

## بررسی دقت روش وزن دهی آنترویی شانون در تعیین عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی دشت سرخون

محمد کامانگر<sup>\*</sup>، فیروزه قادری<sup>۲</sup> و پیمان کرمی<sup>۳</sup>

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان

۲. کارشناس ارشد مهندسی نرم‌افزار دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد سنندج

۳. کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۱۳)

### چکیده

تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی نقش محوری در مدیریت پایدار این منابع دارد. دشت سرخون به دلیل خشک‌سالی و برداشت فزاینده دچار افت سطح ایستایی شده است. هدف از این پژوهش شناسایی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی و ارزیابی مدل آنترویی شانون است. با توجه به مطالعات گذشته و شرایط منطقه، ۹ عامل شیب، کیفیت آب، عمق آب، ضریب نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ریخت‌شناسی و تراکم زهکشی انتخاب و با روش آنترویی و مقایسه زوجی به ترتیب وزن هر معیار و کلاس‌های هر لایه محاسبه و ترکیب شدند، سپس نقشه نهایی در چهار کلاس پهنه‌بندی شد. نتایج نشان داد مناطق کاملاً مناسب اغلب در واحدهای ریخت‌شناسی واریزه‌های بادبزی در شمال دشت با شیب‌های کمتر از سه درصد قرار دارند که حدود ۱۷/۷ درصد از دشت را به خود اختصاص داده‌اند. ارزیابی نتایج با مقایسه طرح‌های اجرایی موفق در منطقه صورت گرفت که ۷۸ درصد همپوشانی داشت برتری مدل مذکور را می‌توان در نظرگیری تأثیر عدم قطعیت بر وزن هر یک از معیارها دانست که می‌تواند دقت مدل خروجی را بالا ببرد.

واژه‌های کلیدی: منابع آب، پخش سیلاب، تراکم زهکشی، درون‌یابی، هرمزگان.

### مقدمه

آب‌های زیرزمینی منبع مهم اقتصادی در محیط‌های شهری و روستایی جهت برطرف نمودن نیازهای آشامیدنی و کشاورزی محسوب می‌شوند (Magesh *et al.*, 2012). افزایش تقاضای آب به احتمال زیاد در کوتاه‌مدت و بلندمدت، افزایش فشار بر منابع آب زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت (Sethi *et al.*, 2010). به‌علاوه، تغییرات اقلیمی تأثیرات قابل توجهی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دارد (Adamowski and Chan, 2011). پایداری منابع آب‌های زیرزمینی مسئله‌ای حیاتی محسوب می‌شود (Gleeson *et al.*, 2012). مدیریت تلفیقی آب‌های زیرزمینی و سطحی برای اطمینان از پایداری منابع آبی حوزه آبخیز بسیار مهم است (Mohanty *et al.*, 2010) در سال‌های اخیر افزایش تقاضای آب و کاهش سرانه منابع تجدیدشونده، نگرانی‌های زیادی ایجاد کرده و چگونگی استفاده از این منابع به شکل مطلوب و مؤثر برای تضمین توسعه پایدار یکی از مهم‌ترین موضوعات مطرح است. از نظر شرایط اقلیمی بخش عمده‌ای از کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. از سوی آب‌های زیرزمینی به‌عنوان تنها منبع مورد اعتماد مصرف

در زمینه‌های شرب، کشاورزی و صنعت در این اقلیم‌ها محسوب می‌شوند و استحصال آب از این منابع نسبت به مناطق دیگر حائز اهمیت است (Khashei siuki, Ghahraman and Koochek zadeh, 2013). پخش سیلاب بر آبخوان‌ها، از روش‌های مناسب برای مهار و استفاده بهینه از سیلاب و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (ASCE, 2001). در فرآیند مکان‌یابی عرصه‌های مناسب تغذیه مصنوعی با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی که بسیار وقت‌گیر و هزینه بر بوده و اغلب با خطا همراه هستند، استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سامانه‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup> با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند نقش بهینه‌ای را ایفا کند. (Ghayoumian *et al.*, 2004) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در منطقه میمه استان اصفهان را مشخص کردند. آن‌ها از لایه‌های اطلاعاتی درصد شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت و ضریب آبخوان استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که تقریباً ۷۰ درصد از نهشته‌های کواترنری برای طرح پخش سیلاب مناسب می‌باشند. (Alsheikh *et al.*, 2008) با استفاده از پارامترهای زمین‌شناسی،

روزافزون آب در بخش کشاورزی و همین‌طور به‌واسطه خشک‌سالی‌های حاکم بر منطقه مورد مطالعه که منفی شدن بیلان دشت را به دنبال داشته است اهمیت مدیریت پایدار آب را در این منطقه را آشکار می‌سازد. هدف از این پژوهش شناسایی تعیین اهمیت عوامل مؤثر در پخش سیلاب در دشت سرخون و تعیین عرصه‌های مناسب برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی و بهره‌برداری مطلوب از سیلاب‌ها با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با روش آنتروپی و مقایسه زوجی و ارزیابی این مدل تلفیقی است.

#### مواد و روش‌ها

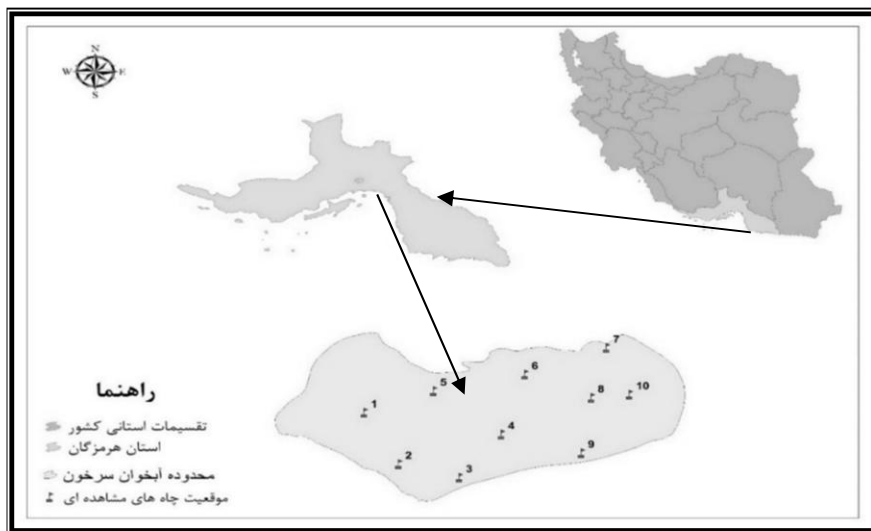
محدوده مطالعاتی سرخون به فاصله تقریبی ۲۵ کیلومتری از بندرعباس در دامنه شرقی - شمال شرقی کوه گنو واقع شده است. این حوزه با مساحتی حدود ۷۱۸۲٫۷ هکتار و در حدود عرض شمالی ۲۷°، ۹' تا ۳۵°، ۳۵' و طول شرقی ۵۶°، ۷' تا ۳۳°، ۵۶' در حوزه آبریز سرخون واقع شده است (شکل ۱). محدوده مطالعاتی سرخون از شمال شرق و شرق به محدوده شمیل - تخت، از شمال به محدوده مطالعاتی سرزه - سیاهو و از غرب به محدوده‌های رضوان، ایسین شرقی و بندرعباس محدود شده و از جنوب به خلیج فارس منتهی می‌شود. میانگین بارندگی طولانی‌مدت در مناطق ارتفاعی و دشتی منطقه به ترتیب ۲۳۴ و ۲۱۹ میلی‌متر است. این منطقه از نظر زمین‌شناسی ساختاری، در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده است که سازندهایی از پرکامبرین تا کواترنر در آن وجود دارد.

به‌منظور نشان دادن تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی در سال‌های مختلف از هیدروگراف معرف آبخوان استفاده شد که می‌توان تغییر ارتفاع میانگین سطح آب را برای یک دوره مشخص تعیین نمود. با توجه هیدروگراف دشت میزان تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت سرخون در طی دوره ۲۵ ساله آبی ۶۹-۶۸ لغایت ۹۲-۹۱ سالانه به‌طور متوسط حدود ۰/۵ متر افت داشته است. در این تحقیق از اطلاعات ۱۰ چاه مشاهده‌ای در طی دوره ۲۵ ساله آبی ۶۹-۶۸ لغایت ۹۲-۹۱ استفاده شد.

در مکان‌یابی مناطق مستعد پخش سیلاب با توجه به نکاتی از قبیل مقیاس کار، دقت مورد انتظار، هدف، شرایط منطقه و میزان تأثیرگذاری هر یک از شاخص‌ها و همچنین نظر کارشناسان و متخصصان ۹ عامل تأثیرگذاری شیب، کیفیت آب، عمق آب، ضریب نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ریخت‌شناسی زمین و تراکم زهکشی انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفتند. سپس از روش مقایسه زوجی برای تعیین وزن کلاس‌های هر لایه و از روش آنتروپی برای تعیین وزن نهایی معیارها استفاده گردید.

شیب، قابلیت اراضی، سرعت نفوذپذیری، واحدهای کواترنر و ضخامت آبرفت، عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب را در حوضه‌ی آبخیز سمل بوشهر با به‌کارگیری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی تعیین نمودند. آن‌ها با تلفیق این لایه‌ها در قالب منطق بولین و شاخص همپوشانی، منطق فازی نقشه مکان‌های مناسب را برای هر مدل را به دست آورده سپس نتایج را با نقشه‌های کنترلی مقایسه نموده‌اند. Faraji Sabokbar *et al.* (2012) در تحقیقی که در گربایگان فسا، با به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری چند معیاره در تلفیق با GIS، عرصه‌های مناسب را برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در این دشت تعیین کردند. آنان در تحقیق خود از هفت پارامتر تأثیرگذار در تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی بهره گرفتند: شیب، کیفیت آب، زمین‌شناسی، ضخامت آبرفت، کاربری اراضی، قابلیت انتقال، ژئومورفولوژی و تراکم زهکشی، نتایج نشان داد که مناطق کاملاً مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها، اغلب در نهشته‌های کواترنری،  $Q_g$ ،  $Q_{gsc}$ ،  $Q_b$  و واحدهای ریختی مخروط افکنه با شیب کمتر از سه درصد واقع شده‌اند. Rahman *et al.* (2013) تحقیقی را به‌منظور شناسایی مناطق مستعد پخش سیلاب با استفاده از ترکیب مدل‌سازی ریاضی و سامانه‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در شمال غزه انجام دادند. ایشان معیارهای خود را با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی و سپس لایه‌های خود را با روش  $WLC^1$  و  $OWA^2$  ترکیب نمودند حدود ۲۵ درصد از اراضی جهت اجرای طرح بسیار مناسب تشخیص داده شد با بررسی‌های زمینی ثابت نمودند ترکیب مدل‌سازی ریاضی و روش OWA مناسبی جهت تعیین عرصه‌های پخش سیلاب است. اصطلاح خشک‌سالی<sup>۳</sup> که یک اختلال موقتی است با پدیده خشکی<sup>۴</sup> متفاوت است. خشکی به یک فقدان عمومی از بارندگی اشاره دارد و حاکی از شرایط مزمن یا ادامه‌دار است؛ اما خشک‌سالی اشاره به انحراف از شرایط متوسط یا عادی دارد. با برخی شرایط متوسط درازمدت از موازنه مابین بارش و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شود به‌طور قراردادی این وضعیت زمانی اتفاق می‌افتد که میزان بارندگی کمتر از ۷۵ درصد متوسط بارش در یک دوره طولانی در یک منطقه باشد. خشک‌سالی ویژگی واقعی یک منطقه نبوده و در هر رژیم آب و هوایی ممکن است اتفاق بیفتد. دشت سرخون از جمله دشت‌های نزدیک به مرکز استان هرمزگان است که از گذشته تاکنون تأمین‌کننده نیاز آب شرب مناطق اطراف بوده است. با توجه به مصرف

1. Weighted Linear Combination  
2. Ordered Weighted Averaging  
3. Drought  
4. Aridity



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه و موقعیت چاه‌های پیزومتر در آبخوان

هیدرودینامیکی، نشان‌دهنده حرکت آب در محیط متخلخل است. نقشه توانایی انتقال آب با توجه به نتایج آزمایش پمپاژ ۱۰ پیزومتر موجود آماده شد. برای تعیین بهترین مدل برون‌یابی از مدل‌های زمین‌آماری استفاده شد. پس از ایجاد فیله‌های ژئومتریک یا طول و عرض جغرافیایی به هر چاه مشخصات آماری آن اضافه‌شده و سپس در نرم‌افزار Arc GIS 10 عمل برون‌یابی انجام شد. جهت انتخاب بهترین روش برون‌یابی در این تحقیق از هشت روش استفاده گردید که در جدول (۱) به اختصار ذکر شده است.

**انتخاب معیارهای مناسب برای عملیات پخش سیلاب**  
 شیب: یکی از عوامل مؤثر در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد تغذیه آب‌های زیرزمینی شیب است که نقش مهمی در کنترل عواملی مانند سیل و نفوذپذیری دارد. بر اساس تجربیات پژوهشگران داخلی و خارجی مکان‌های مناسب برای پخش سیلاب، شیب کمتر از پنج درصد دارند. قسمت عمده دشت دارای شیب ۰-۲ درصد و در بخش غربی و جنوب است.  
**قابلیت انتقال آب:** یکی دیگر از عوامل مهم در تعیین عرصه‌های مستعد پخش سیلاب و تغذیه آب‌های زیرزمینی، توانایی انتقال آب در آبرفت است که یکی از ضرایب

جدول ۱- میزان RMSE روش‌های برون‌یابی

روش برون‌یابی	RMSE
Inverse distance weighting with powe1	۱۵/۶۴
Inverse distance weighting with powe3	۱۳/۳۶
Inverse distance weighting with powe4	۱۴/۹۳
Local Polynomial Interpolation	۱۱/۱۵
Radial Basis Function	۱۲/۱۷
Simple Kiriging	۹/۲۵
Universal Kiriging	۱۱/۷۱
Ordinary Kiriging	۱۲/۳۲

منطقه تشخیص داده شد؛ و سپس با استفاده از این روش میان‌یابی نقشه پراکنش قابلیت انتقال آب دشت به دست آمد.

با توجه پراکنده‌گی‌های چاه‌های مشاهده‌ای و RMSE در نهایت کریجینگ ساده بهترین مدل برازش جهت برون‌یابی در

لندست هفت با قدرت تفکیک ۲۸/۵ متر با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استخراج شد.

**تراکم:** تراکم زهکشی نسبت طول کلیه آبراه‌ها در یک حوضه آبخیز به مساحت آن، تراکم آبراه نامیده می‌شود و رابطه مستقیمی با دبی حداکثر در حوضه یک سنگ با نفوذپذیری کمتر، رواناب کمتری را می‌تواند نفوذ دهد که به تمرکز بیشتر رواناب سطحی منجر می‌شود. این امر امکان ایجاد یک سیستم زهکشی تکامل یافته و مناسب را افزایش می‌دهد. از این رو تراکم زهکشی می‌تواند به صورت غیرمستقیم نشانگر شایستگی یک منطقه برای پخش سیلاب باشد.

**ضریب نفوذپذیری:** هدایت هیدرولیکی بیان‌کننده میزان نفوذ آب در خاک جهت رسیدن به آب زیرزمینی است و به نوع، اندازه، شکل ذرات تشکیل‌دهنده مواد رسوبی و طرز قرار گرفتن آن‌ها نسبت به یکدیگر بستگی دارد. با استفاده از تابع محاسبه‌گر رس‌تری از تفریق نقشه هم ضخامت آبرفت و نقشه هم عمق سطح آب، نقشه ضخامت اشباع حاصل شد و بعد از تقسیم نقشه ضریب قابلیت انتقال بر نقشه ضخامت اشباع آبخوان نقشه هدایت هیدرولیکی دشت به دست آمد.

**نواحی دارای محدودیت:** لایه محدودیت پخش سیلاب بیانگر مناطقی است که برای پخش سیلاب، نامناسب هستند. در مطالعه حاضر، بر اساس تحقیقات انجام‌گرفته شیب بیشتر از ۸ درصد در لایه ژئومورفولوژی کوهستان‌ها و در لایه کاربری اراضی نواحی شهری، بستر رودخانه و اراضی کشاورزی به‌عنوان محدودیت در نظر گرفته شدند و به این شیوه، اراضی نامناسب برای پخش سیلاب حذف گردید.

#### روش آنتروپی

آنتروپی یک مفهوم با اهمیت در علوم اجتماعی، فیزیکی و تئوری اطلاعات است. ایده روش فوق، این است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص، بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است. آنتروپی در نظریه اطلاعات، یک معیار عدم اطمینان است که با توزیع احتمال مشخص  $P_i$  و اندازه‌گیری این عدم اطمینان ( $E_i$ ) توسط شانون، به صورت زیر بیان شده است:

(رابطه ۱)

$$E_i = S(P_1, P_2, \dots, P_n) = -k \sum_{i=1}^n [P_i - Ln p_i]$$

K مقداری ثابت است و به‌منظور این که  $E_i$  بین صفر و یک باشد، اعمال می‌شود. E از توزیع احتمال  $P_i$  بر اساس مکانیزم آماری، محاسبه‌شده و مقدار آن در صورت تساوی  $P_i$  با

**کیفیت آب:** از آنجایی که هدایت الکتریکی نمایانگر میزان املاح در آب است می‌توان از آن به‌عنوان شاخص کیفی آب استفاده کرد در این پژوهش برای تهیه لایه هدایت الکتریکی محدوده دشت سرخون از اطلاعات چاه مشاهده‌ای استفاده شد. به این ترتیب که اطلاعات ثبت‌شده پارامتر EC چاه‌های مشاهده‌ای به صورت لایه‌ی نقطه‌ای وارد نرم‌افزار Arc GIS گردید. سپس توسط میانمایی به روش کریجینگ معمولی نقشه پراکنش هدایت الکتریکی دشت به دست آمد. محدوده پارامتر هدایت الکتریکی بین ۶۸۲ تا ۶۲۵۰ میکرو موس بر سانتی‌متری باشد. به‌طور کلی آب‌های زیرزمینی در بخش غربی و ورودی دشت و همچنین مرکزی دشت دارای میزان املاح کمتر بوده که می‌توان آن را ناشی از تغذیه آبرفت دانه‌درشت از جریان‌ات ارتفاعات غربی دانست.

**عمق آب:** زیرزمینی نشان‌دهنده ضخامت لایه خشک است، هرچه این لایه دارای ضخامت کمتری باشد پتانسیل تغذیه کاهش می‌یابد. عمق برخورد به سطح ایستابی در محدوده مورد مطالعه حدود ۱۵ تا ۶۸ متر از سطح زمین متغیر است. بیشترین عمق آب زیرزمینی در قسمت غرب و کمترین عمق در قسمت شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود.

**ضخامت آبرفت:** از نظر تئوری هر چه ضخامت آبرفت بیشتر باشد میزان ذخیره آب زیرزمینی در آن نیز زیادتر می‌شود. با توجه به مقاومت لایه‌ها و لوگ‌های موجود چاه‌ها، ضخامت لایه آبرفتی در منطقه به دست آمد. با به دست آمدن ضخامت آبرفت در نقاطی از منطقه، داده‌های به‌دست‌آمده در محیط GIS درون‌یابی شد و مدل رقومی ضخامت آبرفت در محدوده تهیه شد.

**ژئومورفولوژی:** با توجه به مطالعات گذشته دشت‌های پهناور با شیب ملایم، پدیمنت‌ها و مخروط افکنه‌ها (بسته به وسعت و موقعیت آن‌ها)، به‌عنوان محل‌های بهینه برای اجرای طرح‌های آبخوان‌داری در نظر گرفته می‌شوند.

**کاربری اراضی:** نوع بهره‌برداری از زمین در امکان مهار و گسترش سیلاب اهمیت فراوان دارد. اراضی نامناسب مشتمل‌اند بر اراضی کشاورزی و باغ‌ها، مناطق شهری و مسکونی، جاده، اتوبان و اراضی فاقد پتانسیل انجام عملیات پخش سیلاب و یا آن‌هایی که دربردارنده‌ی عوامل محدودکننده عملیات پخش سیلاب هستند. از میان کاربری‌های مختلف، مراتع از نظر تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب مناسب‌اند. نقشه کاربری اراضی و ریخت‌شناسی زمین منطقه مورد مطالعه از طریق طبقه‌بندی و تفسیر تصاویر چند طیفی سال ۲۰۱۲ سنجنده ETM ماهواره

روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. در این روش مقایسه‌های دوه‌دو به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شده، وزن‌های نسبی به‌عنوان خروجی تولید می‌شود. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله‌مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. این روش در سه مرحله انجام می‌گیرد الف- تهیه ماتریس مقایسه در هر سلسله‌مراتب ب- محاسبه وزن‌های هر عنصر سلسله‌مراتب ج- محاسبه نرخ ناسازگاری (Reddy & Maharaj, 2009). بعد از طراحی سلسله‌مراتب مسئله تصمیم، تصمیم‌گیرنده مجموعه ماتریس‌هایی که به‌طور عددی اهمیت یا ارجحیت نسبی معیارها را نسبت به یکدیگر و هر گزینه تصمیم را با توجه به شاخص‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها ایجاد می‌کند. این کار با انجام مقایسات دوه‌دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی از یک مقیاس پایه‌ای که مقادیر آن از ۱ تا ۹ متغیر است را که نشان‌دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است، صورت می‌گیرد. تمامی محاسبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت اولیه تصمیم‌گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می‌شود، صورت می‌پذیرد و هرگونه خطا و ناسازگاری در مقایسه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به‌دست‌آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری<sup>۱</sup> شاخصی است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویت‌های حاصل از مقایسات اعتماد کرد. اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر این صورت در مقایسه‌ها باید تجدیدنظر شود.

### نتایج و بحث

ابتدا لایه‌های مربوط به معیارهای انتخابی در تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. (شکل ۲) در این روش برای تعیین وزن کلاس‌های هر معیار از یک مقیاس پایه‌ای که مقادیر آن بین ۱ تا ۹ استفاده شد. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی و طبقه‌بندی مجدد، با توجه به میانگین نظرات کارشناسان و متخصصین با دیدگاه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی-فرهنگی به دست آمد. بدین صورت که پرسشنامه‌های اولیه مقایسه کلاس معیارها بین ۶ نفر از کارمندان اداره آبخیزداری استان هرمزگان، ۲ نفر از کارشناسان اداره محیط‌زیست هرمزگان و ۴ نفر از اساتید دانشگاه هرمزگان

یکدیگر (یعنی  $P_i = \frac{1}{n}$ )، ماکزیمم مقدار ممکن خواهد بود که بدین صورت محاسبه می‌شود:

(رابطه ۲)

$$-k \sum_{i=1}^n P_i - \ln P_i = -k \left\{ \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} + \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} + \dots + \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} \right\} = -k \left\{ \ln \frac{1}{n} \left( \frac{n}{n} \right) \right\} = -k \times \ln \frac{1}{n}$$

K به‌عنوان مقدار ثابت، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود

(pasha and mostafavi, 2013):

$$k = \frac{1}{\ln(m)} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

ماتریس تصمیم‌گیری، حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به‌عنوان معیار برای ارزیابی آن به کار می‌رود. با استفاده از این ماتریس تصمیم‌گیری،  $P_{ij}$  به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} ; \forall i, j \quad \text{(رابطه ۴)}$$

و آنتروپی شاخص  $J_m$  (به‌صورت زیر محاسبه می‌شود):

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m [P_{ij} \ln P_{ij}] ; \forall j \quad \text{(رابطه ۵)}$$

عدم اطمینان یا درجه‌ی انحراف ( $d_j$ ) از اطلاعات به‌دست‌آمده برای شاخص  $J_j$  بیان می‌کند که شاخص مربوطه ( $J_j$ )، چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری، در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد. مقدار ( $d_j$ ) به‌صورت زیر به دست می‌آید:

$$d_j = 1 - E_j ; \forall j \quad \text{(رابطه ۶)}$$

سپس مقدار وزن  $w_j$  به‌صورت زیر به‌دست‌آمده می‌آید:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} ; \forall j \quad \text{(رابطه ۷)}$$

اگر تصمیم‌گیرنده از قبل، وزن دهی مشخص مثل  $\lambda_j$  را برای شاخص  $J_j$  در نظر گرفته باشد، در این صورت وزن تعدیل‌شده ( $w'_j$ )، به شرح زیر محاسبه می‌شود (portaheri, 2006):

$$w'_j = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j w_j} ; \forall j \quad \text{(رابطه ۸)}$$

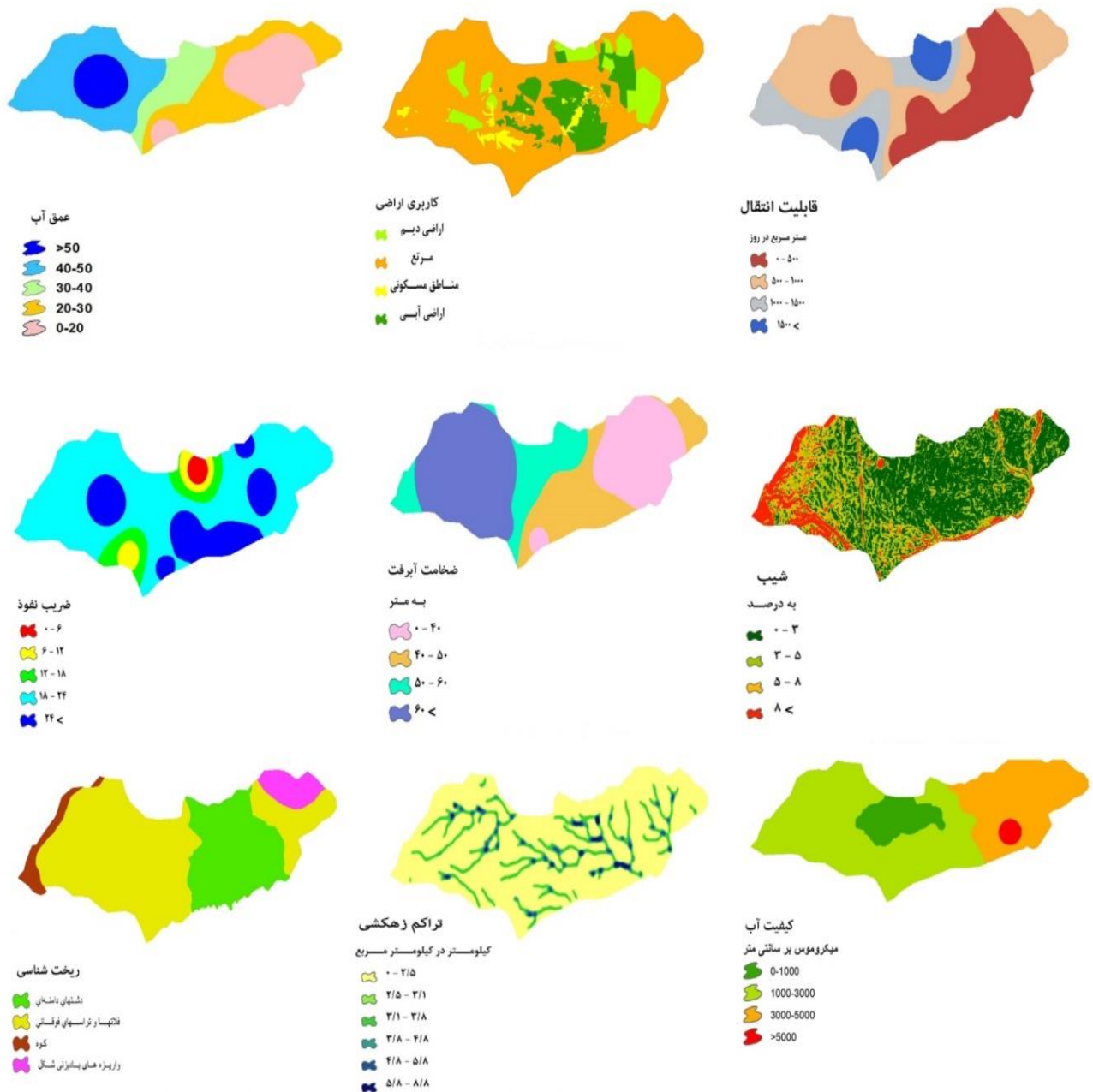
### روش مبتنی بر مقایسه دودویی

روش مبتنی بر مقایسه دوه‌دو توسط Saati (1977) در متن یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی ارائه شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح‌شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این

است و گرنه باید در قضاوت‌ها تجدیدنظر صورت گیرد (Masomi, ashkori, 2006).

سپس برای به دست آوردن اهمیت هر معیار با استفاده از روش آنتروپی پرسشنامه‌ای دیگر تهیه شده و در اختیار دو نفر از کارمندان اداره آبخیزداری استان هرمزگان، یک نفر از کارشناس خبره اداره محیط‌زیست هرمزگان و دو نفر از اساتید دانشگاه هرمزگان قرار داده شد و بعد از دادن توضیحات لازم از آن‌ها خواسته شد به مقایسه دوبه‌دو معیارها عددی را که نشان‌دهنده ارجحیت معیارها در مسئله تصمیم‌گیری پخش سیلاب دهند.

قرار داده شد و بعد از دادن توضیحات لازم از آن‌ها خواسته شد به مقایسه دو به دو معیارها عددی بین یک تا نه را که نشان‌دهنده ارجحیت معیارها نسبت به هم هست دهند. سپس با در نظر گرفتن میانگین نظرات آن‌ها و استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، وزن نهایی هر کلاس به دست آمد (جدول ۲). چون تعیین کمیت‌ها برای کلاس معیارها در ماتریس‌های مقایسه‌ای بر اساس قضاوت شخصی یا گروهی است لازم می‌شود سازگاری یا ناسازگاری در قضاوت‌ها انجام شود. چنانچه ضریب ناسازگاری کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد قضاوت‌ها قابل‌قبول



شکل ۲. لایه‌های معیارهای منتخب در تعیین مکان‌های مناسب پخش سیلاب

جدول ۲- اهمیت زیر معیارها در شناسایی مناطق مستعد پخش سیلاب

معیار	کلاس	وزن	نرخ ناسازگاری
شیب (درجه)	۰-۳	۰/۹۳	۰/۰۲
	۳-۶	۰/۷۲	
	۶-۱۰	۰/۶۳	
	>۱۰	۰/۱۱	
ژئومورفولوژی	دشت	۰/۲۵	۰/۰۷
	فلات	۰/۱۳۳	
	کوهستان	۰/۰۴۲	
	مخروط افکنه ها	۰/۵۰۱	
تراکم زهکشی (کیلومتر/کیلومتر مربع)	۰-۲/۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰۴
	۲/۵-۳/۱	۰/۰۴۸	
	۳/۱-۳/۸	۰/۰۸۵	
	۳/۸-۴/۸	۰/۱۵۱	
	۴/۸-۵/۸	۰/۲۲۸	
ضخامت آبرفت (متر)	۰-۴۰	۰/۰۷۷	۰/۰۱۴
	۴۰-۵۰	۰/۱۴۱	
	۵۰-۶۰	۰/۱۸۶	
	>۶۰	۰/۵۹۶	
عمق آب (متر)	۰-۲۰	۰/۰۵۳	۰/۰۰۹۱
	۲۰-۳۰	۰/۰۸۴	
	۳۰-۴۰	۰/۱۶۳	
	۴۰-۵۰	۰/۲۳۳	
هدایت هیدرولیکی (متر مربع/روز)	۰-۵۰۰	۰/۰۷۴	۰/۰۰۵۷
	۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۱۸۳	
	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰/۳۲۴	
کاربری اراضی	کشاورزی دیم	۰/۲۸۲	۰/۰۰۰۰۱
	مرتع	۰/۶۱۸	
	مناطق مسکونی	۰/۰۳	
	کشاورزی آبی	۰/۷	
ضریب نفوذ (میلی متر/ساعت)	۰-۶	۰/۰۴۸	۰/۰۲
	۶-۱۲	۰/۱۰۱	
	۱۲-۱۸	۰/۱۱۷	
	۱۸-۲۴	۰/۳۵۳	
	>۲۴	۰/۳۱۸	

جدول ۳- ماتریس تصمیم و میانگین نظرات

قابلیت انتقال	تراکم زهکشی	عمق آب	ضریب نفوذ	کاربری	ضخامت آبرفت	کیفیت آب	ریخت شناسی	شیب
۱	۲	۵	۴	۸	۴	۶	۸	۶
۲	۵	۴	۳	۴	۲	۵	۵	۴
۶	۷	۵	۴	۵	۷	۶	۵	۴
۶	۴	۸	۶	۷	۵	۸	۲	۱
۵	۱	۴	۳	۲	۴	۵	۴	۲

سپس برای به دست آمدن وزن هر لایه گام‌های زیر انجام شد.

**گام ۱-** محاسبه  $P_{ij}$ : با توجه به جدول (۳) و رابطه ۴،  $P_{ij}$  به دست می‌آید، جدول (۴) مقادیر  $P_{ij}$  را نشان می‌دهد.

**گام ۲-** محاسبه مقدار آنتروپی ( $E_j$ ):

با توجه به جدول (۴) و رابطه پنج مقدار آنتروپی به دست می‌آید. مقادیر آنتروپی هر شاخص در جدول (۵) آورده شده است.

**گام ۳-** محاسبه‌ی مقدار عدم اطمینان ( $d_j$ ):

مقادیر عدم اطمینان با توجه به مقادیر آنتروپی و رابطه شش به دست می‌آید. این مقادیر در جدول (۵) آورده شده است.

**گام ۴-** محاسبه وزن‌ها ( $w_j$ ):

وزن هر شاخص با توجه به مقادیر عدم اطمینان و طبق رابطه هفت به دست می‌آید. وزن هر شاخص ( $w_j$ ) در جدول (۵) آمده است.

جدول ۴. نتایج گام اول

قابلیت انتقال	تراکم زهکشی	عمق آب	ضریب نفوذ	کاربری	ضخامت آبرفت	کیفیت آب	ریخت‌شناسی	شیب
۰/۰۵	۰/۱۰۵	۰/۱۹۲	۰/۲	۰/۳۰۸	۰/۱۲۸	۰/۲	۰/۳۳۳	۰/۳۵۳
۰/۱	۰/۲۶۳	۰/۱۵۴	۰/۱۵	۰/۱۵۴	۰/۰۹۱	۰/۱۶۷	۰/۲۰۸	۰/۲۵۸
۰/۳	۰/۳۶۸	۰/۱۹۲	۰/۲	۰/۱۹۲	۰/۳۱۸	۰/۲	۰/۲۰۸	۰/۲۳۵
۰/۳	۰/۲۱۱	۰/۳۰۸	۰/۳۱	۰/۲۵۶	۰/۲۲۷	۰/۲۶۷	۰/۰۸۳	۰/۰۵۹
۰/۰۲۵	۰/۰۵۳	۰/۱۵۴	۰/۱۵	۰/۰۷۷	۰/۱۸۲	۰/۱۳۷	۰/۱۶۷	۰/۱۱۸

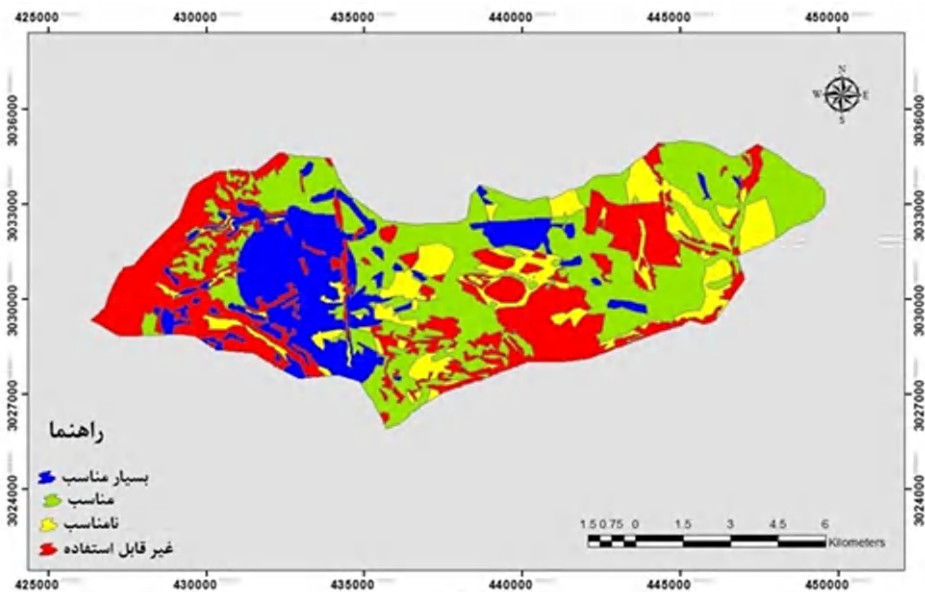
جدول ۵. مقادیر به دست آمده (گام ۲ تا ۴)

ردیف	معیارها	مقدار آنتروپی ( $E_j$ )	مقدار عدم اطمینان ( $d_j$ )	وزن معیار ( $w_j$ )
۱	شیب	۰/۹۱۱	۰/۰۸۹	۰/۱۷۷
۲	ریخت‌شناسی	۰/۹۴۸	۰/۰۵۲	۰/۱۰۴
۳	کیفیت آب	۰/۹۹	۰/۰۱	۰/۰۲
۴	ضخامت آبرفت	۰/۹۵۶	۰/۰۴۴	۰/۰۸۷
۵	کاربری	۰/۹۴۳	۰/۰۵۷	۰/۱۱۳
۶	ضریب نفوذ	۰/۹۸۷	۰/۰۲۲	۰/۰۴۴
۷	عمق آب	۰/۹۷۷	۰/۰۲۳	۰/۰۴۶
۸	تراکم زهکشی	۰/۸۹۴	۰/۱۰۶	۰/۲۱۲
۹	قابلیت انتقال	۰/۹۱	۰/۱۲	۰/۱۹۹

پس از ایجاد پایگاه داده مکانی با توجه به نیازهای اطلاعاتی و تحلیلی فرآیند مدل‌سازی فضایی روی داده‌ها انجام شد. در مرحله بعد لازم بود تا لایه‌های اطلاعاتی باهم ترکیب شوند، روش‌های مختلفی برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی وجود دارد که در اینجا از روش میانگین‌گیری وزنی برای تلفیق لایه‌های مختلف اطلاعاتی استفاده شده است. پس از تلفیق ارزش هر سلول مشخص شد، برای دست پیدا کردن به نتیجه بهتر با استفاده از روش شکسته‌ای طبیعی کل سرزمین بر اساس نقشه

پهنه‌بندی به چهار طبقه نهایی تقسیم‌بندی شد (شکل ۳). بررسی وزن معیارها در این پژوهش نشان داد که فاکتور تراکم زهکشی با گرفتن وزنی معادل ۰/۲۱۱ مهم‌ترین عامل در مکان‌یابی پخش سیلاب در دشت سرخون است. از مجموع کل مساحت دشت سرخون حدود ۲۰۱۸/۱۲۲۱۶۳ هکتار بسیار مناسب و ۳۵۰۰/۶۳۱۰۲۸ غیرقابل استفاده، برای عملیات پخش سیلاب تعیین شد. جدول (۶) مساحت این طبقه‌ها برحسب هکتار و درصد نشان داده شده است.





شکل ۳- پهنه‌بندی مناطق جهت پخش سیلاب‌دشت سر خون

جدول ۶- مساحت طبقات نقشه پهنه‌بندی

بسیار مناسب	مناسب	نامناسب	غیر قابل احداث	طبقه
۲۰۱۸/۱۲	۴۳۴۳/۹۴	۷۸۷۴۰/۸۲	۳۵۰۰/۶۳	مساحت به هکتار
۱۷/۷۰	۳۸/۱	۱۳/۴۹	۳۰/۷	مساحت به درصد

پروژه‌هایی که نیمه‌کاره مانده یا پس از اجرای طرح به دلیل عدم بهره‌برداری رها شده و به مرور ساختمان پروژه تخریب شده بود در گروه ناموفق و سایر موارد در گروه موفق طبقه‌بندی شدند. (شکل ۴) سپس کلاس کاملاً مناسب از نقشه پهنه‌بندی با نقاط کنترل گروه موفقیت مقایسه گردید و درصد همپوشانی آن‌ها به دست آمد (جدول ۷).

به‌منظور اعتبار سنجی روش آنتروپی در این پژوهش از طرح‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی اجرا شده توسط سازمان جنگل‌ها مراتع و آبخیزداری استان هرمزگان استفاده شد. به این منظور ابتدا تمام ۳۲ عرصه‌ای که در سالیان گذشته عملیات اجرای در آن‌ها انجام شده بود عملکردشان از لحاظ موفق یا ناموفق بودن مورد مطالعه قرار گرفت معیار موفق بودن، وضعیت کنونی در زمان اجرای تحقیق است به‌گونه‌ای که تمام



شکل ۴- موقعیت طرح‌های موفق و ناموفق پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۷. درصد تطابق کلاس طبقه‌بندی و نقاط کنترل

طبقه	بسیار مناسب	مناسب	نامناسب	غیرقابل استفاده
درصد تطابق	۷۸/۳۱٪	۴/۵۴٪	۷/۸۷٪	۹/۲۸٪

برنامه‌ریزی برای استفاده از سیلاب‌ها ضمن اینکه اثرات تخریبی آن‌ها را کاهش می‌دهد، منبع آب جدیدی را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد. در این پژوهش به منظور تعیین عرصه‌های مناسب برای پخش سیلاب در دشت سرخون از روش آنتروپی و مقایسه زوجی در رویکردی تلفیقی با سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. برای این منظور با توجه به مطالعات پیشین و شرایط محلی منطقه از تأثیرگذارترین و بااهمیت‌ترین عوامل برای تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش، با توجه به دقت بیش از ۷۸ درصدی آن حاکی از کارایی قابل قبول روش آنتروپی در ارزیابی سریع مناطق وسیع در زمینه انتخاب مکان‌های مناسب تغذیه مصنوعی است. در پژوهش‌های مشابه که توسط (Chabok Boldaji et al., 2011)، (Yazdani Moghadam, 2011) انجام گرفته به منظور تعیین وزن معیارها از روش AHP استفاده شده است که در این روش روابط معیارها و ضریب تأثیرشان لحاظ نمی‌شود و این دقت کیفیت کار را کاهش می‌دهد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که بیشتر مناطق کاملاً مناسب و مناسب از نظر شیب در طبقه ۰-۳ و ۳-۵ درصد قرار گرفته است که با نتایج (Ale et al, 2008) و (Chowdhury and Chowdhury, 2010) و (Faraji sabokbar et al, 2012) و (Rahman et al, 2013) مبنی بر این که عرصه‌های با شیب کمتر از پنج درصد برای تغذیه مصنوعی مناسب‌اند همخوانی دارد. از نظر قابلیت انتقال طبقه کاملاً مناسب در محدوده بالاتر از ۱۵۰ متر روز قرا گرفته این مناطق در محدوده‌هایی با قابلیت انتقال بالاتر منطبق هستند که (Chowdhury and Chowdhury, 2010) به این موضوع اشاره نموده‌اند. از نظر معیار ضخامت آبرفت در محدوده بیشتر از ۶۰ متر که با نتایج (Ale sheikh et al, 2008) و (Ghayoumian et al, 2004) همخوانی دارد. از نظر لایه کاربری اراضی مناطق بسیار مناسب در محدوده‌هایی با کاربری مرتع و کشاورزی دیم به‌دوراز مناطق مسکونی قرار گرفته‌اند. از نظر معیار عمق، مناطق کاملاً مناسب در عمق بیشتر از ۶۸ متر قرار دارد که با نتایج (Yazdani Moghadam, 2011) و از نظر معیار ضخامت آبرفت در محدوده‌ی بیشتر از ۶۰ متر که با نتایج (Ale sheikh et al, 2008) و (Ghayoumian et al, 2004) نیز همخوانی دارد و همچنین این مناطق در محدوده‌های با ضریب نفوذپذیری بیشتر (۱۸-۲۴ و >۲۴، متر در روز) قرار گرفته که با نتایج (Chabok

Boldaji et al., 2011) و (Zarcheshme et al., 2011) مطابقت دارد. از نظر لایه هدایت الکتریکی مناطق مناسب و کاملاً مناسب در محدوده‌هایی با (EC) کمتر از ۲۰۰۰ میکرو موس بر سانتیمتر، از نظر لایه کاربری اراضی در محدوده‌هایی با کاربری مرتع و همچنین تراکم زهکشی کمتر از ۳/۸ کیلومتر در کیلومتر مربع قرار گرفته‌اند. دقت بالای مدل نشان داد که استفاده از روش آنتروپی پشتیبانی‌های لازم را برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه ریزان در حل مسائل مدیریت آب به عمل می‌آورد تا بتوانند درک عمیق‌تری از مسائل محیطی به دست آورند.

### نتیجه‌گیری

آب‌های زیرزمینی جزء منابع طبیعی باارزشی هستند که در سالیان اخیر بر اثر تغییرات اقلیمی ( Yazdani Moghadam, 2011) و همچنین شیوه و میزان بهره‌برداری از آن‌ها در سال‌های اخیر بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک روند نزولی داشته است. برنامه‌ریزی برای استفاده از آب‌های روان ضمن اینکه اثرات تخریبی آن‌ها را کاهش می‌دهد و می‌تواند منبع آب جدیدی را در اختیار قرار دهد. در همین راستا ساخت سازه‌های آبی برای تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها می‌تواند یکی از شیوه‌های مدیریت منابع آب پایدار باشد. استفاده از فن‌آوری‌های نوین مرتبط با زمین همچون سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند در کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت نتایج مکان‌یابی طرح‌های تغذیه مصنوعی تأثیر بسزایی گذارد. در این پژوهش به منظور تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت سرخون هرمزگان از روش ترکیبی نوین آنتروپی شانون و مقایسه زوجی در رویکردی تلفیقی با تاپسیس استفاده شد. برای این منظور با توجه به مطالعات پیشین و شرایط محلی منطقه از تأثیرگذارترین و بااهمیت‌ترین عوامل برای تعیین عرصه‌های مناسب پخش سیلاب استفاده شد. حدود ۱۷ درصد از منطقه در کلاس بسیار مناسب جهت تغذیه مصنوعی قرار گرفت نقشه نهایی با واقعیت زمینی بیش از ۷۳ درصد تطابق داشت که حاکی از کارایی قابل قبول روش ترکیبی آنتروپی و AHP در ارزیابی مناطق برای احداث سازه‌های تغذیه مصنوعی است. نقشه خروجی این مدل می‌تواند به‌عنوان راهنمایی جهت مشخص نمودن مکان‌های مناسب اجرای سازه‌های تغذیه مصنوعی در دشت سرخون مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا

حاضر مقایسه شود. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی بالا در تولید پاره‌ای از لایه‌های مورد استفاده در مکان‌یابی همچون استخراج ریخت‌های منطقه یا کاربری اراضی می‌تواند مفید واقع گردد. همچنین ایجاد یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری چند معیاره که قادر به ورود لایه‌ها با وزن‌های متفاوت باشد که بتواند سناریوهای مختلف در مکان‌یابی تغذیه مصنوعی را اجرا نماید پیشنهاد می‌گردد.

پیشنهاد می‌گردد جهت مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی ابتدا کلیه مطالعاتی جغرافیایی بر روی منطقه انجام گیرد و سپس با توجه به شرایط منطقه از پارامترهای متفاوت و مؤثر در منطقه انتخاب شد. به‌منظور غنا بخشیدن به مطالعات مکان‌یابی تغذیه مصنوعی با سیستم اطلاعات جغرافیایی پیشنهاد می‌گردد از روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه و روش‌های جدیدتر چند معیاره همچون 4 PROMETHEE و GREY SYSTEM THEORY استفاده نموده و نتایج بامطالعه

## REFERENCES

- Adamowski, J., & Chan, H. F. (2011). A wavelet neural network conjunction model for groundwater level forecasting. *Journal of Hydrology*, 407(1-4), 28-40.
- Ale sheikh, A. A., Soltani, M. J., Nouri, N., Khalilzadeh, M., (2008). Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5(4): 455-462
- ASCE STANDARD, (2001). Standard Guidelines for Artificial Recharge of Ground Water, Environmental and Water Resource Institute, American Society of Civil Engineers, ASCE standard, EWRI/ ASCE 106, 34-10.
- Chabok Boldaji, M., Hassanzadeh Nofoti, M., Ibrahim Khosfi, Z. (2011). Suitable Areas Selection Using AHP (Case study watershed Ashgabat Tabas), *Journal of Science and Engineering watershed*, Fourth year, No, 13, 127-14.
- Chowdhury, A., Chowdhury, Jha, A. M. (2010). Delineation of groundwater recharge zones and identification of artificial recharge sites in West Medinipur district, West Bengal, using RS, GIS and MCDM techniques. *Environmental Earth Sciences*, 59(6): 1209-1222.
- Faraji Sabokbar, h., et al. (2012). Identification of suitable areas for artificial groundwater recharge using integrated ANP and pair wise comparison methods in GIS environment, (case study: Garbaygan Plain of Fasa). *Geography and Environmental Planning*, 44(4): 143-166. (In Farsi)
- Ghayoumian, J., Ghermez Cheshme, B., Feiznia, S., Noroozi A. (2004). Integrating GIS and DSS for Identification of Suitable Areas for Artificial Recharge (Case study: Meimeh Basin, Isfahan, Iran), *journal of science Teacher Training University*, 3, 115-131.
- Gleeson, T., Alley, M., Allen, M., Sophocleous, A., Zhou, Y., Taniguchi, M., & VanderSteen, J., (2012). Towards Sustainable Groundwater Use: Setting Long-Term Goals, Backcasting, and Managing Adaptively, *Ground Water*, 50(1), 19-26. doi: 10.1111/j.1745-6584.2011.00825.x
- Khasheii sivaki, A., Ghahraman, B. Koochek zadeh, M. (2013). Comparison of artificial neural network models, ANFS and regression in the estimation of shallow Neshoba aquifer, *Journal of Irrigation and Drainage*, 1, 7, 10-22. (In Farsi)
- Masomi ashkori, H. (2006) Principles of regional planning. Payam. Tehran. 250p. (In Farsi)
- Magesh, S., Chandrasekar, N. and Soundranayagam, J. (2012). Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques, *Geoscience Frontiers*, 3(2), 189-196.
- Mohanty, S., Jha, M, Kumar, A. and Sudheer, K, P. (2010). Artificial Neural Network Modeling for Groundwater Level Forecasting in a River Island of Eastern India, *Water Resources Management*, 24(9), 1845-1865. From: doi: 10.1007/s11269-009-9527-x
- Pasha, E. and Mostafavi, H. (2013). Calculate the Uncertainty Interval Based on Entropy and Dempster Shafer Theory of Evidence. In: *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*, August 2013, pp. 215-22. (In Farsi)
- Portaheri, M. (2006) Application of Multi-Attribute Decision Making Methods in Geography. Samt. 232p. (In Farsi)
- Rahman, M. A., Kasemsan M., and Nuttee, A. (2013). An integrated study of spatial multicriteria analysis and mathematical modelling for managed aquifer recharge site suitability mapping and site ranking at Northern Gaza coastal aquifer. *Journal of Environmental Management*, 124(0): 25-39.
- Reddy, k. and Maharaj, V. (2009). World Heritage Site selection in sensitive areas: Andaman and Nicobar Islands. *Reconstructing Indian population history*, 585p.
- Sethi, R. R., Kumar, A., Sharma, S. P., & Verma, H. C. (2010). Prediction of water table depth in a hard rock basin by using artificial neural network. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 2(4), 95-102. <http://www.academicjournals.org/journal/IJWRE/article-abstract/F4998981720>
- Zarcheshme, M., Kheirkhah Zarkesh, M. Davood, Gh. (2011). Combining GIS and Decision Support Systems to Determine Suitable Areas Flood Spreading (study area: Mashkyd watershed in

Sistan and Baluchestan province). National Conference of Geomatics. Iran Cartography organization, 9, 87-101.

Yazdani Moghadam, Y. (2011). Performance multi-criteria decision method in locating spreading, Case study: Kashan Plain. *Journal of Remote Sensing and GIS of Iran*, 3:65-80. (In Farsi)