Archive of SID

دکتر امجد ملکی، استادیار عضو هیأت علمی دانشگاه رازی کرمانشاه
مهندس همایون حصادی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه
پروین نادریان، کارشناسی ارشد ژئومرفولوژی و برنامه ریزی محیط
E.mail:amjad_maleki@yahoo.com

A. Maleki, Ph.D
H. Hesadi
P. nadeian

شماره مقاله: ۷۵۱
شماره صفحه پیاپی ۱۵۴۵۹-۱۵۴۸۴

مکان‌یابی تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه آبریز مرگ

چکیده

حوضه آبخیز مرگ با وسعت ۱۴۶۶/۱۵۰ کیلومتر مربع در استان کرمانشاه واقع در غرب ایران قرار گرفته است. این حوضه یکی از سرشاخه‌های رودخانه کرخه است. استفاده بی رویه و عدم مدیریت صحیح بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی این حوضه، وضعیت آبخوان آن را دستخوش تحولات نامطلوبی نموده است؛ به طوری که هر ساله شاهد افت فزایندهٔ سطح آب زیرزمینی منطقه هستیم. در این مطالعه که با هدف تعیین مکان مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه آبخیز مرگ صورت گرفته است، ابتدا با استفاده از اطلاعات ۴۶ پیزومترحفر شده در حوضه و داده‌های ثبت شده ۹ سال آماری از ۷۶-۱۳۷۵ الی ۸۵-۱۳۸۴ ، اقدام به ترسیم نیمرخ‌های طولی و عرضی سطح آب زیرزمینی شده است. با توجه به نیمرخ‌های رسم شده مناطق بحرانی حوضه از نظر افت سطح آب زیرزمینی شناسایی گردیدند. سپس تعداد پانزده لایه اطلاعاتی شامل شیب، کاربری اراضی، ژئومرفولوژی، ضخامت آبرفت، لیتولوژی، خاک، افت سطح آب، ضریب انتقال، سطح جمع کننده، هیپسومتری، شبکه آبراهه، گسل، قنات، سطوح همدما و همبارش تهیه شد. لایه‌های تهیه شده در قالب سه مدل ریاضی Boolean، Multi-Class-Maps و AHP و با توجه به دو روش متداول تغذیه مصنوعی (سطحی و تزریقی) به صورت جداگانه وزن دهی و تلفیق شدند. نقشه‌های نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

اطلاعاتی در مدل Boolean با دو کلاس مناسب و نامناسب و در مدل‌های Multi-Class-Maps و AHP با پنج کلاس بسیار مناسب تا بسیار نامناسب، گویای شرایط مناسب تغذیه در بخش‌های انتهایی حوضه دارد. به منظور ارزیابی مدل‌های مورد استفاده ، سه لایه اطلاعاتی شیب، ژئومرفولوژی و لیتولوژی به عنوان عرصه کنترل در نظر گرفته شد؛ به گونه‌ای که واحدهای با بالاترین امتیاز در هر روش انتخاب و ارزش آن با نتایج حاصل از سه روش مقایسه گردید. نتیجه به دست آمده نشان داد که مدل AHP با داشتن بیشترین درصد همپوشانی و کمترین مساحت، بهترین مدل مکان یابی از میان مدل‌های آزمایش شده برای منطقه مورد نظر است. پس از آن مدل Multi-Class-Maps و در رتبه آخر مدل Boolean قرار دارند. متوسط میزان همپوشانی در این روش‌ها برای دو روش تغذیه سطحی و تزریقی به ترتیب ۹۷.۸، ۹۷، ۹۳.۷، ۹۵، ۷۸.۶، و ۸۴.۶ بوده است.

واژه‌های کلیدی: مکان یابی، تغذیه مصنوعی، حوضه مرگ، استان کرمانشاه، GIS

مقدمه

حدود ۱/۶۹ درصد از کل آب‌های موجود در جهان را آب‌های زیرزمینی شور و شیرین تشکیل می‌دهد. از این میان ۰/۷۶ درصد از کل آب‌های شیرین دنیا شامل آب‌های زیرزمینی شیرین است. در این صورت، روشن است که حجم قابل توجهی از آب مورد استفاده بشر در زیر سطح زمین نهفته است که توجه به این منبع عظیم و مدیریت منطقی آن، ضامن تهیه آب سالم و مطمئن برای مدت طولانی است (ولایتی،۱۳۸۳).

آب زیر زمینی تنها به لحاظ کمی حایز اهمیت نیست، بلکه در مقایسه با آب‌های سطحی دارای محاسنی است که اهمیت آن را بیشتر می‌نماید؛ از جمله آن که آب‌های زیر زمینی مخازنی هستند که در مواقع عدم برداشت، به طور طبیعی آب را ذخیره می‌نمایند و بر خلاف آب‌های سطحی، زمین‌های وسیعی را اشغال نمی‌کنند و از تأثیر جریان‌های تبخیر و تعرق و آلودگی تا حد زیادی محفوظ هستند، ضمن این که

www.SID.ir

Archive of SID

جریان‌های سیلابی زیانبار را باعث نمی‌شوند و در همه فصول قابل برداشت هستند. (شعبانی،۱۳۷۳).

با توجه به شرایط اقلیمی، بخش مهمی از کشور ایران جزو مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. متوسط بارندگی در ایران حدود ۲۴۰ میلیمتر در سال است که این مقدار کمتر از یک سوم میانگین بارندگی جهان است. بارندگی در ایران عمدةً از اواخر پاییز تا اوایل بهار ریزش می‌کند و به جز بخشی از مناطق کشور که در فصل تابستان هم بارندگی دارند، بقیه نقاط در فصول کشاورزی از بارندگی برخوردار نیستند (سلطانی، ۱۳۸۰).

روند افزایش جمعیت، گسترش صنایع و نیاز بشر به آب برای تأمین غذای بشر، سبب شده است که آب‌های زیرزمینی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. امروزه تخلیه آب‌های زیرزمینی و عدم جایگزین شدن آب این منابع، یکی از بزرگترین مشکلات محسوب می‌شود. خشک شدن تعداد زیادی از قنات‌ها و چاه‌ها باعث شده است که بخش زیادی از سرمایه گذاری‌های انجام شده از بین برود. تغذیه مصنوعی یکی از روش‌هایی است که می‌تواند بخشی از آب خارج شده از زیر زمین را جایگزین کند (علیزاده،۱۳۸۳). تغذیه مصنوعی نه تنها راهکاری برای افزایش آب‌های زیرزمینی و جبران برداشت بیش از حد آب است، بلکه این امکان را می‌دهد که در مواقع نیاز، آب بیشتری را از سفره آب زیرزمینی برداشت کنیم. از طرفی، ذخیره آب در زیرزمین در هر منطقه‌ای به منزله بیمه‌ای علیه خشکسالی و خسارت‌های ناشی از آن محسوب می‌شود (راوی شانکار،۲۰۰۵)

تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیر زمینی با کاربرد روش‌های گوناگون امکان پذیر بوده، چنانچه این اقدام صورت گیرد و اندازه تغذیه و استخراج برابر باشند، سطح آب تقریباً ثابت خواهد ماند. از این رو، کاملاً آشکار است که تعیین مکان‌های مناسب مورد نیاز برای این امر از اهمیت بسیاری برخوردار بوده، این اهمیت روز به روز بیشتر خواهد گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

در زمینهٔ تعیین نواحی مستعد برای تغذیه آب‌های زیرزمینی تحقیقات مختلفی صورت گرفته است.کریش نامورتی[1](۱۹۹۶)، ساراف و چادهاری[2](۱۹۹۸) و راوی شانکار و موهان[3](۲۰۰۵) با به کارکیری تکنیک‌های سنجش از دور و GIS و استفاده از لایه‌های اطلاعاتی شیب، برای شیب، پوشش گیاهی، زمین شناسی، ژئومرفولوژی، تراکم زهکشی، کاربری اراضی و نوسانات سطح آب زیرزمینی، مکان‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان را شناسایی نمودند.

در ایران نیز محققانی چون عبدی و غیومیان(۱۳۷۹)، حامد پناه(۱۳۸۰)، قرمز چشمه(۱۳۷۹)، ابراهیمی مقدم(۱۳۸۲)، نوری و همکاران(۱۳۸۲)، سلطانی(۱۳۸۱)، محمدیان(۱۳۸۴)، مهدوی و همکاران(۱۳۸۳)، با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی، چون شیب، قابلیت اراضی، نفوذپذیری سطحی، واحدهای کواترنر، ضخامت آبرفت ، ژئومرفولوژی وکاربری اراضی ، در محیط GIS مکان‌های مستعد تغذیه مصنوعی آبخوان را مشخص نمودند. نیک اندیش(۱۳۸۰)، با استفاده از تکنیک‌های تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی در دشت سروستان واقع در جنوب شرقی شیراز را تعیین کرد. حجتی و رئیسی(۱۳۷۷)، عبدی وحسنلو(۱۳۸۲)،کلانتری و همکاران(۱۳۸۵)، کشاورزی و همکاران (۱۳۸۵)، نجفی(۱۳۸۲) و عبدی(۱۳۸۵)، با استفاده از داده‌های زمین شناسی، هیدرولوژی، نفوذپذیری خاک، پراکنش آبرفت‌های کواترنر و کنترل صحرایی، مناسبترین محل‌های تغذیه مصنوعی آبخوان را پیشنهاد کردند.

در استان کرمانشاه مهندسان مشاور پارس‌هاناب(۱۳۸۳) در زمینه تغذیه مصنوعی در دشت‌های کنگاور و روانسر – سنجابی، با بررسی زمین شناسی و ژئوفیزیک منطقه، بهترین روش و مکان را برای تغذیه مصنوعی در این دشت‌ها معرفی کرده اند.

در تحقیق حاضر، هدف شناسایی مکان‌های مستعد برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در حوضه رودخانه مرگ است. با توجه به اینکه تغذیه مصنوعی به روش‌های

1- J. Krishnamurthy
2- Saraf & Choudhury
3- Ravi Shankar & G. Mohan

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف صورت می‌گیرد و تعیین مکان مناسب برای هر کدام از روش‌ها متفاوت است لذا، در این تحقیق سعی شده است که برای دو روش متداول تغذیه مصنوعی، سطحی (پخش جریان) و زیرزمینی(تزریقی) به صورت جداگانه و با استفـــاده از مـــــدل‌های ریاضـــــی، Boolean، multi-Class-Maps، AHP مکان یابی صورت گیرد.

با توجه به هدف اجرای پروژه های تغذیه مصنوعی ، شرایط هیدرولوژی ، توپوگرافی و زمین شناسی محل، روش‌های مختلفی به کار برده می‌شود. برای این کار به طور کلی دو روش وجود دارد: اول تغذیه مصنوعی به روش مستقیم که شامل روش های سطحی یا نفوذ دادن آب در زمین (روش آبیاری، تغذیه مصنوعی از طریق نهر یا جوی، استفاده از سد های کوتاه و عریض در مسیر رودخانه، روش حوضچه آبگیر، روش پخش سیلاب و روش گودال) و روش‌های زیرزمینی یا تزریق کردن (پخش آب در مجرای قنات‌های مخروبه و روش تغذیه چاه) است. دوم روش‌های غیر مستقیم است که شامل تغذیه واداری و ایجاد سدهای زیرزمینی است (کردوانی،۱۳۷۰).

موقعیت و وسعت حوضه آبخیز مرگ

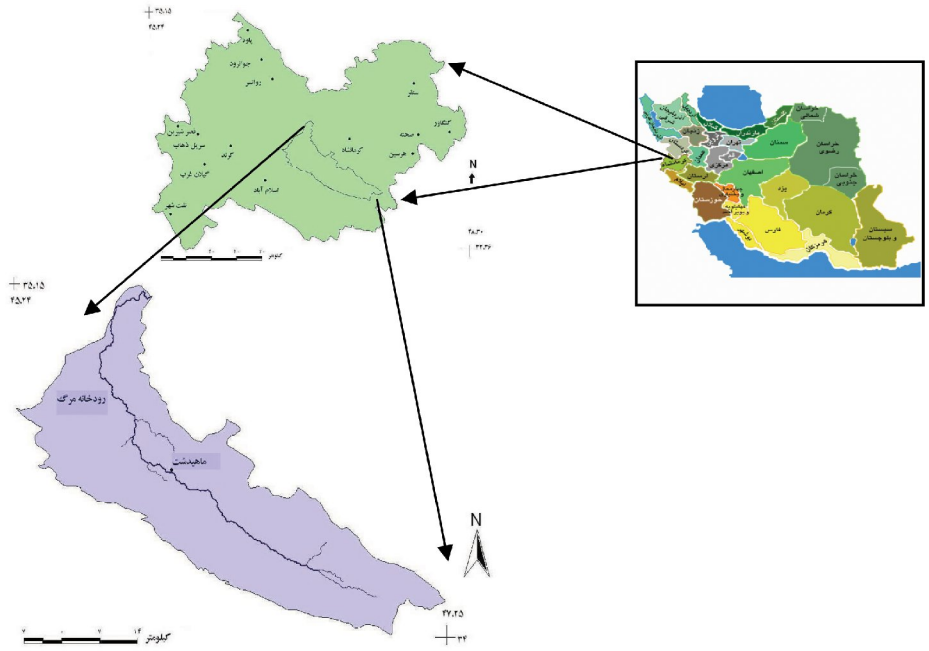
حوضه آبخیز مرگ با مساحت ۱۴۶۶/۱۵ کیلومتر مربع در غرب ایران و در محدوده سیاسی استان کرمانشاه قرار دارد. این حوضه در محدوده جغرافیایی ۴۶.۳۰ تا ۴۷.۲۵ درجه طول شرقی و ۳۴ تا ۳۴.۳۵ درجه عرض شمالی واقع شده است.این حوضه یکی از سرشاخه‌های رودخانه کرخه در ایران و از مهمترین زیر حوضه‌های رود خانه قره سو است.

حوضه مرگ منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی است که ۳۷/۹ درصد اراضی آن را کوه ها و تپه‌ها تشکیل می‌دهد. ارتفاع متوسط این حوضه ۱۵۲۴ متر از سطح دریا است. مرتفع‌ترین قله آن ۲۷۶۰ متر و پست ترین نقطهٔ آن ۱۳۱۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. شیب عمومی اراضی در حدود ۴/۶ درصد محاسبه شده و به سوی شمال غربی است. رودخانه مرگ با ۱۴۹/۵ کیلومتر طول، آبراهه اصلی این واحد هیدرولوژیک است.

www.SID.ir

Archive of SID

این منطقه با زمین‌های حاصلخیز کشاورزی و استفاده از آب‌های زیر زمینی، موقعیت ممتازی را از نظر اقتصادی در غرب ایران به وجود آورده است. بر این اساس، شغل اصلی مردم ناحیه کشاورزی و دامداری و کارهای جنبی وابسته به آن است. مسیر راه‌های کرمانشاه-اسلام آبادغرب از قسمت میانی حوضه آبریز رودخانه مرگ و جاده اصلی کرمانشاه به جوانرود و روانسر از انتهای حوضه عبور می‌نماید. شکل شماره(۱) نشان دهنده موقعیت حوضه است.



شکل(۱) موقعیت حوضه آبریز مرگ در استان کرمانشاه

مدل‌های ریاضی تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در مکان یابی

به طور کلی مدل، رفتار یک پدیده را در دنیای واقعی با استفاده از چندین عامل ارائه می‌کند. می‌توان با استفاده از مدل‌های مختلف و لایه‌های اطلاعاتی لازم در محیط GIS بهترین مکان‌ها را برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی مشخص کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از مدل می‌توان با وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی، ارزش هر لایه و هر واحد را درمکان یابی دخالت داد. تلفیق لایه‌های اطلاعاتی بدون در نظر گرفتن وزن هر لایه موجب خواهد شد لایه ای که اهمیت کمتری در مکان یابی نسبت به بقیه دارد، در محدود کردن مناطق به اندازه سایر لایه‌ها دخالت کند.

در مکان یابی تغذیه مصنوعی آبخوان، عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود که هر کدام با درجه اهمیت متفاوت در مکان یابی تأثیر گذارند. اما با توجه به محدودیت‌هایی که مدل‌ها دارند، استفاده از لایه‌های اطلاعاتی زیاد باعث پیچیدگی مدل وافزایش هزینه ارائه آن می‌شود. بنابراین، با توجه به این محدودیت‌ها نمی‌توان از کلیه لایه‌های اطلاعاتی استفاده کردو به ناچار تعدادی از لایه‌هایی که به نظر اهمیت کمتری دارند، حذف خواهد شد(سلطانی، ۱۳۸۰).

۱- مدل منطق بولین(Boolean logic)

ساده‌ترین روش برای ارزیابی‌های چند معیاره روش بولین است. در این روش همهٔ معیارها به صورت محدود عمل می‌کنند. بدین ترتیب که در این روش ، به معیارهای نامناسب، ارزش صفر و به معیارهای مناسب، ارزش یک داده می‌شود. برای ترکیب لایه‌ها با استفاده از منطق بولین از عملگرهای متعددی استفاده می‌شود که مهمترین آنها، NOT، OR، AND هستند.

عملگر AND یا ضرب معیارها به این صورت است که اگر همهٔ ورودی‌ها مثبت باشد، در خروجی مثبت می‌آید. بنابراین در صورتی که یکی از ورودی‌ها صفر باشد، خروجی صفر است.

عملگر OR یا جمع معیارها برای مواردی استفاده می‌شوند که اگر فقط یکی از ورودی‌ها شرایط مورد نظر را داشته باشند، کافی است. هنگامی که از عملگر OR استفاده می‌شود، اگر یکی از ورودی‌ها یا هر دو ورودی ارزش یک داشته باشد (یعنی شرایط مورد نظر را داشته باشد)، جواب مثبت است و در خروجی هم یک می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

عملگر NOT، ورودی‌ها را بر عکس می کند؛ یعنی در صـورتی کـه ورودی مثبـت (۱) باشد، خروجی منفی (۰) است و برعکس.

۲- مدل شاخص همپوشانی لایه‌ها (Index overlay map)

دراین مدل علاوه بر وزن دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی به هر لایه (نقشه) بر اساس ارزش خود در مکان یابی وزن داده می‌شود. این مدل دو حالت دارد:

الف) Binary Evidence maps: ساده ترین نوع مدل شاخص همپوشانی است که بر اساس این مدل به نقشه‌های حاصل از مدل بولین بر اساس اهمیتشان در مکان یابی وزن خاصی داده می‌شود.

ب) multi-class.maps: در این مدل علاوه بر وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی، واحدهای موجود در هر لایه اطلاعاتی نیز بر اساس پتانسیل خود وزن خاصی خواهد داشت. در این مدل ارزش هر پیکسل در نقشه خروجی طبق فرمول زیر تعیین می‌شود. محدوده وزن دهی در این مدل بستگی به نظر محقق دارد.

$$s = \frac{\sum_{I}^{n} SijWi}{\sum_{I}^{n} Wi}$$

S : ارزش هر پیکسل در نقشه نهایی

Sij : وزن واحد j ام از نقشه i ام

Wi : وزن نقشه i ام

۳- فرایند تحلیل سلسله مراتبی یا روش مقایسه دوتایی (AHP)[۴]

یکی از کارآمد ترین تکنیک‌های تصمیم گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است که بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده است.

4 - Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

مراحل اجرای روش AHP

ساخت درخت سلسله مراتبی: درخت سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسأله پیچیده واقعی است که در رأس آن هدف کلی مسأله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌ها قرار دارند؛ هر چند قاعده‌ای ثابت و قطعی برای رسم سلسله مراتبی وجود ندارد. سلسله مراتبی ممکن است به یکی از صورت‌های زیر باشد:

هدف _ معیارها _ زیر معیارها _ گزینه‌ها

هدف _ معیارها _ عوامل _ زیر عوامل _ گزینه‌ها

مقایسه‌های زوجی: با توجه به مبنای نظری این روش، هر یک از معیارها بر مبنای هدف و زیر معیارها بر مبنای معیار سطح بالای آن‌ها، باید به صورت دو به دو با هم مقایسه شوند. این مقایسه‌ها را می‌توان هم به صورت کیفی و هم به صورت کمی بر مبنای مقیاس ارائه شده توسط ساعتی در جدول (۱) انجام داد.

جدول ۱- مقیاس کمی و کیفی مورد استفاده برای مقایسه زوجی معیارها در روش AHP

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملا مرجح یا کاملا مهمتر یا کاملا مطلوبتر	Extremely preferred	۹
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	Very strongly preferred	۷
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی	Strongly preferred	۵
کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر	Moderately preferred	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	Equally preferred	۱
ترجیحات بین فواصل قوی		۸،۶،۴،۲

روش معمول برای انجام مقایسه‌های زوجی تشکیل ماتریس‌های مربعی به مرتبه تعداد معیارها یا زیرمعیارهاست. برای تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی برای هر یک از

www.SID.ir

Archive of SID

گروه‌ها که دارای n معیار است، لازم است n (n- ۱)/۲ مقایسه صورت گیرد، تا مقایسه زوجی از مرتبه n کامل گردد.

محاسبه وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی: محاسبه وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در دو قسمت جداگانه زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

وزن محلی(local priority): که به طور مستقیم از ماتریس‌های مقایسه زوجی به دست می‌آید.

وزن نهایی(overall priority): که از تلفیق وزن‌های محلی محاسبه می‌گردد و نشان دهنده وزن کلی (نهایی) معیارها و رتبه کلی هر گزینه در میان گزینه‌هاست.

محاسبه نرخ ناسازگاری(Consistency Rate): قبل از آنالیز داده‌ها باید نسبت به سازگاری مقایسات اطمینان حاصل شود، زیرا تصمیم گیرنده به مقایسات دو به دو عوامل پرداخته و امکان دارد مقایسات او در کل با هم سازگار نباشد. لذا یکی از نقاط قوت روش AHP استفاده از نرخ ناسازگاری برای بررسی درجه پایایی(Reliability) ماتریس‌های مقایسات زوجی است. محاسبه نرخ ناسازگاری در صورتی امکان پذیر است که مقایسات بر مبنای طیف ساعتی انجام شده باشد.

نرخ ناسازگاری مکانیزمی است که میزان اعتماد به اولویت‌های به دست آمده را نشان می‌دهد. به طوری که اگر نرخ ناسازگاری محاسبه شده کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری مقایسه‌ها قابل قبول است و در غیر این صورت، باید در قضاوت‌ها تجدید نظر نمود.

روش مطالعه:

در این تحقیق ابتدا مناطق بحرانی حوضه از نظر میزان افت سطح آب زیرزمینی شناسایی شده، سپس شاخص‌های مورد ارزیابی در مکان یابی محل‌های مناسب با توجه به میزان اهمیت هر یک در منطقه، مطالعه و انتخاب شدند. پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی

www.SID.ir

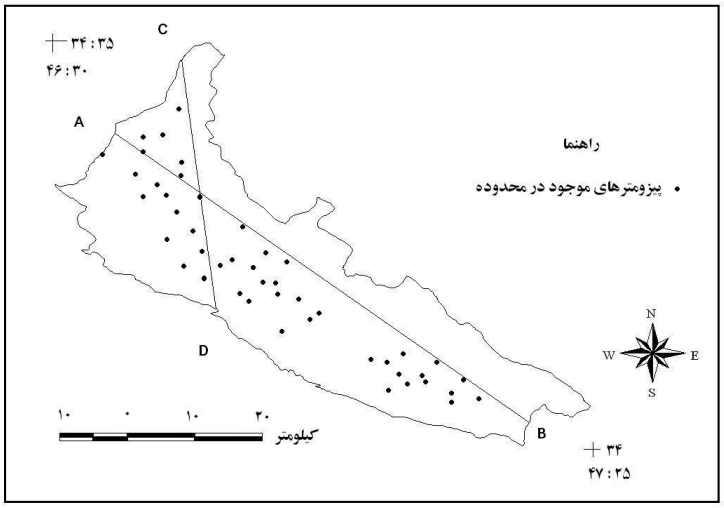
Archive of SID

مورد نیاز با استفاده از مدل‌های ریاضی، مکان یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی صورت گرفته است.

مرحلهٔ اول: تهیه نیمرخ‌های طولی و عرضی ارتفاع سطح آب زیرزمینی حوضه، برای شناسایی نقاط بحرانی حوضه

قدم اول در مطالعات مکان یابی برای تغذیه مصنوعی آب زیرمینی، آگاهی از وضعیت آبخوان از نظر تغییرات سطح آب در طول سال‌های مختلف (میزان بهره‌برداری، پتانسیل آب‌های زیرزمینی، میزان افت سطح آب در نقاط مختلف حوضه و شناسایی نقاط بحرانی) است.

برای مطالعه افت سطح آب زیرمینی در حوضه مورد مطالعه از اطلاعات تعداد ۴۶ پیزومتر، شامل ارتفاع سطح آب زیرزمینی در تمام ماه‌های سال در طول سال‌های آبی(۷۷-۱۳۷۶ الی ۸۵-۱۳۸۴) که در سطح حوضه پراکندگی مناسب داشته اند استفاده شد. رسم پروفیل نیز با توجه به برش طولی و عرضی A-B و C-D در حوضه انجام گردیده است(شکل شماره ۲).



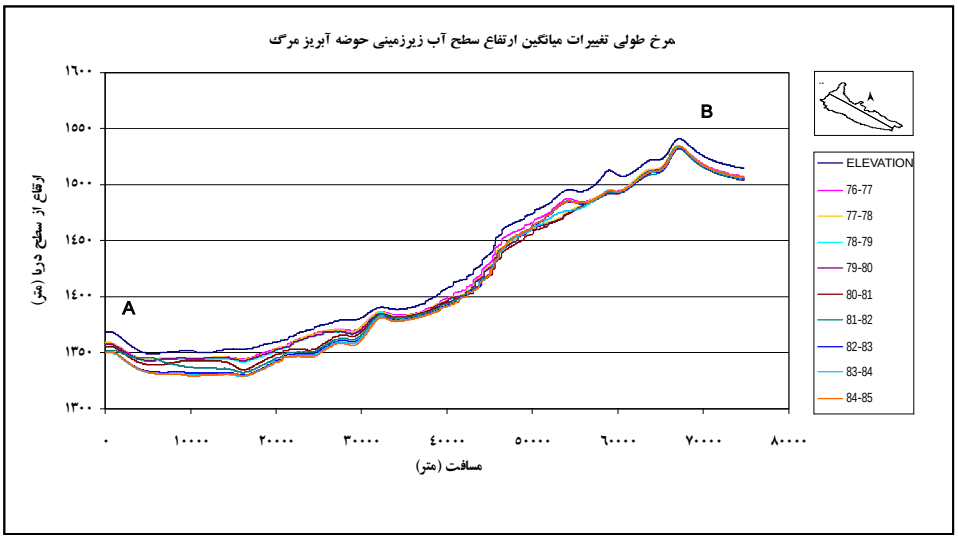
شکل شماره۲ پراکنش پیزومترهای موجود در حوضه آبریز مرگ به همراه دو مقطع انتخاب شده برای رسم پروفیل

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از نقشه نقطه‌ای و روش میان یابی IDW نقشه‌های هم ارتفاع سطح آب زیرزمینی(حداکثر، حداقل و میانگین) برای مقایسه در سال‌های مختلف تهیه شد.

با استفاده از نقشه‌های تهیه شده، نیمرخ طولی و عرضی ارتفاع سطح آب در منطقه برای ۹ سال آماری تهیه شدکه برای نمونه نیمرخ میانگین تغییرات ارتفاع آب در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. این نیمرخ‌ها میزان افت سالانه سطح آب زیرزمینی، نسبت به سطح زمین و نسبت به سال‌های گذشته را در نقاط مختلف برش طولی و عرضی حوضه به خوبی نشان می‌دهند.

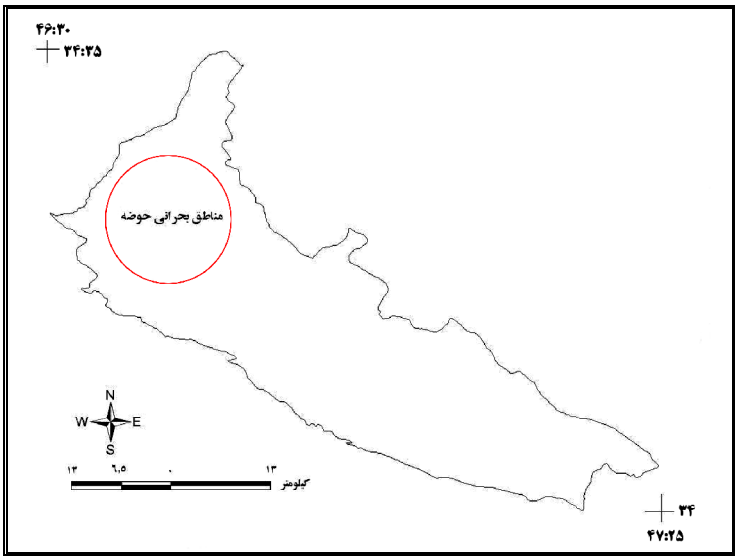


شکل شماره ۳- نیمرخ طولی تغییرات میانگین ارتفاع سطح آب زیرزمینی(حوضه مرگ) در طول دوره آماری ۹ ساله ۷۷-۷۶ الی ۸۵-۸۴

با توجه به نیمرخ‌های تهیه شده، مناطق بحرانی حوضه بر روی شکل ۴ مشخص شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴ مناطق بحرانی حوضه از نظر افت سطح آب زیرزمینی

مرحلهٔ دوم: تهیه لایه‌های مورد استفاده در مکان یابی

برای تعیین لایه‌های اطلاعاتی مناسب، پس از مطالعه منابع مختلف داخلی و خارجی مرتبط با موضوع مورد مطالعه مبانی موضوع و کار کارشناسی در منطقه، لایه‌های اطلاعاتی زیر، برای مکان یابی تغذیه مصنوعی آبخوان در حوضه مورد تحقیق انتخاب گردید.

۱- لایه زمین شناسی حوضه: با استفاده از نقشه زمین شناسی کرمانشاه با مقیاس ۲۵۰۰۰۰ : ۱ محدوده منطقه مورد مطالعه مشخص و رقومی شده است.

۲- لایه کاربری اراضی: نقشه مذکور توسط مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه، بخش تحقیقات آبخیزداری(حصادی، ۱۳۷۷) تهیه گردیده که در این تحقیق از آن استفاده شد.

۳- لایه شیب منطقه: از نقشه ۱۳ کلاسه شیب استان کرمانشاه(ملکی،۱۳۸۲) استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- لایه خاک منطقه: از نقشه تهیه شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه(حصادی، ۱۳۷۷) استفاده گردید.

۵- لایه سطوح همبارش: نقشه مذکور توسط مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه، بخش تحقیقات آبخیزداری (حصادی، ۱۳۷۷) تهیه گردیده که پس از اصلاحات لازم از آن استفاده شد. این نقشه به صورت منحنی همبارش با اختلاف ۲۰ میلیمتری بوده که در محیط Arc view نقشه پلیگونی آن و با اختلاف ۵۰ میلیمتر ساخته شد و مورد استفاده قرار گرفت.

۶-لایه سطوح هم دما: از نقشه هم دمای تهیه شده در مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه، بخش تحقیقات آبخیزداری (حصادی، ۱۳۷۷) استفاده شده است. این نقشه نیز به صورت منحنی هم دما با اختلاف ۱ درجه سانتیگراد بوده که در محیط Arc view نقشه پلیگونی آن و با اختلاف ۲ درجه سانتی گراد ساخته شد و مورد استفاده قرار گرفت.

۷- لایه سطوح ارتفاعی منطقه: با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ منحنی ترازهای ۱۰۰ متری(اصلی) انتخاب و در محیط GIS رقومی شده است.

۸- لایه گسل: با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه با مقیاس ۲۵۰۰۰۰ : ۱ گسل‌های منطقه استخراج و در محیط GIS برای آنها حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد.

۹- لایه افت سطح آب زیرزمینی منطقه: نقشه مذکور با استفاده از اطلاعات ۴۶ پیزومتر منطقه(که در شکل ۲ مشاهده می‌شود) تهیه شده است. بدین ترتیب که میانگین ارتفاع سطح آب زیرزمینی در ۴۶ نقطهٔ حوضه در سال‌های آبی ۷۷-۱۳۷۶ و ۸۵-۱۳۸۴ در نرم‌افزار Arc view، از هم کم شده، ستون جدیدی با عنوان افت سطح آب زیرزمینی برای این نقاط در طول ۹ سال ساخته شد، سپس نقشه نقطه‌ای آن تهیه و با استفاده از روش میان یابی IDW نقشه افت سطح آب زیرزمینی منطقه تهیه گردید.

۱۰- لایه حریم آبراهه: با استفاده از نقشه توپو گرافی منطقه با مقیاس ۵۰۰۰۰ :۱ در محیط Auto cad، لایه شبکه آبراهه ساخته شد و در محیط GIS رقومی شد. سپس برای

www.SID.ir

Archive of SID

آبراهه‌های درجه ۳ حریم ۲۰۰ متری، درجه ۴ حریم ۳۰۰ متری، درجه ۵ و بالاتر حریم ۴۰۰ متری در نظر گرفته شد.

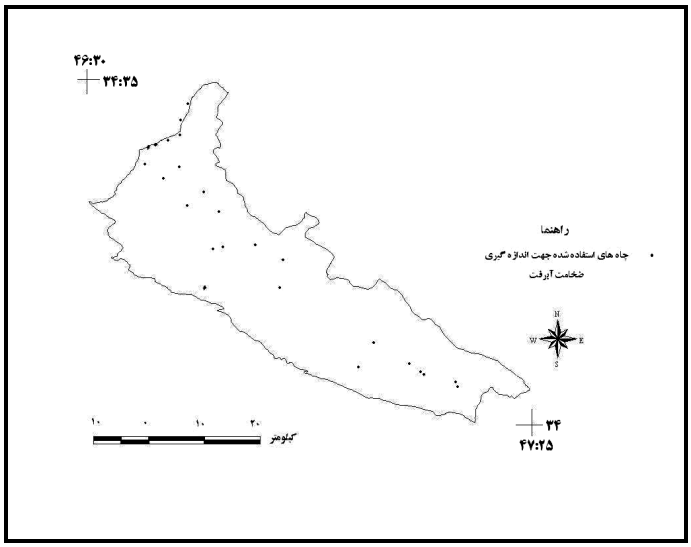
۱۱- لایه ژئومرفولوژی: با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ ، عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس ۵۵۰۰۰ : ۱ و تصاویر ماهواره‌ای، اشکال ژئومرفولوژی مؤثر در تغذیه مصنوعی مانند دشت سرها، مخروط افکنه، دشت و مسیر اصلی آبراهه تفکیک ودر محیط GIS نقشه رقومی آن تهیه گردید.

۱۲- لایه قنات: با استفاده از اطلاعات ۳۳ مادر چاه قنات موجود در منطقه که از امور آب استان تهیه شد، نام قنات‌ها و مختصات جغرافیایی آن‌ها بر حسب x و y در نرم افزار Excel وارد شده و با فرمت dbf ذخیره و سپس در محیط Arc view فایل مربوطه فراخوان و نقشه نقطه‌ای آن تهیه گردید، سپس برای قنات‌ها حریم ۲۰۰ متری در نظر گرفته شد.

۱۳- لایه ضخامت آبرفت: برای تهیه نقشه ضخامت آبرفت از اطلاعات ۱۱ حلقه چاه اکتشافی و ۱۱ حلقه چاه مشاهده‌ای در منطقه استفاده شد (شکل شماره ۵)؛ بدین ترتیب که مختصات نقاط در محیط Excel وارد و در محیط Arc view به صورت نقشه نقطه‌ای ساخته شد. برای تبدیل نقشه نقطه‌ای به نقشه رستری از روش میان یابی IDW در محیط Arc view استفاده شد. سپس نقشه ضخامت آبرفت از نقشه رستری آن به دست آمد.

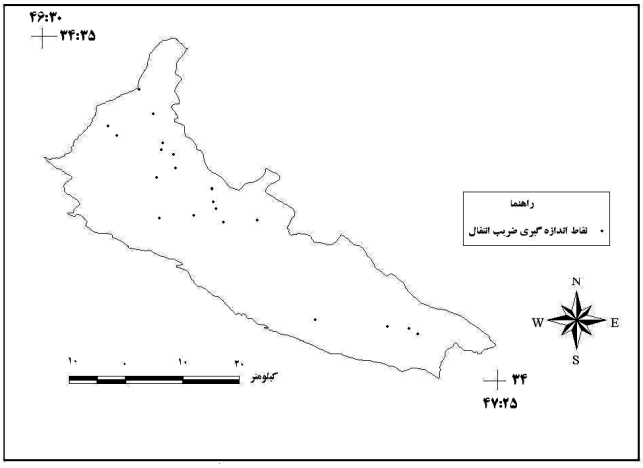
www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۵ موقعیت و پراکنش چاه‌های استفاده شده جهت اندازه گیری ضخامت آبرفت

۱۴- لایه ضریب انتقال: جهت تهیه این لایه از اطلاعات ۲۰ حلقه چاه(شکل شماره۶) در محدوده ماهیدشت استفاده شد که پس از ورود اطلاعات، نقشه نقطه‌ای آن ساخته شد. سپس با استفاده از روش میان یابی IDW در محیط Arc view نقشه رستری آن تهیه گردید.



شکل شماره ۶ موقعیت و پراکنش چاه‌های استفاده شده برای اندازه گیری ضریب انتقال

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵-لایه سطح جمع کننده: با استفاده از نقشه Dem منطقه، این حوضه به شش زیر حوضه یا سطح جمع کننده تقسیم شده که ملاک تقسیم‌بندی زیرحوضه‌ها در این لایه مساحت آن‌ها بوده است.

مرحلهٔ سوم: مکان یابی

پس از تعیین و تهیه لایه‌های مورد نیاز و طبقه‌بندی آنها، برای وزن دهی و ترکیب لایه‌ها و طبقات آن، به روش یا روش‌هایی نیاز است که در این تحقیق با توجه به نظر کارشناسی و منابع (قرمز چشمه، ۱۳۷۹)، (Krishnamorthy1996) و (Saraf.1998) وزن لایه‌ها و طبقات آن‌ها با استفاده از روش‌های منطق بولین، مدل شاخص همپوشانی لایه‌ها(Multi-Class-Maps) و تحلیل سلسله مراتبی برای دو روش مرسوم تغذیه مصنوعی(روش سطحی، روش زیرزمینی) (کردوانی، ۱۳۷۰). تعیین شد.

۱- وزن دهی به طبقات بر اساس منطق Boolean: وزن دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی در این مدل بر اساس منطق صفر و یک صورت گرفت. پس از وزن دهی به طبقات در قالب مدلBoolean And ، لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS تلفیق شدند و نقشه نهایی مکان یابی با دو طبقه مناسب و نامناسب در این مدل به دست آمد.

۲- وزن دهی به روش Multi- Class- Maps: در این روش برای کلیه واحدها در نقشه‌های پایه به روش تجربی، وزنی بین صفر تا ۱۰ در نظر گرفته شد. علاوه بر آن، لایه‌های اصلی نیز براساس پتانسیل خاص خود بین ۱ تا ۵ وزن دهی شدند.

۳- وزن دهی به روش AHP: برای تعیین وزن هر یک از معیارهای اصلی، در دو روش سطحی و تزریقی تغذیه مصنوعی به صورت جداگانه، ماتریس ۱۵× ۱۵ تعریف شد. سپس با مقایسه دو به دو عناصر ماتریس که با استفاده از نظر کارشناسان و با توجه به جدول(مقایسه زوجی معیارها) انجام گرفت، وزن لایه‌ها نسبت به هم تعیین گردید. در مرحلهٔ استخراج ضرایب اهمیت ماتریس‌ها در این تحقیق برای محاسبه وزن لایه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

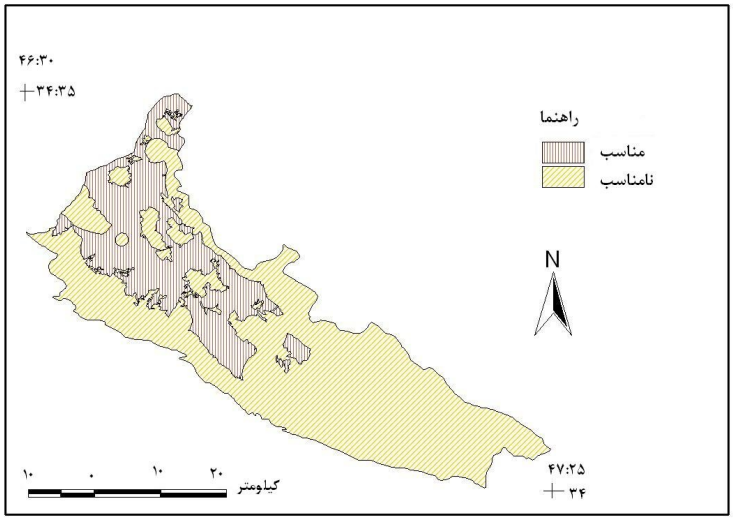
اصلی از روش تقریبی (میانگین حسابی) استفاده شده است. سپس نرخ ناسازگاری مقایسه‌ها که در هر دو ماتریس تشکیل شده، ۰/۰۲ محاسبه گردید و سازگاری آن‌ها تأیید شد.

در مرحلهٔ بعدی کار، وزن نسبی واحدهای موجود در هر یک از لایه‌ها نیز به روش فوق محاسبه گردید؛ با این تفاوت که برای محاسبهٔ وزن واحدها از روش بردار ویژه استفاده شد. پس از محاسبه وزن واحدها، با ضرب وزن لایه‌ها در واحدهای موجود در آن، وزن نهایی به دست آمد و با استفاده از آن‌ها نقشه‌های وزنی تهیه گردید.

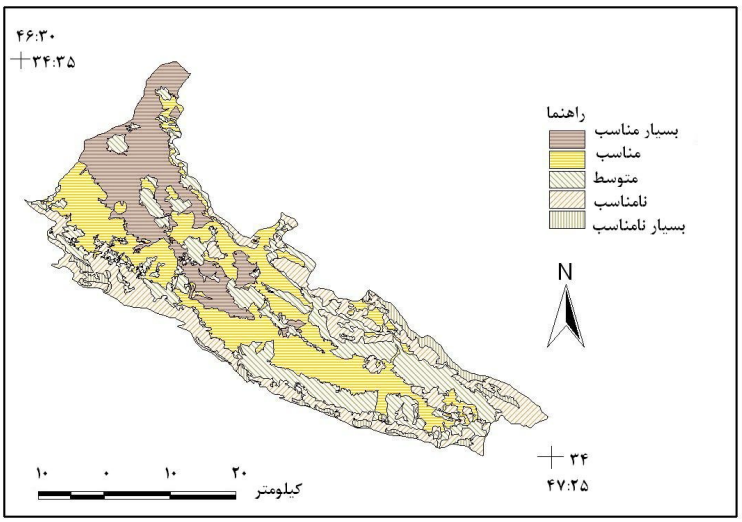
نتایج: در این مطالعه برای شناسایی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی به روش‌های سطحی و تزریقی از سه مدل ریاضی استفاده گردیده که نقشه نهایی حاصل از تلفیق لایه‌ها در مدل Boolean با دو کلاس مناسب و نامناسب، و در مدل‌های Multi- Class-Maps و AHP با پنج کلاس بسیار مناسب تا بسیار نامناسب طبقه‌بندی شده است اشکال(۷ تا ۱۲). اساس طبقه‌بندی نقشه‌های مکان یابی در دو مدل فوق، امتیاز کسب شده توسط آن‌ها پس از عملیات همپوشانی بوده است. نقشه‌های نهایی در نرم افزار Arc view با استفاده از گزینه classification، به پنج کلاس مساوی تقسیم شده و هر کلاس با یکی از گزینه‌های بسیار مناسب ، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب مشخص گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



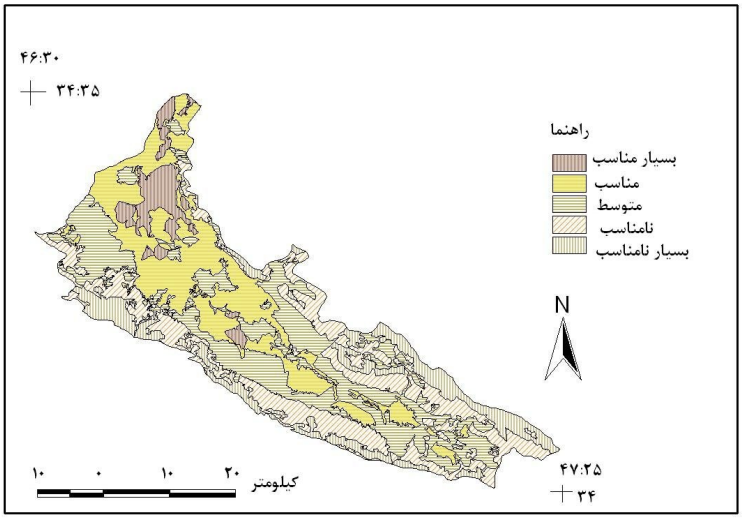
شکل شماره ۷ - نقشه مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش سطحی با استفاده از مدل Boolean



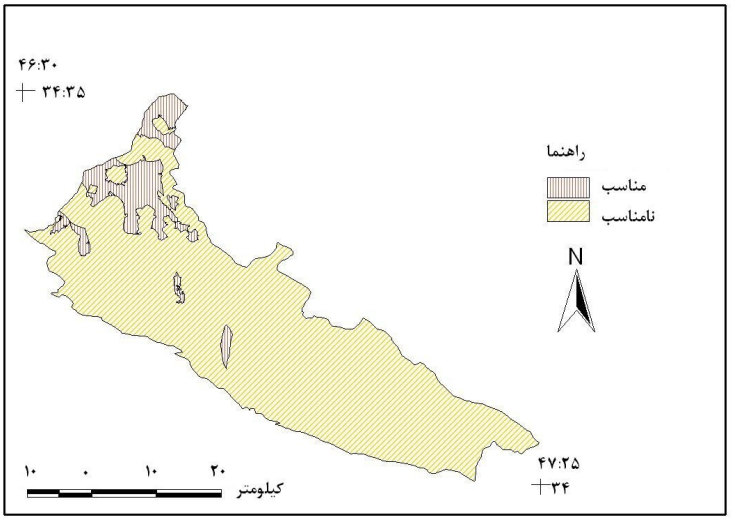
شکل شماره ۸ - نقشه مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش سطحی با استفاده از مدل Multi-Class- Maps

www.SID.ir

Archive of SID



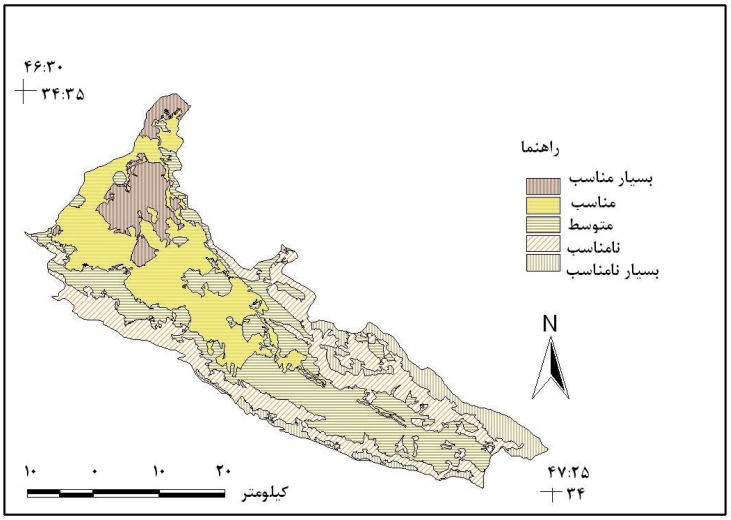
شکل شماره ۹- نقشه مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش سطحی با استفاده از مدل AHP



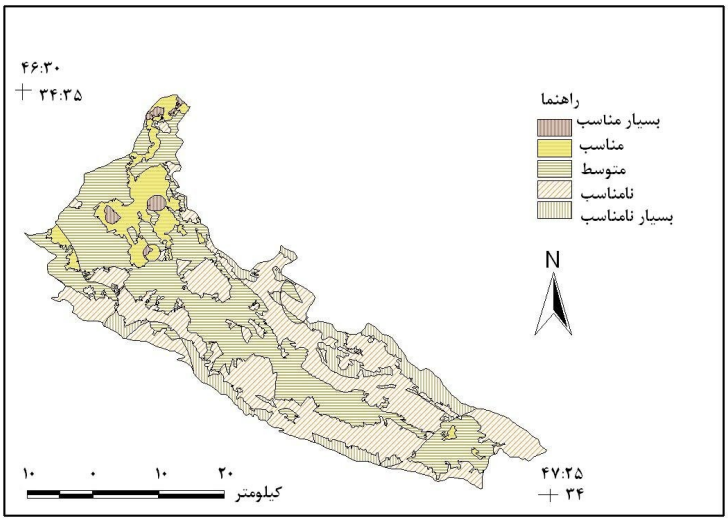
شکل شماره۱۰ - نقشه مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش تزریقی با استفاده از مدل Boolean

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ۱۱ - نقشه مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش تزریقی با استفاده از مدل Multi-Class- Maps



شکل شماره ۱۲- نقشه مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش تزریقی با استفاده از مدل AHP

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ درصد مساحت طبقات در نقشه‌های مکان یابی تغذیه مصنوعی بر اساس مدل‌های Boolean، Multi Class Maps و AHP

ردیف	طبقه	درصد مساحت نسبت به کل حوضه					
		Boolean		Multi Class Maps		AHP	
		روش‌های سطحی	روش‌های تزریقی	روش‌های سطحی	روش‌های تزریقی	روش‌های سطحی	روش‌های تزریقی
۱	بسیارمناسب	-	-	۱۷/۲۱	۷/۹	۵/۹	۱
۲	مناسب	۲۶/۲	۸/۹	۳۰/۶۴	۲۶/۴	۲۵/۵	۸/۵
۳	متوسط	-	-	۲۶/۲۰	۳۱/۷	۳۱/۱	۳۸/۹
۴	نامناسب	۷۳/۸	۹۱/۱	۲۱/۴۲	۲۴/۶	۲۴/۲	۴۰/۴
۵	بسیارنامناسب	-	-	۴/۵۳	۹/۴	۱۳/۳	۱۱/۲

ارزیابی مدل‌ها

برای ارزیابی مدل‌ها، لازم بود شاخص‌هایی انتخاب شود که بیشترین تأثیر را در تغذیه مصنوعی آبخوان داشته باشد. با توجه به مبانی تغذیه مصنوعی و نظر کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی و امور آب استان کرمانشاه، سه لایه اطلاعاتی شیب، ژئومرفولوژی و لیتولوژی که بیش از سایر فاکتورها در این زمینه دارای اهمیت هستند انتخاب و مناسبترین واحدها در سه لایه فوق به عنوان عرصه کنترل در نظر گرفته شد. سپس نقشه عرصه‌های مناسب در مدل Boolean و عرصه‌های بسیار مناسب در سایر مدل‌ها با آن تطبیق داده شد. معیار ارزیابی مدل‌ها، ارائه کمترین مساحت برای عرصه‌های پیشنهادی و بیشترین درصد همپوشانی با عرصه‌های کنترل در نظر گرفته شد. عرصه‌های کنترل در نقشه شیب، طبقه ۰-۲ درصد، در نقشه ژئومرفولوژی، طبقه دشت و مسیر آبراهه اصلی و در نقشهٔ لیتولوژی طبقه آبرفت‌های جوان تعیین شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ۳ مساحت عرصه‌های پیشنهادی و در صد همپوشانی با عرصه‌های کنترل

نقشه مکان‌های مناسب در هر مدل		مساحت عرصه پیشنهادی(کلاس بسیار مناسب) بر حسب کیلومتر مربع	میزان همپوشانی با طبقه ۰ تا۲ درصد(شیب)		میزان همپوشانی با طبقه آبرفت‌های جوان (لیتولوژی)		میزان همپوشانی با طبقه دشت و مسیر اصلی آبراهه(ژئومرفولوژی)	
			مساحت	درصد مساحت	مساحت	درصد مساحت	مساحت	درصد مساحت
Boolean	روش‌های سطحی	۳۸۳/۷۷۷	۲۹۵/۱۷۱	۷۶/۹	۳۱۵/۸۷۳	۸۲/۳	۲۹۳/۹۶۲	۷۶/۶
	روش‌های تزریقی	۱۳۰/۴۰۸	۱۰۲/۳۱۴	۷۸/۵	۱۱۵/۷۴۰	۸۸/۸	۱۱۲/۹۵۲	۸۶/۶
Multi Class Maps	روش‌های سطحی	۲۵۱/۷۹۲	۲۴۲/۰۹۳	۹۶/۱	۲۴۱/۹	۹۶/۱	۲۲۳/۴۹۵	۸۸/۸
	روش‌های تزریقی	۱۱۶/۵۳۳	۱۰۹/۴۴۱	۹۳/۹	۱۱۴/۳۹۰	۹۸/۲	۱۰۸/۳۸۸	۹۳
AHP	روش‌های سطحی	۸۶/۵۰۷	۸۶/۴۵۹	۹۹/۹	۸۵/۴۷	۹۸/۸	۸۲	۹۴/۸
	روش‌های تزریقی	۱۴/۸۶۶	۱۴/۸۴۵	۹۹/۹	۱۴/۵۲۲	۹۷/۷	۱۳/۸۸۱	۹۳/۴

بحث و نتیجه گیری:

شبکه آبراهه اصلی منطقه(رودخانه مرگ) به صورت یک رودخانه فصلی است که در طول ۴ الی ۵ ماه از سال قابل بهره‌برداری نیست. بنابراین، به علت محدودیت استفاده از آب‌های سطحی در منطقه، مهمترین و با ارزش ترین منبع آب برای تأمین نیازها درحوضه آبریز مرگ، آب‌های زیرزمینی است. بیشترین درصد مصرف آب زیرزمینی در این حوضه ۸۷/۳۱ درصد، مربوط به بخش کشاورزی است. در سال‌های اخیر به علت رشد جمعیت، افزایش مصرف، تغییر الگوی کشت و تبدیل زمین‌های زراعی دیم به آبی، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در منطقه روند رو به رشدی داشته است و اگر به آن خشکسالی‌های چند سال گذشته نیز اضافه شود، وضعیت رو به وخامت این منابع بیشتر احساس می‌گردد که این امر توجه بیشتر به آبخوان‌های منطقه را می‌طلبد.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی‌های انجام شده در مورد سطح آب زیرزمینی منطقه در طول ۹ سال آماری ۷۷-۱۳۷۶ الی ۸۵ -۱۳۸۴ نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در حوضه به طور متوسط ۷ متر افت داشته است. البته، این میزان در مناطق انتهایی حوضه به بیش از ۲۰ متر نیز می‌رسیده است. با توجه به این که در محدوده خروجی حوضه ضخامت آبرفت بین ۱۶۵-۱۲۵ متر است، کاهش ۲۰ متری سطح آب زیرزمینی، ۱۴ درصد حجم آبخوان را شامل می‌شود، که اگر نیاز روزافزون جمعیت منطقه به آب‌های زیرزمینی در نظر گرفته شود، این ارقام نشان دهنده بحرانی بودن حوضه از نظر استفاده از آب‌های زیرزمینی بوده، بیانگر روند مخاطره آمیز از بین رفتن این منبع با ارزش در حوضه و نیز تشدید محدودیت در توسعهٔ بهره‌برداری ازآب‌های زیرزمینی در آن است.

یکی از راه‌های مفید برای تداوم آبدهی و حفظ منابع آب زیرزمینی منطقه، تغذیه مصنوعی است که علاوه بر جبران افت اضافی آبخوان و احیای آن، باعث جذب سیلاب‌ها و کاهش آثار تخریبی آنها می‌شود.

روند کاهش ذخیره و افت سطح ایستابی آبخوان حوضه، خصوصاً از سال ۱۳۸۰ به بعد بسیار چشمگیر بوده است؛ به طوری که طی سال‌های ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۵، افت شدید سطح آب زیرزمینی در مناطق وسیعی از حوضه مشاهده می‌شود. با توجه به نیمرخ‌های تهیه شده، میزان افت سطح آب در برخی مناطق حوضه به بیش از ۲۰ متر رسیده است که علت اصلی آن، به ویژه در قسمت‌های انتهایی حوضه(خروجی حوضه)، تغییر الگوی کشت و تبدیل کشت دیم به آبی در چند سال اخیر بوده است.

در ارتباط با روند سالانه تغییرات سطح آب زیرزمینی، با توجه به نیمرخ‌های طولی و عرضی ارتفاع سطح آب زیرزمینی حوضه و نیاز روزافزون جمعیت به این منابع، چنین استنباط می‌شود که روند افت سالانه سطح آب در آینده با شدت بیشتری ادامه خواهد یافت؛ یعنی افت سطح آب زیرزمینی حوضه هر سال نسبت به سال گذشته بیشتر خواهد شد، که این مسأله اقدامات اساسی را در زمینه مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی برای جلوگیری از افت بیشتر سطح ایستابی می‌طلبد.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نقشه‌های نهایی حاصل از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مشخص می‌شود که قسمت‌های انتهایی حوضه مورد مطالعه دارای پتانسیل مناسبی برای تغذیه مصنوعی به روش‌های سطحی و تزریقی است.

عرصه‌های پیشنهادی برای تغذیه مصنوعی آبخوان توسط سه مدل فوق از نظر لیتولوژی منطبق بر آبرفت‌های جوان، از نظر شیب منطبق بر طبقه شیب ۰ تا ۲ درصد و از نظر ژئومرفولوژی منطبق بر دشت و قسمت‌های انتهایی مسیر آبراهه اصلی حوضه است.

در ارتباط با ارزیابی مدل‌ها نیز با توجه به جدول ۳ در روش‌های سطحی تغذیه مصنوعی، کمترین مساحت پیشنهادی به همراه بیشترین درصد همپوشانی با عرصه‌های کنترل در نقشه‌های شیب، لیتولوژی و ژئومرفولوژی در مدلAHP مشاهده می‌شود. بنابراین، در این مطالعه مدل AHP به عنوان مناسبترین مدل در مکان یابی تغذیه مصنوعی به روش سطحی(پخش جریان آب) شناخته شد. مدل Multi- Class- Maps نیز با میزان همپوشانی ۹۶ درصد با عرصه‌های کنترل در لایه شیب و لیتولوژی و حدود ۸۹ درصد با لایه ژئومرفولوژی در درجه دوم اهمیت قرار گرفت. در این مدل به دلیل این که علاوه بر طبقات، لایه‌ها نیز بر اساس اهمیت خاص خود وزن دهی می‌شوند، در مکان یابی دقت بالایی را نشان می‌دهد. مدل Boolean به علت ماهیت ارزش گذاری صفر و یک درآن و محدودیت در وزن دهی، دقت چندانی در تعیین مکان مناسب تغذیه مصنوعی ندارد و بیشترین مساحت پیشنهادی به همراه کمترین درصد همپوشانی با عرصه‌های کنترل را به خود اختصاص داده است.

در روش‌های زیرزمینی تغذیه مصنوعی(تزریقی) نیز به همان ترتیبی که برای روش‌های سطحی توضیح داده شد، وضعیت تکرار شده است. در نهایت، در این مطالعه با توجه به دقت مدل AHP نسبت به مدل‌های Multi- Class- Maps و Boolean می‌توان نتیجه گرفت که مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در بخشهای انتهایی حوضه (شمالی) بیشتر از سایر قسمت‌های حوضه وجود دارد .

www.SID.ir

Archive of SID

منابع و مآخذ :

۱- ابراهیمی مقدم،هادی. (۱۳۸۲). **مکان یابی مناسب برای تغذیه مصنوعی آبخوان، دشت اسفراین**، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۲- احمدی، حسن، و همکاران. (۱۳۸۴). «ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها»، **مجله منابع طبیعی ایران**، ج ۵۸، شماره ۱، صص۳- ۱۴.

۳- حامد پناه، رامین. (۱۳۸۱). **بررسی کارایی مدل‌های مختلف در مکان یابی پخش سیلاب، بیابان**، جلد ۷، شماره ۱ ، صفحات ۱۹-۲۹.

۴-حصادی، همایون. (۱۳۷۷). **طرح جمع آوری اطلاعات و ارزیابی مطالعات انجام شده به منظور تهیه شناسنامه حوضه‌های آبخیز استان کرمانشاه**، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.

۵- سلطانی، محمد جعفر. (۱۳۸۱). «کاربرد GIS در مکان یابی پخش سیلاب» **فصلنامه تحقیقات جغرافیایی**، شماره مقاله۵۵۱، صص۲۳ - ۳۸ .

۶- شرکت آب منطقه‌ای غرب، مطالعات نیمه تفصیلی تعیین پتانسیل منابع آب سطحی و زیر زمینی ماهیدشت و سرفیروزآباد (۱۳۸۱). وزارت نیرو.

۷- شعبانی، رحمت ا... .(۱۳۷۳). **بررسی منابع آب زیر زمینی دشت سیلاخور و عوامل مؤثر در آن، آموزش جغرافیا**، صص ۱۵-۲۳.

۸- عکس‌های هوایی حوضه مورد مطالعه با مقیاس ۵۵۰۰۰ : ۱ تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.

۹- علیزاده، امین. (۱۳۸۳). **اصول هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۰-قرمز چشمه، باقر و همکاران. (۱۳۷۹). «تعیین شاخص‌های مورد نیاز در مکان یابی پخش سیلاب»، **مجموعه مقالات دومین همایش سراسری دست آوردهای طرح آبخوان داری**، صص۳۹-۵۰

۱۱- کردوانی، پرویز. (۱۳۷۱). **منابع و مسائل آب در ایران**، ج اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۲- کوثر، آهنگ. (۱۳۷۴). **مقدمه‌ای بر مهار سیلاب‌ها و بهره وری بهینه از آنها**، ناشر: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

۱۳- معصوم زاده، سید محسن. (۱۳۸۲). «رتبه‌بندی تولیدات صنعتی کشور با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP»، **مرکز پژوهشهای علمی ایران**، تعداد صفحات ۸ .

۱۴- مرتضوی، مهدی و همکاران. (۱۳۸۵). «اولویت‌بندی طرح‌های تحقیقات کشاورزی با تأکید بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی» **پژوهش و سازندگی**، شماره ۷۲ ، صص ۲-۱۴.

۱۵- مهدوی، رسول، عابدی کوپایی، جهانگیر، رضایی، مرضیه، عبالحسینی، محمد. (۱۳۸۳). **مکان یابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی منابع آب زیر زمینی، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک**، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۱۶- نوری، بهزاد، غیومیان، جعفر. (۱۳۸۳). «تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیر زمینی به روش حوضچه‌های تغذیه» **مجله منابع طبیعی ایران**، ج ۵۷، شماره ۳.

۱۷- نقشه توپوگرافی در مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ شامل برگه‌های: ۲ ۵۳۵۹، ۳ ۵۳۵۹، ۱ ۵۳۵۸، ۲ ۵۳۵۸، ۳ ۵۳۵۸، ۴ ۵۳۵۸، ۲ ۵۴۵۸ و ۳ ۵۴۵۸ (تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح).

۱۸- نقشه زمین شناسی کرمانشاه در مقیاس ۲۵۰۰۰۰ : ۱ تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور.

۱۹- نقشه رقومی شیب استان کرمانشاه(طرح تحقیقاتی- دانشگاه رازی- ملکی،۱۳۸۲) .

۲۰- نقشه کاربری اراضی، خاک، هم بارش وهم دما ، تهیه شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه (حصادی، ۱۳۷۷).

22- Krishnamorthy, J.et al, (1996), an approach to demarcate groundwater potential zones through remote sensing and geographic information system, International Journal of Remote sensing.

23- Ravi Shankar. M.N. and MOHAN. G. (2005). a GIS based hydrogeomorphic approach for identification of site-specific artificial-recharge techniques in the Deccan volcanic province. J. Earth Syst. Sci. 114، No. PP. 505-514

24- Saraf. A.K. and P.R Choudhury. (1998). integrated remote sensing and GIS for ground water exploration and identification of artificial recharge sites. International Journal of Remote Sensing. vol: 10. 1825-1841.

www.SID.ir