحت ۵۳۴ کیلومتر مربع معادل ۷۰٪ از محدوده به ارتفاعات و ۲۲۱ کیلومتر مربع معادل ۳۰٪ به دشت اختصاص یافته است. وسعت سفره‌ها آب زیرزمینی در این محدوده مطالعاتی با توجه به موقعیت قرارگیری منابع آب زیرزمینی ۱۸۶ کیلومتر مربع برآورد گردیده است. این محدوده مطالعاتی شامل دو آبخوان آبرفتی نورآباد ممسنی و جونگان می‌باشند که به هم متصل می‌باشند و ۱۹ چاه پیزومتر در این آبخوان حفر شده که در محدوده مورد مطالعه نورآباد تا سال آماری (۱۳۸۸) چاه‌های بهره‌برداری، چشمه‌ها و قنات هم وجود دارد. مصرف این منابع جهت فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد (Fars Regional Water authority, 2009).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1: Location of the studied area

مواد و روش‌ها

به منظور انجام پژوهش در محدوده مورد مطالعه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جهت تهیه لایه فاصله از گسل تراکم گسل لایه لیتولوژی، لایه Dem30 متر محدوده جهت تهیه لایه‌های شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه تراکم زهکشی، لایه کاربری اراضی استفاده شد که تلفیق این لایه‌ها با هم به عنوان عاملی موثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی شناخته می‌شود – تهیه‌ی لایه‌های طبقات ارتفاعی، شیب از مدل رقومی ارتفاعی (Dem) منطقه در محیط GIS.

– تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی (فاصله از گسل و لایه زمین‌شناسی) از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ محدوده‌ی دشت در محیط GIS.

– تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی هیدرولوژی و تراکم آبراهه، از نقشه توپوگرافی و (Dem) در محیط GIS.

– تهیه‌ی لایه اطلاعاتی کاربری اراضی از لایه کاربری اراضی ۱:۱۰۰۰۰۰ ایران.

تکنیک آنتروپی یکی از شیوه‌های پرکاربرد تعیین وزن شاخص‌ها در معیارهای چندگانه است. آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیک، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد. به طوری که نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. آنتروپی معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته به‌طوری که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن توزیع بیش‌تر از فراوانی، تیزتر باشد

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

(Poortahri, 2010: 117-123). در اصل مدل آنتروپی رابطه‌ای یک به یک بین مقدار آنتروپی سیستم و درجه آشفتگی وجود دارد. به طور معمول برای بیان وضعیت ترمودینامیکی سیستم استفاده شده است. مدل آنتروپی یکی از رویکردهای مدیریتی است که به منظور برخورد با بی‌نظمی بی‌ثباتی و عدم یقین‌های موجود در یک سیستم استفاده می‌شود (Naghibi, 2014). تئوری شانون را اولین بار شانون به صورت کمی بیان نمود (Shannon, 1948) در مدل آنتروپی با استفاده از مدل آنتروپی شانون از رابطه‌های ۳ تا ۷ استفاده شد.

رابطه (۱)
$$Pij = Pij/\sum_{i}^{Si} Pij$$

رابطه (۲)
$$H = \sum_{i=1}^{Sj} (\ Pij)\log(Pij)\,.j = 1.\ldots\ldots..n$$

رابطه (۳)
$$H_{j\ max} = \log_2 S_j.S_j - \text{Number of class}$$

رابطه (٤)
$$I_j = (H_{j\ \ max} - H_{j.})/H_{j\ max.} I_{=}(0.1). = 1.\ldots\ldots.n$$

رابطه (۵)
$$W_J = I_J P_{ij}$$

در این مدل P_{ij} که از تقسیم نمودن تراکم چشمه‌ها بر مساحت هر طبقه که چشمه در آن وجود دارد (P_{ij})، احتمال وجود چشمه در هر کلاس که از حاصل جمع تمام P_{ij} و سپس عدد مربوط به هر P_{ij} هر طبقه را بر کل آن‌ها تقسیم می‌نماییم، H_j مقدار آنتروپی، $H_{max=}$ ماکزیمم آنتروپی، $I_{j=}$ مقدار اطلاعات، Wij وزن نهایی، هر عامل است. بعد از تعیین وزن هر عامل و ضرب آن در کلاس‌های مذکور یعنی مقدار P_{ij} مربوط به هر عامل و کلاس‌های آن بر اساس تقسیم تعداد چشمه‌ها بر تعداد پیکسل‌های کلاس‌های عوامل (جدول ۱)، نقشه‌های وزنی باهم جمع شده و نقشه نهایی پتانسیل آب زیرزمینی تهیه شد. طبقه‌هایی که حساسیت بیش‌تری دارند وزن بیش‌تری را به‌خود اختصاص می دهند.

ارزیابی مدل‌های تهیه نقشه آب زیرزمینی

به‌منظور ارزیابی مدل‌های تهیه شده، از منحنی تشخیص عملکرد نسبی (ROC) استفاده شد منحنی نسبی (ROC) یک نمایش گرافیکی از موازنه بین نرخ خطای منفی و مثبت برای هر مقدار احتمال از برش‌هاست. سطح زیرمنحنی (ROC) بیانگر مقدار پیش‌بینی سیستم از طریق توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخ داده (وجود چشمه) و عدم وقوع رخداد آن (نبود چشمه) است از توصیف توانایی آن در تخمین درست وقایع رخ داده و عدم وقایع رخ داده است ایده آل ترین مدل، بیش‌ترین سطح زیرزمنحنی را دارد و مقادیر AUC از ۰/۵ تا ۱ متغیر است. بیانگر بهترین دقت از نقشه‌های پهنه‌بندی است (Poorghasmi, 2013: 649).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

یافته‌ها و بحث

جدول ۱- ارتباط بین پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی عوامل موثر در تعیین حد تاثیر آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

Table 1- The relationship between groundwater resources potential the factors influencing the determination of their impact by using the shannon entropy model

عامل	طبقه	تعداد پیکسل	تعداد چشمه	P_{ij}	(P_{ij})	(H_j)	(H_{jmax})	(I_j)	Wij
ارتفاع از سطح دریا	۶۹۵–۱۰۹۱	٤٦٩٣٨	۱۱	۰/۰۳۱	.۳۲	۱/٥٤	۲/۳۲	۰/۳۳	۰/۰۰٦
	۱۰۹۱–۱٤۸۷	۳۳٥۱۹	۷	۰/۰۲۷	.۲۸				
	۱٤۸۷–۱۸۸۳	٦۹۳٥	۲	۰/۰۳۸	۰/۳۹				
	۱۸۸۳–۲۲۷۹	۱۰٥۰	۰	۰	۰				
	۲۲۷۹–۲٦۷٦	۱۹۹۳	۰	۰	۰				
شیب	۰–٥	۳۹۳۹۹	۱۰	۰/۰۳	۰/۲۳	۲/۰۷	۲/۳۲	۰/۱۰	۰/۰۱۰
	٥–۱۲	۲۸۲٥٥	۳	۰/۰۱	۰/۰۷				
	۱۲–۲۰	۱٦۸۱۷	٤	۰/۰۳	۰/۲۳				
	۲۰–۳۰	۱۰۱٦٥	۳	۰/۰۳۸	۰/۲۹				
	۳۰–٥۹	٤۹۲۱	۱	۰/۰۲	۰/۱٥				
جهت شیب	مسطح	۰	۰	۰	۰	۳/۲۹	۳/۱۷	/۰۳	۰/۰۰۱
	شمال	۷۰٥۹	۳	۰/۰٥۷	۱/۷				
	شمال‌شرق	۱٥۲۸۳	٤	۰/۰۳	۰/۰۹				
	شرق	۱۲۲٥	۱	۰/۰٤٥	۰/۱۳				
	جنوب‌شرق	۹۰۸٥	٤	۰/۰٥۹	/۱۷				
	جنوب	۱۳۱٤	۳	۰/۰۳۰	۰/۹۰				
	جنوب‌غرب	۱٦۱۰٦	۳	۰/۰٤۳	۰/۱۳				
	غرب	۱۲۸۳۳	۳	۰/۰۷٦	۰/۲۳				
	شمال‌غرب	۹۲۲۱	۰	۰	۰				
	شمال	٤۹۲۲	۰	۰	۰				
فاصله از آبراهه	۰–۱۸٥٦	۱۲۱۰٤	۱۲	۰/۰٤۸	۰/٤۸	۱/٥۲	۲/۳۲	۰/۳٤	۰/۰۰٦
	۱۸٥٦–۳۹۹۳	۷۷٥۰	۱	/۰۰٤٦	۰/۰٤٦				
	۳۹۹۳–٦۳٥٥	٤۱٦٦	۷	۰/۰٤	۰/٤				
	٦۳٥٥–۹۲۲٤	۱۳٥۷	۱	۰/۰۰۹	/۰۹				
	۹۲۲٤–۱٤۳٤۲	۲۷٦	۰	۰	۰				
تراکم آبراهه	۰–۰/۱٥	۷۰۲	۱۳	۰/۰۳	۰/۳	۰/۸٦	۲/۰۰	۰/٥۷	۰/۱٤
	۰/۱٥–۰/۳۱	۱۳٦۷	۰	۰	۰				
	۰/۳۱–۰/٤۷	۳٥٦٥	۸	۰/۰۷	۰/۷				
	۰/٤۷–۰/٦۳	۷۷۸	۰	۰	۰				

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ادامه جدول ۱- ارتباط بین پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی عوامل موثر در تعیین حد تأثیر آن‌ها با استفاده از مدل آنتروپی شانون

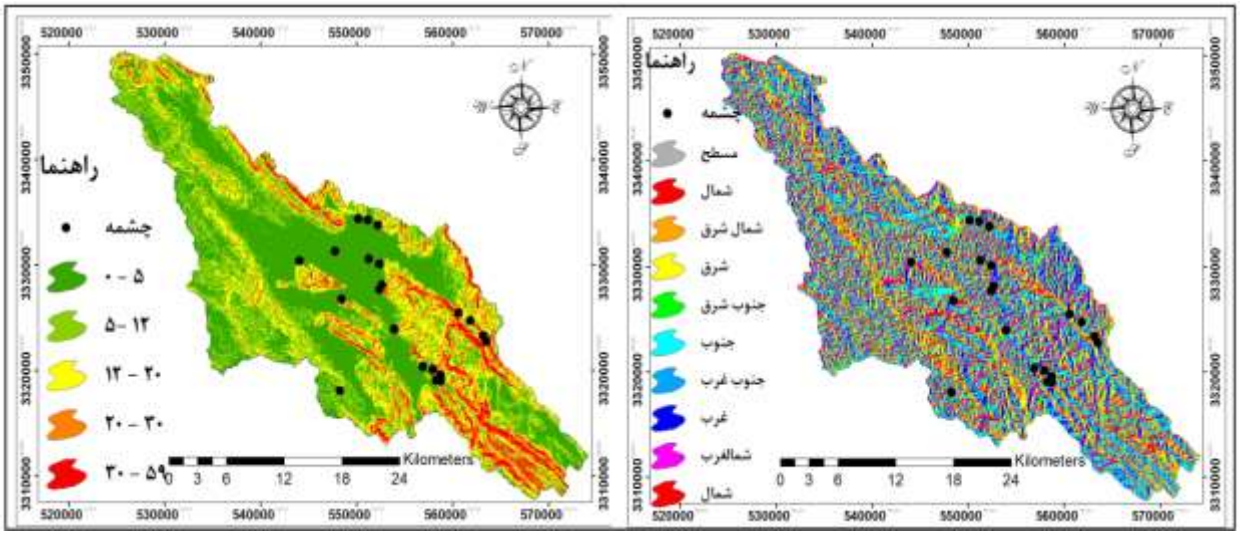
Continue Table 1- The relationship between groundwater resources potential the factors influencing the determination of their impact by using the Shannon entropy model

عامل	طبقه	تعداد پیکسل	تعداد چشمه	P_{ij}	(P_{ij})	(H_j)	(H_{jmax})	(I_j)	Wij
فاصله از گسل	۰-۴۱۰۷	۹۱۳۹	۱۵	۰/۰۷	۰/۶۵	۱/۲۳	۲/۳۲	۰/۴۶	۰/۰۰۹
	۴۱۰۷-۸۴۴۳	۸۴۳۳	۳	۰/۰۱۷	۰/۱۵				
	۸۴۴۳-۱۳۱۲۱	۵۶۴۹	۳	۰/۰۲	۰/۱۸				
	۱۳۱۲۱-۱۹۲۸۳	۱۸۸۵	۰	۰	۰				
	۱۹۲۸۳-۲۹۰۹۵	۹۰۴	۰	۰	۰				
تراکم گسل	۰- ۰/۰۱	۲۰۴	۱۷	۰/۰۸۳	۰/۹۴	۰/۳۳	۲/..	۰/۸۳	۰/۰۷
	۰/۱۱-/۲۲	۳۴۱	۰	۰	۰				
	/۲۲-۰/۳۴	۵۱۵	۲	/۰۰۳۸	/۰۴۳				
	۰/۳۴-۰/۴۵	۱۲۱۶	۲	/۰۰۱	۰/۰۱۱				
لیتولوژی	کواترنر	۷۹۵۵	۱۳	۰/۰۵	۰/۲۳	۲/۰۹	۳/۴	۰/۳۸	۰/۷
	آسماری	۲۳۰۹	۲	۰/۰۲۶	۰/۱۲				
	بختیاری	۳۷۵۱	۰	۰	۰				
	داریان	۳۲۲۱	۰	۰	۰				
	گدوان	۲۷	۰	۰	۰				
	گورپی	۶۵۱	۱	۰/۰۵۵	۰/۲۶				
	پابده	۷۳۱	۲	۰/۰۳۶	۰/۱۷				
	سروک	۲۵۰۶	۱	۰/۰۱۳	/۰۶۱				
	فهلیان	۱۴۳	۰	۰	۰				
	گچساران	۳۲۹۴	۱	۰/۰۱	۰/۰۴۷				
	میشان	۱۸۰	۱	۰/۰۲	۰/۹۵				
کاربری اراضی	جنگل	۱۸۴۰۸	۸	۰/۰۱۵	۰/۱۵	۱/۰۸	۲/۸	۰/۶۱	۰/۰۱۰
	زراعت آبی	۴۹۴۸	۱۲	۰/۰۸۳	۰/۸۳				
	زراعت دیم	۱۵۳۵	۰	۰/۰۲۲	۰/۲۲				
	اراضی بدون پوشش	۵۳۷	۱	۰	۰				
	بستر رودخانه	۴۰۰	۰	۰	۰				
	مناطق مسکونی	۱۶۳	۰	۰	۰				
	مراتع	۷۳	۰	۰	۰				

با بررسی‌های انجام شده مشخص شده که بیش‌ترین تعداد چشمه‌ها در طبقات ارتفاعی ۱۰۹۱- ۶۹۵، بیش‌ترین تعداد چشمه‌ها را به خود اختصاص داده است این امر ناشی از کم بودن تراکم زهکشی در این طبقه و در نتیجه نفوذ بیش‌تر

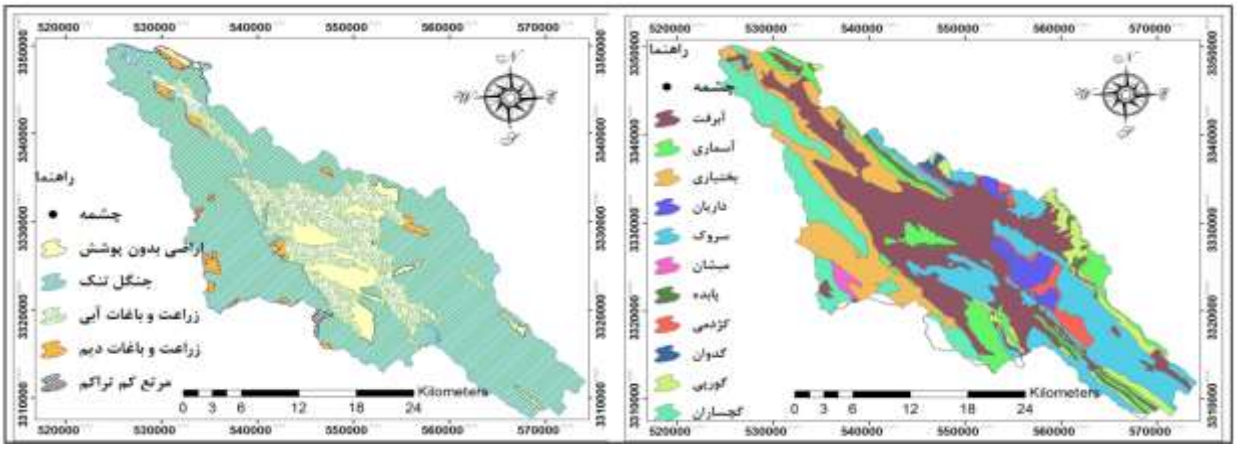
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

به در ون درز و شکاف‌های به در این طبقات هست. بیش‌ترین تعداد چشمه‌ها در شیب ۵-۰، فاصله از آبراهه ۱۸۵٦-۰، تراکم زهکشی ۰/۱-۰، فاصله از گسل، ٤۱۰۷-۰، تراکم گسل ۱۵/-۰، لیتولوژی آبرفتی کواترنر، و کاربری زراعت آبی نتایج نشان داد که هرچه فاصله از گسل کم‌تر باشد میزان تراکم و تعداد چشمه‌ها بیش‌تر است دلیل این امر امکان وجود آب زیرزمینی به درون زمین در مناطق نزدیک گسل است. وجود رابطه معکوس بین فاصله از گسل و تعداد چشمه نیز از نتایج دیگر پژوهش حاضر است. این نتایج بدان معناست که هرچه فاصله از گسل کم‌تر باشد تعداد چشمه‌ها بیش‌تر است دلیل این امر امکان ورود آب زیرزمینی به سطح در مناطق نزدیک به گسل است. همچنین رابطه معکوس فاصله از آبراهه، در همین راستا زیاد بودن پتانسیل آب زیرزمینی الزاما ناشی از وجود گسل و تراکم زیاد آن نیست، نفوذ آب به اعماق زمین و عدم ظهور بر سطح زمین در منطقه با تراکم زیاد گسل به سبب ساختار آن می‌تواند دلیلی بر کم بودن منابع آب زیرزمینی در منطقه باشد.



شکل ۲: الف) لایه جهت شیب حوضه آبریز نورآباددممسنی، ب): لایه شیب حوضه نورآباد ممسنی

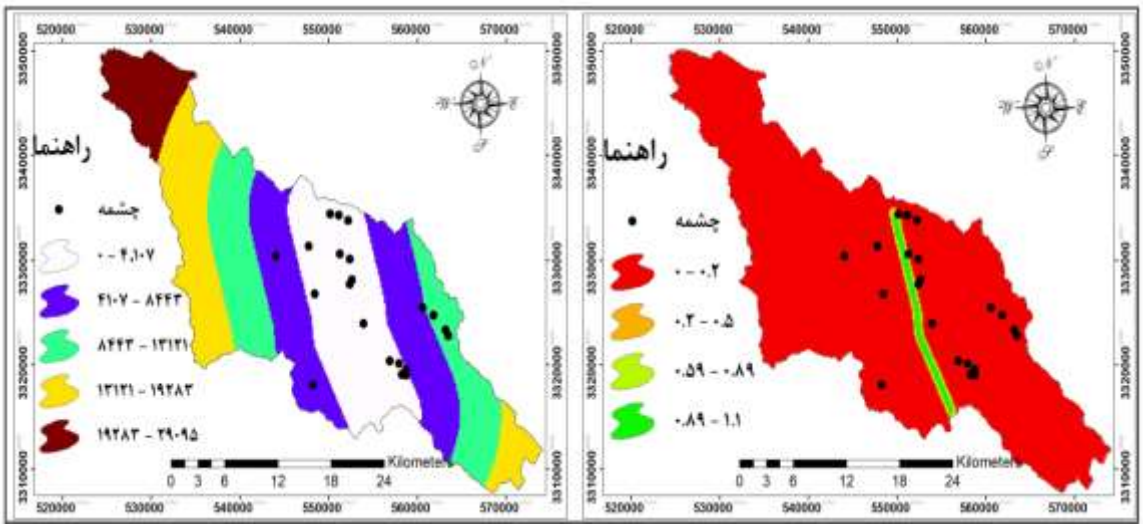
Figure 2: A): Layer direction for the slope of the Neyrabadmumsnia catchment area, B): The slope of the Nurabad Mamasani basin



شکل ۳: الف) لایه لیتولوژی حوضه آبریز نورآباددممسنی، ب): لایه کاربری اراضی حوضه نورآباد ممسنی

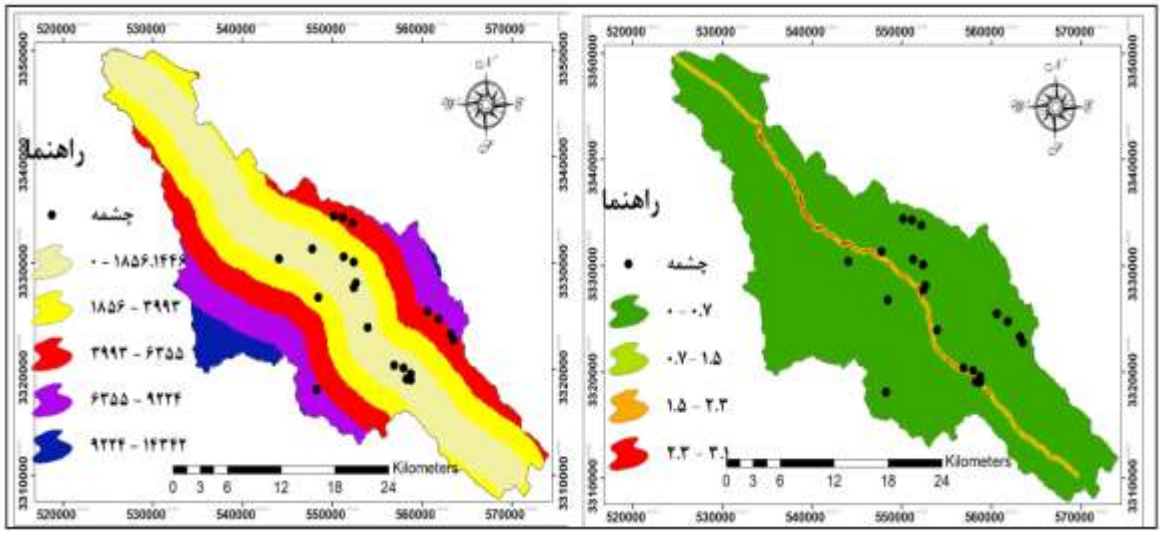
Figure 3: A): Lithology layer of the nurabad mamasani basin, B): Layer of land use in Nurabad Mamasani Basin

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ٤: الف) تراکم گسل حوضه آبریز نورآبادممسنی، ب) لایه فاصله ازگسل حوضه نورآباد ممسنی

Figure 4: A) Density of the fault in the catchment area of Noor-Abad-Munsani watershed, B) Distance between the basin of Nurabad Mamsani basin



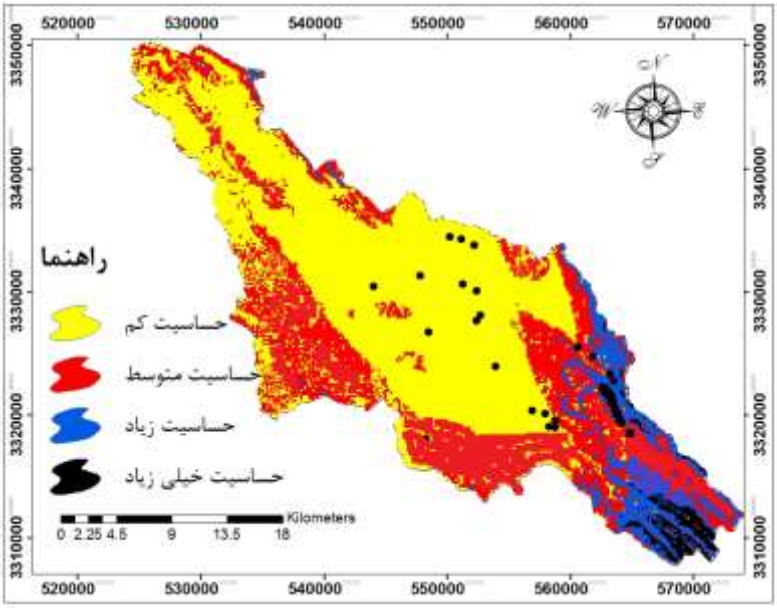
شکل ٥: الف) لایه تراکم آبراهه حوضه آبریز نورآبادممسنی، ب) لایه فاصله از آبراهه حوضه نورآباد ممسنی

Figure 5: A) Noise abandonment basin water drainage layer, B) Layer distance from the Nawrabad Mamasani basin

نتایج پژوهش حاضر در خصوص ارتباط پتانسیل آب زیرزمینی با تراکم زهکشی نشان داد که بیش‌ترین تراکم چشمه‌ها در طبقه ۰/۰ تا ۰/۰۲ قرار دارد. در همین زمینه، رابطه معکوس بین تراکم زهکشی و پتانسیل آب زیرزمینی در دشت نورآباد وجود دارد. هرچه با افزایش تراکم زهکشی، تعداد وقوع چشمه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۱)، (Wij) مشخص شد که عوامل لیتولوژی، تراکم آبراهه، کاربری اراضی، شیب، تراکم گسل جهت شیب، فاصله از آبراهه، ارتفاع، فاصله از گسل، به‌ترتیب (۰/۷، ۰/۱٤، ۰/۱۰، ۰/۰۱۰، ۰/۰۷، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰٦، ۰/۰۰٦، ۰/۰۰۹)، به خود اختصاص داده‌اند. در نهایت نقشه پتانسیل آب زیرزمینی در شکل (۵) بر اساس مدل آنتروپی ارائه شده است. طبق نتایج حاصل از تهیه نقشه پتانسیل آب زیرزمینی بر اساس مدل آنتروپی شانون که در شکل (۵) نمایش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

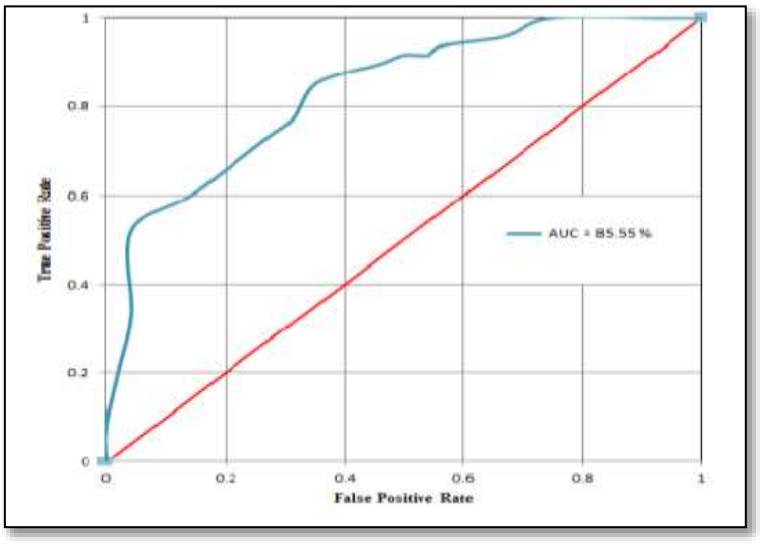
داده شده است مشخص می‌شود که مناطق با حساسیت کم در بخش‌های مرکزی حوضه واقع شده است. از آنجا که در مدل آنتروپی بیش‌ترین وزن مربوط به لیتولوژی و تراکم آبراهه می‌باشد.



شکل ۵: الف نقشه پتانسیل‌یابی حوضه آبریز نورآبادممسنی با مدل شانون

Figure 6: A. Mapping potential of the Nawrabadmumsani watershed with Shannon model

یکی از روش‌های تعیین دقت و ارزیابی مدل‌ها استفاده از منحنی تشخیصی عملکرد نسبی (ROC) در پژوهش حاضر چشمه‌های موجود ارزیابی شد. نتایج ارزیابی مدل آنتروپی شانون با استفاده از منحنی (ROC) نشان داد که مقدار AUC برابر ۸۵ درصد می‌باشد که مقدار آن بالا و قابل قبول می‌باشد.



شکل ٦: منحنی (ROC) نقشه آنتروپی شانون حوضه آبریز دشت نورآباد ممسنی

Figure (6): Curve (ROC) Shannon Entropy Map in the catchment area of Nurabad Mamsani plain

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

نتیجه‌گیری

با توجه به هزینه بر بودن آزمایش‌های اکتشافی منابع آب زیرزمینی تهیه نقشه پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های نوین با هدف حفاظت، مدیریت و بهره‌برداری صحیح از منابع آب امری حائز اهمیت است هدف از پژوهش حاضر اولویت‌بندی عوامل موثر بر پتانسیل آب زیرزمینی و پهنه‌بندی حساسیت آن در بخش. با استفاده از مدل آنتروپی است. بدین منظور از ۱۰ عامل ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از آبراهه و تراکم آبراهه، فاصله از گسل، تراکم گسل، لیتولوژی، کاربری اراضی، به عنوان عوامل موثر بر پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی استفاده شد. اولویت‌بندی عوامل موثر با استفاده از مدل آنتروپی شانون نشان داد که لایه کاربری اراضی لیتولوژی، فاصله از آبراهه بیش‌ترین تاثیر و تراکم گسل کم‌ترین تاثیر را داشته است. در پایان نقشه پتانسیل آب تهیه شد و به چهار طبقه حساسیت کم با ٦٤٪، حساسیت متوسط ٢٦٪، حساسیت زیاد ۷٪ و حساسیت بسیار زیاد ۲٪ از محدوده را در بر گرفته است. کم‌ترین میزان حساسیت مربوط به بخش مرکزی آبخوان است. در ضمن پهنه‌بندی حساست پتانسیل آب زیرزمینی در آنتروپی شانون (۸۵٪) برای منطقه تحقیق است که بنابراین به عنوان پیشنهاد می‌توان بر نتایج آنتروپی با توجه به دقت قابل قبول آن برای تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی تاکید داشت حال از آنجا که تاکنون در کشور مطالعات محدودی در زمینه پتانسیل آب زیرزمینی صورت گرفته این مطالعه می‌تواند بیانگر وضعیت پتانسیل منابع آب زیرزمینی در دشت نورآباد باشد نتایج حاصل، توجه منابع آب و مسئولان امر و اتخاذ تصمیمات آتی مدیریت منابع آب و همچنین بهره‌برداری از آن‌ها در منطقه تحقیق را می‌طلبد در نهایت اجرای مطالعات بیش‌تر در منطقه مطالعاتی و حتی دیگر مناطق کشور به منظور ارزیابی مقایسه‌ای توصیه می‌شود.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Alizadeh, A., (2009), "Principles of applied hydrology, Mashhad: Imam Reza University Press. [In Persian].
- Constantin, M., Bednarik, M., Jurchescu, M., Vlaicu, M., (2011), "Landslide susceptibility assessment using thebivariate statistical analysis and the index ofentropy in the Sibiciu Basin (Romania)", M.S Thisis Environmental Earth Science, 63: 397-406.
- Sener, E., Davraz, A., Ozcelik, M., (2005), "Anintegration of GIS and remotsensingingro1-undwater investigations:acasestudyin., Burdur,Turkey", ***Hydrogeology Journal***,13: 826-834.
- Fars regional Water organization, (2009), "Report on updating the water resources atlas of the Indianjaan", ***rivers and Surgeries***. [In Persian].
- Jha, M., Chowdhury, A., Chowdary, V., Peiffer, S., (2007), "Groundwatermanagement and development by integratedremote sensing and geographic informationsystems***:*** prospects and constraints", ***Water Resources Management***, 21: 427-467.
- Nefeslioglu, H., Duman, T., Durmaz, S., (2008), "Landslide susceptibilitymapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Easten Black Sea region of Turkey)",***Geomorphology***, 94: 401-418.
- Manikandan, J., Kiruthika, A. M., Sureshbabu, S., (2014), "Evaluation of groundwater potential zones in Krishnagiri district, Tamil Nadu using MIF technique", ***International Journal of Innovative Research in Science***,4: 88-70.
- Mishra, R. C., Biju, C., Naik, R. D., (2010), "Remote sensing and GIS for groundwater mapping and identification of Artificial recharge sites, geoenvironmental engineering and geotechnics: Progress in modeling and applications", ***Proceedings of Sessions of geoShanghai coferance, China***, pp: 216-223.
- Naghibi, A., Pourghasemi, H. R., Pourtaghi Z., S, Rezaei, A., (2014), "Groundwater qanat potential, mapping using frequency ratio and Shannon'sentropy models in the Moghan watershed, Iran", ***Journal of Earth Science***, 8: 171-186. [In Persian].
- Pourtaghi, Z., Pourghasemi, H. R, (2014), "GIS-based groundwaterspring potential assessment and mapping in the Birjand Township, southern Khorasan province.Iran", ***Hydrogeology Journal***, 22: 643-662. [In Persian].
- Pradhan, B., Lee, S., (2010), "Landslide susceptibility assessment and factoreffect analysis: back propagation artificialneural networks and their comparison withfrequency ratio and bivariate logisticregressionmodeling", ***Environmental Modeling and Software***, 25: 747-759.
- Poor Taheri, M., (2010), "***Application of multi-criteria decision making method in geography***", Tehran, Sond Publication. [In Persian].
- Pour Ghasemi, H. R., Moradi, H. R., Fatemi, Aghda, S. M., (2013), "Preparation of landslide susceptible map using comparative neuro-fuzzy inference in north of Tehran", ***Journal of Earthquake Research***, 10: 78-63. [In Persian].
- Rahimi, D., (2011), "Potential of groundwater resources in shahrekord plain", ***Environmental Geography Journal***, 9: 141-127. [In Persian].
- Shafiei, N., (1393), "Hydrogeomorphological study of the watershed of Nahababad Plain Mamasani, Its effect on the water resources of the region, University of Sistan & Baluchestan, Faculty of Geography and Planning. [In Persian].
- Seyf, A., Kargarlf, G., (2011), "Potential of submerged water resources using analytical hierarchy analysis and geographic information system of Sirjan basin", ***Natural Geography Quarterly***, 12: 90-75. [In Persian].
- Shannon, C., (1948), "A mathematicaltheory of communication, Bulletin system", ***Technology Journal***, 27: 379-423.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Sheroder, J., (2013), "Interactions among hydro geomorphology, vegetation, and nutrient biogeochemistry in flood plain eco system", ***Eco geomorphology, Singapore***, 12: 303-321.
- Taheri Teizrou, A., (2005), "***Groundwater***", Kermanshah, Fanavaran Publication. [In Persian].
- Zabihi, M., Pourghasemi, H., Behzadfar, M., (1394), "Investigating the potential of the catchment area of Bojnourd plain using Shannon entropy model and random forest", ***Eco hydrology Journal***, 2: 321-332. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]