Archive of SID

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

عبدا... 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 بناست با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به پتانسیل‌یابی 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، **تهیّه 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، پتانسیل‌یابی، 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[1]، ۱۵،۱۹۷۹). 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، ۲۵،۱۳۷۲). از آن جا که منابع آب سطحی در بسیاری از مناطق کشور محدود

* نویسنده مسئول : ۰۹۳۸۷۵۳۸۲۹۸
Email: abuzar.kargar@gmail.com
[1]. Freeze & Cherry

www.SID.ir

Archive of SID

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 ازمهمترین اهداف به شمار می‌رود. آب زیرزمینی از یک‌سو 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[1] و همکاران ،۲۰۰۸، ۷۵).

از کل آب‌های زیر زمینی سیرجان سالانه ۵۳۷/۲ میلیون مترمکعب بهره برداری می‌شود. تعداد چاه‌های عمیق آن ۹۲٦ حلقه است که از ۷۸٤ حلقه آن بهره برداری می‌شود. عمق متوسط آن‌ها بین ۱۰۷ تا ۱۱٦ متر و متوسط دبی آن‌ها ۲۷ لیتر در ثانیه است. تعداد قنوات شهرستان ۸٦ رشته بود که متوسط دبی آن‌ها ۲۰ لیتر در ثانیه و میزان تخلیه قنوات ٥٤ میلیون متر مکعب است. تعداد کل چشمه های 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 می شود(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 تجزیه مسائل 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[2]، 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؛ محمّد 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 (۱۹،۱۳۸۳) مکان‌یابی توسعه آتی شهری در شهر میاندوآب را بررسی کرده است؛ علیجانی و همکاران(۱۳۸٦، ۱۱٦) به پهنه بندی خطر زمین لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان و

[1] Madan
[2] Chen

www.SID.ir

Archive of SID

حوضه آبخیز اسطخری شیروان پرداخته‌اند؛ خیرخواه زرکش و همکاران (۱۳۸۷، ۹۳) به مکان‌یابی سدهای زیر زمینی در دامنه شمالی کوه کرکس پرداخته اند؛ پناهنده و همکاران (۱۳۸۸، ۲۷٦) مکان‌یابی دفن پسماند شهری در سمنان را بررسی کرده‌اند؛ فتائی و آل شیخ (۱۳۸۸، ۱٤٥) 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(۱۳۸٦، ٤۱) 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.

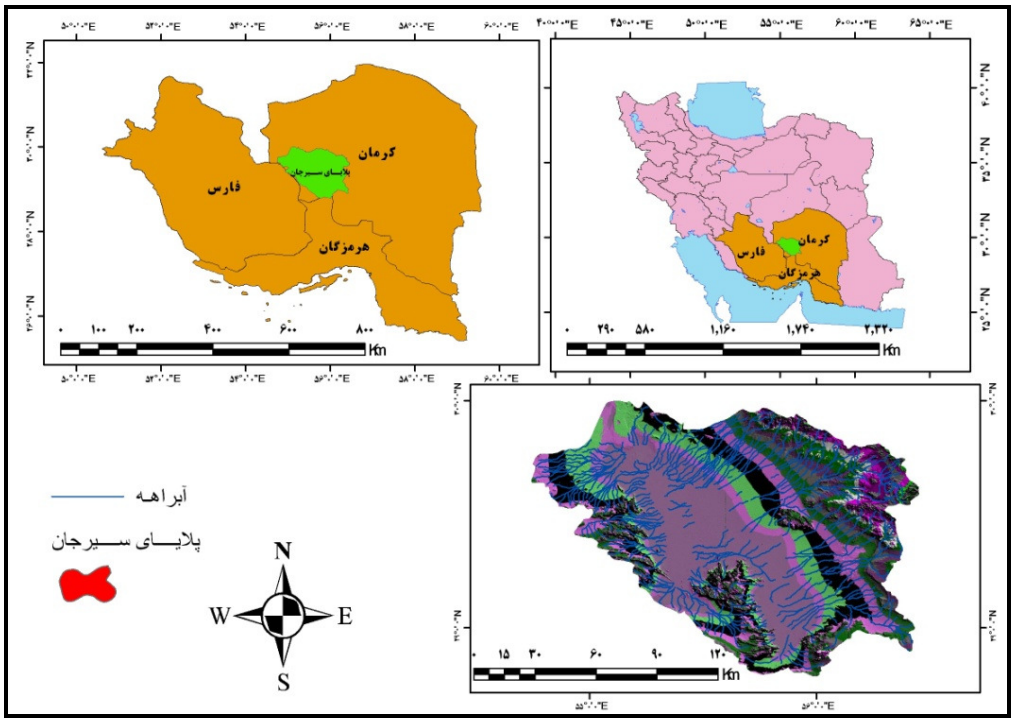
این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از آنالیز پارامترهای تأثیر گذار در نفوذ پذیری خاک و تغذیه سفره-های آب زیر زمینی، از طریق روش سلسله مراتبی و تهیّه لایه‌های رستری آن، وزن دهی و ترکیب لایه‌ها در محیط نرم افزار ARC GIS، بهترین منابع آبی منطقه را جهت بهره برداری بهینه از منابع آب منطقه و جلوگیری از بهره 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 ٤٦ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و محدوده طول‌های ٥٤ درجه و ۵۷ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی گسترده شده است. حداکثر ارتفاع حوضه ۳۸۱۳ متر در ارتفاعات شمال شرقی و حداقل آن ۱٦٥۰ متر در کویر غربی و متوسط ارتفاع آن ۱۷۷۰ متر می‌باشد. وسعت کل حوضه برابر با ۱۲٥۲۷ کیلومتر مربع که ٦٥۸۳ کیلومتر مربع آن را دشت و ٥۹٤٤ کیلومتر مربع را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز سیرجان را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



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 تهیّه 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 ۱۰۰۰۰۰ : ۱ حوضه مورد مطالعه مربوط به سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۸)؛

– نقشه توپوگرافی با مقیاس ۲۵۰۰۰۰ :۱ و ۵۰۰۰۰ :۱ ، حوضه مربوط به سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۸).

روش تهیّه لایه‌های اطّلاعاتی مورد نیاز جهت تهیّه نقشه پتانسیل‌یابی منطقه مورد مطالعه

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

– تهیّه لایه‌های اطّلاعاتی زمین شناسی شامل لیتولوژی، تراکم گسل و فاصله از گسل از نقشه رقومی زمین شناسی حوضه در محیط GIS؛

– تهیّه لایه هیدرولوژی شامل تراکم آبراهه و فاصله از آبراهه از نقشه توپوگرافی و (DEM) ارتفاعی حوضه در محیط GIS؛

– تهیّه‌های اطّلاعاتی 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 تهیّه کلیه ی لایه‌هایی که در پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی مؤثر بودند، با توّجه به درجه‌ی اهمیّت و مقدار تأثیر هر کدام از عناصر آن‌ها را به روش AHP وزن دهی کرده(فرجی سبکبار، ۱۳۸٤، 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:

مرحله‌ی اوّل : تهیّه‌ی نقشه‌های پایه مؤثر بر پتانسیل‌یابی، اسکن زمین مرجع کردن[1] آن‌ها.

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

مرحله سوّم :– وزن دادن به هر کدام از لایه‌ها، بیشترین وزن به لایه‌ای تعلّق گرفته است که بیشترین نقش را در پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی حوضه مورد مطالعه داشته است(ال.ال.سی[2]، ۱۹۹۸، ۱۷۵).

– وزن دهی کردن هر کدام از عناصر موجود در هر لایه که معیار وزن دهی هر واحد اطّلاعاتی نیز بر اساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه، مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمین است(لوپز و زینک[3]، ۱۹۹۱، ۱٦۱).

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.

1. Georefrence
2. L.L.C
3. Lopez & Zink

www.SID.ir

Archive of SID

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 پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی پلایای سیرجان و تهیّه‌ی 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[1] ۲۰۰۱، ۱۰۵). روش مبتنی بر مقیاس دو به دو توسط ساعتی[2] (۱۹۸۰، ٤۲٦) در متن یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی[3] ارایه 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 مقایسه ای در سطوح مختلف سلسله مراتب، AHP بُردار ویژه و مقادیر آن را محاسبه کرده، با ترکیب بُردارها ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف محاسبه می‌شوند(جیم فنگ،یو[4]، 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[5]، ۱۹۸۵، ۹۸). وزن معیار تصمیم گیری و گزینه‌های مختلف با توّجه به مقایسه تنها دو عنصر در هر مرحله به دست می‌آید. برای بیان میزان ارجحیت یک عنصر بر عنصر دیگر، از عبارات غربالی، 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[6] ۱۹۸٤، ۱۵۳).

پتانسیل یابی منابع آب زیر زمینی

در این قسمت مدل مفهومی برای تصمیم گیری در پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی با استفاده از AHP در محیط نرم افزاری GIS ارایه 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

www.SID.ir

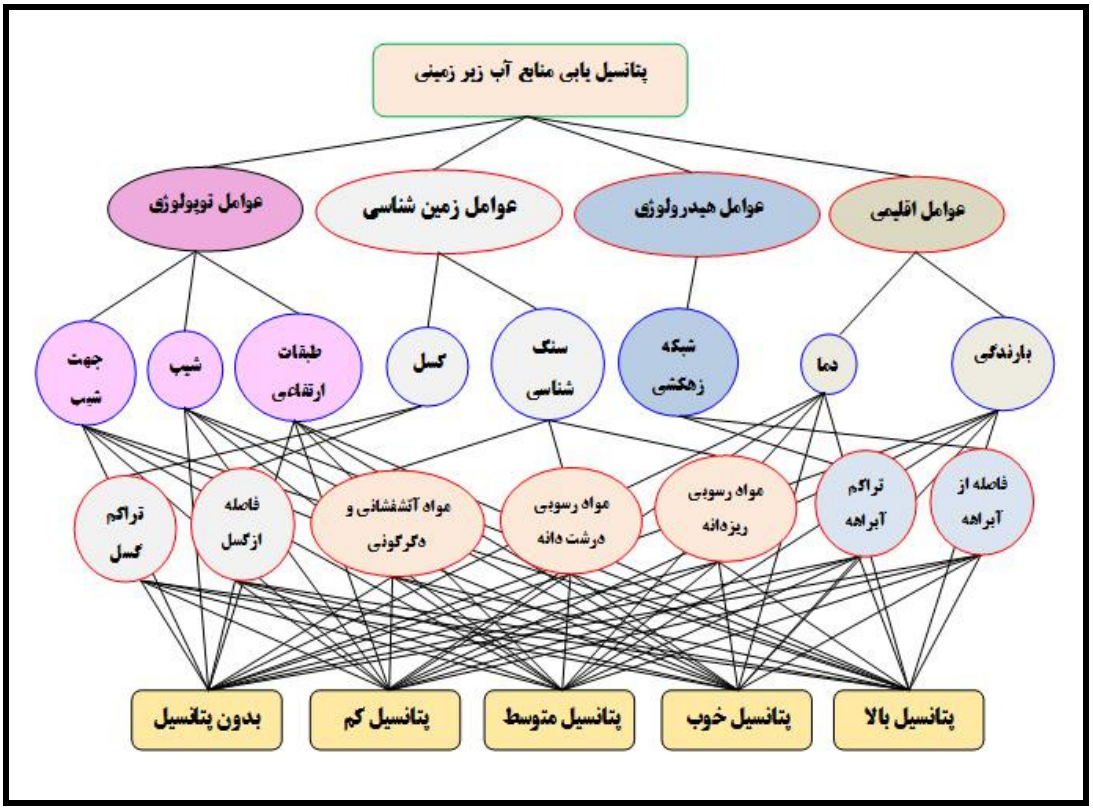
Archive of SID

سطح ۱ : هدف کلی سلسله مراتب در بالاترین سطح قرار دارد. در این‌جا هدف اصلی تهیّه نقشه پتانسیل‌یابی منابع آب زیر زمینی است؛

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

سطح ۳ : این سطح زیر معیارها را در برگرفته 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 ٤ : در این سطح (گزینه‌ها) از مقایسه بندی چهار طبقه‌ای(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 سفره‌های آب زیر زمینی

در فرایند تحلیل سلسله مراتب بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد. به عبارت دیگر معیار وزن دهی به هر واحد اطّلاعاتی نیز بر اساس بیشترین نقشی است که در داخل آن لایه ایفا می‌کند(لوپز و زینک، ۱۹۹۱) (جدول ۱). از آن‌جایی که هدف این پژوهش پی‌جویی منابع آب زیرزمنی در حوضه آبریز سیرجان است، پارامترهای تأثیرگذار در نفوذ

www.SID.ir

Archive of SID

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 توّجه به اهمیّت 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

ترجیحات(قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب	Extremely preferred	۹
ترجیح با اهمیّت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very strongly preferred	۷
ترجیح با اهمیّت یا مطلوبیت قوی	strongly preferred	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب	Moderately preferred	۳
ترجیح یا اهمیّت یا مطلوبیت یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل قوی		**۸،٦،٤،۲**

منبع : قدسی پور، ١٤، ١٣٨٧

محاسبه ماتریس‌های وزنی

شکل ۲ سلسله مراتب تصمیم‌گیری در مورد پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. در سطح دوم این شکل عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی تعیین شده‌اند. برای انجام مقایسه، ماتریسی به ابعاد ٤ * ٤ ایجاد می‌شود. سپس عوامل مختلف دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آن‌ها اختصاص می‌یابد. مرحله‌ی بعدی، محاسبه میانگین ماتریس‌ها است که از آن به عنوان بردار وزن معیار(وزن نسبی) در این سطح استفاده می-شود. وزن معیار برای عوامل زمین شناسی ۰/۵۹۱، عوامل هیدرولوژی ۰/۲۳۸، عوامل توپولوژی ۰/۰۵۲و عوامل اقلیمی ۰/۱۱۷ می-باشد. برای محاسبه‌ی 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		توپولوژی	اقلیم	هیدرولوژی	زمین شناسی	
۰/۵۹۱	۰/٤۷۰	۰/۵۳۵	۰/۷۲۲	۰/٦۳٤	ماتریس نرمالیزه	۸	۵	٤	۱	زمین شناسی
۰/۲۳۸	۰/۲۹٤	۰/۳۲۱	۰/۱۸۰	۰/۱۵۸		۵	۳	۱	۰/۲۵۰	هیدرولوژی
۰/۱۱۷	۰/۱۷٦	۰/۱۰۷	۰/۰٦۰	۰/۱۲۷		۳	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	اقلیم
۰/۰۵۲	۰/۰۵۸	۰/۰۳۵	۰/۰۳٦	۰/۰۷۹		۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۰/۱۲۵	توپولوژی
۱	۱	۱	۱	جمع		۱۷	۹/۳۳۳	۵/۵۳۳	۱/۵۷۵	جمع

www.SID.ir

Archive of SID

در مرحله‌ی بعد با توّجه به عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی سطح ۲ همانند مراحل قبل با هم مقایسه می‌شوند. ابتدا ماتریسی به ابعاد ۱۲ * ۱۲ ایجاد می‌شود. سپس عناصر مختلف دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آن‌ها اختصاص می‌یابد.

جدول ۳ : ماتریس سطح دوم

	مواد درشت دانه	مواد ریزدان	مواد آتشفشانی	تراکم گسل	فاصله از گسل	تراکم آبراهه	فاصله از آبراهه	بارندگی	دما	طبقات ارتفاعی	شیب	جهت شیب
مواد درشت دانه	۱	۵	۷	٤	٦	۲	۳	۰/۲۰۰	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	٦	۸
مواد ریزدانه	۰ /۲۰۰	۱	۳	۰/۳۳۳	۰ /۵۰۰	۰ /۱۲۵	۰/۲۰۰	۰ /۱۱۱	۰ /۲۰۰	۲	۳	۵
مواد آتشفشانی	۰ /۱٤۲	۰ /۳۳۳	۱	۰ /۲۰۰	۰ /۵۰۰	۰ /۱۲۵	۰ /۱٦٦	۰ /۱۱۱	۰/۱٦٦	۰/۵۰۰	۰/۵۰۰	۰/۳۳۳
تراکم گسل	/۱٤۲	۳	۵	۱	۳	/۲۰۰	۰/۳۳۳	۰/۱٤۲	۰/۲۵۰	۵	۳	٤
فاصله از گسل	۰/۱٦٦	۲	۲	۰/۳۳۳	۱	/۵۰۰	۰/۳۳۳	۰/۱۲۵	۰/۲۰۰	۰/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۲۵۰
تراکم آبراهه	۰/۵۰۰	٦	۸	۵	۲	۱	۵	۰/۵۰۰	٤	۵	٦	۷
فاصله از آبراهه	/۳۳۳	۵	٦	۳	۳	۰/۲۰۰	۱	۰/۲۰۰	۰/۳۳۳	٤	۳	۲
بارندگی	۵	۹	۹	۷	۸	۲	۵	۱	۵	۳	۵	۷
دما	۲	۵	٦	٤	۵	۰/۲۵۰	۳	۰/۲۰۰	۱	۳	۲	۳
طبقات ارتفاعی	۰/۲۰۰	۰/۵۰۰	۲	۰/۲۰۰	٤	۰/۲۰۰	/۲۵۰	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰
شیب	۰/۱٦٦	۰/۳۳۳	۲	۰/۳۳۳	۳	۰/۱٦٦	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۰/۵۰۰	۳	۱	۰/۳۳۳
جهت شیب	۰/۱۲۵	۰/۲۰۰	۳	۰/۲۵۰	٤	۰/۱٤۲	۰/۵۰۰	۰/۱٤۲	۰/۳۳۳	۵	۳	۱
جمع	۱۰/۰۸	۳۷/۳٦	۵٤/۰۰	۲۵/٦۵	٤۰	٦/۹۵	۱۹/۱۱	۳/۲٦	۱۲/۸۱	۳٦/۷۵	۳۳/۱٦	۳۸/۱۱

برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، ستون‌ها با هم جمع شده، و هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می‌شود که این عمل برای نرمالیزه کردن ماتریس انجام می‌شود. و در نهایت نرخ ناسازگاری برای عوامل سطح ۲ محاسبه گردید که با رقم ۰/۰۰٦۳ میزان قابل قبولی است. در این مرحله، ماتریس وزنی سطح سوم محاسبه می‌شود(مقدار پتانسیل منابع آب زیرزمینی). سپس نرخ ناسازگاری نیز برای عوامل سطح ۳ محاسبه شد که با رقم؟ رقم قابل قبولی را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤: محاسبه‌ی وزن نسبی عوامل سطح ۲

بردار وزن معیارها	جهت شیب	شیب	طبقات ارتفاعی	دما	بارندگی	فاصله از آبراهه	تراکم آبراهه	فاصله از گسل	تراکم گسل	مواد آتشفشانی	مواد ریزدانه	مواد درشت دانه	
۰/۱٤٥	۰/۲۰۹	۰/۱۸۰	۰/۱۳٦	۰/۰۳۹	۰/۰٦۱	۰/۱٥٦	۰/۲۸۷	۰/۱٥۰	۰/۱٥٥	۰/۱۲۹	۰/۱۳۳	۰/۰۹۹	مواد درشت دانه
۰/۰٤۰	۰/۱۳۱	۰/۰۹۰	۰/۰٥٤	۰/۰۱٥	۰/۰۳٤	۰/۰۱۰	۰/۰۲٤	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳	۰/۰٥٥	۰/۰۲٦	۰/۰۱۹	مواد ریزدانه
۰/۰۱٤	۰/۰۰۸	۰/۰۱٥	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۳٤	۰/۰۰۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۸	۰/۰۱٤	مواد آتشفشانی
۰/۰٦۲	۰/۱۰٤	۰/۰۹۰	۰/۱۳٦	۰/۰۱۹	۰/۰٤۳	۰/۰۱۷	۰/۰۲۸	۰/۰۷٥	۰/۰۳۹	۰/۰۹۲	۰/۰۸۰	۰/۰۲٤	تراکم گسل
۰/۰۲٦	۰/۰۰٦	۰/۰۱۰	۰/۰۰٦	۰/۰۱٥	۰/۰۳۸	۰/۰۱۷	۰/۰۷۱	۰/۰۲٥	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۰/۰٥۳	۰/۰۱٦	فاصله از گسل
۰/۱٦٤	۰/۱۸۳	۰/۱۸۰	۰/۱۳٦	۰/۳۱۲	۰/۱٥۳	۰/۲٦۱	۰/۱٤۳	۰/۰٥۰	۰/۱۹٤	۰/۱٤۸	۰/۱٦۰	۰/۰٤۹	تراکم آبراهه
۰/۰۷٤	۰/۰٥۲	۰/۰۹۰	۰/۱۰۸	۰/۰۲٦	۰/۰٦۱	۰/۰٥۲	۰/۰۲۸	۰/۰۷٥	۰/۱۱۷	۰/۱۱۱	۰/۱۳۳	۰/۰۳۳	فاصله از آبراهه
۰/۲٥۳	۰/۱۸۳	۰/۱٥۰	۰/۰۸۱	۰/۳۹۰	۰/۳۰٦	۰/۲٦۱	۰/۲۸۷	۰/۲۰۰	۰/۲۷۲	۰/۱٦٦	۰/۲٤۰	۰/٤۹٥	بارندگی
۰/۱۰٦	۰/۰۷۸	۰/۰٦۰	۰/۰۸۱	۰/۰۷۸	۰/۰٦۱	۰/۱٥٦	۰/۰۳٦	۰/۱۲٥	۰/۱٥٥	۰/۱۱۱	۰/۱۳۳	۰/۱۹۸	دما
۰/۰۳۲	۰/۰۰٥	۰/۰۱۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲٦	۰/۱۰۲	۰/۰۱۳	۰/۰۲۸	۰/۱۰۰	۰/۰۰۷	۰/۰۳۷	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	طبقات ارتفاعی
۰/۰۳٤	۰/۰۰۸	۰/۰۳۰	۰/۰۸۱	۰/۰۳۹	۰/۰٦۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲٤	۰/۰۷٥	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱٦	شیب
۰/۰٤٦	۰/۰۲٦	۰/۰۹۰	۰/۱۳٦	۰/۰۲٦	۰/۰٤۳	۰/۰۲٦	۰/۰۲۰	۰/۱۰۰	۰/۰۰۹	۰/۰٥٥	۰/۰۰٥	۰/۰۱۲	جهت شیب

جدول ٥: مقدار پتانسیل آب زیرزمینی و محاسبه وزن آن‌ها

بردار وزن گزینه‌ها	بدون پتانسیل	پتانسیل کم	پتانسیل متوسط	پتانسیل خوب	پتانسیل بالا		بدون پتانسیل	پتانسیل کم	پتانسیل متوسط	پتانسیل خوب	پتانسیل بالا	گزینه‌ها
۰/٥۰۲	۰/۳٦۰	۰/٤۲۸	۰/٥۲٤	۰/٦٤۱	۰/٥٥۹		۹	۷	٥	۳	۱	پتانسیل بالا
۰/۲٦۰	۰/۲۸۰	۰/۳۰٦	۰/۳۱٤	۰/۲۱۳	۰/۱۸٦		۷	٥	۳	۱	۰/۳۳۳	پتانسیل خوب
۰/۱۳٤	۰/۲۰۰	۰/۱۸۳	۰/۱۰٤	۰/۰۷۱	۰/۱۱۱	ماتریس نرمالیزه	٥	۳	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	پتانسیل متوسط
۰/۰٦۷	۰/۱۲۰	۰/۰٦۱	۰/۰۳٥	۰/۰٤۲	۰/۰۷۹	⇨	۳	۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۰/۱٤۲	پتانسیل کم
۰/۰۳٤	۰/۰٤۰	۰/۰۲۰	۰/۰۲۱	۰/۰۳۰	۰/۰٦۲		۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰۰	۰/۱٤۲	۰/۱۱۱	بدون پتانسیل
۱	۱	۱	۱	۱	۱		۲٥	۱٦/۳۳۳	۹/٥۳۳	٤/٦۷٦	۱/۷۸۷	جمع

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه وزن نهایی

برای محاسبه وزن نهایی هر یک از عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زبرزمینی مراحل زیر صورت گرفت:

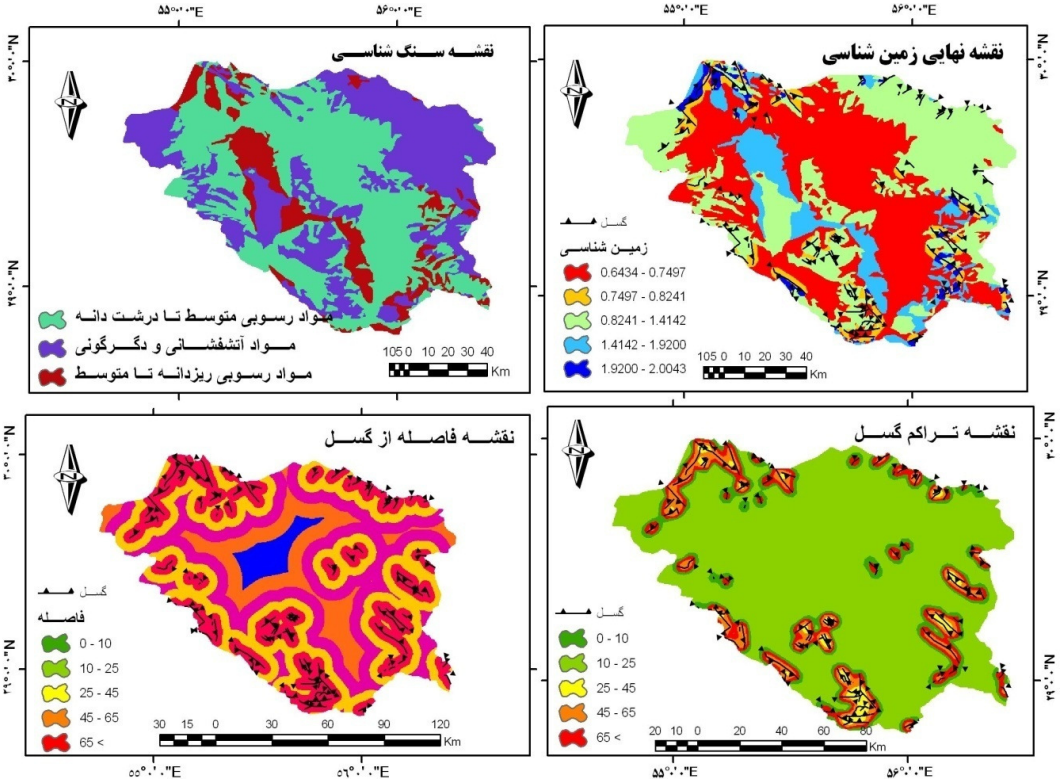
- لایه گسل= لایه تراکم گسل* (۰/۰۶۲۷) + لایه فاصله از گسل* (۰/۰۲۶)؛
- لایه سنگ شناسی= مواد درشت دانه* (۰/۱۴۵۰) + مواد ریزدانه* (۰/۰۴۰۶) + مواد آتشفشانی* (۰/۰۱۴۴)؛
- لایه زمین‌شناسی= لایه گسل + لایه سنگ‌شناسی؛
- لایه اقلیم= لایه دما* (۰/۱۰۶۴) + لایه بارش* (۰/۲۵۳۲)؛
- لایه توپولوژی= لایه شیب* (۰/۰۳۴۴) + لایه جهت شیب* (۰/۰۴۶۰) + لایه ارتفاع* (۰/۰۳۲۵)؛
- لایه هیدرولوژی= لایه تراکم آبرهه* (۰/۱۶۴۵) + لایه فاصله از آبراهه* (۰/۰۷۴۲)؛
- لایه پتانسیل= اقلیم* (۰/۱۱۷۷) + هیدرولوژی* (۰/۲۳۸۸) + توپولوژی* (۰/۰۵۲۵) + زمین-شناسی* (۰/۵۹۱۰).

یافته‌های تحقیق

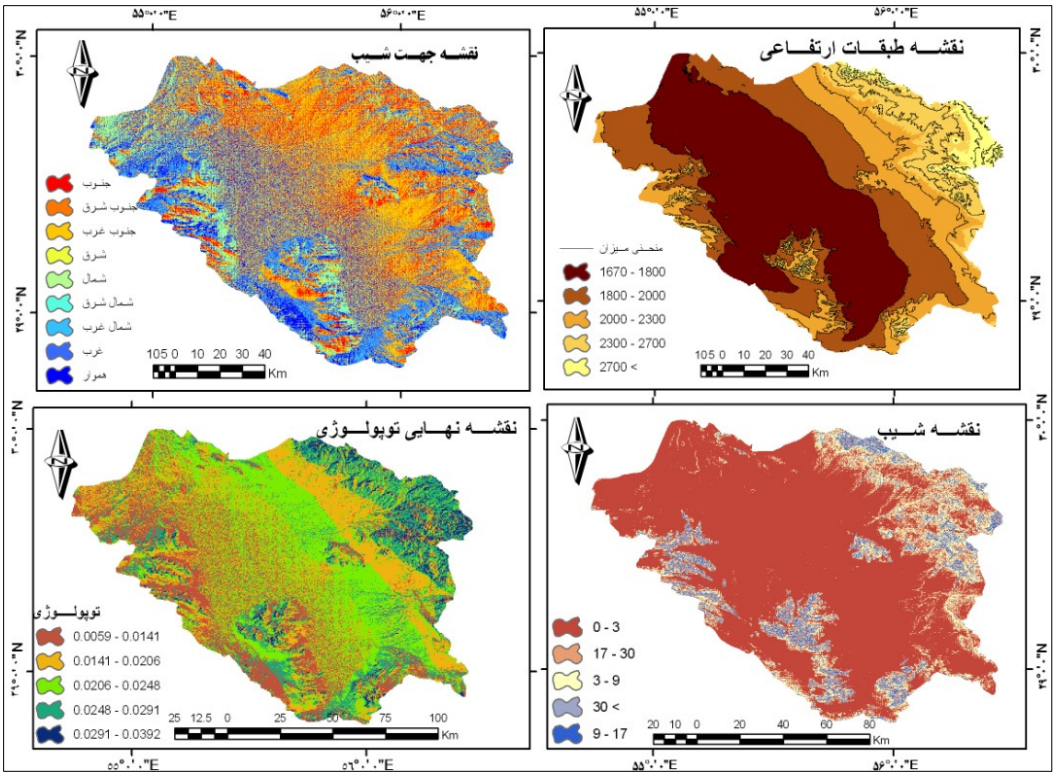
پس از مشخص شدن عوامل مؤثر در پتانسیل منابع آب زیرزمین پلایای سیرجان و وزن دهی به هر یک از معیارها و زیر معیارها، سرانجام محاسبه وزن نسبی آن‌ها بر اساس روش سلسله مراتبی صورت گرفت و سپس در محیط Arc GIS لایه رستری هر کدام از عوامل بر بردار وزن شان ضرب شده و در نهایت لایه پتانسیل‌منابع آب زیرزمینی پلایای سیرجان از طریق حاصل جمع لایه‌های نهایی عوامل زمین‌شناسی، توپولوژی، هیدرولوژیکی و اقلیمی تهیّه گردید(شکل‌های ۳، ٤، ٥، ٦، ۷).

www.SID.ir

Archive of SID



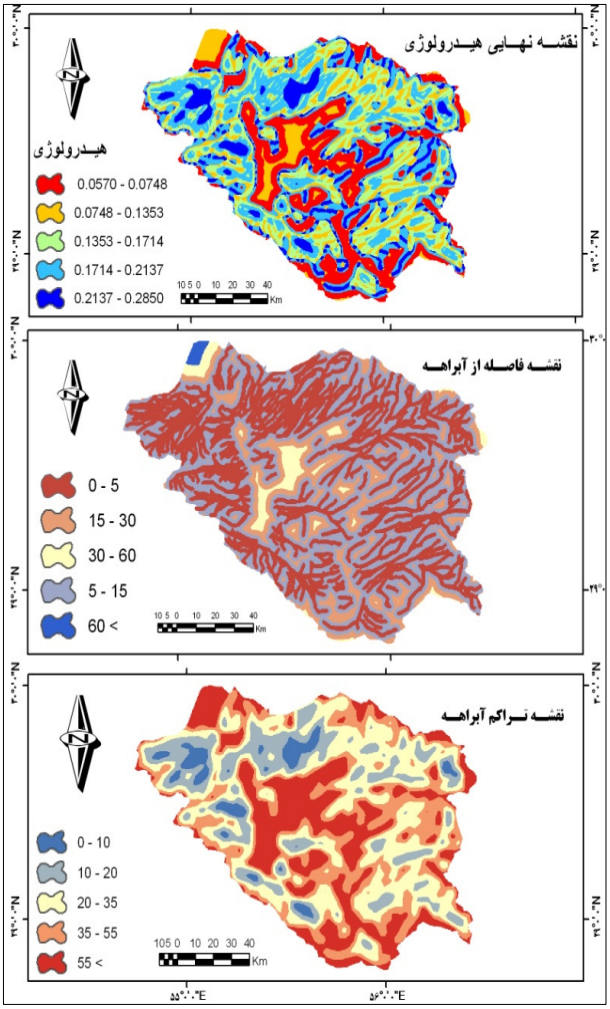
شکل ۳: نقشه‌های عامل زمین‌شناسی



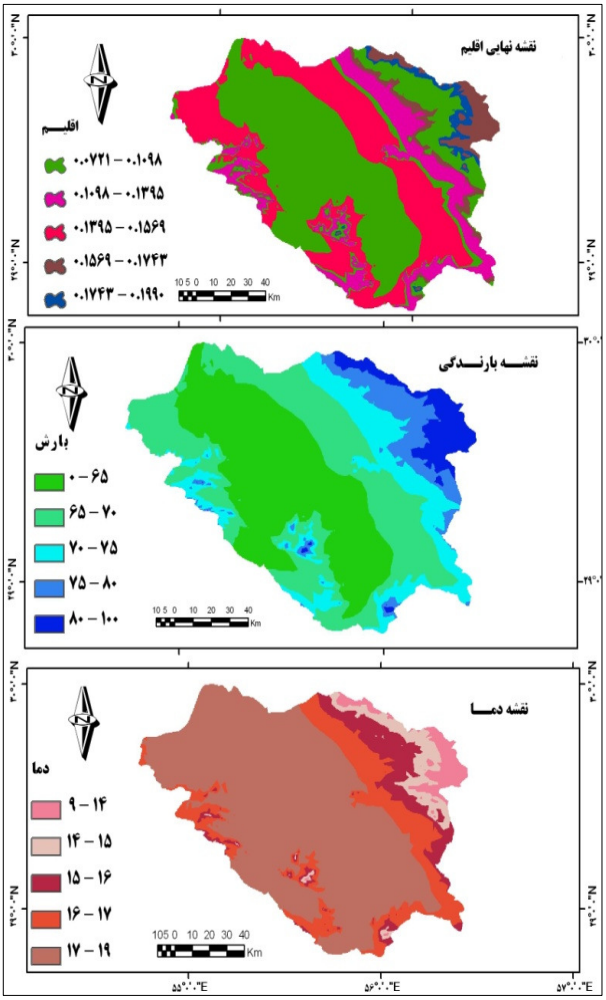
شکل ٤: **نقشه‌های عامل توپولوژی**

www.SID.ir

Archive of SID



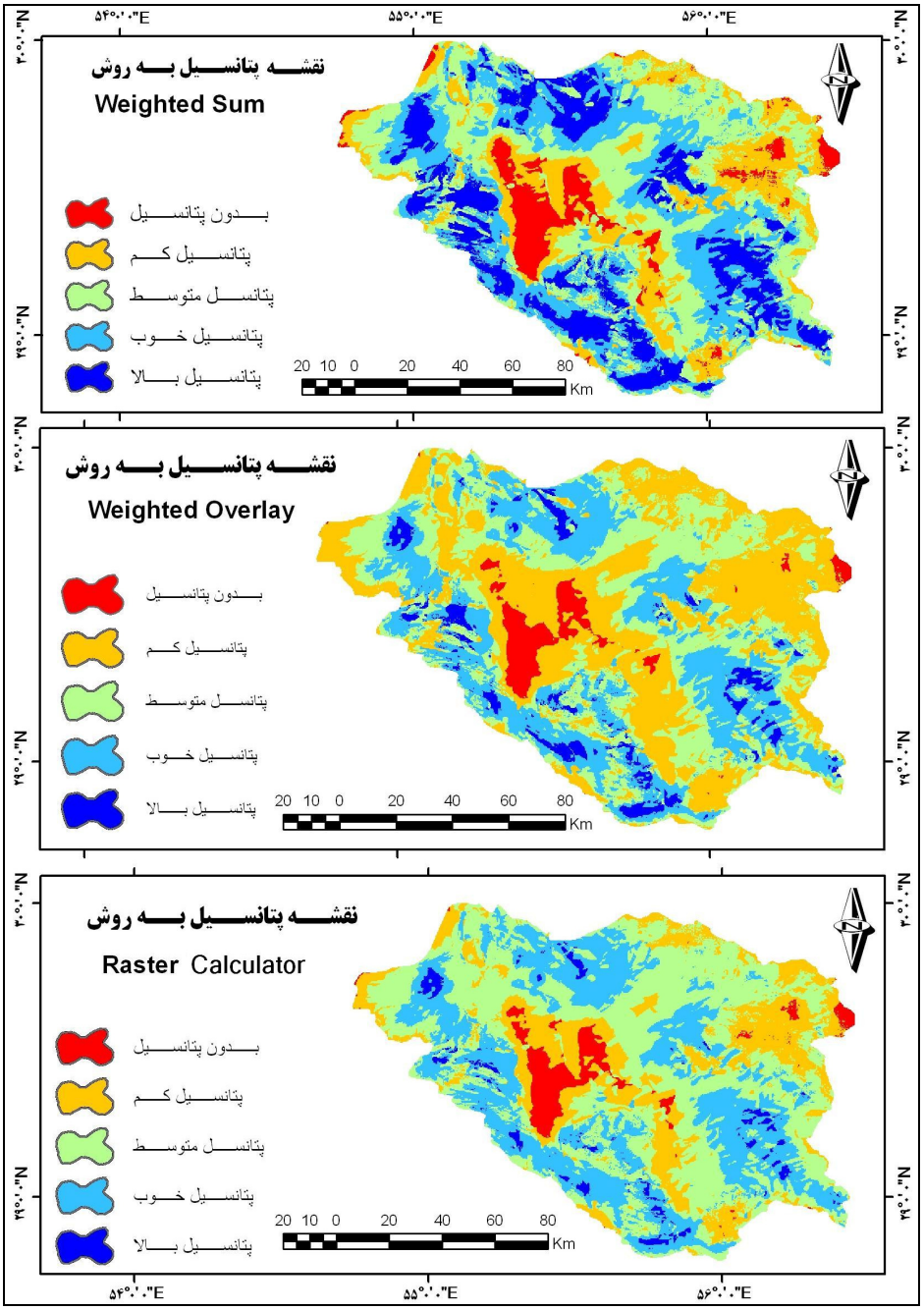
شکل ۵: نقشه عامل هیدرولوژی



شکل ٦: نقشه عامل اقلیمی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: نقشه پتانسیل‌منابع آب زیرزمینی پلایای سیرجان

نتیجه‌گیری

با توجّه به یافته‌های تحقیق می‌توان گفت که کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی محیطی از اهمیّت به سزایی 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

www.SID.ir

Archive of SID

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

با توّجه به نقشه پتانسیل بدست آمده، بر اساس دوازده عامل مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی پلایای سیرجان در قالب لایه‌های مختلف اطّلاعاتی، 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 شیب‌زیاد و دیگری منطبق بر مناطق کم‌ارتفاع 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 شمال‌شرق و جنوب‌شرق 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 اسمعلی، سادات فیض نیا و معین شریعت مداری(۱۳۸۲): پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره(MR) و تحلیل سلسله مراتبی(AHP) (مطالعه موردی حوزه آبخیز گرمی چای)، مجلّه منابه طبیعی، جلد ٥٦، شماره ٤، ص ۳۲۳.

۲- پناهنده، محمّد، بهروز ارسطو، آرمین قویدل، فاطم قنبری(۱۳۸۸): کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند شهر سمنان، مجلّه سلامت و محیط، شماره چهارم، صص ۲۷٦ تا ۲۸۳.

۳- حسن زاده نفوتی، محمّد،(۱۳۷۹): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شلمانرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

٤- خیرخواه، زرکش، میر مسعود ناصری، حمید رضا داوودی، محمّد هادی، همّت سلامی(۱۳۸۷): استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در اولویت بندی مکان‌های مناسب احداث سد زیرزمینی(مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه کرکس‌نطنز)، مجلّه منابع طبیعی پژوهش و سازندگی، شماره ۷۹، صص ۹۳تا ۱۰۱.

۵- سازمان نقشه برداری کشور(۱۳۷۸): نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

٦- سرور، رحیم(۱۳۸۳): استفاده از روش ای.اچ.پی در مکان‌یابی جغرافیایی(مطالعه موردی: مکان‌یابی جهت توسعه آتی شهر میاندوآب)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٤۹، صص ۱۹ تا ۳۸.

۷- صداقت، محمود(۱۳۸۷): زمین و منابع آب، انتشارات پیام نور.

۸- علیجانی، بهلول، منیژه قهرودی، ابوالقاسم امیر احمدی(۱۳۸٦): پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در دامنه‌های شمالی شاه جهان با استفاده از GIS (مطالعه موردی: حوضه اسطخری شیروان ۱)، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸٤ صص ۱۱٦تا ۱۳۱.

۹- فتائی، ابراهیم، علی آل شیخ(۱۳۸۸): مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی(مطالعه موردی: شهر گیوی)، مجلّه علوم طبیعی، شماره سوم، صص ۱٤٥تا ۱۵۸.

۱۰- فرجی سبکبار، حسنعلی(۱۳۸٤): مکان‌یابی واحدهای خدمات بازرگانی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP در بخش طرقبه مشهد، مجلّه 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- محمّد خان، شیرین(۱۳۸۰): تهیّه مدل برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش(مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۱٤- میر عباسی نجف آبادی، رسول، محمّد باقر رهنما(۱۳۸٦): شبیه‌سازی آبخوان دشت سیرجان با استفاده از مدل کامپیوتری MODFLOW، مجلّه پژوهش آب ایران، سال اول، شماره ۱.

۱۵- میر عباسی نجف آبادی، رسول، محمّد باقر رهنما(۱۳۸٦): مدل ریاضی آبخوان دشت سیرجان، بررسی اثرات تغییر روش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در دشت سیرجان، سومین 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.

www.SID.ir