

## پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر توسط مدل تابع شواهد قطعی

ابراهیم نوحانی<sup>1\*</sup>، ادریس معروفی نیا<sup>2</sup>، خهبات خسروی<sup>3</sup>

تاریخ دریافت: 1395/10/6 تاریخ پذیرش: 1396/1/16

### چکیده

کمبود اطلاعات در بیش تر حوضه‌های آبخیز، تعدادی از محققان را بر آن داشته که برای مطالعات هیدرولوژیکی و پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی به استفاده از تجزیه و تحلیل‌های مکانی در سیستم اطلاعات جغرافیایی روی آورند. در این پژوهش به کارایی روش Evidential belief EBF (function) برای پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی در دشت الشتر استان لرستان پرداخته شده است. برای دست یابی به هدف تحقیق از پارامترهای شیب، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، انحنای زمین (Curvature)، شاخص رطوبت توپوگرافی و شاخص توان رودخانه استفاده شد. نقشه‌های رقمی کلبه پارامترها با استفاده از نرم افزارهای Arc GIS 10.1 و SAGA GIS 2 با فرمت رستری تهیه شدند. سپس، موقعیت جغرافیایی 28 چاه در منطقه تهیه گردید. نقاط به صورت تصادفی به گروه‌هایی متشکل از 20 چاه (70٪) و 8 چاه (30٪) به ترتیب برای واسنجی (مدل سازی) و اعتبارسنجی تقسیم شدند. نتایج طبق هیستوگرام تراکم چاه نشان داد که روش EBF برای پهنه بندی پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی از کارایی مناسبی برخوردار است. با توجه به نقشه نهایی پهنه بندی می توان به این نتیجه رسید که حاشیه های غربی دشت دارای پتانسیل بالاتر و مرکز دشت دارای پتانسیل کم تا متوسط می باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت الشتر، GIS، EBF.

### مقدمه

جهان محسوب می شود. در طی سال‌های اخیر با توجه به رشد سریع جمعیت نیاز به تامین آب شرب بسیار ضروری شده است. روش‌های قدیمی و سنتی از قبیل حفر پیژومتر و غیره برای شناسایی منابع آب زیرزمینی بسیار پرهزینه می باشد. اخیراً کاربرد GIS و RS به خاطر دقت و سرعت آن در زمینه‌های مختلف علوم محیطی از جمله تهیه نقشه‌های حساسیت به سیل، حساسیت به زمین لغزش و حتی برای تهیه نقشه‌های پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی به رویکردی موثر تبدیل شده است (Davoodi Moghaddam et al., 2015). برای تهیه نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی روش‌های مختلفی به کار رفته است که می توان به روش‌های FR (Oh et al., 2011; Nampak et al., 2014; Razandi et al., 2015) EBF، (Pourghasemi and Beheshtirad., 2014) WOFE، (Pourtaghi and Pourghasemi., 2012; Ozdemir., 2011) LR، (2014) DT، (Chenini and Mammou., 2010) اشاره داشت. (Nampak et al., 2015) تحقیقی تحت عنوان کاربرد GIS در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی توسط مدل Evidential Belief Function در مالزی انجام دادند. آن‌ها اطلاعات 125 چاه با آبدی‌های متفاوت را جمع‌آوری و در نهایت 60 چاه با آبدی بالا

آب زیرزمینی از یک سو به دلیل شیرین بودن، ترکیبات ثابت شیمیایی، دمای ثابت و ضریب آلودگی کم تر یک منبع قابل اتکا به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و از سوی دیگر با تاثیر بر توان اکولوژیک سرزمین یک پدیده مهم و موثر در توسعه اقتصادی، تنوع اکولوژیکی و سلامت جامعه به حساب می آید. آبخوان - ها به دلیل افت تراز آبی، کاهش کیفیت، تاثیرپذیری از تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی، تغییر الگوی بارش (UN., 2003) و رخداد خشک سالی‌های ممتد و متوالی از چالش‌های مهم توسعه هستند. کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و میانگین بارش سالانه حدود 250 میلی متر یکی از کم آب ترین کشورهای

- 1- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دزفول، ایران.
  - 2- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، مهاباد، ایران.
  - 3- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران.
- \*- نویسنده مسؤل: (Email: Nohani\_e@yahoo.com)

برای تهیه نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت مهران دارد. با توجه به اهمیت دشت الشتر در تامین آب شرب و کشاورزی منطقه، هدف اصلی تحقیق حاضر ارزیابی مدل EBF در ارزیابی نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر می باشد.

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

دشت الشتر با مساحتی حدود 3809838 مترمربع در استان لرستان واقع شده است. این دشت بین طول های 48109345 تا 48328541 شرقی و عرض 33767 تا 3391768 شمالی واقع شده است (شکل 1). این دشت در شمال استان و در میان مناطق کوهستانی با ارتفاع بالاتر از 1500 متر قرار گرفته است. این دشت بستر پرتراکم ترین نقاط روستایی کم جمعیت استان به شمار می رود. حوضه آبخیز الشتر از زیرحوضه های رودخانه کشکان می باشد. حوضه آبخیز رودخانه کشکان جزئی از حوضه آبخیز کرخه می باشد که از حوضه های آبخیز اصلی کشور است. بارندگی متوسط سالانه دشت 554 میلی متر و دمای متوسط سالانه 8/8 درجه سانتی گراد می باشد. روند خشک سالی هواشناسی و آب زیرزمینی دشت الشتر منفی است و این حاکی از تاثیرگذاری خشک سالی بر آب زیرزمینی دشت الشتر است.

### روش تحقیق

#### پارامترهای موثر در پتانسیل یابی آب زیرزمینی

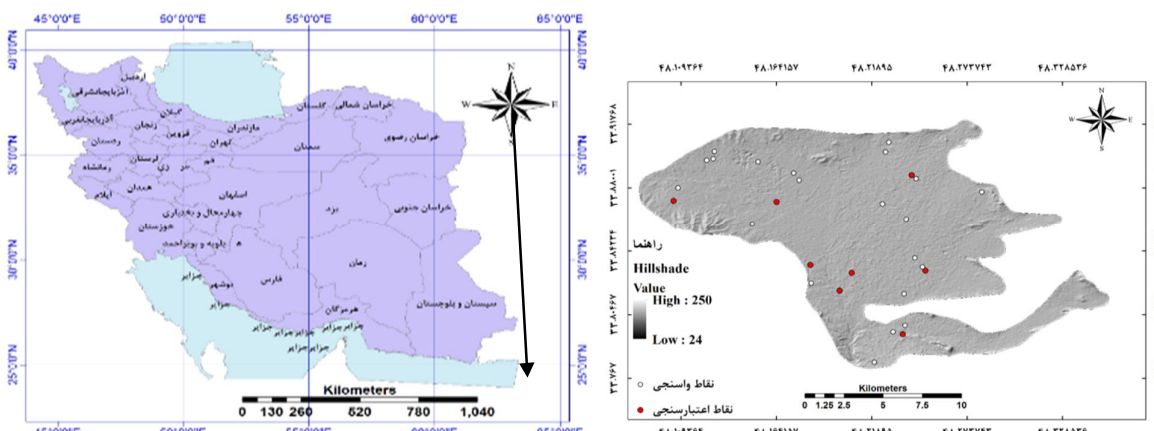
عوامل زیادی از جمله کاربری ارضی، شیب زمین و ... بر منابع آب زیرزمینی موثر هستند. در تحقیق حاضر فاکتورهای طبقات ارتفاعی، شیب، انحناى زمین، شاخص رطوبت توپوگرافی، توان آبراهه و کاربری اراضی به منظور تهیه نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر انتخاب شدند و نقشه های رستری آن ها با اندازه پیکسل 29 متر تهیه شدند. این پارامترها برخی اطلاعات ژئومورفولوژیکی از حوضه در اختیار ما قرار می دهند، که شامل: نقشه شیب، شاخص توان آبراهه (SPI)، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) و انحناى زمین است. تقسیم بندی دیگری شاخص های مرتبط با آب را شاخص های TWI و SPI می دانند (Tehrany et al., 2013). نقشه طبقات ارتفاع زمین بر اساس مدل رقومی ارتفاع (با قدرت تفکیک 29 متر) و نرم افزار ArcGIS 10.1 تهیه شد. نقشه شیب زمین به دلیل تاثیر مستقیم بر نفوذ، یکی از عوامل مهم در وقوع منابع آب زیرزمینی به شمار می رود. این نقشه با تکیه بر مدل رقومی ارتفاع (با قدرت تفکیک 29 متر) و نرم افزار ArcGIS 10.1 تهیه و سپس به 9 کلاس طبقه بندی شد. انحناى زمین یکی از پارامترهای مکانی مورد استفاده در تهیه نقشه های آب زیرزمینی است (Lee et al., 2012).

(بزرگ تر از 11 مترمکعب بر ساعت) برای پژوهش انتخاب گردید. تعداد 60 چاه به طور تصادفی به دو گروه 70 درصدی (42 چاه) برای مدل سازی یا آموزش مدل و 30 درصدی (18 چاه) برای صحت سنجی یا آزمون مدل تقسیم شدند. ایشان 12 فاکتور موثر در رخداد آب زیرزمینی شامل طبقات ارتفاعی، شیب، انحناى زمین، شاخص توان آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی، تراکم زهکشی، زمین شناسی، تراکم گسل، کاربری ارضی، خاک، بارندگی و NDVI را انتخاب نمودند. و با توجه به دو روش EBF و رگرسیون لجستیک (LR) به پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی پرداختند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که درصد مساحت زیر منحنی نرخ موفقیت (success rate curve) برای مدل EBF و LR به ترتیب برابر با 83% و 82% می باشد. مساحت زیر منحنی نرخ پیش بینی (curve prediction rate) برای مدل های EBF و LR به ترتیب برابر با 78% و 72% می باشد. بهشتی راد و پورقاسمی، حقیقی تحت عنوان کاربرد مدل EBF در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت کوه رنگ انجام دادند (Beheshtirad and Pourghasemi., 2014). در ابتدا 864 چشمه و موقعیت آن ها را جمع آوری نمودند و به طور تصادفی به دو گروه تقسیم نمودند. گروه اول که شامل 70 درصد چشمه ها (605 چشمه) می باشد برای مدل سازی و 30 درصد باقی مانده (259 چشمه) که در مدل سازی به کار نمی رود را برای صحت سنجی نقشه نهایی به کار گرفتند. از 12 فاکتور موثر در آب زیرزمینی شامل طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، طول شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، انحناى زمین، کاربری ارضی، زمین شناسی، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی، فاصله از گسل و تراکم گسل بهره گرفتند. در نهایت نقشه نهایی توسط مدل EBF تهیه شد که سطح زیر منحنی (نرخ پیش بینی) برای نمودار ROC 81% می باشد.

رحمتی و همکاران، تحقیقی تحت عنوان کاربرد مدل های جنگل تصادفی<sup>1</sup> و آنتروپی حداکثر<sup>2</sup> در تهیه نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت مهران انجام دادند (Rahmati et al., 2016). آن ها داده های 163 چاه با پتانسیل بالای آب دهی (بیش تر از 11 مترمکعب در ساعت) را جمع آوری نمودند و به دو گروه 70 درصدی (114 چاه) و 30 درصدی (49 چاه) به ترتیب برای آموزش مدل و صحت سنجی تقسیم نمودند. آن ها از 10 فاکتور موثر در آب زیرزمینی شامل طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب، انحناى زمین، تراکم زهکشی، فاصله از رودخانه، شاخص رطوبت توپوگرافی، کاربری ارضی، زمین شناسی و بافت خاک استفاده نمودند. مقدار سطح زیر منحنی نرخ پیش بینی مدل های RF و ME به ترتیب برابر با 83% و 87% می باشد، نتایج آن ها نشان داد که مدل ME از روش RF دارای صحت بیشتری

1- Random Forest

2- Maximum Entropy



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران.

تا یک می باشد (Carranza and Hale, 2003; Althuwaynee et al., 2012; Pradhan et al., 2014). بخش اصلی این تئوری توسط درجه اطمینان و درجه معقولیت ارایه می‌شود، به همین خاطر درجه معقولیت بزرگ‌تر یا مساوی درجه اطمینان است. داده استخراج شده از EBFs نه تنها همبستگی مکانی بین فاکتورهای موثر و رخداد سیل را بلکه همبستگی مکانی بین کلاس‌های هر یک از فاکتورهای موثر را برآورد می‌کند (Jebur et al., 2014). پارامترهای روابط مدل EBF توسط فرمول‌های 3-7 برآورد می‌گردد؛ معادلات آتا 4 برای تعریف ادغام لایه‌های Bel، Dis، Pls، Unc تعریف می‌شوند؛

$$Belief(Bel) = \frac{Bel_1 + Bel_2 + \dots + Bel_n}{\beta} \quad (3)$$

$$Disbelief(Dis) = \frac{Dis_1 + Dis_2 + \dots + Dis_n}{\beta} \quad (4)$$

$$Uncertainty(Unc) = \frac{\sum_{i=2}^n (Unc_{i-1} Unc_i + Bel_{i-1} Unc_i + Bel_i Unc_{i-1} + Dis_{i-1} Unc_i + Dis_i Unc_{i-1})}{\beta} \quad (5)$$

$$Plausibility(Pls) = Bel + Unc \quad (6)$$

$$\beta = 1 - \sum_{i=2}^n (Bel_{i-1} Dis_i - Dis_{i-1} Bel_i) \quad (7)$$

$Bel_n$  درجه پایین‌تر از اعتماد برای هر نوع عامل یا محدوده است.  $Dis_n$  درجه عدم اعتماد برای هر نوع عامل یا محدوده است.  $Unc_n$  درجه عدم قطعیت هر نوع عامل یا محدوده است.  $n$  تعداد عوامل است. یکی از ویژگی‌های مدل EBF این است که Bel، Dis، و Unc در محدوده [0,1] هستند. و مجموع آن‌ها برابر با یک است. بنابراین اگر Unc برابر با یک باشد. Bel و Dis صفر می‌شود. و در صورتی که مجموع Bel و Dis برابر با یک شود درجه Unc برابر صفر است.

#### صحت‌سنجی یا اعتبارسنجی مدل

به منظور اعتبارسنجی نقشه پیش‌بینی پتانسیل آب زیرزمینی،

نقشه انحناى زمین بر اساس مدل رقمی ارتفاع (با قدرت تفکیک 29 متر) و نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه شد. نقشه مزبور به سه کلاس انحناى مقعر، انحناى محدب و تخت (بدون انحنا) طبقه‌بندی شد. شاخص رطوبت توپوگرافی ( $TWI^1$ ) یکی از شاخص‌های تاثیرگذار دیگر می‌باشد که با توجه به رابطه 1 تعریف می‌گردد. برای تهیه این نقشه از نرم‌افزار SAGA GIS 2 استفاده شد. نقشه حاصل به 9 کلاس تقسیم گردید.

$$TWI = Ln\left(\frac{As}{\tan\beta}\right) \quad (1)$$

که در آن سطح ویژه حوضه آبخیز (به صورت مساحت اراضی بالادست عرض کنتور، تقسیم بر عرض کنتور تعریف می‌گردد) و شیب زمین (بر حسب درجه) می‌باشند.

شاخص توان آب‌راهه ( $SPI^2$ ) یکی از شاخص‌ها و پارامترهای مهم در پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت‌ها به‌شمار می‌رود. شاخص توان آب‌راهه با توجه به رابطه 2 تعریف می‌گردد (Tehrany et al., 2014) برای تهیه این نقشه از نرم‌افزار SAGA GIS 2 استفاده شد. نقشه حاصل به نه کلاس تقسیم گردید.

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

کاربری ارضی نتیجه روابط متقابل پارامترهای اجتماعی فرهنگی و توان بالقوه سرزمین است. تغییرات در کاربری و پوشش ارضی نتایج چشم‌گیری در پتانسیل رخداد آب زیرزمینی دارد.

#### مدل‌سازی پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی توسط مدل EBF

مدل EBF شامل Bel یا درجه اطمینان، Dis درجه عدم اطمینان، Unc درجه عدم قطعیت و Pls درجه معقولیت در محدوده بین صفر

1- Topographic wetness index

2 - Stream power index

روش EBF دارای 4 فاکتور درجه عدم اطمینان (شکل 3a)، درجه اطمینان (شکل 3b)، درجه عدم قطعیت (شکل 3c) و درجه مقبولیت (شکل 3d) می‌باشد که به ترتیب در شکل 2 ارائه شده است. مقایسه نقشه درجه اطمینان با نقشه درجه عدم اطمینان نشان داد که مقادیر درجه اطمینان برای مناطقی که در آنجا عدم اطمینان بالاتر است، کم‌تر می‌باشد و برای مناطقی که عدم اطمینان کم‌تر می‌باشد، بیش‌تر می‌باشد. نشان‌دهنده این موضوع است که پتانسیل بالای آب زیرزمینی مربوط به مناطقی می‌باشد که در آنجا مقادیر درجه اطمینان بالا و مقادیر درجه عدم اطمینان کم می‌باشد. نقشه عدم قطعیت اطلاعات خاصی را در ارتباط با رخداد آب زیرزمینی نمی‌دهد. مقادیر زیاد عدم قطعیت منطبق با مناطقی می‌باشد که در آنجا مقادیر درجه اطمینان کم می‌باشد که با یافته‌های نامپاک و همکاران منطبق می‌باشد (Nampak et al., 2014). نقشه درجه مقبولیت نشان داد که در مناطقی که درجه مقبولیت بالا می‌باشد مقادیر درجه اطمینان و مقادیر عدم قطعیت بالا است. نقشه نهایی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی در دشت الشتر توسط مدل EBF در شکل 4 نشان داده شده است.

#### صحت‌سنجی نقشه نهایی پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی دشت الشتر

نقشه نهایی تهیه شده به 5 کلاس دارای پتانسیل خیلی زیاد، دارای پتانسیل زیاد، دارای پتانسیل متوسط، دارای پتانسیل کم و پتانسیل خیلی کم توسط روش طبقه‌بندی شکست طبیعی<sup>2</sup> تقسیم‌بندی شد. تعداد چاه‌ها اعتبارسنجی و هر کلاس نقشه روی هم‌اندازی شدند و توسط نمونه‌گیری در داخل نرم‌افزار GIS، تعداد چاه‌ها در داخل هر کلاس به دست آمد و در نهایت در داخل Excel هیستوگرام زیر ترسیم شد (شکل 5). با توجه به این‌که بیش‌ترین تعداد از چاه‌های اعتبارسنجی (که در مدل‌سازی به کار گرفته نشدند و منحصر برای ارزیابی صحت نقشه کنار گذاشته شدند) در داخل کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است، پس نقشه نهایی به دست آمده دارای اعتبار لازم جهت پهنه‌بندی پتانسیل منابع آب زیرزمینی می‌باشد.

#### نتیجه گیری

در مکان‌یابی محل‌های مناسب برای بهره برداری از منابع آب زیرزمینی یا پتانسیل منابع آب زیرزمینی که هدف تحقیق می‌باشد، یکسری عوامل و پارامترهایی شامل شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان رودخانه، طبقات ارتفاعی، شیب، انحنای زمین و کاربری ارضی دخالت دارند که همگی در محیط Arc GIS 10.1 تهیه گردید.

مجموعه نقاط اعتبارسنجی تکنیک (8 چاه، 30 درصد مجموع نقاط) استفاده شد. در این مرحله 8 چاه در محیط GIS با نقشه نهایی روی هم‌گذاری شدند، سپس با استفاده از دستور Sample هر کدام از نقاط که در کلاس‌های نقشه پیش‌بینی قرار گرفتند نمونه‌برداری شدند و بدین ترتیب صحت‌سنجی نقشه پیش‌بینی و با استفاده از هیستوگرام تراکم چاه‌ها انجام شد.

#### نتایج و بحث

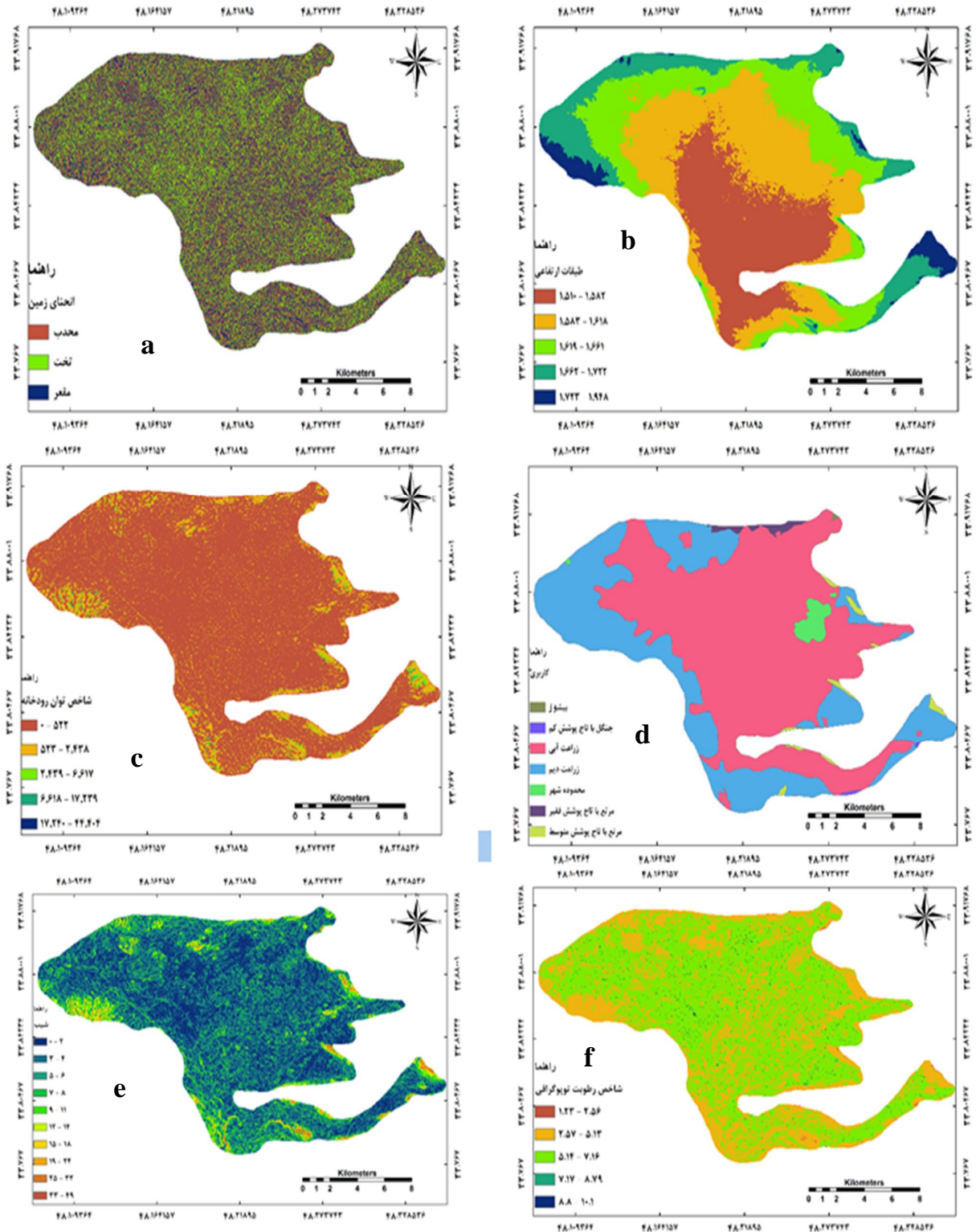
به منظور ارائه رابطه بین چاه‌ها و پارامترهای موثر بر آب زیرزمینی در دشت الشتر، جدول شماره 1 تهیه گردید. با توجه به جدول شماره 1، شیب 5 تا 6 درجه، شاخص رطوبت توپوگرافی 7/1 تا 8/7، طبقات ارتفاعی 1723 تا 1948 متر، انحنای محدب و صاف، زراعت دیم و توان رودخانه 0 تا 522 بیش‌ترین تاثیر را در منابع آب زیرزمینی دشت الشتر داشته‌اند. در نهایت وزن‌های بدست‌آمده برای هر کلاس در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در لایه‌های مربوطه اعمال گردیده و با استفاده از تابع روی هم‌گذاری<sup>1</sup>، نقشه پیش‌بینی پتانسیل منابع آب زیرزمینی به دست آمد.

نقشه‌های پارامترهای موثر شامل؛ طبقات ارتفاعی (شکل 2b)، انحنای زمین (شکل 2a)، نقشه کاربری اراضی (شکل 2d)، نقشه توان رودخانه (شکل 2c)، نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی (شکل 2f) و نقشه شیب (شکل 2e) نیز ارائه شد.

به طور کلی مقادیر زیاد درجه اطمینان دلالت بر بیش‌تر بودن احتمال مناطق دارای پتانسیل بالای آب زیرزمینی دارد در حالی‌که مقادیر کم درجه اطمینان، نشان دهنده کم بودن احتمال وجود آب زیرزمینی می‌باشد (Nampak et al., 2014). درجه اطمینان نشان‌دهنده مقادیر بالای پتانسیل آب زیرزمینی همراه با ارتفاع از سطح دریای کم، شیب ملایم و زمین مسطح به عنوان یک نتیجه کلی، ارتفاع زیاد، شیب تند و انحنای محدب و مقعر دارای نرخ تولید رواناب زیاد همراه با نفوذ بسیار کم هستند، در نتیجه امکان تولید و رخداد وقوع آب زیرزمینی بسیار کم می‌باشد. مطالعات قبلی توسط نمپاک تایید کرد که مناطق با سطح مسطح بسیار مستعد و مناسب برای استخراج آب زیرزمینی هستند (Nampak et al., 2014). طبق یافته‌های باون و کرکی مقادیر شاخص رطوبت توپوگرافی بالاتر نشان دهنده شیب کم‌تر می‌باشد. پس یک همبستگی مثبت بین رخداد آب زیرزمینی و شاخص رطوبت توپوگرافی وجود دارد به طوری‌که هرچه مقدار این شاخص بیش‌تر باشد احتمال پتانسیل آب زیرزمینی بیش‌تر می‌باشد. بین شاخص توان آب‌راهه و پتانسیل آب زیرزمینی همبستگی منفی وجود دارد (Nampak et al., 2014).

2- Natural Break

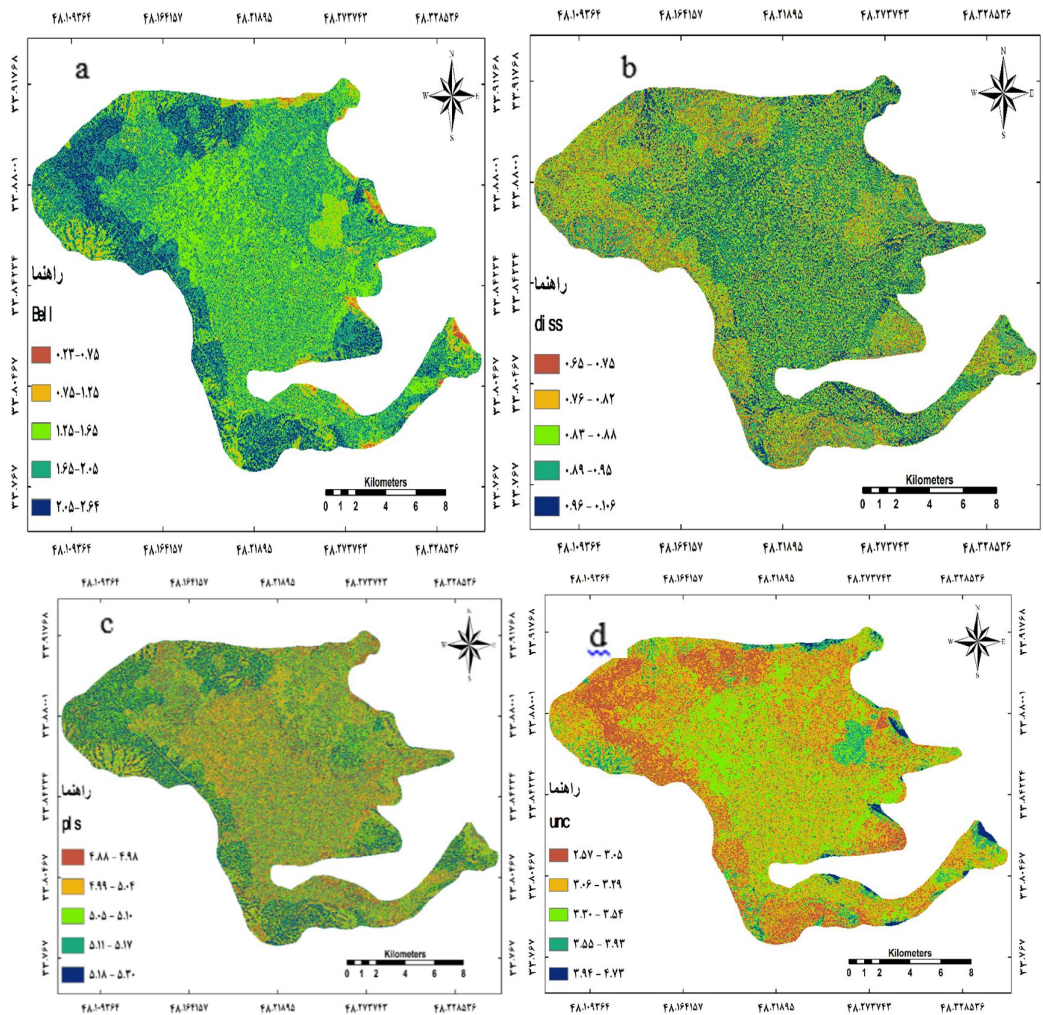
1- Raster calculator



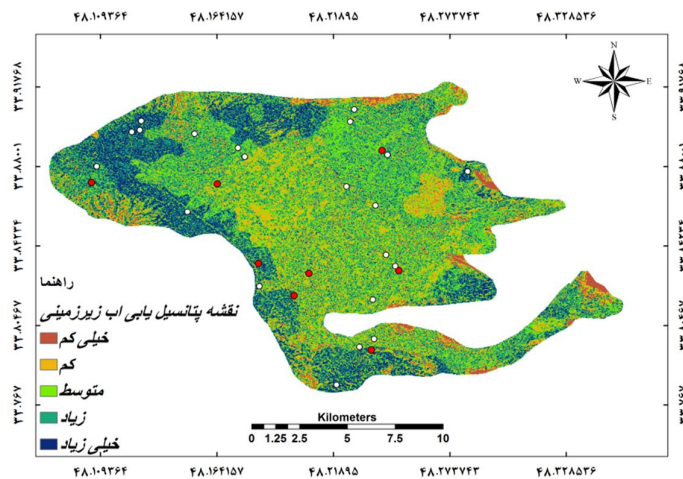
شکل 2- a: انحنای زمین، b: طبقات ارتفاعی، c: نقشه تون رودخانه، d: نقشه کاربری اراضی، e: نقشه شیب

جدول 1- رابطه بین چاه‌ها و پارامترهای موثر بر آب زیرزمینی در دشت الشتر

متغیر	کلاس (i)	پیکسل	تعداد چاه	Bel	Disbel	Unc	pIs
	1	72308	2	0/076	0/13	0/78	0/86
	2	78338	7	0/14	0/11	0/74	0/88
	3	45554	8	0/3	0/08	0/61	0/91
	4	21303	2	0/18	0/1	0/69	0/89
شیب (%)	5	9512	1	0/29	0/1	0/6	0/89
	6	4660	0	0	0/11	0/88	0/88
	7	2362	0	0	0/11	0/88	0/88
	8	1058	0	0	0/11	0/88	0/88
	9	277	0	0	0/11	0/88	0/88
	1	15200	2	0/293	0/1	0/6	0/89
	2	28400	1	0/05	0/1	0/8	0/87
رطوبت توپوگرافی	3	42258	2	0/105	0/2	0/77	0/87
	4	56497	12	0/394	0/06	0/54	0/93
	5	47818	3	0/155	0/11	0/73	0/88
	1	38481	2	0/1	0/11	0/78	0/88
	2	56724	2	0/09	0/72	0/66	0/87
طبقات ارتفاعی (متر)	3	45108	6	0/23	0/59	0/68	0/9
	4	37030	5	0/21	0/1	0/62	0/89
	5	24294	4	0/27	0/1	0/81	0/89
		88445	6	0/23	0/39	0/36	0/6
انحنای زمین		63937	4	0/27	0/35	0/36	0/64
		84990	10	0/48	0/25	0/26	0/74
		149639	11	0/375	0/88	0/44	0/11
		290	0	0	0/14	0/85	0/85
		80253	9	0/625	0/11	0/85	0/88
کاربری اراضی		100	0	0	0/14	0/25	0/85
		2312	0	0	0/14	0/85	0/85
		1857	0	0	0/14	0/85	0/85
		4056	0	0	0/14	0/85	0/85
		183368	17	0/64	0/05	0/29	0/94
		41621	3	0/35	0/12	0/51	0/87
توان رودخانه		7479	0	0	0/11	0/88	0/88
		1899	0	0	0/11	0/8	0/88
		646	0	0	0/11	0/8	0/88



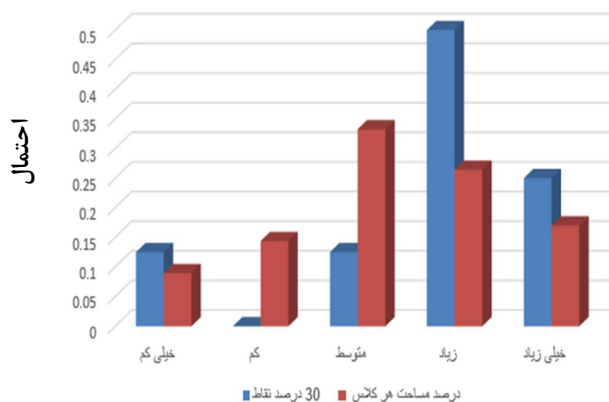
شکل 3- a: نقشه درجه عدم اطمینان، b: نقشه درجه اطمینان، c: نقشه درجه عدم قطعیت، d: نقشه درجه معقولیت



شکل 4- نقشه پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی دشت الشتر به روش EBF.

کم و 24592 متر مربع مناطق با پتانسیل خیلی کم می‌باشد. مناطق دارای پتانسیل زیاد در قسمت های غربی دشت، و مناطق با پتانسیل کم تا متوسط در مرکز دشت قرار دارند. نتایج و اطلاعاتی که از این تحقیق می‌توان گفت برای بسیاری از نهادهای دولتی شامل اداره منابع آب، منابع طبیعی، برنامه‌ریزهای، وزارت نیرو برای برنامه‌ریزی- های بلند مدت مناسب می‌باشد. اما در نهایت پیشنهاد می‌گردد، به دلیل داشتن کارآیی مناسب، برای سایر دشت‌های کشور جهت پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی و همچنین ارزیابی بلایای طبیعی از جمله تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل، نقشه حساسیت به زمین لغزش، نشست زمین و سایر بلایای طبیعی به کار گرفته شود.

همچنین نتایج حاکی از آن است که به کارگیری فاکتورهای مذکور در برآورد منابع آب زیرزمینی دشت الشتر مؤثر بوده و با تکیه بر این پارامترها برای مناطق دیگر می‌توان منابع آب زیرزمینی را برآورد نمود. در این تحقیق از EBF استفاده شد. در این تحقیق کارآیی این روش برای به دست آوردن پتانسیل مناطق دارای آب زیرزمینی بررسی شد. با توجه به هیستوگرام‌های صحت‌سنجی می‌توان به این نتیجه رسید که روش EBF در به دست آوردن پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت الشتر دارای کارآیی بیشتری می‌باشد. با این اوصاف دشت الشتر دارای 1624957 متر مربع مناطق دارای پتانسیل خیلی زیاد، 3176544 متر مربع مناطق با پتانسیل زیاد، 1786313 متر مربع مناطق با پتانسیل متوسط، 197432 متر مربع مناطق با پتانسیل



شکل 5- ارزیابی صحت‌سنجی مدل EBF به صورت هیستوگرام.

- 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.
- Lee, M.J., Kang, J.E and 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)*, Munich. 895–898.
- Lee, S., Kim, Y.S., Oh, H.J. 2012. Application of a weights- of -evidence method and GIS to regional groundwater productivity potential mapping. *Journal of Environmental Management*. 96.1: 91- 105.
- Nampak, H., Pradhan, B., Manap, M.A. 2014. Application of GIS based data driven evidential belief function model to predict groundwater potential zonation. *Journal of Hydrology*. 513 Model. Softw. 15: 101- 124.
- Oh, H.J., Kim, Y.S., Choi, J.K., Park, E and Lee, S. 2011. GIS mapping of regional probabilistic groundwater

## منابع

- Althuwaynee, O.F., Pradhan, B and Lee, S. 2012. Application of an evidential belief function model in landslide susceptibility mapping. *Computer and Geosciences*. 44: 120-135.
- Carranza, E.J.M and Hale, M. 2003. Evidential belief functions for data-driven geologically constrained mapping of gold potential, Baguio district, Philippines. *Ore Geology Reviews*. 22.1: 117-132.
- Chenini, I., Mammou, A.B. 2010. Groundwater recharge study in arid region: An approach using GIS techniques and numerical modeling, *Computer and Geoscience*. 36.6:801-817.
- Davoodi Moghaddam, D., Rezaei, M., Pourghasemi, H.R., Pourtaghie, Z.S and Pradhan, B. 2015. Groundwater spring potential mapping using bivariate statistical model and GIS in the Taleghan watershed, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*. 8. 2: 913-929.
- Jebur, M., Pradhan, B., Tehrany, M. 2014. Manifestation of LiDAR-derived parameters in the spatial



- Pradhan,B., Hagemann,U., Shafapour Tehrany,M., Prechtel,N. 2014. An easy to use ArcMap based texture analysis program for extraction of flooded areas from Terra SAR-X satellite image. *Computers & Geosciences Journal*. 63: 34-43.
- Rahmati,O., Pourghasemi,H.R., Melesse,A.M. 2016. Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping. *Catena*. 5:215-230.
- Razandi,Y., Pourghasemi,H.R., Samani,N., Rahmati,O. 2015. Application of analytical hierarchy process, frequency ratio, and certainty factor models for groundwater potential mapping using GIS. *Earth Science Informatics*, 8.4:867-883.
- Tehrany,M.S., Pradhan,B and Jebur,M.N. 2013. Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*. 504: 69-79.
- Tehrany,M.S., Pradhan,B and Jebur,M.N. 2014. Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. *Journal of Hydrology*. 512: 332-343.
- Tehrany,M. Pradhan,Sh.B., Mansor,S.H and Noordin,D. 2015. Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types. *Catena*. 125: 91-101.
- UN. 2003. Water for people, water for life. The UN World Water Development Report (WWDR), UNESCO, Publishing and Berghahn Books, UK, pp 34.
- potential in the area of Pohang City, Korea. *Journal of Hydrology*. 399. 158-172.
- Oh,H.J., Pradhan,B. 2011. Application of a neuro-fuzzy model to landslide-susceptibility mapping for shallow landslides in a tropical hilly area. *Computer and Geoscience*. 37: 1264-1276.
- Ozdamir,A. 2011. GIS-based groundwater spring potential mapping in the Sultan Mountains (Konya, Turkey) using frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods and their comparison. *Catena*, 431:255-268
- Pourghasemi,H.R and Beheshtirad,M. 2014. Assessment of a data-driven evidential belief function model and GIS for groundwater potential mapping in the Koohrang Watershed, Iran. *Geocarto International*. 31: 628-646.
- Pourghasemi,H.R., Moradi,H.R., Fatemi Aghda,S.M., Gokceoglu,S and Pradhan,B. 2012. GIS-based landslide susceptibility mapping with probabilistic likelihood ratio and spatial multi-criteria evaluation models (North of Tehran, Iran). *Arabian journal of geosciences*. 7: 1857-1878.
- Pourtaghi,Z.S., Pourghasemi,H.R. 2014. GIS-based groundwater spring potential assessment and mapping in the Birjand Township, southern Khorasan Province, Iran. *Hydrogeology Journal*. 22: 643-662.
- Pradhan,B. 2009. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology*. 9: 1-18

## Groundwater Potential Mapping of the Al-shtar Plain Using Evidential Belief Function Model

E. Nohani<sup>1\*</sup>, E. Maroufinia<sup>2</sup>, K. Khosravi<sup>3</sup>

Received: Des.26, 2016

Accepted: Apr.05, 2017

### Abstract

The lack of information on the majority of catchment areas has motivated scholars to use spatial analysis of Geographical Information System (GIS) for hydrological studies and potential detection of the groundwater resources. This paper is focused on studying the performance and efficiency of the evidential belief function (EBF) method for groundwater potential mapping in Alshtar plains, Lorestan province. Moreover, parameters of slope, elevation, land use, curvature, Topography Wetness index (TWI) and Stream Power Index (SPI) were utilized. The digital maps of the all parameters were obtained via AcrGIS 10.1 and SAGA GIS 2 software with Raster Format. The geographical location of 28 wells within the region was provided. These points were randomly divided into the groups consist of 20 wells (70%) and 8 wells (30%) for modelling process (calibration) and validation, respectively. The results indicated that the EBF method possesses a proper efficiency for potential detection of the groundwater resources. With regard to the final zoning map, it can be deduced that the western parts of the plain have the higher potential and the center of the plain has the low groundwater potential.

**Keywords:** Aleshtar plain, Evidence belief function (EBF), GIS, Groundwater resources

---

1 -Assistant professor, Department of Civil Engineering, 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 Candidate of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural and Natural Resources, Mazandaran, Iran.

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