فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۱۹، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۷۱-۶۰ (۱۳۹۱)

بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از روش زمین‌آماری مناسب (طی یک دوره آماری ۱۰ ساله، ۱۳۷۵- ۱۳۸۵)

صدیقه محمدی*[۱]، علی سلاجقه[۲]، محمد مهدوی[۳] و رضا باقری[٤]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
پست الکترونیک: mohamadisedigeh@yahoo.com
۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
٤- استادیار، گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بافت کرمان

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۱۸

چکیده

از آنجا که خصوصیات آب‌های زیرزمینی در مقیاس مکانی و زمانی عمل کرده، نمی‌توان این خواص را در طول زمان و مکان ثابت فرض کرد. بنابراین این تحقیق به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان در یک دوره آماری ده‌ساله (۸۵-۱۳۷۵) به‌کمک بهترین روش تخمین‌گر زمین‌آماری انجام شد. در این راستا، ابتدا منابع آماری موجود سطح آب زیرزمینی دشت (شامل ٦۷ حلقه چاه مشاهده‌ای)، جمع‌آوری و بانک اطلاعاتی تهیه شد. پس از کنترل کیفیت و صحت آمار و اطمینان از همگنی و نرمال بودن آنها، از روشهای مختلف میان‌یابی شامل روش کریجینگ (OK)، لوگ کریجینگ (OK-LOG)، کوکریجینگ با استفاده از متغیر کمکی (OK-CO) و روش عکس فاصله (IDW) با توان‌های یک تا ۵ استفاده شد و بعد انتخاب بهترین روش میان‌یابی با استفاده از دو معیار MAE, MBE بعمل‌آمد. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی در ابتدا و انتهای دوره مطالعه تهیه و نهایتاً نقشه هم‌افت سفره در محیط نرم‌افزاری Arc-GIS 9.1 ترسیم شد. نتایج نشان داد که واریوگرام مدل گوسی به‌عنوان بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی داده‌ها و روش عکس فاصله به توان ۵ در ابتدای دوره و عکس فاصله به توان ٤ در انتهای دوره بهترین روش میان‌یابی عامل سطح آب می‌باشد. نتایج بدست‌آمده از پهنه‌بندی، حکایت از افت سطح آب زیرزمینی در بیشتر نقاط دشت دارد. به‌طوری‌که حداکثر این افت معادل ۳۲ متر در خروجی شمالی دشت (دامنه مؤثر چاه ۱۷ و ٦۲) و خروجی غربی دشت (دامنه مؤثر چاه ۸) است. همچنین نتایج حکایت از بالاآمدگی آب در محدوده شهر کرمان، حداکثر معادل ۷ متر، در دامنه مؤثر برخی از چاه‌ها (شماره ۵۰ و۵۲)، به‌علت واقع شدن آنها در زون آب برگشت شهری و فاضلاب شهر کرمان داشت.

واژه‌های کلیدی: تغییرات مکانی، سطح آب زیرزمینی، زمین‌آمار، دشت کرمان.

مقدمه

آب زیرزمینی بعد از یخچال‌ها، بزرگترین ذخیره آب شیرین زمین محسوب می‌شود. قابل توجه است که آب زیرزمینی فقط ٦ درصد آب‌های موجود کره زمین را تشکیل می‌دهد، حال آن‌که این حجم بسیار ناچیز ۹۸٪ آب شیرین قابل استفاده بشر را تأمین می‌کند

Archive of SID

www.SID.ir

(Todd, 2005). براساس ارزیابی‌های دانشمندان، در نیمه دوم قرن ۲۱ به دلیل تغییرات آب و هوایی مقدار ذخایر آبی جهان ۲۰ درصد کاهش می‌یابد و کشورهای زیادی با مشکل کمبود آب شیرین مواجه خواهند شد (Appelo & Postma, 2005).

ایران از نظر جغرافیایی در منطقه‌ای از جهان واقع شده که متوسط بارندگی آن ۲۵۰ میلی‌متر (یک سوم متوسط بارندگی سالانه جهان) است (علیزاده، ۱۳۸۱). به طور کلی قسمت اعظم این کشور، خشک و کم‌آب است و آب مورد نیاز روستاها، صنایع و شهرها از منابع آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. حتی در مناطقی که بارندگی زیاد است و منابع آب سطحی وجود دارد برای جبران کمبود آب از آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود. در حال حاضر، در کشور به دلیل برداشت بیش از حد مجاز آب از سفره‌های زیرزمینی، بسیاری از قنات‌ها خشک و یا در حال نابودی است. منابع آب زیرزمینی به‌دلیل برداشتهای بی‌رویه به شدت رو به کاهش است. کاهش حجم آب‌های زیرزمینی از یک‌سو و فعالیت‌های انسان از سوی دیگر، موجب کاهش کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی و تخریب اراضی با گذشت زمان می‌گردد (هاشمی‌نژاد و کریمی، ۱۳۸۵). دشت کرمان جزء مناطق خشک و کویری ایران است و از لحاظ اقلیمی از شرایط مطلوبی برخوردار نیست و رودخانه و منابع آب سطحی قابل اعتمادی در این دشت وجود ندارد. بنابراین تنها منبع آبی مورد اعتماد جهت شرب و کشاورزی در این دشت سفره آب زیرزمینی است. در این دشت مسائل ناشی از آب تنها به‌علت کمبود منابع آب نیست، بلکه بیشتر به توزیع زمانی و مکانی ناموزون آن مربوط می‌گردد. از آنجا که آمار کلاسیک قادر به درنظر گرفتن توزیع مکانی عاملهای کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی نبوده، بنابراین از زمین‌آمار به‌عنوان تکنیکی برای این هدف استفاده می‌شود. این تکنیک برای اولین بار حدود نیم قرن پیش برای شناسایی الگوهای توزیع طلا در معادن آفریقای جنوبی توسط یک مهندس معدن به نام کریج آغاز شد (مدنی، ۱۳۷۳). هر چند تکنیک زمین‌آمار، قدمت چندانی ندارد، اما توسعه روشهای مختلف زمین‌آماری باعث شده تا برخی از مطالعات راجع به سطح آب زیرزمینی، در رابطه با مقایسه انواع روشهای زمین‌آماری و حتی گاهی ارزیابی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای (که مربوط به نقاط نمونه‌برداری فاکتورهای کمی‌آب زیرزمینی هستند) انجام شود (Dick & Gerand, 2006؛ صفری، ۱۳۸۱؛ میثاقی و همکاران، ۱۳۸۱؛ مشعل و همکاران، ۱۳۸۶). مطالعات متعدد دیگری نیز به‌منظور بررسی تغییرات کمی آب زیرزمینی توسط این تکنیک انجام شده است؛ Kelin *et al*., (2005)، در مطالعه خود با تکنیک زمین‌آمار کریجینگ معمولی نقشه‌های همتراز سطح آب زیرزمینی را برای شمال دشت چین تهیه کردند. یافته‌های آنها افت سفره آب زیرزمینی به میزان ۶ متر را در مقایسه با سال ۱۹۹۰ نشان می‌دهد. همچنین آنها اذعان داشتند که دامنه تأثیر سطح آب زیرزمینی به‌ترتیب معادل ۲۱/۹۳ کیلومتر(با مدل واریوگرام نمایی) می‌باشد. در تحقیقی Vijay & Remadevi (2006)، نشان دادند که در تخمین سطح آب زیرزمینی روش کریجینگ نسبت به روش فاصله معکوس دقت بالاتری دارد. ترابی (۱۳۷۸) در مطالعه دشت کاشان به این نتیجه رسید که متوسط سطح ایستابی در طی سالهای ۱۳۴۴ تا ۱۳۷۶ حدود ۱۶ متر افت داشت. دادرسی سبزوار (۱۳۸۵) در مطالعه تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، خطوط هم‌تغییر سطح آب زیرزمینی را با روش

Archive of SID

www.SID.ir

کریجینگ و در محیط نرم‌افزاری surfer ترسیم کرد. مشعل و همکاران (۱۳۸٦) در تحقیق خود با استفاده از داده‌های رقوم سطح آب اندازه‌گیری شده دشت اراک در ٤٦ نقطه و برای ۳ سال مختلف (مرطوب، متوسط و خشک) در بررسی زمین‌آماری خود مدل واریوگرام گوسی را به‌عنوان بهترین مدل واریوگرام برای این داده‌ها معرفی کردند.

استفاده از روشهای نامناسب درون‌یابی و ناآگاهی از مدل واریوگرامی مناسب می‌تواند برآوردهای ناصحیحی در نقشه‌های پهنه‌بندی عاملهای مورد بررسی به‌کمک روشهای زمین‌آماری به دنبال داشته باشد که این امر منجر به خسارتهای جبران‌ناپذیری در مدیریت، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزیها خواهد شد. بنابراین در این تحقیق اقدام به بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان در یک دوره آماری ده ساله (۸۵-۱۳۷۵) به‌کمک بهترین روش تخمین‌گر زمین‌آماری شد که در این راستا مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌های سطح آب زیرزمینی (به‌همراه عاملهای مربوطه مدل) نیز تعیین می‌شود.

مواد و روشها

محدوده مطالعاتی دشت کرمان با کد ٤۹۰٦ بین طول‌های جغرافیایی ٥٦ درجه و ۱۸ دقیقه تا ٥۷ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرفیایی ۲۹ درجه و ٤۷ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی قرار دارد. که بخشی از حوزه آبریز مرکزی ایران است و در جنوب‌غرب دشت لوت واقع شده است. وسعت این دشت ٥٤۲۰ کیلومترمربع می‌باشد که ۳۲۰۰ کیلومتر مربع آن را سطوح آبرفتی و ۲۲۲۰ کیلومترمربع دیگر را نواحی کوهستانی و کوهپایه‌ای تشکیل می‌دهد. شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

برای انجام این تحقیق، در ابتدا اقدام به جمع‌آوری منابع آماری موجود سطح آب زیرزمینی دشت، به تعداد ٦۷ حلقه چاه مشاهده‌ای، تهیه بانک اطلاعاتی و انتخاب پایه زمانی مشترک (سال آبی ۷۵-۱۳۷٤ تا ۸۵-۱۳۸٤) شد. پس از کنترل کیفیت و صحت آمار، آزمون همگنی با روش آزمون توالی[1] (مهدوی، ۱۳۸۱) و آزمون نرمالیته در محیط نرم‌افزاری SPSS انجام شد. به‌دلیل چولگی مثبت داده‌های غیرنرمال از روشهای لگاریتم‌گیری نسبت به نرمال کردن داده‌ها اقدام شد (مهدوی، ۱۳۷۸).

پس از برازش مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌ها و تعیین عاملهای آن در ابتدا و انتهای دوره آماری، مقایسه تکنیک‌های مختلف زمین‌آماری شامل روش کریجینگ (OK)، لوگ کریجینگ (OK-LO)، کوکریجینگ با استفاده از متغیر کمکی (OK-CO) و روش عکس فاصله (IDW) با توان‌های یک تا ۵، جهت درون‌یابی، با استفاده از نرم‌افزار زمین‌آماری انجام شد. لازم به ذکر است که منحنی واریوگرام از مهمترین عملیات زمین‌آمار است که از طریق معادله زیر قابل محاسبه است؛

$$\gamma(h)=\frac{1}{2n(h)}\sum_{i=1}^{n}\left[z(x+h)-z(x)\right]^2$$

که در آن:

$\gamma(h)$: مقدار واریوگرام برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند.

$n(h)$: تعداد جفت نمونه‌های بکار رفته به‌ازاء یک فاصله مشخص مانند h

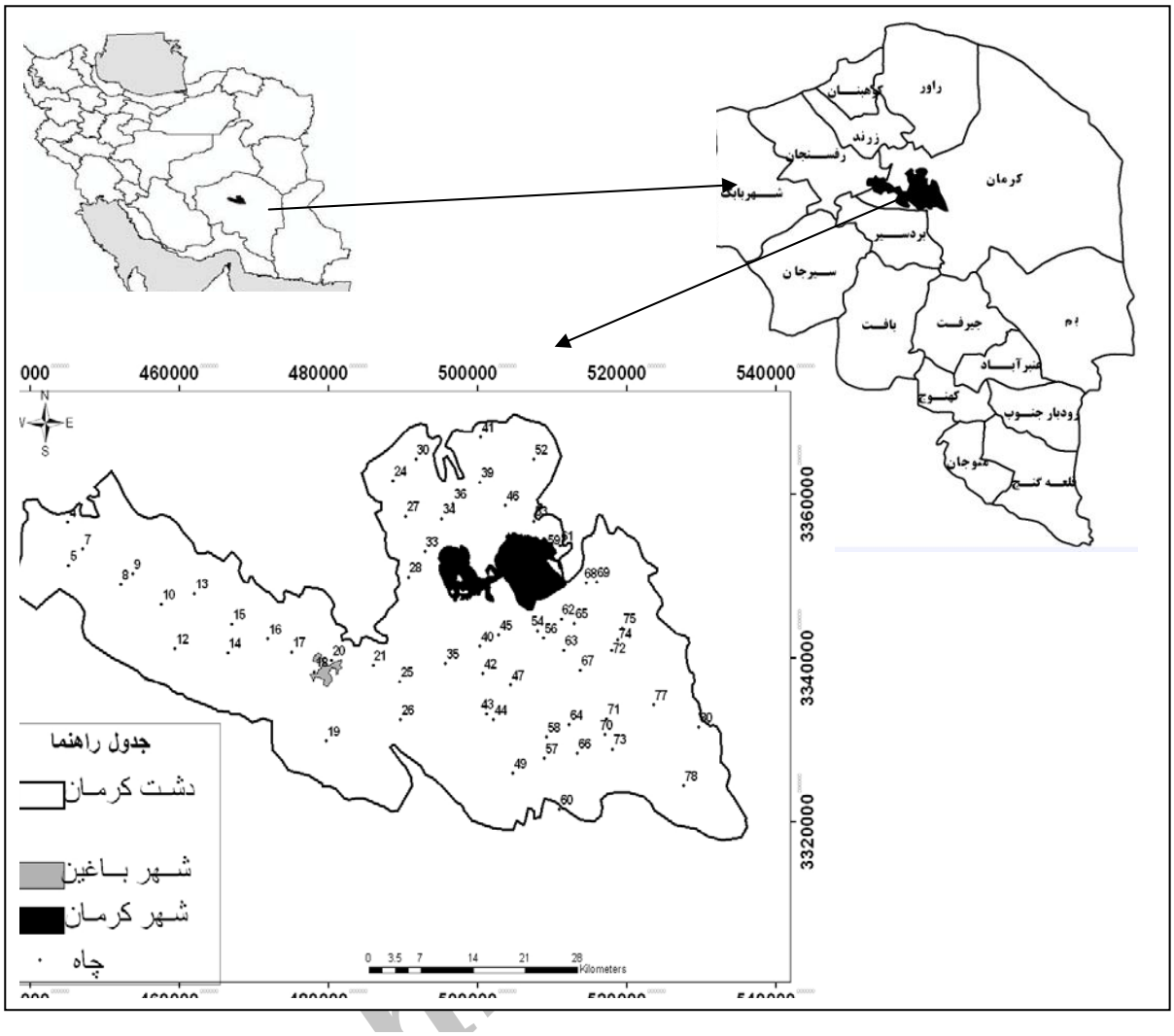
$Z(x)$: متغیر مشاهده شده در نقطه x

$Z(x+h)$: مقدار مشاهده شده متغیری که به فاصله h از x قرار دارد.

1- Run Test

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

واریوگرام دارای سه مشخصه اصلی است که شامل آستانه (C1+C0)، شعاع تأثیر (R) و اثر قطعه‌ای (C0) است (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

برای بررسی دقت روشهای میان‌یابی و انتخاب بهترین روش میان‌یابی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از مهمترین این روشها تکنیک اعتبارسنجی حذفی می‌باشد. این تکنیک بر این اساس است که هر بار یک نقطه مشاهده‌ای به‌طور موقت حذف شده و برای آن از روی نقاط مجاور، مقداری برآورد می‌گردد. سپس مقدار حذف شده به جای خود برگردانده شده و برای بقیه نقاط شبکه بصورت مجزا این برآورد صورت می‌گیرد. با داشتن این دو مقدار می‌توان در نهایت با توجه به مقادیر مشاهده شده و برآورد شده، انحراف (MBE)[1] و دقت (MAE)[2] در هر روش را بدست‌آورد، که از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

1-Mean Bias Error
2- Mean Absolute Error

www.SID.ir

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|Z^*(x_i) - Z(x_i)\right|$$

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Z^*(x_i) - Z(x_i))$$

$Z^*(xi)$: مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر؛

$Z(xi)$: مقدار اندازه‌گیری شده متغیر مورد نظر؛

n : تعداد داده‌ها؛

MAE: میانگین مطلق خطا (دقت)؛

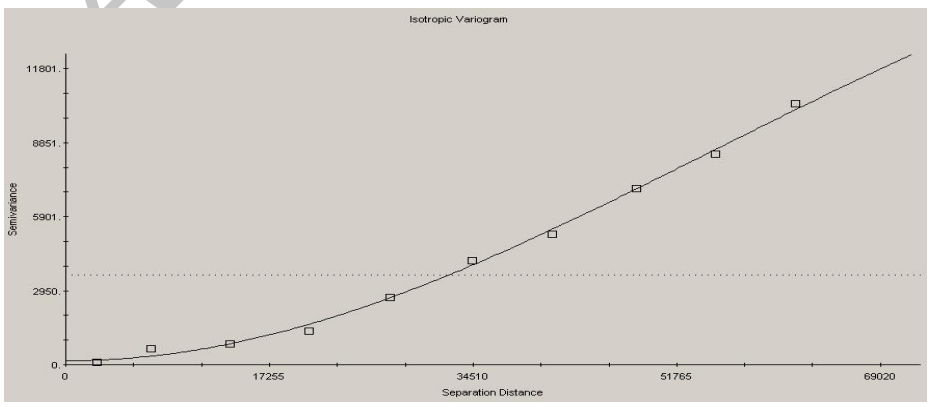
MBE: میانگین خطای انحراف.

که این دو عامل، معیاری مناسب برای برآورد دقت و انحراف تخمین است (Issak & Srivastava, 1989).

پس از انتخاب بهترین روش میان‌یابی مربوط به سطح آب زیرزمینی، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی در ابتدا و انتهای دوره آماری مورد مطالعه در محیط نرم‌افزاری GS+ ترسیم شد. با توجه به اینکه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی حاصل از این نرم‌افزار زمین‌آماری قابل تجزیه و تحلیل، انجام عملیات محاسباتی و نیز قدرت همپوشانی نقشه‌ها نمی‌باشد. بنابراین لازم بود این نقشه‌ها در نرم‌افزاری که قدرت تجزیه و تحلیل و نیز عمل همپوشانی نقشه‌ها وجود داشته باشد، تهیه گردد. بدین منظور با استفاده از مدل مناسب ساختار فضایی و عاملهای آن در مدل و بهترین روش میان‌یابی (که در نرم‌افزار GS+ تعیین شده بود) نسبت به رسم نقشه پهنه‌بندی مکانی عامل سطح زیرزمینی دشت در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.1 اقدام شد. درنهایت از تفاضل این دو نقشه، نقشه هم‌افت آب زیرزمینی دشت بدست آمد.

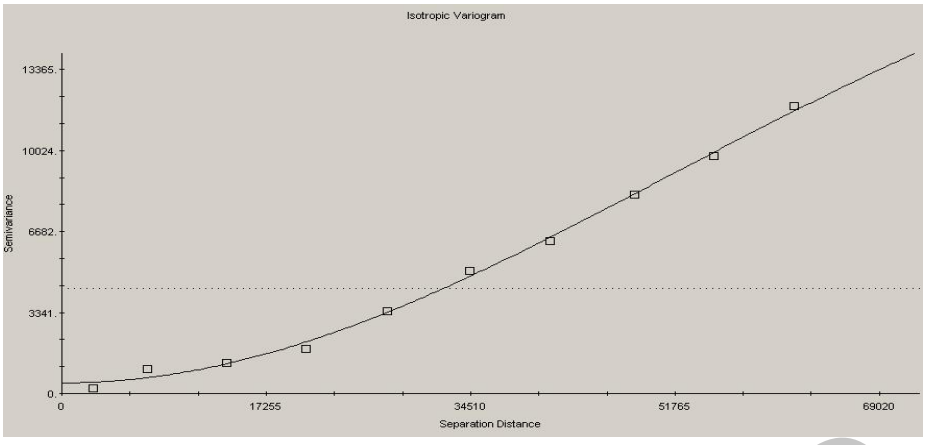
جدول ۱- مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده سطح آب در هر یک از سالهای آماری

سال	مدل واریوگرام	اثر قطعه‌ای C0 (مترمربع)	آستانه C0+C (مترمربع)	دامنه تأثیر R (متر)	پایداری ساختار فضایی C/C0+C (درصد)	هبستگی r^2 (درصد)	مجموع مربعات باقیمانده RSS
۱۳۷۵	گوسن	۱۶۰	۲۱۴۲۰	۷۷۵۰۰	۰/۹۹۳	۰/۹۹۷	۳/۰۸۳E+۰۰۴
۱۳۸۵	گوسن	۴۴۰	۲۱۹۸۰	۷۲۱۰۰	۰/۹۸	۰/۹۹۷	۲/۰۴۸E+۰۰۳



شکل ۲- واریوگرام سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۷۵

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- واریوگرام سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۵

نتایج

پس از آنالیز تجربی داده‌ها و اطمینان از نرمال بودن آنها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و در صورت لزوم اقدام به نرمال کردن داده‌ها اقدام به برازش واریوگرام مناسب و تعیین عاملهای آن شد که نتایج بدست‌آمده در جدول ۱ و شکلهای ۲ و ۳ ارائه شده است.

به‌کمک تکنیک اعتبارسنجی حذفی، از مقادیر MAE و MBE جهت ارزیابی روشهای مختلف میان‌یابی استفاده شد که نتایج بدست‌آمده در جدول ۲ ارائه شده است.

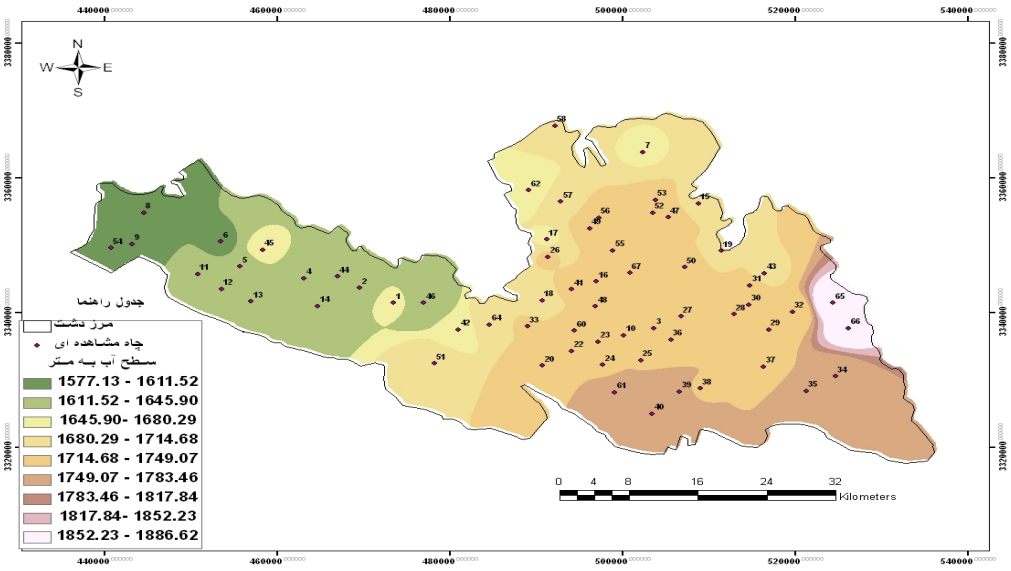
جدول ۲- مقادیر MAE و MBE هریک از روشهای میان‌یابی سطح آب زیرزمینی در دوره آماری

روش میان‌یابی	سال ۱۳۷۵				سال ۱۳۸۵			
	میانگین نمونه‌های مشاهده‌ای	میانگین تخمینی	MBE	MAE	میانگین نمونه‌های مشاهده‌ای	میانگین تخمینی	MBE	MAE
kriging	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰٤/۳۱٦	-۰/۰۱۷۸٤	۱۸/۱٤۲۰۹	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹۳/۹۰۲	-۰/۰۸۰۵۵	۲٤/۷۵۱۳٦
idw-1	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰۵/۸۱	۱/٤۷۵۷۰۳	۱۷/۱۲۹۳۹	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹٦/۲۷٦	۲/۲۹۲٦۷۲	۲۲/۹۰۸۵۵
idw-2	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰٤/۸٤۵	۰/۵۱۰۵٦۳	۱۵/۰۵۱۱۳	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹۵/۳۲٤	۱/۳٤۱۱۲۵	۲۱/۲۱۰٦۹
idw-3	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰٤/۵۵۹	۰/۲۲۵٤۲۲	۱٤/۲۲۰۱۱	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹۵/۰۷۵	۱/۰۹۱۹۲۲	۲۰/٦۹۷۳٦
idw-4	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰٤/۵۰۲	۰/۱٦۷۸۵۹	۱٤/۰۵۳۵۸	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹۵/۰۱٤	**۰/۰۳۱۰۳۱**	**۲۰/٦۱۰۵**
idw-5	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰٤/٤۵۷	**۰/۱۲۲۸۲۸**	**۱٤/۰٦۳۷**	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹٤/۹٤	۰/۹۵۷۲۳٤	۲۰/۷۸۷۷۳
cokriging	۱۷۰٤/۳۳٤	۱۷۰۳/۸۷۹	-۰/٤۵۵۱۲	۱٤/۹۳۱۲۵	۱٦۹۳/۹۸۳	۱٦۹۳/۵۷۳	-۰/٤۰۹۸۸	۲۰/۸٦۵۲۸

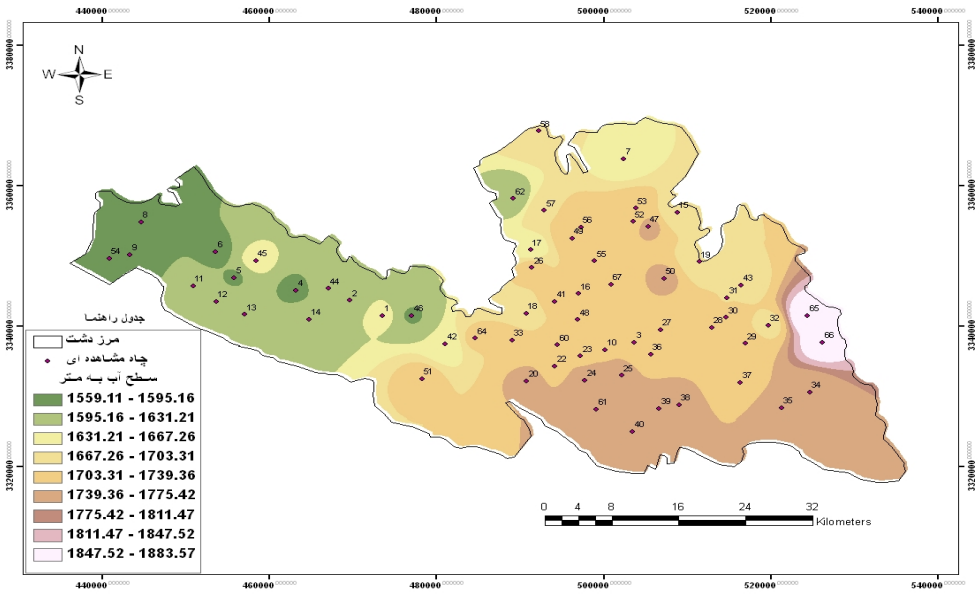
Archive of SID

www.SID.ir

پس از انتخاب روش مناسب میان‌یابی با استفاده از نرم‌افزار GS+، جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی از نرم‌افزار Arc GIS 9.1 استفاده شد که نتایج مربوط به نقشه تغییرات سطح آب زیرزمینی سال ۱۳۷۵ در شکل ٤، نقشه تغییرات سطح آب زیرزمینی سال ۱۳۸۵ در شکل ٥ و تفاضل این دو نقشه (نقشه هم‌افت سفره) که مربوط به پهنه‌بندی زمانی می‌باشد در شکل ٦ ارائه شده است. لازم به ذکر است موقعیت چاه‌های پیزومتری مورد مطالعه نیز در این نقشه‌ها نمایش داده شده است.

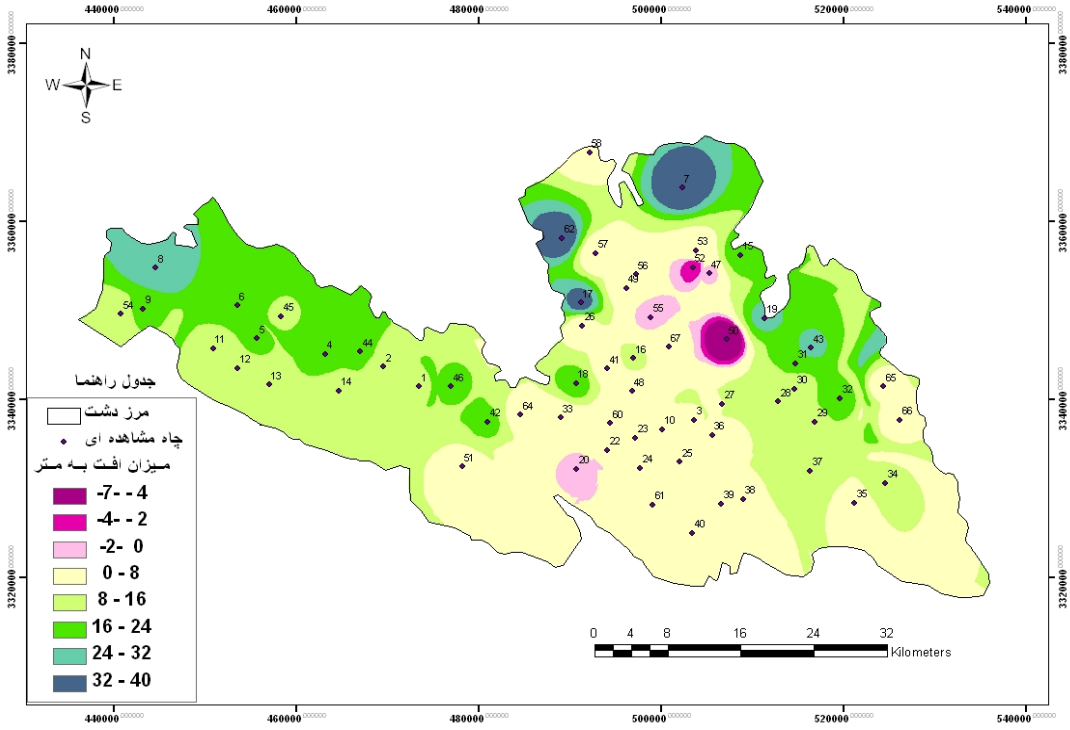


شکل ٤- پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی (متر) دشت کرمان در سال ۱۳۷۵



شکل ٥- پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی (متر) دشت کرمان در سال ۱۳۸۵

www.SID.ir



شکل ٦- نقشه هم‌افت (متر) آب زیرزمینی دشت کرمان

بحث

نتایج بدست‌آمده از آنالیز واریوگرافی مربوط به سطح آب زیرزمینی در ابتدا و انتهای دوره آماری نشان‌دهنده این است که مناسبترین مدل واریوگرام برازش شده به ساختار فضایی این داده‌ها مدل گوسی می‌باشد که این مدل بر خلاف مدل‌های نمایی و کروی رفتاری سهمی‌گون دارد، این مهم با یافته‌های صفری (۱۳۸۱) در دشت چمچمال و مشعل و همکاران (۱۳۸٦) در دشت اراک همسویی داشت. دلیل این مطابقت را می‌توان درجه پیوستگی بالای عامل سطح آب زیرزمینی دانست. همچنین نتایج بدست‌آمده نشان داد که شعاع تأثیر این عامل از ۷۷۵۰۰ متر در سال ۷۵ به میزان ۷۲۱۰۰ متر در سال ۸۵ رسیده که نشان‌دهنده روند نزولی دامنه تأثیر این عامل در محدوده چاه‌های پیزومتری دشت است. همچنین مقدار آستانه نیز از ۲۱٤۲۰ در سال ۷۵ به ۲۱۹۸۰ در سال ۸۵ رسیده است.

یافته‌های بدست‌آمده از ارزیابی روشهای مختلف میان‌یابی با استفاده از تکنیک اعتبارسنجی حذفی در مورد عامل سطح آب زیرزمینی نشان داد که روش عکس فاصله با توان ۵ در ابتدا و این روش با توان ٤ در انتهای دوره آماری به‌عنوان بهترین روش میان‌یابی می‌باشد. همچنین بررسیها نشان داد که روش کوکریجینگ با استفاده از متغیر کمکی H نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد و از دقت نسبتاً بالایی برخوردار است که این مهم با تحقیقات مشعل و همکاران (۱۳۸٦) مطابقت داشت. یافته‌های مربوط به این بخش با نتایج Vijay & Remadevi (2006) مغایرت داشت که احتمالاً به‌دلیل متفاوت بودن شرایط حاکم بر این دو منطقه است.

Archive

www.SID.ir

نتایج بدست‌آمده از بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی دشت نشان داد که در بخش شرق و جنوب شرق (ورودی دشت)، سطح آب زیرزمینی بالا می‌باشد، به‌طوری‌که بیشترین سطح تراز آب در محدوده شعاع تأثیر پیزومترهای ٦٥ و ٦٦ می‌باشد. بتدریج به سمت خروجی دشت در ناحیه شمال دشت و نیز خروجی غربی دشت شاهد کاهش سطح آب زیرزمینی هستیم، به‌طوری‌که کمترین میزان سطح آب زیرزمینی در محدوده پیزومترهای ۸، ۹ و ٥٤ در خروجی غربی دشت و نیز در محدوده پیزومترهای ۱۷ و ٦٢ در خروجی شمالی دشت می‌باشد. مقایسه نقشه‌های تراز آب زیرزمینی در طول دوره آماری نشان می‌دهد که به مرور شاهد افت سطح تراز آب زیرزمینی در سطح آبخوان دشت می‌باشیم، به‌طوری‌که این افت در تمام نقاط دشت به‌ویژه در منطقه خروجی شمالی (بخصوص در دامنه مؤثر پیزومترهای ٦٢ و ۱۷) و خروجی غربی دشت چشمگیر است.

مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی ابتدا و انتهای دوره آماری نشان می‌دهد که روند افت شدید سطح تراز آب زیرزمینی در سطح دشت قابل توجه است، به‌طوری‌که متوسط سطح تراز آب زیرزمینی در ورودی دشت از ۱۸٦۹/٤ متر در سال ۷٥ به ۱۸٦٥/٥ متر در سال ۸٥ (افت ۳/۹ متر) و در نواحی خروجی دشت در خروجی شمالی دشت از ۱٦٦۳ متر به ۱٦۳۱ متر (افت ۳۲ متر) و در خروجی غربی دشت از ۱٥۹٤/٤ به ۱٥۷۷/۱ متر (افت ۱۷/۲۸متر) می‌رسد. لازم به ذکر است که افت سطح آب زیرزمینی در سایر قسمت‌های دشت نیز بطور چشمگیری دیده می‌شود. به‌طوری‌که در نواحی مرکزی دشت، متوسط سطح تراز آب زیرزمینی از ۱۷۳۱/۹ متر به ۱۷۲۱/۳ متر (افت ۱۰/٥ متر) می‌رسد. با عنایت به موارد ذکر شده بطور کلی افت تراز آب زیرزمینی در این دشت با روند رو به رشدی ادامه دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سهم عمده کاهش ذخایر آبی دشت در درجه اول به عوامل انسانی مربوط است؛ و در درجه دوم به اضافه برداشت و افت سطح آب زیرزمینی، که روند رو به رشد تعداد چاه‌های بهره‌برداری و به دنبال آن افزایش برداشت و تخلیه از سفره آب زیرزمینی سبب افت مستمر سطح آب زیرزمینی در دوره آماری مورد مطالعه شده است. البته خشکسالیهای اخیر در این راستا مزید بر علت شده و از یک‌سو باعث کاهش میزان تغذیه منابع آب زیرزمینی از منابع آب سطحی شده و از سوی دیگر باعث هجوم انسان به بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی شده است. این نتایج با مطالعات خلیل پور (۱۳۸۱) در دشت قم، کتیبه (۱۳۸۲) در آبخوان آب باریک بم، لشکری‌پور (۱۳۸٤) در دشت مشهد، ملایی و همکاران (۱۳۸٦) در دشت ورامین، و صادقی (۱۳۸٦) در دشت اراک مطابقت داشت. دلیل این مطابقت را می‌توان به شکننده و آسیب‌پذیر بودن اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به فعالیت‌های انسانی و سایر عوامل تنش‌زا (ازجمله خشکسالی) ربط داد. در این راستا به‌منظور متعادل نمودن مخزن پیشنهاد می‌گردد که از هر گونه اضافه‌برداشت بدون تمهیدات لازم به‌ویژه در بخشهای خروجی دشت جداً جلوگیری بعمل آید. به‌طوری‌که ادامه وضع بهره‌برداری فعلی خسارتهای فراوانی را برای کشاورزان منطقه در پی خواهد داشت.

بررسی نقشه هم‌افت آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد که در طول دوره آماری مورد بررسی بیشترین میزان افت آب زیرزمینی در خروجی شمالی دشت در دامنه مؤثر چاه مشاهده‌ای ۱۷ و ٦٢ و نیز در دامنه مؤثر چاه مشاهده‌ای ۷ معادل حداکثر٤۰ متر است. در سایر بخشهای دشت نیز

Archive of SID

www.SID.ir

میزان افت قابل ملاحظه به‌ویژه در سطح وسیعی از نیمه غربی دشت، افت حداکثر ۱۶ متر و خروجی غربی دشت در دامنه تأثیر چاه مشاهده‌ای ۸ حداکثر ۳۲ متر و در سایر نقاط خروجی غربی دشت، افت حداکثر ۲۴ متر مشاهده می‌شود. در بخشهای مرکزی و نیز ورودی آب زیرزمینی دشت، وضعیت بهتری نسبت به سایر بخشها حاکم است و حداکثر میزان افت مشاهداتی حدود ۸ متر است و در نیمه شرقی دشت افت متوسطی نسبت به سایر بخشها داریم.

همچنین بررسی نقشه هم افت آب زیرزمینی حکایت از بالاآمدگی آب در دامنه مؤثر چاه‌های مشاهده‌ای ۵۰ و ۵۲ حداکثر به میزان ۷ متر و در دامنه مؤثر چاه‌های مشاهده‌ای ۴۷، ۵۵، و ۲۰ حداکثر به میزان ۲ متر دارد. در ردیف‌های ۴۷،۵۰، ۵۲ و ۵۵ روند تغییرات سطح آب بعکس سایر چاه‌های مشاهده‌ای نه‌تنها افت سطح آب مشاهده نمی‌شود، بلکه بعکس، سطح آب این چاه‌ها در طول زمان به علت واقع شدن آنها در زون آب برگشت شهری و فاضلاب شهر کرمان خیز داشته و سطح آب بالاآمدگی قابل‌توجهی دارد. بنابراین لازم است در شعاعی از مرکز شهر کرمان تعدادی چاه جهت اندازه‌گیری سطح آب در نظر گرفته شود. اندازه‌گیری مستمر و ماهانه این چاه‌ها و نمونه‌برداری و تجزیه کامل شیمیایی و بررسی آلاینده‌ها و فلزات سنگین می‌تواند در مطالعات آینده در تهیه مدل‌های کمی و کیفی و طرح‌های مختلف کارساز باشد. لازم به ذکر است با گسترش شبکه پیزومتری تاکنون شبکه نسبتاً مناسبی در سطح دشت وجود دارد.

همچنین پیشنهاد می‌شود که در مطالعات مربوط به منابع آب زیرزمینی بجای استفاده از هیدروگراف واحد برای کل دشت از نقشه پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی دشت استفاده شود، زیرا استفاده از هیدروگراف‌ها در ارزیابی تغییرات مکانی سطح آب، معرف کل دشت می‌باشد. درصورتی‌که ممکن است تغییرات سطح آب زیرزمینی در برخی مناطق دشت از روند کلی حاکم بر دشت پیروی نکرده و آنومالی‌هایی (مانند بالاآمدگی آب در محدوده شهر کرمان) در برخی نقاط دشت دیده شود.

در کل می‌توان نتیجه گرفت که افت بیش از حد آب زیرزمینی در قسمت عمده‌ای از سطح دشت، طی دوره آماری مورد مطالعه، نمایانگر وابستگی بیش از حد قطب کشاورزی منطقه مطالعاتی به منابع آب زیرزمینی است. مدیریت فاضلاب‌ها و پساب‌های شهری و صنعتی (که در بخشهایی از دشت باعث بالاآمدگی آب در سطح سفره شده‌اند) و استفاده از آنها در بخش کشاورزی، نه‌تنها از روند شدید افت سطح سفره و وابستگی کشاورزی منطقه به منابع آب زیرزمینی جلوگیری خواهد کرد، بلکه از مشکلات و خطرات ناشی از بالاآمدگی آب برای ساکنان منطقه شهری کرمان نیز خواهد کاست.

منابع مورد استفاده

- ترابی، ع.، ۱۳۷۸. بررسی روند شور شدن آبهای زیرزمینی شمال دشت کاشان. مجله بیابان، ۴ (۲):۲۲-۱.
- حسنی پاک، ع.ا.، ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۳۱۴ صفحه.
- خلیلی‌پور، ا.، ۱۳۸۱. بررسی روند کمی و کیفی آبهای زیرزمینی دشت قم و تأثیر آن بر بیابانزایی منطقه. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۰ صفحه.
- دادرسی سبزوار، ا.، ۱۳۸۵. تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و بررسی نقش آن در تخریب سرزمین. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد، ص ۶۶۷ تا ۶۷۸.

Archive of SID

www.SID.ir

- سازمان آب منطقه‌ای کرمان. ۱۳۷۹. گزارش مطالعاتی بررسی کیفیت و آلودگی آبهای زیرزمینی دشت کرمان، ۳۰۰ صفحه.
- صادقی، س.، سلیمانی، ک.، مهدوی، م. و قدیمی، ف.، ۱۳۸٦. بررسی روند شور شدن آبهای زیرزمینی دشت اراک. سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۳٦۲-۳٦۵.
- صفری، م.، ۱۳۸۱. تعیین شبکه بهینه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با کمک روشهای زمین‌آماری. مطالعه موردی: دشت چمچمال. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس.
- علیزاده، ا.، ۱۳۸٦. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۸۰۸ صفحه.
- کتیبه، ه.، ۱۳۸۲. بررسیهای هیدروشیمیایی آبخوان آب باریک بم. ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ص۹۵-۸۵.
- کشکولی، ح،ع.، برومند نسب، س. و حسینی، ی.، ۱۳۸۵. بهینه‌سازی تخمین هدایت هیدرولیکی جهت نصب زهکش در ارضی کشاورزی با استفاده از روش کریجینگ و مقایسه آن با روش پلی‌گون‌بندی تیسن. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ص ٦٤-٥٤.
- لشگری پور، غ.، ۱۳۸٤. افت سطح آب زیرزمینی و پیامد نشست زمین در دشت مشهد. مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ص ۱۳۲-۱۲٤.
- مدنی، ح.، ۱۳۷۳. مبانی زمین‌آمار، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ٦۵۹ صفحه.
- مشعل، م.، درویشی، ا. و قلیچ ثابت، ح.، ۱۳۸٦. ارزیابی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای سطح آب زیرزمینی با استفاده از روشهای زمین‌آماری در دشت اراک. سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کرمان، جلد دوم، ص۸۸٤-۸۸۸.
- ملایی، م.، حسین زاده، م. و فاطمی، س.ح.، ۱۳۸٦. بررسی وضعیت کمی آبهای زیرزمینی دشت ورامین در دوره آماری ۵ ساله آبی، همایش آب‌های زیرزمینی، دانشگاه آزاد بهبهان، ص ۱۲٤-۱۱۰.
- مهدوی، م.، ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی. جلد اول. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳٦٤ صفحه.
- مهدوی، م.، ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی. جلددوم، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ٤۰۱ صفحه.
- مهدوی، م.، ۱۳۷٤. هیدروژئولوژی. انتشارات دانشگاه تهران، ۱٦۱ صفحه.
- میثاقی، ف. و محمدی، ک.، ۱۳۸۱. برآورد سطح آب زیرزمینی با استفاده از روشهای متداول درون‌یابی و مقایسه آن با تکنیک زمین‌آمار. چکیده مقالات بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۵۸۸ تا ۵۹۰.
- هاشمی‌نژاد، ه. و کریمی، ا.، ۱۳۸۵. بررسی افت کیفیت آبهای زیرزمینی در واحدهای هیدرولوژیکی نجف‌آباد و اصفهان - برخوار در طی سالهای ۷٦-۸۳. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده‌رود، دانشگاه شهرکرد، ص ۱۸۲۹ تا ۱۸۳۹.
- Appelo, C.A.J. and Postma, D., 2005. Geochemistry,groundwater and Pollution. 2D edition, A.A.BALKEMA Publishers. 265 pp.
-Dick, J.B. and Gerard, B.M.H., 2006. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. Geoderma, 138: 86-95.
-Issak, E.H. and Srivastava, R.M., 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, 561pp.
-Kelin, H., Huang, Y., Li, H., Li, B., Chen, D. and Robert, E.W., 2005. Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. Environment International, 31:893-903.
-Todd, D.K., 2005. Groundwater Hydrology. Third Edition,John wiley & sons.
-Vijay, K. and Remadevi, H., 2006. Kriging of Groundwater Levels (a case study). Journal of Spatial Hydrology, 1:81-92.

Archive of SID

www.SID.ir

An ivestigation on spatial and temporal variations of groundwater level in Kerman plain using suitable geostatistical method (During a 10-year period)

Mohamadi, S.[1*], Salajegheh, A.[2], Mahdavi, M.[3] and Bagheri, R.[4]

1*- Corresponding Author, PhD Student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email:mohamadisedigeh@yahoo.com
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4- Assistant Professor, Islamic Azad University, Baft Branch, Kerman, Iran.

Received: 23.01.2010 Accepted: 08.01.2011

Abstract

Due to the variation of ground water properties in temporal and spatial scale, these properties can not be assumed constant over time and space. This research was conducted to assess spatial and temporal variations of ground water table in Kerman plain during a 10-year period (1375-1385) by using the best geostatistical estimator. Firstly, available statistical resources related to the ground water table of this plain (including 67 wells) were collected. After controlling for quality, accuracy and normality of the data, different interpolation techniques were used including kriging (with and without logarithm), cokriging, inverse distance (with exponents of 1 to 5). The best technique was selected based upon MAE and MBE criteria and provided spatial zonation maps in the beginning and end of the period. Spatial zonning maps were prepared at the beginning and end of the study and ultimately, iso-falling map was provided in Arc GIS 9.1 package. Our findings showed that Gaussian variogram model was the best for spatial structure of these data and inverse distance method with exponents of 5 and 4 were the best interpolation methods in the beginning and end of the period, respectively. Zonation maps showed a falling trend of the ground water level in majority of the plain. Maximum falling data (32 meters), was recorded respectively for the northern outlet of the plain with an effective range of 17 and 62 pizometers and western outlet with an effective range of 8 pizometers. Also, the results showed an upward trend of water, as 7 meters, in effective range of some wells with 50 and 52 pizometers in Kerman city due to being located in sewage and waste water zone of the city.

Key words: spatial variation, ground water table, geostatistics, Kerman plain.

Archive of SID

www.SID.ir