

## ارزیابی روش نسبت فراوانی در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر، استان لرستان

ابراهیم نوحانی<sup>۱\*</sup>، ادریس معروفی‌نیا<sup>۲</sup>، خبات خسروی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۶

### چکیده

آب زیرزمینی از منابع مهم تامین آب شربین مورد نیاز انسان است. کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و میانگین بارش سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر یکی از کم‌بارش‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود. در این تحقیق از روش آماری نسبت فراوانی (FR) بر پایه GIS برای شناسایی و پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی دشت الشتر در استان لرستان استفاده شد. اولین قدم در این تحقیق، شناسایی فاکتورهای موثر بر رخداد و وقوع آب زیرزمینی می‌باشد. بدین منظور هفت فاکتور موثر که شامل شیب، طبقات ارتقاعی، کاربری اراضی، انحنا، زمین، شاخص توان رودخانه (SPI)، زمین‌شناسی و شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) مطابق با مطالعات گذشته شناسایی و تهیه شدند. همچنین از بیست و هشت حلقه چاه موجود در منطقه که دارای آبدهی بالای ۱۱ مترمکعب بر ساعت بودند، بیست حلقه چاه برای آموزش مدل و هشت حلقه چاه برای اعتبارسنجی به‌کار گرفته شد. نقشه تهیه شده در نهایت به پنج کلاس دارای پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شدند. طبق اعتبارسنجی صورت گرفته، مدل نسبت فراوانی دارای صحت ۸۵ درصدی برای تهیه نقشه‌های پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر می‌باشد. نتایج نشان داد که حاشیه‌های شمالی و غربی دشت دارای پتانسیل بالا و مرکز دشت دارای پتانسیل متوسط می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت الشتر، نسبت فراوانی، نقشه‌های پتانسیل‌یابی، GIS

### مقدمه

ضریب آلودگی کم‌تر به‌عنوان یک منبع قابل اتکا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و از سوی دیگر با تاثیر بر توان اکولوژیک سرزمین یک پدیده مهم و موثر در توسعه اقتصادی، تنوع اکولوژیکی و سلامت جامعه به‌حساب می‌آید (Madank et al., 2008). کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و میانگین بارندگی سالانه ۲۵۰ میلی‌متر یکی از کم‌آب‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۶). پیش‌بینی‌ها نشان داده است که تا سال ۲۰۵۰ تعداد ۶۶ کشور با مشکل کمبود آب مواجه خواهند شد که ایران در زمره این کشورهاست. برای رفع کمبود آب و مشکلات ناشی از آن نظیر تاثیر منفی بر توسعه اقتصادی، اجتماعی، تامین غذا و حفظ محیط زیست باید هم‌اکنون به مطالعه و جستجوی منابع جدید و مطمئن پرداخت. روش‌های قدیمی و سنتی مانند گمانه‌زنی و یا روش‌های ژئوالکترونیک بسیار زمان‌بر و هزینه‌بر بوده، اما روش‌های جدید با توجه به تعداد چاه‌های موجود در دشت اقدام به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی می‌کنند که این روش دارای دقت بسیار بالاتری می‌باشد (Nampak., 2014). در سال‌های اخیر ترکیب مدل‌های آماری و احتمالاتی با GIS بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته است و از کارهای انجام شده می‌توان به کارهای Youssef et al., 2011; Pradhan., 2009; Garcia Pintado et )

امروزه در جهان از آب به‌عنوان یک ماده حیاتی و حتی استراتژیک یاد می‌شود که نقش و تاثیر بسزایی در چرخه هیدرولوژی در سطح کره خاکی داشته و نتایج و عکس‌العمل آن در تعادل اکوسیستم‌ها بر کسی پوشیده نیست. آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است، در شرایط کنونی، بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور ایران، از آب زیرزمینی به بخش کشاورزی و شرب اختصاص دارد (خدایی و همکاران، ۱۳۸۵). آب‌های زیرزمینی در بسیاری کشورهای خشک و نیمه‌خشک بیش از ۸۰ درصد از منابع آبی مورد استفاده را تشکیل می‌دهند (صداقت، ۱۳۸۷). آب زیرزمینی از یک سو به دلیل شیرین بودن، ترکیبات ثابت شیمیایی، دمای ثابت و

۱- استادیار گروه عمران - سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد

دزفول، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دزفول، ایران

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، مهاباد، ایران

۳- دکترای آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

(Email: Nohani\_e@yahoo.com)

\*-نویسنده مسئول:

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

دشت الشتر با مساحتی حدود ۳۸۰۹۸۳۸ مترمربع در استان لرستان واقع شده است. این دشت بین طول‌های ۶' ۴۸° تا ۲۱' ۴۸° شرقی و عرض‌های ۶۴' ۳۵° تا ۵۸' ۳۵° شمالی واقع شده است (شکل ۱). دامنه تغییرات ارتفاعی آن حدود ۲۱۸۰ متر می‌باشد. از نظر پستی و بلندی ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا حدود ۱۵۸۰ متر می‌باشد. بارندگی متوسط سالانه دشت ۵۵۴ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۸/۸ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم محدوده با در نظر گرفتن سیستم اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد (کالیراد و همکاران، ۱۳۹۲). سفره آبدار اصلی دشت الشتر را رسوبات آبرفتی تشکیل می‌دهد.

### روش تحقیق

اولین قدم در تحقیق حاضر تهیه نقشه فهرست چاه‌ها می‌باشد. برای تهیه نقشه مناطق دارای پتانسیل آب باید از چاه‌های دارای آبدهی بالاتر از ۱۱ مترمکعب بر ساعت استفاده گردد (Nampak et al., 2014). در این تحقیق ۲۸ حلقه چاه موجود در منطقه با آبدهی بالاتر از ۱۱ مترمکعب بر ساعت انتخاب شدند و به طور تصادفی به ۷۰ درصد (۲۰ چاه) برای مدل‌سازی و ۳۰ درصد (۸ چاه) برای صحت‌سنجی تقسیم شدند. دومین قدم برای تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تهیه و انتخاب مجموعه‌ای از فاکتورهای موثر بر رخداد آب زیرزمینی می‌باشد (Jebur et al., 2014; Yalcin et al., 2011). مجموعه فاکتورهای موثر توسط هفت فاکتور شامل طبقات ارتفاعی (Altitude)، شیب، زمین‌شناسی، انحنا، زمین‌شناسی (Curvature)،  $SPI^*$ ،  $TWI^*$  و کاربری اراضی ساخته شد (Tehrany et al., 2015). این داده‌ها از منابع مختلف جمع‌آوری شد و سپس به پیکسل‌های ۳۰ متر بر اساس DEM منطقه تبدیل شدند. مدل رقومی ارتفاع (DEM) با ۳۰ متر وضوح از ماهواره استر دریافت شد و برای تهیه فاکتورهای توپوگرافی مختلف مانند طبقات ارتفاعی، زاویه شیب و انحنا، زمین توسط ArcGIS 10.1 به کار گرفته شد. طبقات ارتفاعی به ۵ کلاس، شیب به ۱۰ کلاس و انحنا، زمین به ۳ کلاس (محدب، صاف و مقعر) طبقه‌بندی شدند. فاکتورهای مختلف مانند  $TWI$  و  $SPI$  از DEM منطقه مورد مطالعه توسط نرم‌افزار 2 GIS SAGA تهیه شدند.  $TWI$  مقدار تجمع جریان در هر مکان در حوضه آبخیز و روند جریان به سمت پایین دست توسط نیروی ثقل می‌باشد. رابطه ۱ به وسیله موری و همکاران برای محاسبه  $TWI$  پیشنهاد گردید (Moore et al., 1991):

al., 2013; Lee et al., 2012; Tehrany et al., 2014; Islam et al., 2001; Dixon., 2005; Kia et al., 2005) در زمینه‌های مختلف اشاره کرد که بیش‌تر آن‌ها از تکنیک نسبت فراوانی و GIS استفاده نموده‌اند. داوودی‌مقدم و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی طالقان در استان البرز توسط روش نسبت فراوانی (FR) پرداختند (Davoodi et al., 2013). آن‌ها از ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش یا واسنجی مدل و از ۳۰ درصد باقی‌مانده برای اعتبارسنجی مدل استفاده نمودند. پارامترهای ورودی آن‌ها شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی،  $TWI$ ،  $SPI$  انحنا، زمین فاصله از رودخانه و غیره بود. آن‌ها از  $ROC$  و سطح زیرمنحنی ( $AUC$ ) برای اعتبارسنجی استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل  $FR$  با  $AUC=99.75\%$  دارای پیش‌بینی صحیح می‌باشد. نامپاک و همکاران در سال ۲۰۱۴ پژوهشی را با عنوان کاربرد پتانسیل بهره‌وری در مدل توابع شواهد قطعی ( $EBF$ ) برای پیش‌بینی مکانی بهره‌وری آب‌های زیرزمینی در حوضه لانگات ۱ مالزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ( $GIS$ ) انجام دادند (Nampak et al., 2014). برای مقایسه نتیجه روش  $EBF$ ، مدل رگرسیون لجستیک ( $LR$ )<sup>۲</sup> استفاده شد. برای برآورد کارایی مدل  $EBF$  نسبت به مدل رگرسیون لجستیک ( $LR$ ) منحنی نرخ موفقیت و نرخ پیش‌بینی ترسیم شد. خروجی به‌دست آمده از پژوهش حاضر کارایی  $EBF$  را در تهیه نقشه پتانسیل آب‌های زیرزمینی اثبات کرد. پورقاسمی و بهشتی‌راد پتانسیل آب‌های زیرزمینی حوضه کوه‌رنگ را با استفاده از مدل داده محور توابع شواهد قطعی ( $EBF$ ) در محیط  $GIS$  ارزیابی و مورد بررسی قرار دادند (Pourghasemi and Beheshtirad., 2014). هدف اصلی تحقیق فوق تولید  $GSPM$  در حوضه کوه‌رنگ استان چهارمحال و بختیاری ایران با استفاده از مدل  $EBF$  داده محور است. اعتبارسنجی نتایج نشان داد که نرخ پیش‌بینی برای مدل  $EBF$ ، یعنی ارزش سطح زیرمنحنی ( $AUC$ ) ۰/۸۱۷۲ و دقت پیش‌بینی ۸۱/۷۲٪ بود. از این رو به این نتیجه رسیدند که نقشه‌های تولید شده توسط  $EBF$  نتیجه رضایت‌بخشی را در حوضه آبخیز کوه‌رنگ ایران به نمایش گذاشته است. با توجه به مرور منابع صورت گرفته و همچنین نیاز مبرم دشت الشتر به منابع آب زیرزمینی جهت مصارف شرب و کشاورزی، تحقیق حاضر به پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر توسط روش آماری ۲ متغیره نسبت فراوانی به دلیل ساده بودن، دارای دقت قابل قبول و همچنین کاهش هزینه روش‌های سنتی صورت گرفته است.

3- Stream Power Index

4- Topographic Wetness Index

1- Langat

2- Logistic Regression

$$FR = \frac{A}{\frac{B}{C}} \quad (3)$$

که در آن FR میزان تاثیر هر کلاس از هر پارامتر، A درصد نقاط قرارگرفته در کلاس i، B تعداد کل نقاط، C درصد پیکسل‌های کلاس i و D تعداد کل پیکسل‌ها می‌باشد.

### یافته‌های پژوهش

#### نقشه‌های پارامترهای موثر

نقشه پارامترهای ورودی مدل نسبت فراوانی در شکل‌های ۲ تا ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است طبقات ارتفاعی سطح دشت از ۱۵۱۰ متر تا ۱۹۴۸ متر متغیر می‌باشد. بیش‌ترین مساحت دشت را طبقه ارتفاعی ۱۵۷۲ تا ۱۵۹۵ متر پوشانده است. کم‌ترین مساحت دشت نیز مربوط به طبقه ارتفاعی آخر (۱۷۹۷ تا ۱۹۴۸ متر) می‌باشد (شکل ۲). انحنای زمین شامل مقعر، مسطح و محدب بوده، بنابراین، پس از تهیه نقشه مربوطه به ۳ کلاس تقسیم بندی شد. بیش‌ترین سطح دشت را کلاس بدون انحنا یا مسطح در برگرفته است (شکل ۳).

رابطه مکانی بین رخداد آب زیرزمینی و پارامترهای موثر بر آن در دشت الشتر در جدول ۱ برای روش نسبت فراوانی نشان داده شده است. در روش حاضر نیاز به درصد وجود چاه و همچنین درصد پیکسل در هر طبقه از هر فاکتور موثر بر رخداد آب زیرزمینی است.

$$TWI = \ln\left(\frac{AS}{\tan\beta}\right) \quad (1)$$

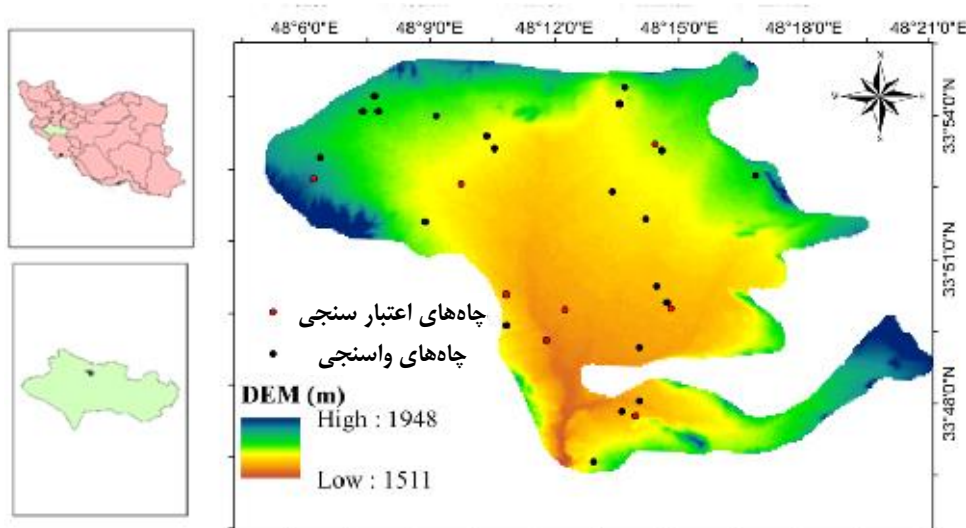
که در آن AS مساحت ویژه حوضه آبخیز ( $m^2/m$ ) و  $\beta$  زاویه شیب به درجه می‌باشد. نقشه TWI تهیه و به پنج کلاس طبقه‌بندی شد. SPI اندازه‌گیری قدرت فرساینده‌گی جریان آب می‌باشد اما بر پایه این فرض که دبی متناسب با مساحت ویژه حوضه آبخیز می‌باشد، که در رابطه ۲ نمایش داده شده است.

$$SPI = (AS \times \tan\beta) \quad (2)$$

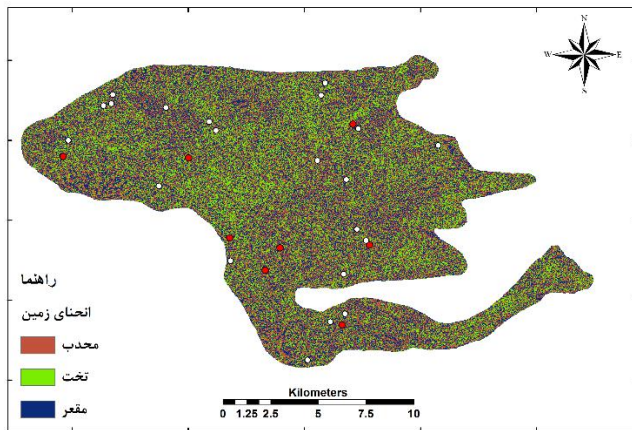
نقشه کاربری اراضی از اداره آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه شد که دارای هفت کلاس بیشه‌زار، جنگل با تاج پوشش کم، زراعت آبی، زراعت دیم، مسکونی، مرتع فقیر و متوسط می‌باشد. نقشه زمین شناسی نیز از اداره آب منطقه‌ای لرستان اخذ گردید.

### مدل‌سازی پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر توسط روش نسبت فراوانی

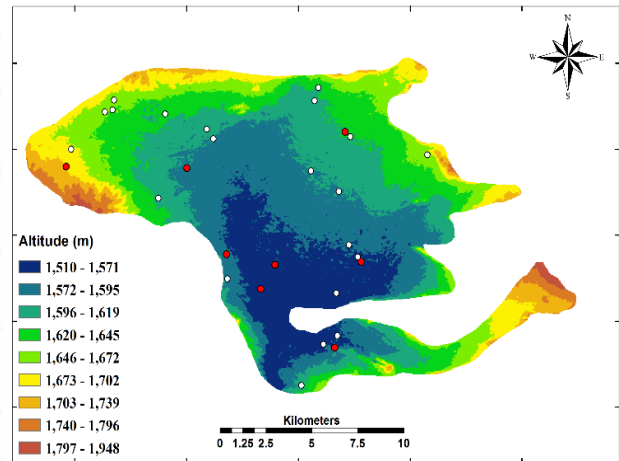
مجموعه نقاط چاه‌ها گروه واسنجی به‌عنوان متغیر وابسته و پارامترهای انتخاب شد (طبقات ارتفاعی، شیب و غیره) به‌عنوان متغیرهای مستقل به تکنیک نسبت فراوانی معرفی شدند. با استفاده از تکنیک نسبت فراوانی، احتمال رخداد چاه قرار گرفته در هر کلاس برای تمام پارامترها محاسبه گردید. تکنیک نسبت فراوانی نشان‌دهنده احتمال حضور یک پدیده با مشخصاتی ویژه است. به‌منظور تعیین میزان تاثیر هر کلاس از متغیر مستقل از رابطه ۳ استفاده گردید:



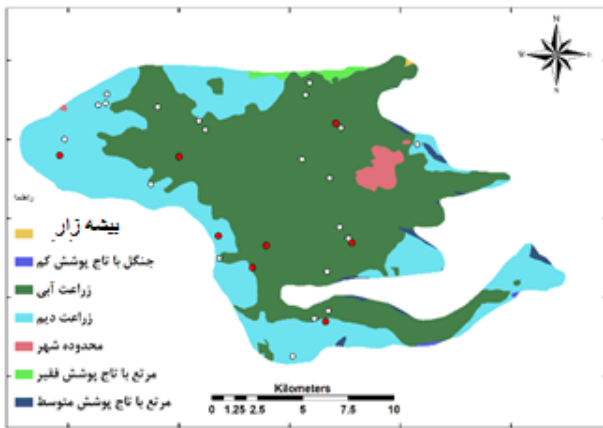
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران



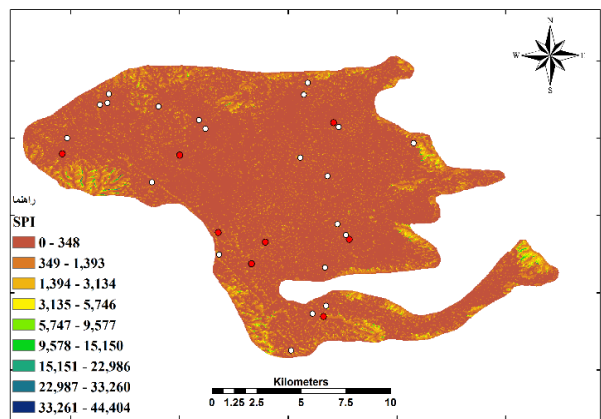
شکل ۳- انحنای زمین



شکل ۲- طبقات ارتفاعی



شکل ۵- نقشه توان فرساینده رودخانه



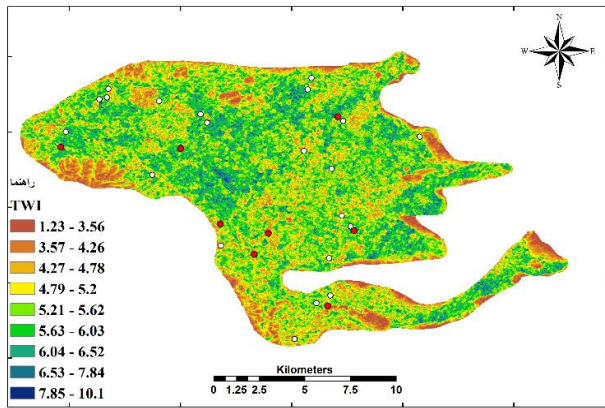
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی

نقشه شیب منطقه به ۹ کلاس طبقه‌بندی گردید. همان‌طور که مشخص است شیب منطقه مورد مطالعه بین ۰ تا ۴۹ درجه متغیر می‌باشد. بیش‌ترین مساحت دشت را شیب ۰ تا ۲/۳ درجه در بر گرفته است. کم‌ترین مساحت نیز مربوط به شیب ۲۹ تا ۴۹ درجه، یعنی طبقه آخر می‌باشد. پس، منطقه مورد مطالعه بسیار مسطح و با شیب بسیار کم می‌باشد (شکل ۷).

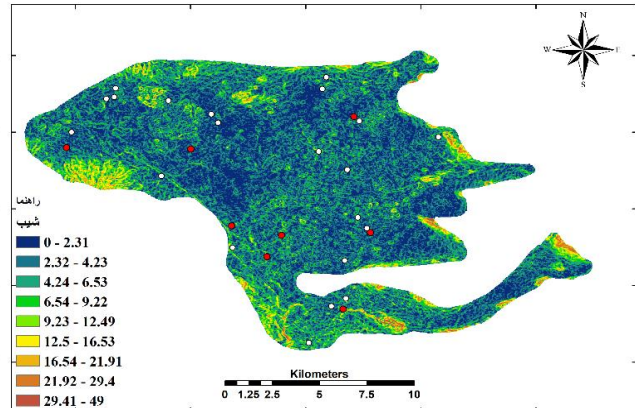
در شکل ۸ نیز یکی دیگر از مهم‌ترین فاکتورهای موثر بر رخداد آب زیرزمینی که زمین‌شناسی می‌باشد، نشان داده شده است. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه از ۲ واحد آبرفت کهن که بیش از ۹۶ درصد دشت را پوشانده و آهک ماری تشکیل شده است.

رابطه مکانی بین رخداد آب زیرزمینی و پارامترهای موثر بر آن در دشت الشتر در جدول ۱ برای روش نسبت فراوانی نشان داده شده است. در روش حاضر نیاز به درصد وجود چاه و همچنین درصد پیکسل در هر طبقه از هر فاکتور موثر بر رخداد آب زیرزمینی است.

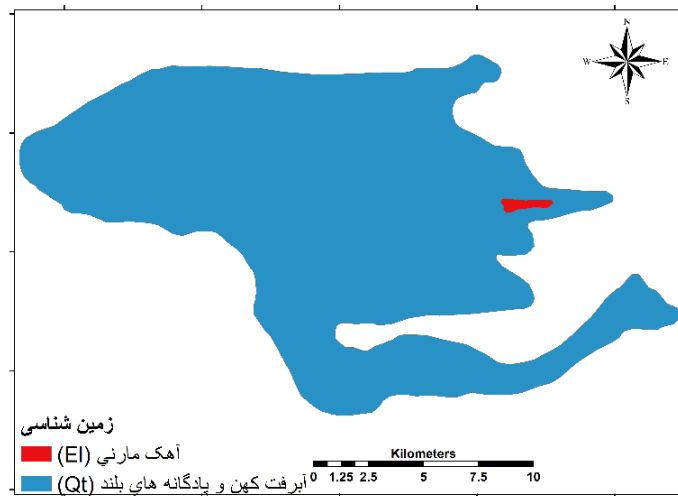
توپوگرافی به‌عنوان یک عامل اولیه کنترل‌کننده تغییرات مکانی شرایط هیدرولوژیکی می‌باشد که توزیع مکانی رطوبت خاک را متاثر می‌سازد و جریان آب زیرزمینی نیز اغلب از توپوگرافی سطح پیروی می‌کند. بنابراین از شاخص‌های توپوگرافی برای توصیف الگوی مکانی رطوبت خاک استفاده می‌شود. شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) ابزاری مفید و رایج برای توصیف شرایط رطوبتی در مقیاس حوضه می‌باشد بنابراین مناطق اشباع سطحی و توزیع مکانی رطوبت خاک در حوضه‌ها را با فرض برابر بودن شیب آب زیرزمینی با شیب سطح زمین، تقریب می‌زند. نظریه شاخص رطوبت توپوگرافی اولین بار به-وسیله Beven و Kirkby در سال ۱۹۹۱ در (مدل بارش رواناب TOPMODEL) معرفی شد که می‌تواند تاثیر توپوگرافی را بر روی تولید رواناب به‌صورت کمی بیان کند. به‌طور کلی مناطق با شیب کم و مسطح دارای شاخص رطوبت بیش‌تری نسبت به سایر مناطق می‌باشد (شکل ۶).



شکل ۷- نقشه شیب



شکل ۶- نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی



شکل ۸- نقشه زمین شناسی منطقه

جدول ۱- نسبت فراوانی بین چاهها و پارامترهای موثر بر آب زیرزمینی در دشت الشتر

متغیر	کلاس (i)	تعداد پیکسل هر طبقه	درصد پیکسل هر طبقه	تعداد چاه در هر طبقه	درصد چاه در هر طبقه	وزن نهایی به روش FR
شیب (%)	۰-۲/۳	۷۲۳۰۸	۳۰/۷۲	۲	۱۰	۰/۳
	۲/۳-۴/۲	۷۸۳۳۸	۳۳/۲۸	۷	۳۵	۱
	۴/۲-۶/۵	۴۵۵۵۴	۱۹/۳۵	۸	۴۰	۲
	۶/۵-۹/۲	۲۱۳۰۳	۹/۰۵	۲	۱۰	۱/۱
	۹/۲-۱۲/۵	۹۵۱۲	۴/۰۴	۱	۵	۱/۲۵
	۱۲/۵-۱۶/۵	۴۶۶۰	۱/۹۷	۰	۰	۰
	۱۶/۵-۲۱/۹	۲۳۶۲	۱	۰	۰	۰
	۲۱/۹-۲۹/۲	۱۰۵۸	۰/۴۴	۰	۰	۰
	۲۹/۲-۴۹	۲۷۷	۰/۱۱	۰	۰	۰
	۱/۲-۳/۵	۶۱۹۴	۲/۳۶	۰	۰	۰
رطوبت توپوگرافی	۳/۵-۴/۲	۱۵۲۰۰	۶/۴۵	۲	۱۰	۱/۵
	۴/۲-۴/۸	۲۸۴۰۰	۱۲/۰۶	۱	۵	۰/۴۵۲
	۴/۸-۵/۲	۴۲۲۵۸	۱۷/۹۵	۲	۱۰	۰/۵۰۵
	۵/۲-۵/۷	۵۶۴۹۷	۲۴	۱۲	۶۰	۲/۴۹

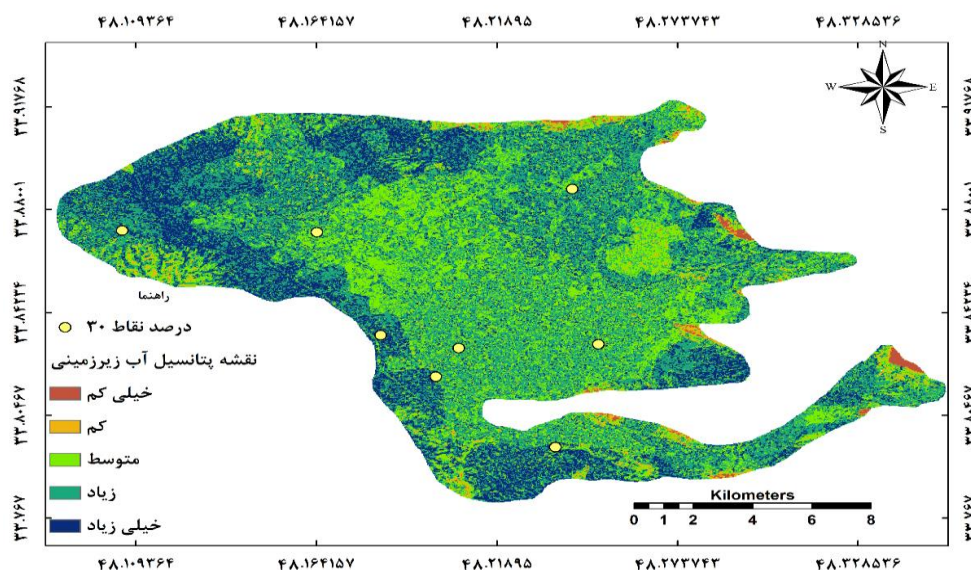
-/۷۵۴	۱۵	۳	۲۰/۳۱	۴۷۸۱۸	۵/۷-۶/۱	
.	.	.	۱۱/۳	۲۶۶۱۱	۶/۱-۶/۵	
.	.	.	۴/۴۹	۱۰۵۷۸	۶/۵-۷/۸	
.	.	.	۰/۷۷	۱۸۱۴	۷/۸-۱۰	
-/۶۰۴	۱۰	۲	۱۶/۳۴	۳۸۴۸۱	-۱۵۱۰	
					۱۵۷۰	
-/۴۹۴	۱۰	۲	۲۴/۰۹	۵۶۷۲۴	-۱۵۷۰	
					۱۵۹۵	
۱/۵۳	۳۰	۶	۱۹/۱۶	۴۵۱۰۸	-۱۵۹۵	
					۱۶۱۹	
۱/۶۲	۲۵	۵	۱۵/۷۳	۳۷۰۳۰	-۱۶۲۰	
					۱۶۴۵	
۲	۲۰	۴	۱۰/۳۲	۲۴۲۹۴	-۱۶۴۶	ارتفاع
					۱۶۷۰	(m)
-/۷۷۱	۵	۱	۷/۹۲	۱۸۶۴۷	-۱۶۷۰	
					۱۷۰۰	
.	.	.	۳/۹۱	۹۲۲۵	-۱۷۰۰	
					۱۷۳۹	
.	.	.	۱/۹۵	۴۶۰۲	-۱۷۴۰	
					۱۷۹۶	
.	.	.	۰/۵۳	۱۲۶۱	-۱۷۹۶	
					۱۹۴۸	
۱/۴۸	۵۰	۱۰	۳۷/۲۶	۸۸۴۴۵	تخت (بدون	
					انحنای	
-/۲۷	۲۰	۴	۲۶/۹۳	۶۳۹۳۷	انحنای مقعر	انحنای
					انحنای	زمین
-/۲۳	۳۰	۶	۳۵/۸	۸۴۹۹۰	محدب	
-/۸۸	۵۵	۱۱	۶۲/۷۳	۱۴۹۶۳۹	زراعت آبی	
.	.	.	۰/۱۲	۲۹۰	شهری	
۱/۳۴	۴۵	۹	۳۳/۶۴	۸۰۲۵۳	زراعت دیم	کاربری
					مرتفع فقیر	اراضی
.	.	.	-/۰۴۱	۱۰۰	مرتفع متوسط	
.	.	.	۰/۹۶	۲۳۱۲	بیشه زار	
.	.	.	۰/۷۷	۱۸۵۷	جنگل تنک	
.	.	.	۱/۷	۴۰۵۶		
۱/۱۴	۸۵	۱۷	۷۷/۹	۱۸۳۳۶۸	۳۴۸-۰	
-/۳۵	۱۵	۳	۱۷/۶۸	۴۱۶۲۱	۱۳۹۳-۳۴۹	
					-۱۳۹۳	
.	.	.	۳/۱	۷۴۷۹	۳۱۳۴	
.	.	.	۰/۸	۱۸۹۹	-۳۱۳۵	
					۵۷۴۶	توان
.	.	.	۰/۲۷	۶۴۶	-۵۷۴۷	رودخانه
					۹۵۷۷	
.	.	.	۰/۱	۲۳۸	-۹۵۷۸	
					۱۵۱۵۰	
.	.	.	۰/۰۳	۷۴	-۱۵۱۵۱	
					۲۲۹۸۶	

			۰/۰۱۵	۳۶	۲۲۹۸۷	
					۳۳۲۶۰	
			۰/۰۰۴	۱۱	۳۳۲۶۱	
					۴۴۴۰۴	
			۳	۷۳۷۲	آهک مارنی	زمین شناسی
۱	۱۰۰	۲۸	۹۷	۲۳۰۲۳۳	آبرفت کهن	

زیرزمینی بیش تر است، کم تر می باشد، پس فاکتور توان آبراهه با رخداد آب زیرزمینی دارای رابطه عکس می باشد. برای فاکتور زمین شناسی نیز، کل چاه های موجود در دشت الشتر در آبرفت کهن حفر شده است، به عبارت دیگر آبرفت کهن دارای تاثیر بسیاری در رخداد آب زیرزمینی در دشت الشتر می باشد. در نهایت، وزن های به دست آمده از روش نسبت فراوانی، در کلاس هاس مربوط به هر فاکتور اعمال گردید و در نهایت توسط روش ترکیب خطی وزن دار نقشه نهایی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی تهیه شد.

**نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی به روش نسبت فراوانی**  
نقشه نهایی ایجاد شده در مرحله قبل را توسط دستور شکست طبیعی (Natural break) به پنج کلاس طبق مرور منابع تقسیم بندی شد (Khosravi et al., 2016). در شکل ۹ نقشه نهایی پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر در استان لرستان نشان داده شده است. این نقشه به ۵ کلاس دارای پتانسیل آب خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شده است.

طبق جدول ۱ با افزایش شیب از تعداد چاه های موجود در منطقه کاسته می گردد، به عبارت دیگر رخداد آب زیرزمینی با شیب دارای رابطه عکس می باشد، پس آب های زیرزمینی بیش تر در شیب های کم، رخ می دهد، که در راستای نتایج لی و همکاران می باشد (Lee et al., 2012). برای فاکتور رطوبت توپوگرافی، با افزایش این فاکتور احتمال رخداد آب زیرزمینی بیش تر می گردد، زیرا که افزایش این فاکتور به معنی بیش تر بودن رطوبت می باشد. با افزایش ارتفاع نیز به دلیل کاسته شدن تعداد چاه های حفر شده می توان نتیجه گرفت که احتمال رخداد آب زیرزمینی با افزایش ارتفاع کاهش می یابد که در تطابق کامل با نتایج نمپاک و همکاران می باشد (Nampak et al., 2014). به دلیل تاثیر انحنای مسطح در نفوذ آب می توان گفت انحنای مسطح و بعد از آن انحنای مقعر دارای تاثیر بیش تری در رخداد آب زیرزمینی هستند. برای فاکتور کاربری اراضی، بیش ترین تعداد چاه ها در زراعت های دیم و آبی حفر شده است. پس، کاربری های ذکر شده دارای تاثیر بیش تری بر رخداد آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه هستند. در دشت الشتر بیش ترین چاه ها در مناطقی وجود دارد که توان رودخانه نیز در آن قسمت کم تر است. همان طور که ذکر شد، مقدار فاکتور توان آبراهه در مناطق دشتی که در آن احتمال رخداد آب



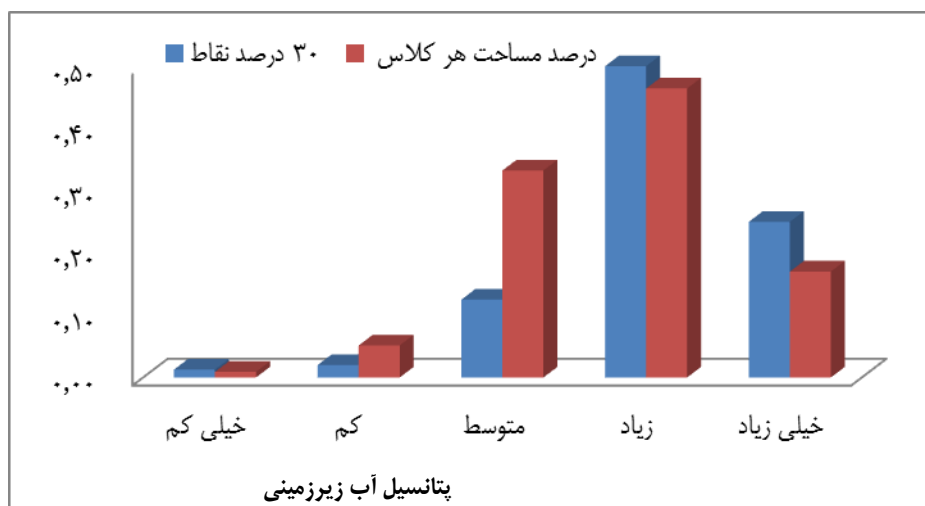
شکل ۹- نقشه پهنه بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت الشتر به روش نسبت فراوانی

منحنی مشخصه عملکرد سیستم receiver operating characteristic curve (ROC) محاسبه گردید (شکل ۱۱). تفسیر هیستوگرام به این صورت می‌باشد که در محور افقی هر یک از کلاس‌های مربوط به نقشه نهایی قرار گرفته است و در محور عمودی درصد مساحت هر یک از کلاس‌ها و همچنین درصد چاه‌های اتفاق افتاده در داخل هر کلاس از نقشه نهایی درج شده است. بنابراین در صورت بالا بودن صحت نقشه نهایی، احتمال حضور چاه‌های صحت‌سنجی در کلاس‌هایی با پتانسیل بیش‌تر (کلاس‌های خیلی زیاد و زیاد) و حتی در کلاس متوسط نیز وجود دارند. با توجه به هیستوگرام‌های مربوطه که بیش‌تر چاه‌ها اعتبارسنجی در کلاس‌های خیلی زیاد، زیاد و متوسط قرار دارد و همچنین صحت ۸۵ درصدی نقشه نهایی می‌توان دریافت که روش نسبت فراوانی در تهیه پهنه-بندی نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی از کارایی مناسبی برخوردار می‌باشد.

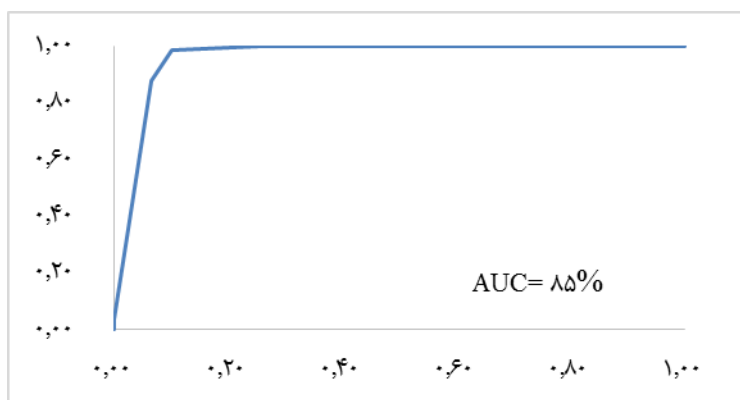
با توجه به شکل ۹، مناطق حاشیه غربی و شمالی دشت دارای پتانسیل بالاتری از منابع آب زیرزمینی نسبت به سایر قسمت‌های دشت هستند. قسمت‌های مرکزی دشت نیز دارای پتانسیل متوسط می‌باشند. طبق شکل ۹، بیش‌ترین مساحت دشت را کلاس‌های مناطق دارای پتانسیل متوسط به بالا تشکیل داده‌اند، بنابراین دشت‌الشر از حیث منابع آب زیرزمینی دارای وضعیت مناسبی می‌باشند.

#### صحت‌سنجی نقشه نهایی پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی

به منظور ارزیابی دقت نقشه پیش‌بینی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی، از ۲۸ چاه منطقه استفاده شد، از این ۲۸ چاه، ۲۰ مورد برای واسنجی و ۸ مورد که در واسنجی وارد نشده بودند، برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. پس از تهیه نقشه نهایی، تعداد چاه‌هایی که در داخل هر کدام از کلاس‌های مختلف پتانسیل آب زیرزمینی قرار دارد، تعیین گردید. در نهایت دقت پیش‌بینی پتانسیل سیل بر اساس روش درصد نسبت فراوانی توسط هیستوگرام شکل ۱۰ و مساحت زیر



شکل ۱۰- ارزیابی صحت‌سنجی مدل نسبت فراوانی به صورت هیستوگرام



شکل ۱۱- منحنی مشخصه عملکرد سیستم



## نتیجه گیری

آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی است که به طور فزاینده نقش قابل توجهی را برای منابع آب در سراسر جهان دارند. بنابراین، تشخیص و پیش‌بینی توزیع مکانی از مناطق بالقوه برای اکتشاف آب‌های زیرزمینی تبدیل به یک موضوع مهم برای بخش خصوصی، دولتی و موسسات تحقیقاتی در سراسر جهان شده است. برای بررسی پتانسیل آب زیرزمینی روش‌های مختلفی در گذشته استفاده شده است. روش مورد استفاده در این مطالعه و سایر تحقیقات مشابه، روشی سریع و کم‌هزینه برای ارزیابی پتانسیل آب‌های زیرزمینی است و می‌تواند در مناطق دیگر توصیه شود. هدف از این تحقیق شناسایی و پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت الشتر با توجه به نیاز شدید دشت حاضر به منابع آب زیرزمینی جهت مصارف شرب و کشاورزی می‌باشد. در این تحقیق مدل نسبت فراوانی به طور موفقیت‌آمیزی برای کشف مناطق دارای پتانسیل بالا جهت استخراج منابع آب زیرزمینی دشت الشتر در استان لرستان به کار گرفته شد. اولین قدم برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی منابع آب زیرزمینی، تهیه و آماده‌سازی فاکتورهای موثر بر آب زیرزمینی می‌باشد. در این تحقیق از ۷ فاکتور موثر شیب، SPI، TWI، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، انحنای زمین و زمین‌شناسی استفاده شد. رابطه کمی بین آب‌های زیرزمینی موجود و لایه‌های هیدروژئولوژی برای دریافت تاثیر بیش‌ترین لایه در آب زیرزمینی مفید و موثر می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مدل FR به طور موفقیت‌آمیزی می‌تواند برای تهیه نقشه پهنه‌های دارای پتانسیل آب زیرزمینی به کار رود. به منظور ارزیابی دقت نقشه پیش‌بینی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی، از ۲۸ چاه دارای آینده بالاتر از ۱۱ مترمکعب در ساعت مربوط منطقه استفاده شد، از ۲۸ چاه، ۲۰ مورد برای آموزش مدل و ۸ مورد که در آموزش مدل وارد نشده بودند برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. همان‌طور که مشخص است، مناطق حاشیه غربی و شمالی دشت دارای پتانسیل بالاتری برای منابع آب زیرزمینی نسبت به سایر قسمت‌های دشت دارا می‌باشد. قسمت‌های مرکزی دشت نیز دارای پتانسیل متوسط می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در مناطق با شیب ۴ تا ۶ درجه، طبقات ارتفاعی بین ۱۶۴۰ تا ۱۶۷۰ متر، رطوبت توپوگرافی ۵ تا ۶ و همچنین در مناطق مسطح و با کاربری دیم دارای احتمال رخداد بیش‌تری هستند. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد که پهنه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه بررسی گردد، تا کیفیت آب‌های زیرزمینی مناطق با پتانسیل بالا، جهت مصارف شرب، کشاورزی و غیره پی برده شد.

## منابع

- خدایی، ک.، شهسواری، ع.ا.، اعتباری، ب. ۱۳۸۵، ارزیابی آبخوان دشت جوبین به روش‌های Drastic, Gods. مجله زمین‌شناسی ایران. پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی. تهران. ۲: ۴-۱۸.
- صداقت، م. ۱۳۸۷، زمین و منابع آب، چاپ اول، انتشارات پیام نور، تهران
- کالیراد، ز.، ملکیان، آ.، معتمد وزیری، ب. ۱۳۹۲. تعیین الگوی توزیع منابع آب زیرزمینی دشت الشتر، پژوهش‌نامه مدیریت حوضه آبخیز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ساری. ۷: ۴-۶۹-۵۷.
- مسعودیان، ا.، کاویانی، م. ر. ۱۳۸۶. اقلیم‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اصفهان
- Davoodi, M.D., Rezaei, M., Pourghasemi, H.R., Pourtaghi, Z.S., Pradhan, B. 2013. Groundwater spring potential mapping using bivariate statistical model and GIS in the Taleghan Watershed, Iran. *Arabian Journal of geosciences*. 8.2: 913-929.
- Dixon, B. 2005. Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting ground-water vulnerability: a GIS-based sensitivity analysis. *Journal of Hydraulic*. 309.2: 17-38.
- Garcia-Pintado, J., Neal, J.C., Mason, D.C., Dance, S.L., Bates, P.D. 2013. Scheduling satellite-based SAR acquisition for sequential assimilation of water level observations into flood modeling. *Journal of Hydrology*. 495.3: 252-266.
- Gokceoglu, C., Sonmez, H., Nefeslioglu, H.A., Duman, T.Y., Can, T. 2005. The 17 March 2005 Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide-susceptibility map of its near vicinity. *Engineering geology*. 81.2: 65-83.
- Islam, M.M., Sado, K., Owe, M., Brubaker, K., Ritchie, J., Rango, A. 2001. Flood damage and management modeling using satellite remote sensing data with GIS: case study of Bangladesh. IAHS Publication. 455-457.
- Jebur, M., Pradhan, B., Tehrany, M. 2014. Manifestation of LiDAR-derived parameters in the spatial prediction of landslides using novel ensemble evidential belief functions and support vector machine models in GIS, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 8.2: 674-690.
- Kia, M.B., Pirasteh, S., Pradhan, B., Mahmud, A.R.,

300.

- Pourghasemi, H.R., Beheshtirad, M. 2014. Assessment of a data-driven evidential belief function model and GIS for groundwater potential mapping in the Koohrang Watershed, Iran. *Journal Geocarto Internationa*. 30: 662-685.
- Pradhan, B. 2009. Groundwater potential zonation for basaltic watersheds using satellite remote sensing data and GIS techniques. *Central European Journal of Geosciences*. (1):120-129.
- Razandi, Y., Pourghasemi, H.R., Samani neisani, N., Rahmati, O. 2015. Application of analytical hierarchy process, frequency ratio, and certainty factor models for groundwater potential mapping using GIS. *Earth science information*, 8:867-883.
- Tehrany, M.S., Lee, M.J., Pradhan, B., Jebur, M.N., Lee, S. 2014. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models, *Environmental earth science*. 72.10: 4001-4015.
- Tehrany, M.S., Pradhan, B., Mansour, S.H., Ahmad, N. 2015. Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types. 125.2:91-101.
- Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A.C., Yomralioglu, T. 2011. A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, North East Turkey, *Catena*. 85.3:274-287.
- Youssef, A.M., Pradhan, B., Hassan, A.M. 2011. Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery, *Environmental Earth Sciences*. 62.5: 611-623.
- Sulaiman, W.N.A., Moradi, A. 2012. An artificial neural network model for flood simulation using GIS: Johor River Basin, Malaysia. *Environmental Earth Science*. 67.2:251-264.
- Khosravi, Kh., Nohani, E., Maroufinia, E., Pourghasemi, H.R. 2016. A GIS-based flood susceptibility assessment and its mapping in Iran: a comparison between frequency ratio and weights-of-evidence bivariate statistical models with multi-criteria decision-making technique. *Natural Hazards*. 83 .2: 947-987
- Khosravi, K.h., Pourghasemi, H.R., Chapi, K., Bahri, M. 2016. Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environmental Monitoring and Assessment*. *Environmental Monitoring and Assessment*. 188.12:656.
- Lee, M.J., Kang, J.E., Jeon, S. 2012. Application of frequency ratio model and validation for predictive flooded area susceptibility mapping using GIS. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE International*. Munich. 895-898.
- Madank, J., Kamii, Y., Chikamori, K. 2008. Cost-Effective Approaches for sustainable Grounwater Management in Alluvial Aquifer System Ms, *Water Resources Management*. Springer. 23.2: 219-233.
- Moore, I.D., Grayson, R.B., Ladson, A.R. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications, *Hydrological Processes*. 5.1: 3-30.
- Nampak, H., Pradhan, B., Abdmanap, M. 2014. Application of GIS based data driven evidential belief function model to predict groundwater potential zonation, *Gournal of Hydrology*. 513: 283-

## Evaluation of Frequency Ratio Method for Groundwater Potential Mapping at Al-Shtar Plain, Lorestan Province

E. Nohani<sup>1\*</sup>, E. Merufinia<sup>2</sup>, KH. Khosravi<sup>3</sup>

Received: Sep.07, 2017

Accepted: Nov.07, 2017

### Abstract

Groundwater is the major sources of fresh water supply for human being. Iran country with arid and semi-arid climate conditions and average annual rainfall of 250 ml is considered as one of the most waterless countries of the world. In this study, the frequency ratio method on the basis of GIS was used for detection and zoning of the Al-shtar plain regions which are potential in terms of underground waters in Lorestan Province. The most initial step is identification of effective factors. So, seven effective factors including gradient, altitudinal floors, land use, curvature of the earth, Standardized Precipitation Index (SPI), Topographic Wetness Index were identified and documented with regard to the resources review. For this purpose, among from the 28 available wells, 20 wells were selected for education and calibration of the model and 8 wells were utilized for validation. The associated map to the 5 classes with so low, low, average, high and very high potential was categorized. According to the performed validation, the frequency ratio model has enough accuracy and it is suitable for preparation of potential detection maps of underground water supply of Al-shtar plain. The results demonstrated that the western and northern edge of the plain have high potential, while the center of the plain has average potential.

**Keywords:** Al-shtar Plain, Frequency Ratio, GIS, Potential Detection of the Underground water Resources

1 - Assistant professor ,Department of Hydraulic Structures, Young Researchers and Elite Club, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran

2 - Young Researchers and Elite Club, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

3 - Ph.D student, Dept. of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources Univ. Sari, Iran

(\* Corresponding Author Email: Nohani\_e@yahoo.com)