

## پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم جغرافیایی، مطالعه موردی: حوضه آبریز سیرجان

عبد... سیف

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان

ابوذر کارگر\*

کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان

### چکیده

پلایای سیرجان با وسعت حدود ۸۰۲۷ کیلومتر مربع در استان کرمان واقع شده است. افت سطح آب زیر زمینی آبخوان سیرجان باعث پیشروی آب شور و افت کیفیت آب زیر زمینی شده است. در این پژوهش بناس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی پلایای سیرجان پرداخته شود. برای اطمینان از نتایج نهایی، لایه پتانسیل منطقه به سه روش Weighted Overlay، Weighted sum و Raster Calculator تهیه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در بین سه روش فوق Weighted sum حداکثر پهنه را به پتانسیل بالا و در مقابل Raster Calculator حداقل پهنه را به پتانسیل بالا اختصاص داده است. اما روش Weighted Overlay حد فاصل بین دو روش قبلی است و نتایج حاصل از آن از اطمینان بالاتری برخوردار است. در این میان پهنه پتانسیل بالا بیشتر منطبق بر رسوبات آبرفتی درشت دانه دوران چهارم و مخروطه افکنه‌ها است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در مدیریت منابع آب زیر زمینی و طرح‌های بهره برداری از این منابع مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: پلایای سیرجان، حوضه آبریز، پتانسیل یابی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، روش

AHP.

### مقدمه

آب‌های زیر زمینی یکی از منابع مهم تامین آب شیرین مورد نیاز انسان است. آب زیر زمینی بعد از یخچال‌ها و یخ پهنه‌ها، بزرگترین ذخیره آب شیرین زمین را تشکیل می‌دهد (فریز و چری، ۱۹۷۹، ۱۵). آب‌های زیر زمینی در بسیاری از کشورهای واقع در نواحی خشک و نیمه خشک بیش از ۸۰ درصد منابع آبی مورد استفاده را تشکیل می‌دهند (صداقت، ۱۳۷۲، ۲۵). از آن جا که منابع آب سطحی در بسیاری از مناطق کشور محدود

Email: abuzar.kargar@gmail.com

\* نویسنده مسئول: ۰۹۳۸۷۵۳۸۲۹۸

<sup>1</sup> Freeze & Cherry

می‌باشد، آب‌های زیر زمینی به عنوان مناسب ترین منبع در دسترس جهت تامین آب مورد نیاز به حساب می‌آید.

شناسایی منابع آب زیرزمینی، شناختن مناطق با پتانسیل بالا و اصلاح شیوه برداشت از این منابع از مهمترین اهداف به شمار می‌رود. آب زیرزمینی از یک سو به دلیل شیرین بودن، ترکیبات ثابت شیمیایی، دمای ثابت، ضریب آلودگی کمتر و سطح اطمینان بالاتر در تامین آب به عنوان یک منبع قابل اتکاء به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و از سوی دیگر با تأثیر بر توان اکولوژیک سرزمین یک پدیده مهم و مؤثر در توسعه اقتصادی، تنوع اکولوژیکی و سلامت جامعه به حساب می‌آید (مادان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸، ۷۵).

از کل آب‌های زیر زمینی سیرجان سالانه ۵۳۷/۲ میلیون مترمکعب بهره برداری می‌شود. تعداد چاه‌های عمیق آن ۹۲۶ حلقه است که از ۷۸۴ حلقه آن بهره برداری می‌شود. عمق متوسط آن‌ها بین ۱۰۷ تا ۱۱۶ متر و متوسط دبی آن‌ها ۲۷ لیتر در ثانیه است. تعداد قنوات شهرستان ۸۶ رشته بود که متوسط دبی آن‌ها ۲۰ لیتر در ثانیه و میزان تخلیه قنوات ۵۴ میلیون متر مکعب است. تعداد کل چشمه‌های شهرستان بیش از ۱۰۰ دهنه است که تنها چشمه دائمی شهرستان چشمه معدنی گلی آونگ است که در جنوب شرق سیرجان قرار دارد. پیرامون چشمه از رسوبات آبرفتی دوران چهارم پوشیده شده است و آب شرب شهرها و روستا هم از طریق چشمه‌ها و هم از طریق چاه‌های حوضه آبریز فراهم می‌شود (فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کرمان، ۱۳۸۲، ۱۰).

در این پژوهش برای شناسایی و تعیین بهترین مناطق آبی جهت بهره برداری بهینه از منابع آب زیر زمینی در حوضه آبریز سیرجان از روش سلسله مراتبی و تکنیک GIS استفاده شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس سلسله مراتبی پیچیده به صورت سلسله مراتبی که در راس آن هدف کلی قرار دارد، انجام می‌گیرد. در مرحله بعد معیارها و زیر معیارها قرار می‌گیرند و سپس در پایین ترین رده سلسله مراتب، گزینه‌ها قرار دارند. بعد از تجزیه و تحلیل مسئله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دو تایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان ارجحیت معیارها، ارزش گذاری صورت گرفته و بهترین جواب انتخاب می‌گردد. در نهایت نیز برای اطمینان از جواب نهایی، سازگاری و ناسازگاری آن مورد آزمون قرار می‌گیرد (چن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱، ۱۱۳).

مطالعات متعددی در زمینه‌های مختلف با استفاده از این روش سلسله مراتبی صورت گرفته است که می‌توان به برخی موارد زیر اشاره کرد؛ حسن زاده (۱۳۷۹، ۱۱۲) عمل پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز شلمانرود را انجام داد؛ محمد خان (۱۳۸۰، ۷۸) به پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای برای حوضه آبخیز طالقان پرداخت؛ احمدی و همکاران (۱۳۸۲، ۳۲۳) به پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوضه آبخیز گرمی چای پرداخت؛ سرور (۱۳۸۳، ۱۹) مکان‌یابی توسعه آبی شهری در شهر میاندوآب را بررسی کرده است؛ علیجانی و همکاران (۱۳۸۶، ۱۱۶) به پهنه بندی خطر زمین لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان و

<sup>1</sup> Madan

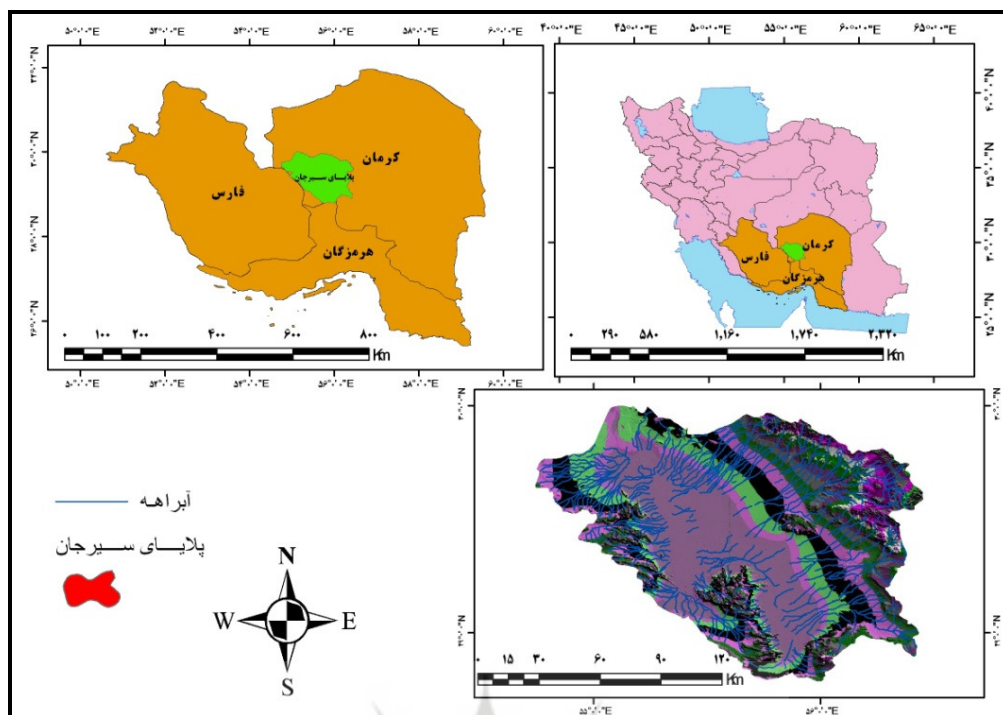
<sup>2</sup> Chen

حوضه آبخیز اسطخری شیروان پرداخته‌اند؛ خیرخواه زرکش و همکاران (۱۳۸۷، ۹۳) به مکان‌یابی سدهای زیر زمینی در دامنه شمالی کوه کرکس پرداخته‌اند؛ پناهنده و همکاران (۱۳۸۸، ۲۷۶) مکان‌یابی دفن پسماند شهری در سمنان را بررسی کرده‌اند؛ فتائی و آل شیخ (۱۳۸۸، ۱۴۵) مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری در شهر گیوی را مطالعه کرده است.

مطالعاتی که در گذشته در پلایای سیرجان در رابطه با آب‌های زیر زمینی صورت گرفته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ میر عباسی نجف آبادی و همکاران (۱۳۸۶، ۴۱) ارزیابی افت سطح آب زیر زمینی و اثر آن بر کیفیت آب زیر زمینی دشت سیرجان، شبیه سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل کامپیوتری Mod flow و همچنین بررسی اثرات تغییر روش بهره برداری از آب‌های زیر زمینی در دشت سیرجان اشاره کرد، ولی با این وجود در زمینه مکان یابی و بهره برداری از این منابع هنوز کار چندانی صورت نگرفته است. این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از آنالیز پارامترهای تأثیر گذار در نفوذ پذیری خاک و تغذیه سفره- های آب زیر زمینی، از طریق روش سلسله مراتبی و تهیه لایه‌های رستری آن، وزن دهی و ترکیب لایه‌ها در محیط نرم افزار ARC GIS، بهترین منابع آبی منطقه را جهت بهره برداری بهینه از منابع آب منطقه و جلوگیری از بهره کشی بیش از توان آن‌ها، شناسایی، تعیین، معرفی و پهنه بندی کند. امید است نتایج به دست آمده از این پژوهش در مدیریت منابع محیطی و مناطق آبی محدوده مطالعاتی مؤثر واقع شود.

#### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز سیرجان در محدوده عرض‌های ۲۸ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و محدوده طول‌های ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی گسترده شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۸۱۳ متر در ارتفاعات شمال شرقی و حداقل آن ۱۶۵۰ متر در کویر غربی و متوسط ارتفاع آن ۱۷۷۰ متر می‌باشد. وسعت کل حوضه برابر با ۱۲۵۲۷ کیلومتر مربع که ۶۵۸۳ کیلومتر مربع آن را دشت و ۵۹۴۴ کیلومتر مربع را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سیرجان را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی پلایای سیرجان

#### مواد و روش‌ها

به منظور پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی در حوضه آبریز پلایای سیرجان آمار و اطلاعات مربوط به پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی به شرح زیر از منابع مختلف تهیه شد:

#### - اطلاعات اقلیمی

برای انجام مطالعات از آمار سال‌های ۱۹۵۰ - ۲۰۰۵ ایستگاه‌های سینوپتیک سیرجان، بافت، نیریز، داراب، حاجی آباد، شهر بابک استفاده شد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۸)؛

- اطلاعات زمین شناسی، توپولوژی و هیدرولوژی؛

- نقشه رقومی زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ حوضه مورد مطالعه مربوط به سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۸)؛

- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰، حوضه مربوط به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۸).

#### روش تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز جهت تهیه نقشه پتانسیل‌یابی منطقه مورد مطالعه

بعد از مختصات دار کردن نقشه‌های توپوگرافی و زمین شناسی توسط نرم افزار ARC GIS اقدام به تهیه لایه‌های مورد نیاز به شرح زیر شد:

تهیه لایه‌های اطلاعاتی توپولوژی شامل طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب از نقشه رقومی توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) منطقه در محیط GIS؛

تهیه لایه‌های اطلاعاتی زمین شناسی شامل لیتولوژی، تراکم گسل و فاصله از گسل از نقشه رقومی زمین شناسی حوضه در محیط GIS:

تهیه لایه هیدرولوژی شامل تراکم آبراهه و فاصله از آبراهه از نقشه توپوگرافی و (DEM) ارتفاعی حوضه در محیط GIS:

تهیه لایه‌های اطلاعاتی اقلیمی شامل بارش و دما از طریق روابط خطی بارش و ارتفاع و همچنین دما و ارتفاع در محیط SURFER و GIS.

### روش وزن دهی

بعد از تهیه کلیه لایه‌هایی که در پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی مؤثر بودند، با توجه به درجه‌ی اهمیت و مقدار تأثیر هر کدام از عناصر آن‌ها را به روش AHP وزن دهی کرده (فرجی سبکبار، ۱۳۸۴، ۱۳۷)، بعد از وزن دهی لایه‌ها برای این که کلیه لایه‌ها با هم جمع شوند، اقدام به تبدیل لایه‌های وکتوری به رستری شد که این عملیات توسط ابزارهای Spatial Analysis، 3D Analyst و Raster Calculator در محیط Arc GIS انجام شد. در آخر نقشه پتانسیل آب‌های زیر زمینی تولید شد که مراحل آن به شرح زیر می‌باشد:

**مرحله اول:** تهیه نقشه‌های پایه مؤثر بر پتانسیل یابی، اسکن زمین مرجع کردن آن‌ها.

**مرحله دوم:** تهیه لایه‌های مورد نیاز از روی نقشه‌های ژئورفرنس شده در محیط Arc GIS، که از ابزارهای Spatial Analysis، 3D Analyst و Raster Calculator برای تهیه لایه‌های زمین شناسی، توپولوژی و هیدرولوژی و از دستور Inter Polate و روش Kriging در قسمت Spatial Analysis جهت تهیه لایه‌های مربوط به اقلیم و دما استفاده شده است.

**مرحله سوم:** وزن دادن به هر کدام از لایه‌ها، بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق گرفته است که بیشترین نقش را در پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی حوضه مورد مطالعه داشته است (ال.ال.سی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸، ۱۷۵).

- وزن دهی کردن هر کدام از عناصر موجود در هر لایه که معیار وزن دهی هر واحلاط اطلاعاتی نیز بر اساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه، مؤثر در پتانسیل یابی منابع آب زیر زمین است (لوپز و زینک<sup>۳</sup>، ۱۹۹۱، ۱۶۱).

**مرحله چهارم:** ترکیب لایه‌ها با سه روش: از طریق Raster Calculator در قسمت Spatial Analysis، Weighted Overlay و Weighted Sum در جعبه ابزار Arc Toolbox که در این مرحله نقشه نهایی با چهار گروه مناطق با پتانسیل بالا؛ مناطق با پتانسیل خوب، مناطق با پتانسیل متوسط و مناطق بدون پتانسیل آب‌های زیر زمینی تولید شد.

## روش پردازش

برای پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی در حوضه پلایای سیرجان از روش سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. این روش بر اساس تجزیه‌ی مسایل پیچیده به سلسله مراتب است که در راس آن هدف کلی قرار دارد. در این پژوهش هدف پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی پلایای سیرجان و تهیه‌ی نقشه آن است. در مرحله بعد معیارها و زیر معیارها قرار می‌گیرند و در پایین ترین رده، سلسله مراتب گزینه‌ها قرار دارند. بعد از تجزیه‌ی مسأله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش گذاری صورت می‌گیرد (چان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱، ۱۰۵). روش مبتنی بر مقیاس دو به دو توسط ساعتی<sup>۲</sup> (۱۹۸۰، ۴۲۶) در متن یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی<sup>۳</sup> ارائه شد. در این روش برای ایجاد یک ماتریس نسبت، به مقایسه دو به دو پرداخته می‌شود. مقایسه‌های دو به دو به عنوان ورودی در نظر گرفته شده، و وزن‌های نسبی به عنوان خروجی تولید می‌گردد.

AHP روش ساده‌ی محاسباتی برای عملیات اصلی بر روی ماتریس‌ها است. با ایجاد سلسله مراتب مناسب و پردازش گام به گام، ساخت ماتریس‌های مقایسه‌ای در سطوح مختلف سلسله مراتب، AHP<sup>۴</sup> مُردار ویژه و مقادیر آن را محاسبه کرده، با ترکیب بُردارها ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف محاسبه می‌شوند (جیم فنگ، یو<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲، ۱۱۰).

مزیت اصلی AHP آن است که به تصمیم گیران کمک می‌کند تا یک مسأله پیچیده را به صورت ساختار سلسله مراتبی بشکنند و سپس به حل آن به پردازند (شاو<sup>۶</sup>، ۱۹۸۵، ۹۸). وزن معیار تصمیم گیری و گزینه‌های مختلف با توجه به مقایسه تنها دو عنصر در هر مرحله به دست می‌آید. برای بیان میزان ارجحیت یک عنصر بر عنصر دیگر، از عبارات غریبالی، مقیاس عددی، یا نمودارهای ستونی استفاده می‌شود که به سهولت محاسبات کمک می‌کند. همچنین ماهیت تحلیل AHP منطق شفاف و واضح برای انتخاب گزینه‌های مختلف به وجود می‌آورد (ورنس<sup>۶</sup>، ۱۹۸۴، ۱۵۳).

## پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی

در این قسمت مدل مفهومی برای تصمیم گیری در پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی با استفاده از AHP در محیط نرم افزاری GIS ارائه می‌شود. فرآیند تصمیم گیری در چهار سطح به شرح زیر انجام پذیرفت:

1.Chan

2. Saati.T.L.

3. Analytic Hierarchy Process (AHP)

4. Jim.feng.yue.

5.Shaw

6. Verne's

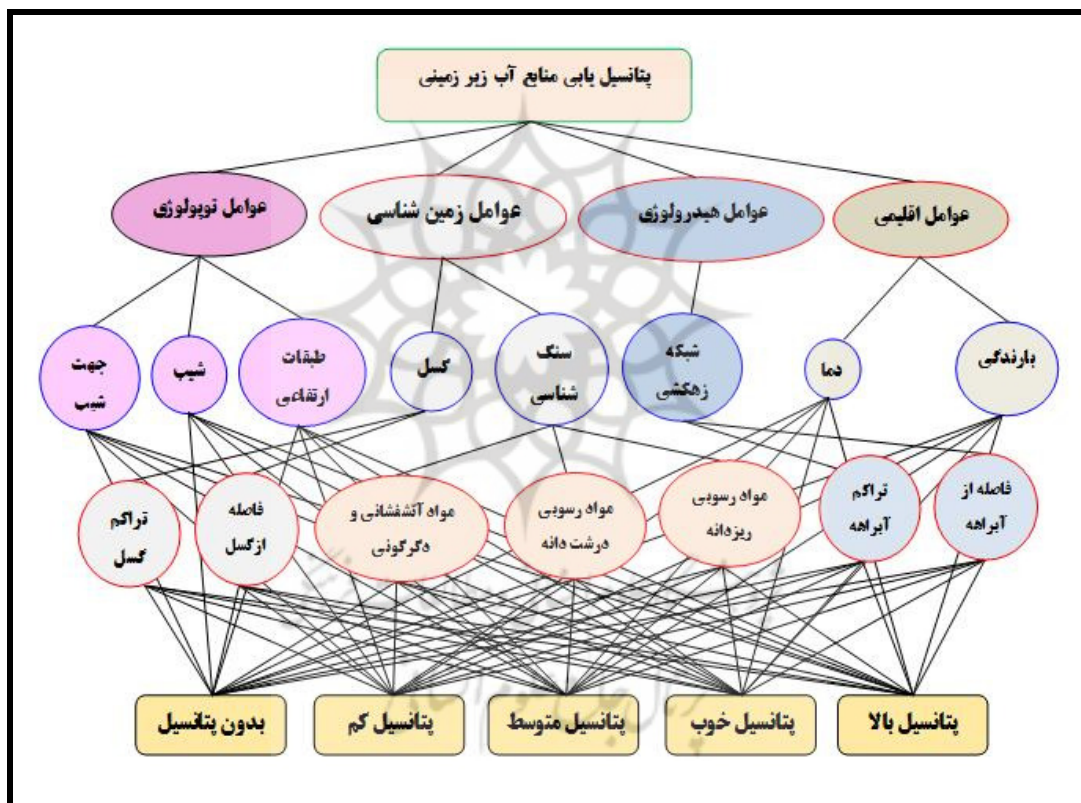


سطح ۱: هدف کلی سلسله مراتب در بالاترین سطح قرار دارد. در این جا هدف اصلی تهیه نقشه پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی است؛

سطح ۲: این سطح معیارها را در بر گرفته و شامل عوامل مؤثر در نفوذ پذیری خاک و تغذیه سفره های آب نظیر عوامل زمین شناسی، اقلیم شناسی، توپولوژیکی و هیدرولوژی است؛

سطح ۳: این سطح زیر معیارها را در بر گرفته و شامل پارامترهای سنگ شناسی، تراکم گسل و فاصله از گسل، بارش، دما، طبقات ارتفاعی، شیب و جهت شیب، تراکم و فاصله از شبکه زهکشی است؛

سطح ۴: در این سطح (گزینه ها) از مقایسه بندی چهار طبقه ای (پتانسیل بالا، خوب، متوسط، بدون پتانسیل) استفاده شده است.



شکل ۲: ساختار سلسله مراتبی پتانسیل یابی منابع آب

وزن دهی به عوامل مؤثر در نفوذ پذیری خاک و تغذیه سفره های آب زیر زمینی در فرایند تحلیل سلسله مراتب بیشترین وزن به لایه ای تعلق می گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد. به عبارت دیگر معیار وزن دهی به هر واحداً اطلاعاتی نیز بر اساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه ایفا می کند (لوپز و زینک، ۱۹۹۱) (جدول ۱). از آنجایی که هدف این پژوهش پی جویی منابع آب زیر زمینی در حوضه آبریز سیرجان است، پارامترهای تأثیرگذار در نفوذ

پذیری خاک و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی می‌تواند به عنوان مهم‌ترین عوامل برای رسیدن به هدف نهایی در نظر گرفته شود. بنابراین برای مولفه‌های سنگ‌شناسی، هیدرولوژی و اقلیمی با توجه به اهمیت آن‌ها در نفوذ پذیری خاک و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، باید بالاترین ارجحیت و وزن دهی را در نظر گرفت. وزن به سایر عوامل به نسبت کاهش تأثیرشان در نفوذ پذیری کم‌تر می‌شود. به عبارت دیگر مؤثرترین عامل در تغذیه منابع آب از بیشترین وزن برخوردار خواهد بود.

جدول ۱: وزن دهی به عوامل بر اساس ارجحیت به صورت مقایسه زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضایات شفاهی)	
۹	Extremely preferred	الاً مرجح یا کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب
۷	Very strongly preferred	ترجیح بالهیمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	strongly preferred	ترجیح بالهیمیت یا مطلوبیت قوی
۳	Moderately preferred	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب
۱	Equally preferred	ترجیح بالهیمیت یا مطلوبیت یکسان
۸، ۶، ۴، ۲	ترجیحات بین فواصل قوی	

منبع: قدسی پور، ۱۴، ۱۳۸۷

#### محاسبه ماتریس‌های وزنی

شکل ۲ سلسله مراتب تصمیم‌گیری در مورد پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. در سطح دوم این شکل عوامل مؤثر در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی تعیین شده‌اند. برای انجام مقایسه، ماتریسی به ابعاد ۴ \* ۴ ایجاد می‌شود. سپس عوامل مختلف دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آن‌ها اختصاص می‌یابد. مرحله بعدی، محاسبه میانگین ماتریس‌ها است که از آن به عنوان بردار وزن معیار (وزن نسبی) در این سطح استفاده می‌شود. وزن معیار برای عوامل زمین شناسی ۰/۵۹۱، عوامل هیدرولوژی ۰/۲۳۸، عوامل توپولوژی ۰/۰۵۲ و عوامل اقلیمی ۰/۱۱۷ می‌باشد. برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، ستون‌ها با هم جمع شده، هر سلول ماتریس بر جمع ستون تقسیم می‌شود که این عمل برای نرمالیزه کردن ماتریس انجام می‌گیرد.

جدول ۱: ماتریس سطح ۱، ماتریس مقایسه زوجی و نرمالیزه معیارها

بردار وزن معیارها	توپولوژی	اقلیم	هیدرولوژی	زمین شناسی	ماتریس نرمالیزه	توپولوژی	اقلیم	هیدرولوژی	زمین شناسی	
۰/۵۹۱	۰/۴۷۰	۰/۵۳۵	۰/۷۲۲	۰/۶۳۴		۸	۵	۴	۱	زمین شناسی
۰/۲۳۸	۰/۲۹۴	۰/۳۲۱	۰/۱۸۰	۰/۱۵۸		۵	۳	۱	۰/۲۵۰	هیدرولوژی
۰/۱۱۷	۰/۱۷۶	۰/۱۰۷	۰/۰۶۰	۰/۱۲۷		۳	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	اقلیم
۰/۰۵۲	۰/۰۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۳۶	۰/۰۷۹		۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۰/۱۲۵	توپولوژی
۱	۱	۱	۱	جمع		۱۷	۹/۳۳۳	۵/۵۳۳	۱/۵۷۵	جمع



در مرحله ی بعد بـه وُجه به عوامل مؤثر در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی سطح ۲ همانند مراحل قبل با هم مقایسه می شوند. ابتدا ماتریسی به ابعاد  $۱۲ * ۱۲$  ایجاد می شود. سپس عناصر مختلف دوتایی با هم مقایسه می شوند و مقادیر مربوط به آن ها اختصاص می یابد.

جدول ۳: ماتریس سطح دوم

نوع	شماره	طبقات ارتفاعی	دما	بارندگی	فاصله از آبراهه	تراکم آبراهه	فاصله از گسل	تراکم گسل	مواد آتشفشانی	مواد ریزدان	مواد درشت دانه
مواد درشت دانه	۸	۶	۰/۵۰۰	۰/۲۰۰	۳	۲	۶	۴	۷	۵	۱
مواد ریزدانه	۵	۳	۰/۲۰۰	۰/۱۱۱	۰/۲۰۰	۰/۱۲۵	۰/۵۰۰	۰/۳۳۳	۳	۱	۰/۲۰۰
مواد آتشفشانی	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۰/۱۶۶	۰/۱۱۱	۰/۱۶۶	۰/۱۲۵	۰/۵۰۰	۰/۲۰۰	۱	۰/۳۳۳	۰/۱۴۲
تراکم گسل	۴	۳	۰/۲۵۰	۰/۱۴۲	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۳	۱	۵	۳	۰/۱۴۲
فاصله از گسل	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۲۵۰	۰/۱۲۵	۰/۳۳۳	۰/۵۰۰	۱	۰/۳۳۳	۲	۲	۰/۱۶۶
تراکم آبراهه	۷	۶	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۵	۱	۲	۵	۸	۶	۰/۵۰۰
فاصله از آبراهه	۲	۳	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۱	۰/۲۰۰	۳	۳	۶	۵	۰/۳۳۳
بارندگی	۷	۵	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۵	۲	۸	۷	۹	۹	۵
دما	۳	۲	۱	۰/۲۰۰	۳	۰/۲۵۰	۵	۴	۶	۵	۲
طبقات ارتفاعی	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۲۵۰	۰/۲۰۰	۴	۰/۲۰۰	۲	۰/۵۰۰	۰/۲۰۰
شیب	۰/۳۳۳	۱	۰/۵۰۰	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۱۶۶	۳	۰/۳۳۳	۲	۰/۳۳۳	۰/۱۶۶
جهت شیب	۱	۳	۰/۳۳۳	۰/۱۴۲	۰/۵۰۰	۰/۱۴۲	۴	۰/۲۵۰	۳	۰/۲۰۰	۰/۱۲۵
جمع	۳۸/۱۱	۳۳/۱۶	۱۲/۸۱	۳/۲۶	۱۹/۱۱	۶/۹۵	۴۰	۲۵/۶۵	۵۴/۰۰	۳۷/۳۶	۱۰/۰۸

برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، ستون ها با هم جمع شده، و هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می شود که این عمل برای نرمالیزه کردن ماتریس انجام می شود. و در نهایت نرخ ناسازگاری برای عوامل سطح ۲ محاسبه گردید که با رقم  $۰/۰۰۶۳$  میزان قابل قبولی است. در این مرحله، ماتریس وزنی سطح سوم محاسبه می شود (مقدار پتانسیل منابع آب زیرزمینی). سپس نرخ ناسازگاری نیز برای عوامل سطح ۳ محاسبه شد که با رقم؟ رقم قابل قبولی را نشان می دهد.

جدول ۴: محاسبه‌ی وزن نسبی عوامل سطح ۲

معیارها	بردار وزن	جهت شیب	شیب	طبقات ارتفاعی	دما	بارندگی	فاصله از آبراهه	تراکم آبراهه	فاصله از گسل	تراکم گسل	مواد آتشفشانی	مواد ریزدانه	مواد درشت دانه
۰/۱۴۵	۰/۲۰۹	۰/۱۸۰	۰/۱۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۶۱	۰/۱۵۶	۰/۲۸۷	۰/۱۵۰	۰/۱۵۵	۰/۱۲۹	۰/۱۳۳	۰/۰۹۹	
۰/۰۴۰	۰/۱۳۱	۰/۰۹۰	۰/۰۵۴	۰/۰۱۵	۰/۰۳۴	۰/۰۱۰	۰/۰۲۴	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰۵۵	۰/۰۲۶	۰/۰۱۹	
۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۳۴	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱۴	
۰/۰۶۲	۰/۱۰۴	۰/۰۹۰	۰/۱۳۶	۰/۰۱۹	۰/۰۴۳	۰/۰۱۷	۰/۰۲۸	۰/۰۷۵	۰/۰۳۹	۰/۰۹۲	۰/۰۸۰	۰/۰۲۴	
۰/۰۲۶	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵	۰/۰۳۸	۰/۰۱۷	۰/۰۷۱	۰/۰۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۰/۰۵۳	۰/۰۱۶	
۰/۱۶۴	۰/۱۸۳	۰/۱۸۰	۰/۱۳۶	۰/۳۱۲	۰/۱۵۳	۰/۲۶۱	۰/۱۴۳	۰/۰۵۰	۰/۱۹۴	۰/۱۴۸	۰/۱۶۰	۰/۰۴۹	
۰/۰۷۴	۰/۰۵۲	۰/۰۹۰	۰/۱۰۸	۰/۰۲۶	۰/۰۶۱	۰/۰۵۲	۰/۰۲۸	۰/۰۷۵	۰/۱۱۷	۰/۱۱۱	۰/۱۳۳	۰/۰۳۳	
۰/۲۵۳	۰/۱۸۳	۰/۱۵۰	۰/۰۸۱	۰/۳۹۰	۰/۳۰۶	۰/۲۶۱	۰/۲۸۷	۰/۲۰۰	۰/۲۷۲	۰/۱۶۶	۰/۲۴۰	۰/۴۹۵	
۰/۱۰۶	۰/۰۷۸	۰/۰۶۰	۰/۰۸۱	۰/۰۷۸	۰/۰۶۱	۰/۱۵۶	۰/۰۳۶	۰/۱۲۵	۰/۱۵۵	۰/۱۱۱	۰/۱۳۳	۰/۱۹۸	
۰/۰۳۲	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	۰/۱۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۲۸	۰/۱۰۰	۰/۰۰۷	۰/۰۳۷	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	
۰/۰۳۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳۰	۰/۰۸۱	۰/۰۳۹	۰/۰۶۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲۴	۰/۰۷۵	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۶	
۰/۰۴۶	۰/۰۲۶	۰/۰۹۰	۰/۱۳۶	۰/۰۲۶	۰/۰۴۳	۰/۰۲۶	۰/۰۲۰	۰/۱۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰۵۵	۰/۰۰۵	۰/۰۱۲	

جدول ۵: مقدار پتانسیل آب زیرزمینی و محاسبه وزن آن‌ها

گزینه‌ها	پتانسیل بالا	پتانسیل خوب	پتانسیل متوسط	پتانسیل کم	بدون پتانسیل	ماتریس نرمالیزه	پتانسیل بالا	پتانسیل خوب	پتانسیل متوسط	پتانسیل کم	بدون پتانسیل	گزینه‌ها
	پتانسیل بالا	۱	۳	۵	۷		۹	۰/۵۵۹	۰/۶۴۱	۰/۵۲۴	۰/۴۲۸	
پتانسیل خوب	۰/۳۳۳	۱	۳	۵	۷	۰/۱۸۶	۰/۲۱۳	۰/۳۱۴	۰/۳۰۶	۰/۲۸۰	۰/۲۶۰	
پتانسیل متوسط	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۱	۳	۵	۰/۱۱۱	۰/۰۷۱	۰/۱۰۴	۰/۱۸۳	۰/۲۰۰	۰/۱۳۴	
پتانسیل کم	۰/۱۴۲	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۱	۳	۰/۰۷۹	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۰۶۱	۰/۱۲۰	۰/۰۶۷	
بدون پتانسیل	۰/۱۱۱	۰/۱۴۲	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	۱	۰/۰۶۲	۰/۰۳۰	۰/۰۲۱	۰/۰۲۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۴	
جمع	۱/۸۸۷	۴/۶۷۶	۹/۵۳۳	۱۶/۳۳۳	۲۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	

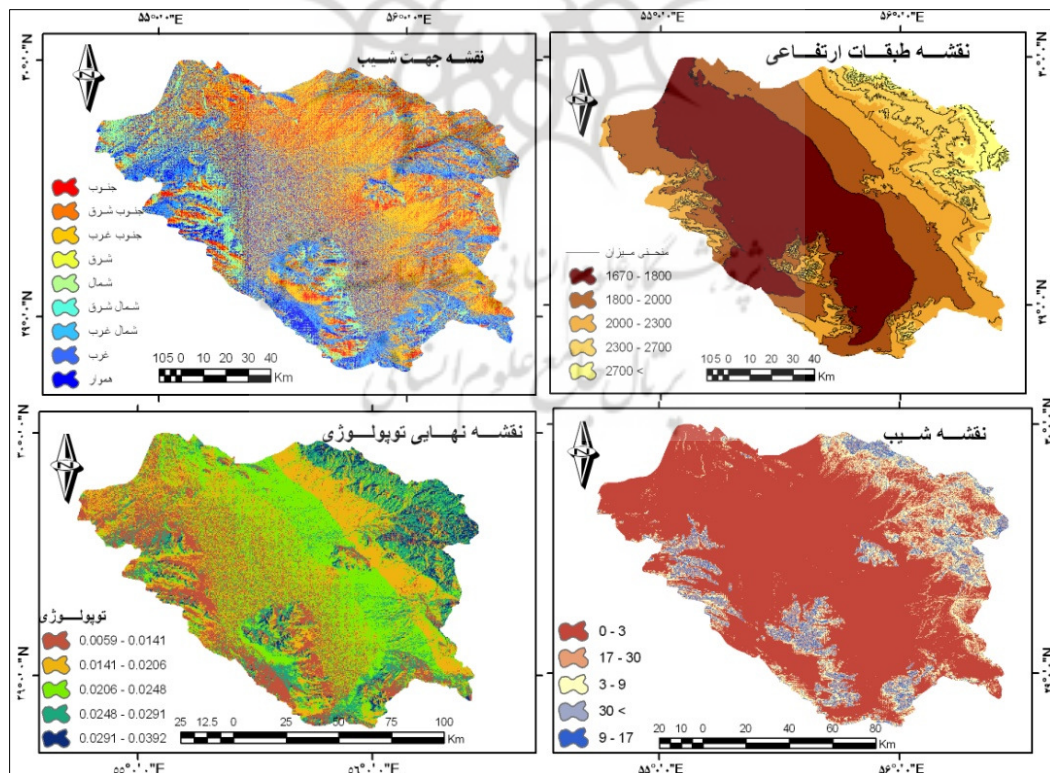
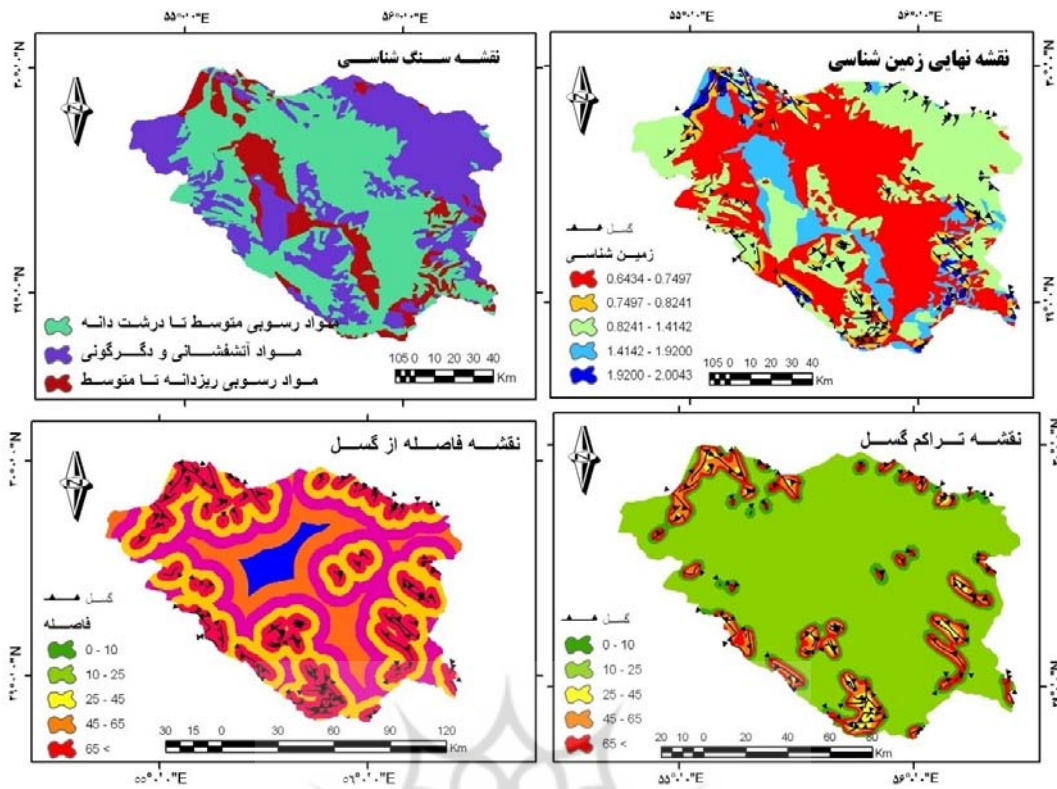
## محاسبه وزن نهایی

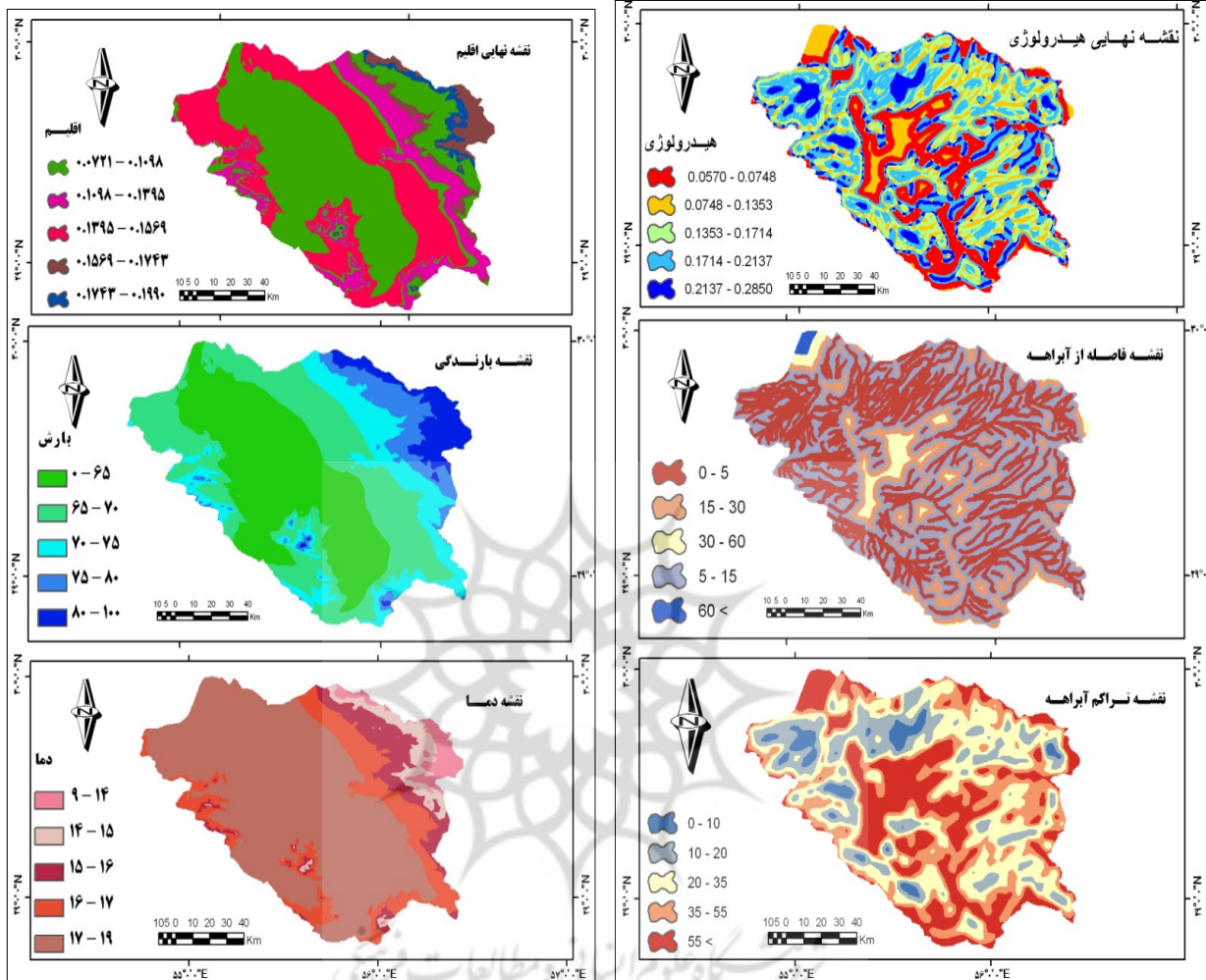
برای محاسبه وزن نهایی هر یک از عوامل مؤثر در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی مراحل زیر صورت گرفت:

- لایه گسل = لایه تراکم گسل \* (۰/۰۶۲۷) + لایه فاصله از گسل \* (۰/۰۲۶)؛
- لایه سنگ شناسی = مواد درشت دانه \* (۰/۱۴۵۰) + مواد ریزدانه \* (۰/۰۴۰۶) + مواد آتشفشانی \* (۰/۰۱۴۴)؛
- لایه زمین شناسی = لایه گسل + لایه سنگ شناسی؛
- لایه اقلیم = لایه دما \* (۰/۱۰۶۴) + لایه بارش \* (۰/۲۵۳۲)؛
- لایه توپولوژی = لایه شیب \* (۰/۰۳۴۴) + لایه جهت شیب \* (۰/۰۴۶۰) + لایه ارتفاع \* (۰/۰۳۲۵)؛
- لایه هیدرولوژی = لایه تراکم آبره \* (۰/۱۶۴۵) + لایه فاصله از آبراه \* (۰/۰۷۴۲)؛
- لایه پتانسیل = اقلیم \* (۰/۱۱۷۷) + هیدرولوژی \* (۰/۲۳۸۸) + توپولوژی \* (۰/۰۵۲۵) + زمین شناسی \* (۰/۰۹۱۰).

## یافته‌های تحقیق

پس از مشخص شدن عوامل مؤثر در پتانسیل منابع آب زیرزمین پلاپای سیرجان و وزن دهی به هر یک از معیارها و زیر معیارها، سرانجام محاسبه وزن نسبی آنها بر اساس روش سلسله مراتبی صورت گرفت و سپس در محیط Arc GIS لایه رستری هر کدام از عوامل بر بردار وزن شان ضرب شده و در نهایت لایه پتانسیل منابع آب زیرزمینی پلاپای سیرجان از طریق حاصل جمع لایه‌های نهایی عوامل زمین شناسی، توپولوژی، هیدرولوژیکی و اقلیمی تهیه گردید (شکل‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۷).



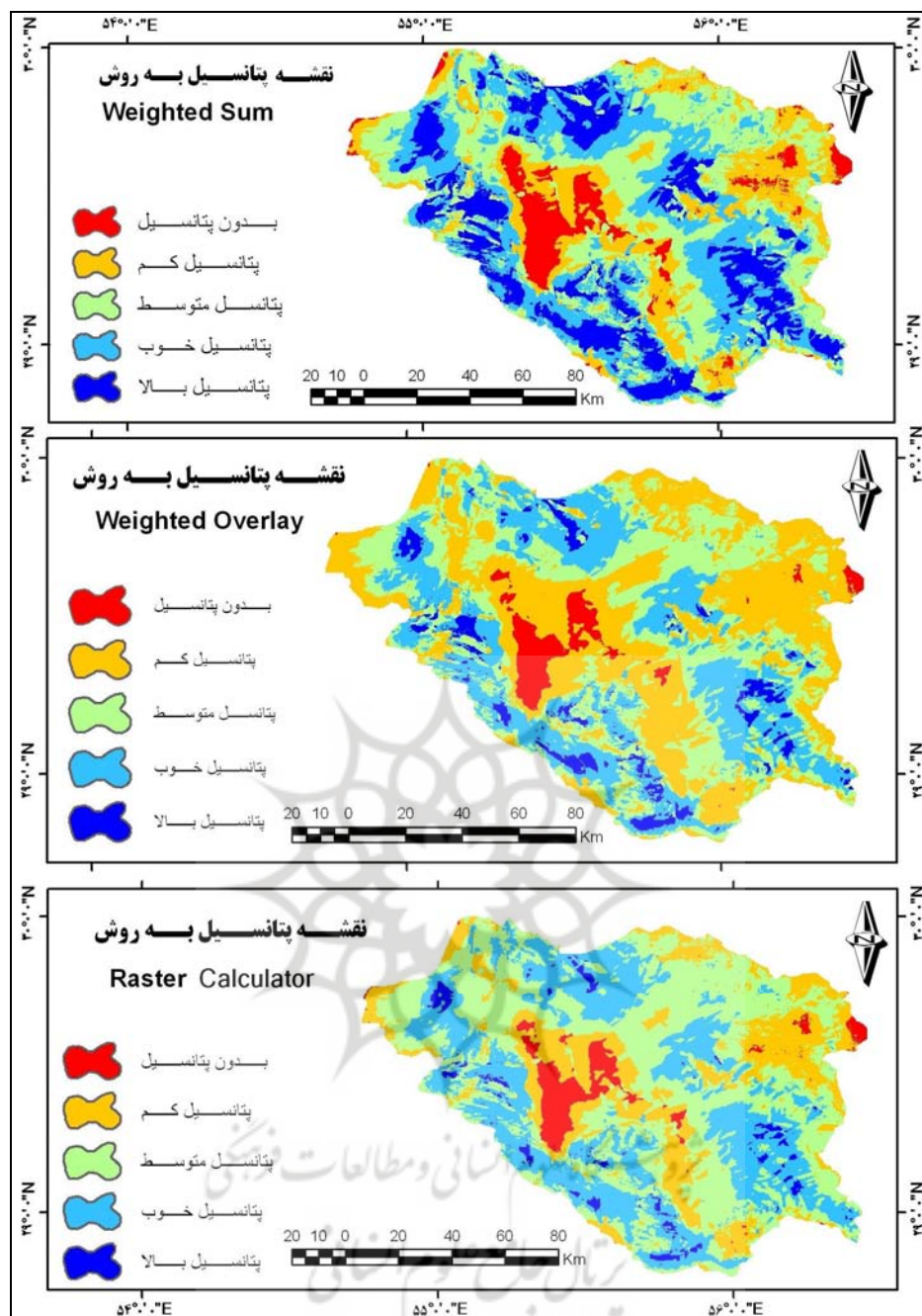


شکل ۶: نقشه عامل اقلیمی

شکل ۵: نقشه عامل هیدرولوژی

پرتال جامع علوم انسانی





شکل ۷: نقشه پتانسیل منابع آب زیرزمینی پلاهای سیرجان

### نتیجه گیری

بدون توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان گفت که کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی محیطی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است و به برنامه ریزان کمک می‌کند تا یک مسئله پیچیده طبیعی را به صورت ساختار سلسله مراتبی تبدیل نموده و سپس با سرعت و دقت کافی به حل آن بپردازد. استفاده از این روش، علم برنامه ریزی محیطی را به صورت کاربردی‌تر و موفق‌تر از همیشه در برنامه ریزی و مدیریت بحران



مطرح می‌سازد. در نتیجه استفاده و بهره‌گیری از این روش در مدیریت محیط به ژئومورفولوژیست‌ها و دیگر برنامه‌ریزان محیطی توصیه می‌گردد.

بدوجه به نقشه پتانسیل بدست آمده، بر اساس دوازده عامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی پلاهای سیرجان در قالب لایه‌های مختلفاً اطلاعاتی، به سه روش *Weighted Overlay*، *Weighted Sum* و *Raster Calculator*، می‌توان پهنه‌های پتانسیلی مختلف را در حوضه آبریز سیرجان مشاهده کرد. که در بین سه روش فوق *Weighted Sum* حداکثر پهنه را به پتانسیل بالا و در مقابل *Raster Calculator* حداقل پهنه را به پتانسیل بالا اختصاص داده است. اما روش *Weighted Overlay* حد فاصل بین دو روش قبلی است و نتایج حاصل از آن از اطمینان بالاتری برخوردار است. در این میان پهنه پتانسیل بالا بیشتر منطبق بر رسوبات آبرفتی درشت دانه دوران چهارم و مخروطه افکنه‌ها است. پهنه بدون پتانسیل یکی منطبق بر حداکثر ارتفاعات به دلیل شیب زیاد و دیگری منطبق بر مناطق کم ارتفاع رسی و مارنی به علت نفوذپذیری خیلی کم و تبخیر بالا می‌باشد. دیگر پهنه‌های پتانسیلی در حد فاصل بین این دو منطقه گسترده شده‌اند. مناطق پتانسیل بسیار بالا تا مناطق بدون پتانسیل شناسایی شدند. مناطق با پتانسیل بسیار بالا و پتانسیل خوب در قسمت شمال شرق و جنوب شرق حوضه نسبت به شهر سیرجان و همچنین قسمت‌های غربی حوضه آبریز قرار دارند و مناطق بدون پتانسیل در قسمت کوهستانی حوضه و نوع ساختمان آن‌ها و مرکز پلایا به دلیل شرایط حاکم بر آن یعنی شور بودن خاک و ضعیف بودن ساختار آن مناطق بدون پتانسیل یا پتانسیل بسیار کم می‌باشند.

## منابع

- ۱- احمدی، حسن و اباذر اسمعیلی، سادات فیض نیا و معین شریعت مداری (۱۳۸۲): پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌های با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی حوضه آبخیز گرمی چای) مجله منابع طبیعی، جلد ۵۶، شماره ۴، صص ۳۲۳.
- ۲- پناهنده محمد د، بهروز ارسطو، آرمین قویدل، فاطم قنبری (۱۳۸۸): کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند شهر سمنان مجله سلامت و محیط، شماره چهارم، صص ۲۷۶ تا ۲۸۳.
- ۳- حسن زاده نفوتی محمد د، (۱۳۷۹): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز شلمانرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۴- خیرخواه، زرکش، میر مسعود ناصری، حمید رضا داوودی محمد مهدادی، همّت سلامی (۱۳۸۷): استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی (مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه کرکس نطنز) مجله منابع طبیعی پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹، صص ۹۳ تا ۱۰۱.
- ۵- سازمان نقشه برداری کشور (۱۳۷۸): نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰.

- ۶- سرور، رحیم (۱۳۸۳): استفاده از روش ای.اچ.پی در مکان‌یابی جغرافیایی (مطالعه موردی: مکان‌یابی جهت توسعه آبی شهر میاندوآب)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۹، صص ۱۹ تا ۳۸.
- ۷- صداقت، محمود (۱۳۸۷): زمین و منابع آب، انتشارات پیام نور.
- ۸- علیجانی، بهلول، منیژه قهرودی، ابوالقاسم امیر احمدی (۱۳۸۶): پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه اسطخری شیروان ۱)، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۴، صص ۱۱۶ تا ۱۳۱.
- ۹- فتائی، ابراهیم، علی آل‌شیرخ (۱۳۸۸): مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهر گیوی) مجله علوم طبیعی، شماره سوم، صص ۱۴۵ تا ۱۵۸.
- ۱۰- فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۸۴): مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در بخش طرچه مشهد مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۱۲۵-۱۳۷.
- ۱۱- فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کرمان، ۱۳۸۲.
- ۱۲- قدسی پور، حسن (۱۳۸۷): فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ پنجم.
- ۱۳- محمد خان، شیرین (۱۳۸۰): تهیه مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- ۱۴- میر عباسی نجف آبادی، رسول محمد باقر رهنما (۱۳۸۶): شبیه‌سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل کامپیوتری MODFLOW مجله پژوهش آب ایران، سال اول، شماره ۱.
- ۱۵- میر عباسی نجف آبادی، رسول محمد باقر رهنما (۱۳۸۶): مدل ریاضی آبخوان دشت سیرجان، بررسی اثرات تغییر روش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در دشت سیرجان مومین کنگره ملّی مهندسی عمران.

- 16- Chen, Yuh, Wen. (2001): Implementing Hierarchy Process by Fuzzy Integral. International Journal of Fuzzy System, Vol. 3.
- 17- Freeze, R.A, Cherry, J.A. (1979): Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- 18- Jin Feng. Yue, (2002): Generating Ranking Groups in Analytical Hierarchy Process, Precision Sciences Institute 2002 Annual Meeting Proceedings.
- 19- LLC (1998): Site Location Modeling, Smart Marketing Technologies.
- 20- Lopez, H, J&J, A. Zink. (1991): GIS-Assisted Modeling of Mass Movements, ITC Journal, 1991-4.
- 21- MadanK. Jha & Y. Kamii & K. Chikamori (2008): Cost-Effective Approaches for Sustainable Groundwater Management in Alluvial Aquifer System Ms, Water Resources Management.
- 22- Saaty, T.L., (1980): The Analytic Hierarchy Process, New York: McGraw-Hill.
- 23- Shaw, G & D, Wheeler. (1985): Statistical Techniques in Geographical Analysis, Dublin. Johns Wiely & Sons Press.
- 24- Vernes. D, J. (1984): Landslide Hazard Zonation, a Review of Principles & Practice. UNESCO, Pragi.