انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

نشریه مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی در دشت گرمسار

علی آذره[۱]، الهام رفیعی ساردوئی[۲]، علی اکبر نظری سامانی[۳]، ریحانه مسعودی[۴] و حسن خسروی[۵*]

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲. دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳. دانشیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
۵. استادیار دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران
* نویسنده مسئول: hakhosravi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۱/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۴**

چکیده

مدیریت منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد. در چند دههٔ اخیر به دلیل عوامل طبیعی و انسانی، افت سطح آب زیرزمینی در بیشتر مناطق کشور گزارش شده است. با توجه به اهمیت موضوع روند تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۱ به کمک بهترین روش تخمین‌گر زمین‌آماری مورد بررسی قرارگرفت. در آغاز داده‌های سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار (شامل ۴۵ حلقه چاه مشاهده‌ای) جمع‌آوری شد و کیفیت و صحت آماری و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت. از بین روش‌های مختلف درون یابی (بر پایهٔ معیار RMSE) همانند کریجینگ (kriging) و عکس فاصله (IDW) با توان‌های یک تا سه، بهترین روش میان‌یابی تعیین و نقشه‌های موردنظر در نرم‌افزار ArcGIS9.3 ترسیم شد. نتایج بدست آمده نشان داد که روش کریجینگ بهترین روش پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی در آغاز و پایان دورهٔ مورد بررسی می‌باشد. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی در این دوره نشان‌دهنده‌ی روند افت شدید سطح تراز آب زیرزمینی در شمال غرب منطقه است و هر چه به سمت جنوب‌شرق می‌رویم از مقدار افت سفره آب زیرزمینی کاسته می‌شود. در قسمت‌های شمال‌شرقی و جنوب‌غربی منطقه نیز طی این دوره سطح آب بالا آمده است و افتی مشاهده نشد. علت آن قرار داشتن منطقه مورد بررسی روی مخروط افکنه و ویژگی آن است. همچنین نتایج نشان دهندهٔ متوسط افت ۳/۵ متر سطح آب زیرزمینی در کل دشت طی ۱۰ سال گذشته است، که علت اصلی آن کاهش بارندگی و پمپاژ بیش از حد آب زیرزمینی برای کشاورزی طی این دوره بوده است. بنابراین با بهره‌گیری از مدیریت صحیح و استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، به کاهش مقدار افت در منطقه کمک خواهد کرد.

واژگان کلیدی: تغییرات مکانی؛ سطح آب زیرزمینی؛ زمین‌آمار؛ کریجینگ؛ دشت گرمسار؛ بارندگی.

■ مقدمه

ایران از نظر جغرافیایی در منطقه‌ای از جهان واقع شده که متوسط بارندگی آن (۲۵۰ میلی‌متر) یک سوم متوسط بارندگی سالانه جهان است و آب مورد نیاز اکثر روستاها، صنایع و شهرها از منابع آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۸). در حال حاضر، به‌دلیل برداشت بیش از حد مجاز آب از سفره‌های زیرزمینی، بسیاری از قنات‌ها خشک و یا در حال نابودی است. کاهش حجم آب‌های زیرزمینی از یک‌سو و فعالیت‌های انسان از سوی دیگر، موجب کاهش کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی و تخریب اراضی با گذشت زمان می‌گردد. بر پایهٔ آمار سال آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۲در کشور، حدود ۷۴/۶میلیارد مترمکعب آب از طریق چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها استحصال شده است (هاشمی‌نژاد، ۱۳۸۸). از آنجا که آمار معمولی توانایی در نظر گرفتن توزیع مکانی اجزای کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی نیست، بنابراین از روش‌های زمین‌آماری روش بهره‌گیری می‌شود. هر چند روش زمین‌آمار، قدمت چندانی ندارد، اما توسعه روش‌های مختلف زمین‌آماری باعث شده تا برخی از مطالعات راجع به سطح آب ز یرزمینی، در رابطه با مقایسه انواع روش‌های زمین‌آماری و حتی گاهی ارزیابی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای که مربوط به نقاط نمونه‌برداری فاکتورهای کمی آب زیرزمینی هستند انجام شود. در این‌جا به تعدادی از این مطالعات اشاره شده است:

Chen *et al* (۲۰۰۴) روابط بین متغیرهای اقلیمی و تراز آب زیرزمینی ایالت مانیتوبا در کانادا را بررسی کردند. آن‌ها برای این کار از داده‌های میانگین دما، حداکثر و حداقل دما و بارش برای دوره‌ی آماری ۲۰۰۰-۱۹۹۰ بهره‌گیری کردند. نتایج نشان داد که بارش و میانگین دمای سالانه در این منطقه همبستگی بالایی با تراز آب زیرزمینی سالانه دارد.

رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی دشت نیریز استان فارس علت افت آب زیرزمینی را برداشت زیاد، ویژگی‌های بوم شناختی گونه تاغ و کاهش بارندگی اعلام کردند.

جهان بخش و کریمی (۱۳۸۸) ارتباط خشکسالی و منابع آب زیرزمینی دشت تبریز را در خصوص ۴۰حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق در دوره آماری ۱۳۸۱-۱۳۷۰ بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تراز آب زیرزمینی دشت دارای روند منفی بوده و در دوره آماری مورد بررسی در حدود ۳/۹۴ افت داشته است.

Kelin *et al* (۲۰۰۵) در بررسی خود با روش زمین آمار کریجینگ معمولی نقشه‌های هم‌تراز سطح آب زیرزمینی را برای شمال دشت چین تهیه کردند. یافته‌های آن‌ها افت سفره آب زیرزمینی به میزان شش متر را در مقایسه با سال ۱۹۹۰ نشان می‌دهد. همچنین آن‌ها اذعان داشتند که دامنه تأثیر سطح آب زیرزمینی ۲۱/۹۳ می‌باشد.

مشعل و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش خود با بهره‌گیری از داده‌های رقومی سطح آب اندازه‌گیری شده دشت اراک در ۴۶ نقطه و برای سه سال مختلف (مرطوب، متوسط و خشک) در بررسی زمین‌آماری خود مدل واریوگرام گوسی را به عنوان بهترین مدل واریوگرام بر ای این داده‌ها معرفی کردند.

محمدی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تغییرات مکانی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی دشت کرمان با بهره‌گیری از زمین‌آمار پرداختند. نتایج حاصل از پهنه‌بندی مکانی عمق آب زیرزمینی در سطح دشت نشان داد که روند تغییرات عمق آب زیرزمینی تقریبا از توپوگرافی دشت تبعیت می‌کند. مقایسه نقشه‌های هم عمق بدست آمده در طول دوره آماری مورد بررسی نشان‌دهنده افزایش عمق (کاهش سطح) آب زیرزمینی در سطح دشت می‌باشد. به طوری‌که نقطه عطف این افزایش از زمان شروع دوره خشکسالی از سال ۱۳۷۸ است.

Demir *et al* (۲۰۰۹) تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه را بررسی کردند. آنان در این پژوهش از داده‌های ماهانهٔ یک سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴ در ۶۰ چاه مشاهداتی بهره‌گیری کردند. نتایج پژوهش آنان حاکی از این بود که قسمت شرقی محدودهٔ مورد بررسی که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیشترین خطر برای شوری می‌باشد.

YueSun *et al* (۲۰۰۹) به مقایسه سه روش میان‌یابی

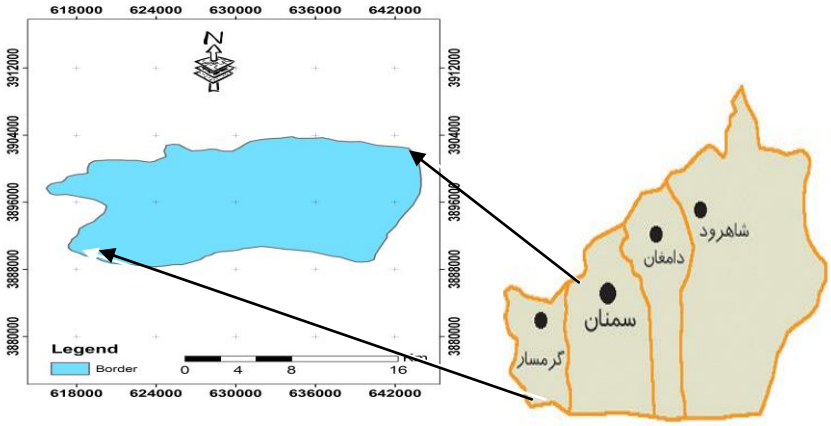
عکس فاصله، توابع پایه شعاعی و کریجینگ برای پیش بینی تغییرات زمانی و مکانی عمق آب زیرزمینی در کویر مین کین در شمال چین پرداختند. مقایسه مقادیر مشاهده شده با مقادیر میان‌یابی شده نشان داد که روش کریجینگ معمولی به عنوان روش بهینه برای میان‌یابی عمق آب زیرزمینی است.

بنابراین در این پژوهش اقدام به بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار در یک دوره آماری ده ساله ۱۳۹۰-۱۳۸۱ به کمک بهترین روش تخمین‌گر زمین آماری شد که در این راستا مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌های سطح آب زیرزمینی (به همراه اجزای مربوطه مدل) نیز تعیین می‌شود.

■ مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد بررسی

دشت گرمسار با وسعتی بالغ بر ۳۲۰ کیلومتر مربع بر روی آبرفت رودخانه حبله‌رود و مخروط افکنه آن در طول ′۱۰ °۵۲ تا ′۴۵ °۵۲ درجه شرقی و عرض ′۰۰ °۳۵ تا ′۲۰ °۳۵ درجه شمالی در غرب استان سمنان واقع شده است. متوسط ارتفاع دشت از سطح دریا ۸۷۵ متر است (شکل ۱). مخروط افکنه حبله رود که دشت گرمسار برروی آن قرار دارد، یک نمونه بارز از مخروط‌افکنه‌های بزرگ مناطق خشک است که در نتیجه اعمال فرسایش، حمل و رسوبگذاری رودخانه و از مواد آبرفتی تشکیل شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد بررسی و پراکنش چاه‌ها

■ روش پژوهش

برای انجام این پژوهش، درآغاز اقدام به جمع‌آوری منابع آماری موجود در سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار (به تعداد۴۵ حلقه چاه مشاهده‌ای) و تهیه پایگاه اطلاعاتی و انتخاب پایه زمانی مشترک (۱۳۸۰-۱۳۹۰) شد. پس از جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات مربوط به سطح آب زیرزمینی در محل چاه‌های انتخابی و تبدیل مختصات چاه‌ها به سیستم متریک (UTM) با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشهٔ پهنه‌بندی متغیرها تهیه شد. البته قبل از انجام آنالیز زمین آماری اطمینان از نرمال بودن داده‌ها ضروری است. این امر در محیط نرم‌افزاری در محیط SPSS انجام گرفت. پس از برازش مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌ها و تعیین اجزای آن در آغاز و انتهای دوره آماری (رابطه ۱)، روش‌های مختلف زمین آماری از قبیل روش کریجینگ و عکس فاصله[1] (با توان‌های یک تا سه، برای درون‌یابی) با بهره‌گیری از نرم افزار زمین آماری GS+ انجام شد

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(X_i) - Z(X_i + h))^2 \quad (۱)$$

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

$n(h)$: تعداد جفت نمونه‌های به‌کار رفته به ازای یک

[1] Inverse Distance Weighted (IDW)

فاصله مشخص مانند h

$Z(x)$: متغیر مشاهده شده در نقطه x

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

برای بررسی دقت روش‌های میان‌یابی و انتخاب بهترین روش میان‌یابی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از مهمترین این روش‌ها، اعتبارسنجی حذفی می‌باشد. این روش بر این اساس است که هر بار یک نقطه مشاهده‌ای به طور 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 به صورت مجزا این برآورد صورت می‌گیرد. با داشتن این دو مقدار می‌توان در نهایت با توجه به مقادیر مشاهده شده و برآورد شده RMSE در هر روش را به دست آورد که معیاری مناسب برای برآورد دقت و انحراف تخمین است که از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$RMSE = \left(\sum (Z^*(xi) - Z(xi))^2 / n\right)^{1/2} \quad (۲)$$

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

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

n: تعداد داده‌ها می‌باشد.

که RMSE معیاری مناسب برای برآورد دقت و انحراف تخمین است.

پس از انتخاب بهترین روش درون‌یابی مربوط به سطح آب زیرزمینی، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی درآغاز و انتهای دوره آماری مورد بررسی در نرم‌افزار ArcGIS9.3 تهیه شد. در پایان از تفاضل این دو نقشه، نقشه هم افت آب زیرزمینی دشت بدست آمد.

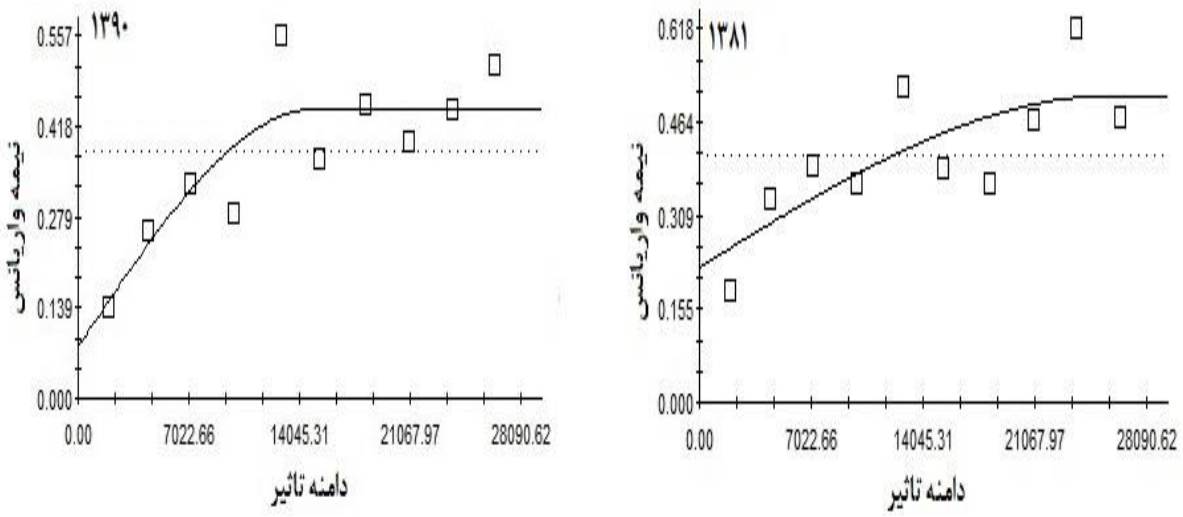
■ نتایج

برازش واریوگرام مناسب و تعیین اجزای آن شد. متغیرهای مربوط به آنها در جدول ۱ و واریوگرام‌های مربوطه در شکل ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۱. مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده به سطح آب زیرزمینی

سال	مدل	RSS	r^2	C/C_0+C	A_0	C_0+C	C_0
۱۳۸۱	کروی	۰/۰۵	۰/۶۵	۰/۵۶	۲۵۹۷۰	۰/۵۰	۰/۲۲
۱۳۹۰	کروی	۰/۰۳	۰/۷۶	۰/۸۴	۱۵۰۴۰	۰/۴۴	۰/۰۷

همچنین نتایج حاصل از برازش مدل واریوگرام به واریوگرام تجربی نشان می‌دهد که بهترین مدل برازش داده شده به متغیر سطح آب زیرزمینی در هر دو دوره مدل کروی می‌باشد.



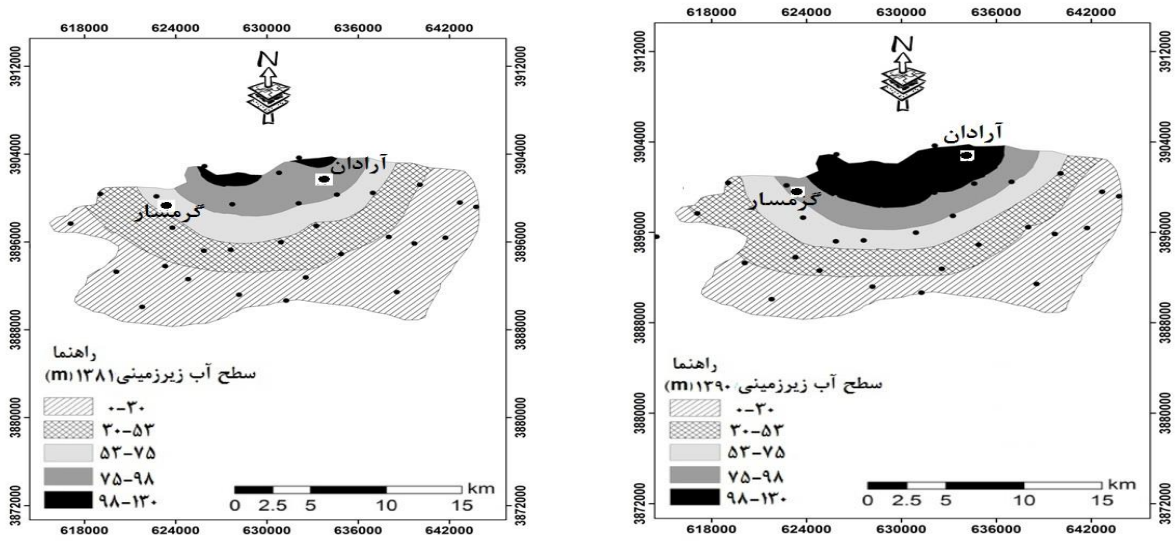
شکل ۲. واریوگرام سطح آب زیرزمینی در سال‌های مورد بررسی

از بین دو روش درون‌یابیIDW با توان‌های یک تا سه و کریجینگ، بر پایهٔ معیار RMSE روش کریجینگ به عنوان بهترین روش برای پهنه بندی سطح آب زیرزمینی انتخاب شد (جدول۲).

جدول ۲. مقادیر RMSE هریک از روش‌های میان‌یابی سطح آب زیرزمینی

سال	Kriging	IDW3	IDW2	IDW1
۱۳۸۱	۱۶/۰۴	۱۹/۹۷	۲۱/۵۲	۲۴/۹۱
۱۳۹۰	۸/۷۵	۱۱/۸۴	۱۴/۱۳	۱۷/۹۷

پس از انتخاب روش مناسب میان‌یابی با بهره‌گیری از برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی از نرم‌افزار Arc GIS9.3 بهره‌گیری شد که نقشه تغییرات سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۱و ۱۳۹۰ در شکل ۳ و مساحت مربوط به هر طبقه در جدول ۳ ارائه شده است.



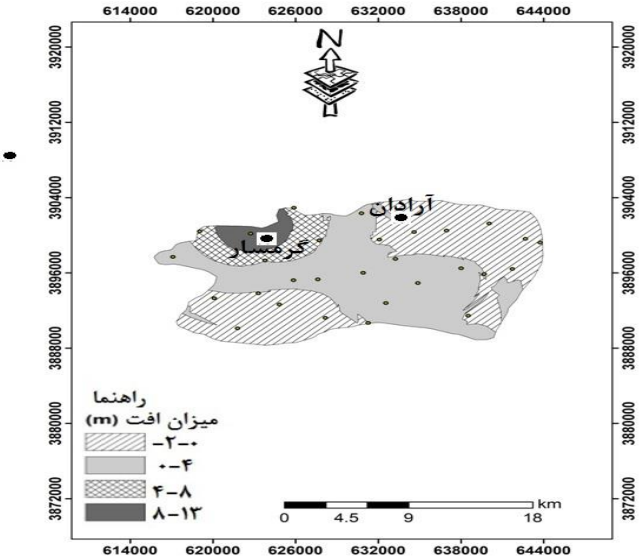
شکل ۳. پهنه بندی مکانی سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار در دو سال ۱۳۸۱ و ۱۳۹۰

جدول ۳. مساحت مربوط به کلاس سطح آب زیرزمینی

کلاس(m) / سال	۰-۳۰	۳۰-۵۳	۵۳-۷۵	۷۵-۹۸	۹۸-۱۳۰
۱۳۸۱ (km^2)	۱۵۷	۷۸	۴۰	۳۷	۸
۱۳۹۰ (km^2)	۱۱۵	۷۶	۴۸	۳۵	۴۶

با کم کردن نقشه‌های سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۰ از سال ۱۳۸۱، نقشه تغییرات افت سفره به دست آمد که در شکل ۴ نشان داده شده است و مساحت مقدار افت نیز در جدول ۴ آورده شده است.

شکل ۴ نیز مناطقی را که شاهد افت بوده‌ایم و مناطقی را افتی نداشته‌ایم را نشان می‌دهد.

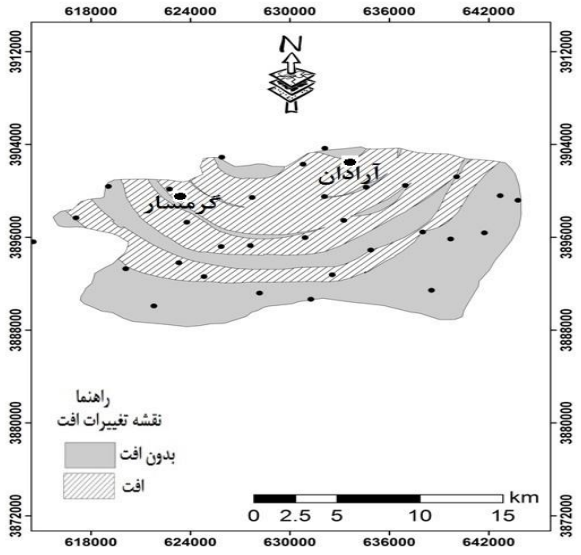


شکل ۴. مقدار آب زیرزمینی دشت گرمسار در طی دوره آماری مورد بررسی

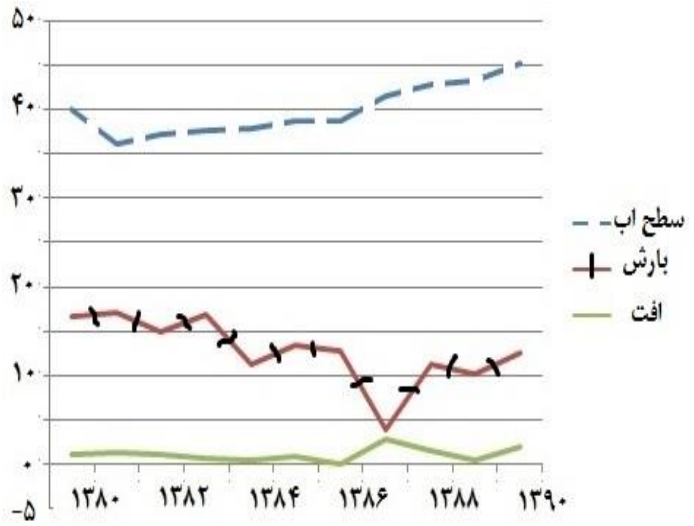
جدول ۴. مساحت مربوط به مقدار افت آب زیرزمینی

کلاس (m)	۰-۲-	۰-۴	۴-۸	۸-۱۳
مقدار افت (km^2)	۱۴۰	۱۴۰	۲۵	۱۵

از آنجایی که تغییر سطح و حجم سفره آب زیرزمینی ارتباط مستقیم با میانگین بارش سالیانه به عنوان تغذیه‌کننده اصلی سفره دارد، بر این اساس چنانچه منابع تغذیه‌کننده ثابت در نظر گرفته شوند سطح آب زیرزمینی نیز ارتباط مستقیمی با این مقدار بارش دارد. لذا برای تعیین عوامل اصلی موثر در وضعیت پهنه‌بندی سفره‌ها این ارتباط به صورت نموداری در قالب شکل۵ مورد بررسی قرار گرفت. نمودار به دست آمده تا حدود بسیار زیادی تأییدکننده ارتباط مستقیم مقدار نزولات جوی با تغییرات متغیر سطح آب زیرزمینی در آغاز و انتها دوره می‌باشد.



شکل ۵. نقشه تغییرات افت آب زیرزمینی دشت گرمسار



شکل ۶. ارتباط بین سطح آب زیرزمینی و بارندگی

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اکثریت متغیرهای کیفی آب دارای چولگی بالایی هستند. بنابراین با بهره‌گیری از انتقال لگاریتمی نرمال شدند که با نتایج Dasgupta *et al.* (۱۹۹۵)؛ Adhikary *et al.* (۲۰۱۱)؛ Bohling (۲۰۰۵)؛ Nas(۲۰۰۹) مطابقت دارد. همچنین این امر با پژوهش Freeze (۱۹۷۵) که بیان می‌دارد برای بیشتر مطالعات صحرایی یک توزیع لگاریتمی مناسب است همخوانی دارد. که دلیل این امر می‌تواند ناکافی بودن تعداد نمونه‌ها و یا توزیع نامناسب آنها باشد. همچنین تغییرپذیری زیاد متغیرهای محیطی و عوامل بسیاری که بر این متغیرها تأثیر می‌گذارد می‌تواند موجب نرمال بودن متغیرهای محیطی شود.

نتایج به دست آمده از آنالیز واریوگرافی مربوط به سطح آب زیرزمینی در آغاز و انتهای دوره آماری نشان‌دهنده این است که مناسب‌ترین مدل واریوگرام برازش شده به ساختار فضایی این داده‌ها مدل کروی می‌باشد که این نتایج با نتایج Adhikary *et al* (2011)؛ Jing lee *et al* (2007)؛ Taghizadeh Mehrjardi *et al* (2008)؛ Barca & Passarella (2007) همخوانی دارد. این نتایج با نتایج Vijay Kumar (2005) و Remadev Kelin *et al* (2006) که در پژوهش‌های خود به مدل گوسی و خطی دست یافتند همخوانی ندارد. یکی از دلایل این مغایرت می‌تواند تفاوت محیط‌های مورد بررسی و شرایط محیطی از یکدیگر باشد. همچنین تعداد نمونه کافی و پراکنش مناسب نمونه‌ها از یکدیگر و همگن بودن شرایط محیطی می‌تواند ما را به یک مدل گوسی که نشان‌دهنده قوی بودن ساختار مکانی متغیر مورد نظر است نزدیک کند. برعکس این موضوع در مورد مدل خطی صدق می‌کند.

یافته‌های به دست آمده از ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی با بهره‌گیری از روش اعتبارسنجی حذفی در مورد عامل سطح آب زیرزمینی نشان داد که روش کریجینگ درآغاز و انتهای دوره آماری به عنوان بهترین روش میان‌یابی می‌باشد. یافته‌های مربوط به این بخش با نتایج Vijay & Remadevi (2006) مغایرت داشت که احتمالاً به‌دلیل متفاوت بودن شرایط حاکم بر این دو منطقه است.

نتایج به دست آمده از بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی سطح آب زیرزمینی دشت نشان داد در بخش مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی آغازین و پایانی دوره آماری روند افت شدید سطح تراز آب زیرزمینی در شمال غرب منطقه بیشتر است و هر چه به سمت جنوب‌شرق می‌رویم از مقدار افت سفره آب زیرزمینی کاسته می‌شود.

همچنین در قسمت‌های شمال‌شرقی و جنوب‌غربی

منطقه در طی این دوره سطح آب بالا آمده است و افتی مشاهده نشد که علت آن قرار داشتن منطقه مورد بررسی روی مخروط افکنه گرمسار است.

با عنایت به موارد ذکر شده به طور کلی افت تراز آب زیرزمینی در این دشت با روند رو به رشدی ادامه دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سهم عمدهٔ کاهش ذخایر آبی و بیابان‌زایی در منطقه مورد بررسی به عوامل انسانی مربوط است که اضافه برداشت و افت سطح آب زیرزمینی، که روند رو به رشد تعداد چاه‌های بهره برداری و به دنبال آن افزایش برداشت و تخلیه از سفره آب زیرزمینی موجب افت مستمر سطح آب زیرزمینی در دوره آماری مورد بررسی شده است.

البته کاهش بارندگی‌ها در سال‌های اخیر نیز اخیر در این راستا مزید بر علت شده است. این نتایج با مطالعات محمدی (۱۳۹۱) در دشت کرمان و لشگرپور (۱۳۸۴) در دشت مشهد مطابقت دارد. دلیل این مطابقت را می‌توان به شکننده و آسیب‌پذیر بودن اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به فعالیت‌های انسانی و سایر عوامل تنش‌زا (از جمله خشکسالی) ربط داد. در این راستا به منظور متعادل نمودن مخزن پیشنهاد می‌گردد که از هر گونه اضافه برداشت بدون تمهیدات لازم به ویژه در بخش‌های خروجی دشت جداً جلوگیری شود. به طوری که ادامه وضع بهره‌برداری فعلی خسارت‌های زیادی را برای کشاورزان منطقه در پی خواهد داشت.

بررسی نقشه هم افت آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد که در طول دوره آماری مورد بررسی بیشترین میزان افت آب زیرزمینی در خروجی شمالی غربی دشت و به مقدار ۱۳ متر است.

نتایج نشان داد که عمق آب زیرزمینی افزایش یافته و افت سطح سفره در طی این مدت به مقدار ۳ متر صورت گرفته است که با نتایج شمسی پور و حبیبی (۱۳۸۷) که در نتایج خود در دشت مشهد به این نتیجه رسیدند که سطح سفره با گذشت زمان افت کرده است مطابقت دارد. همچنین همانطور که در شکل ۵ مشخص است روند تغییرات افت سفره به صورت کمانی کمانی است چون دشت گرمسار که بر روی مخروط افکنه حبله رود قرار دارد و بادبزنی شکل می‌باشد و نمونه بارزی از مخروط افکنه‌های کلاسیک است که در نتیجه اعمال فرسایش، حمل و رسوبگذاری رودخانه از مواد آبرفتی آن تشکیل شده است و قطر ذرات از بالا به پایین مخروط افکنه ریزتر می‌شود که این موضوع نشان‌دهنده ضریب همبستگی بالای بین ژئومرفولوژی و سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد بررسی است.

■ منابع

۱. مراد محمدی، ح.، و شمسی پور، ع.ا. (۱۳۸۲). تاثیر خشکسالی‌های اخیر در افت منابع اب زیرزمینی در دشت همدان. *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۴۵، ۱۱۵-۱۳۰.

۲. جهان بخش، س.، و کریمی، ف. (۱۳۸۸). ارتباط بین خشکسالی و منابع آب زیرزمینی.گزارش نهایی از پروژه تحقیقاتی دانشگاه تبریز.

۳. محمدی، ص.، سلاجقه، ع.، مهدوی، م.، و باقری، ر. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از روش زمین آماری مناسب (طی یک دوره آماری ۱۰ ساله، ۱۳۸۵-۱۳۷۵). ۱۹ *فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران* (۱)،۶۱-۷۰.

۴. علیزاده، ا. (۱۳۸۸). هیدرولوژی کاربردی. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

۵. لاشبرگ پور، غ.ر. (۱۳۸۴). کاهش آب‌های زیرزمینی جدول و پیامد این نشست در دشت مشهد. مجموعه مقالات همایش نهم انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.

۶. عزیزی، ق. (۱۳۸۲). ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*،۴۶، ۱۴۴-۱۳۱.

۷. رحمانی، م.، مصباح، س. ح.، حسینی مرندی، ح. و نجفی نژاد، ع. (۱۳۸۸)، بررسی اثر افت آب زیر زمینی بر ایجاد خندق در دشت نیریز فارس، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، کرج، انجمن آبخیزداری ایران.

۸. هاشمی‌نژاد، هـ، و کریمی جشنی، ا. (۱۳۸۵). بررسی افت کیفیت آب زیرزمینی در واحدهای هیدرولوژیکی نجف آباد و اصفهان در طی سال‌های ۷۶ تا ۸۳. اولین همایش منطقه‌ای بهره برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود (فرصت‌ها و چالش‌ها).

۹. مشعل، م.، و درویشی، ا. (۱۳۸۶). ارزیابی شبکه چاه‌های مشاهده‌ای سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آماری در دشت اراک. سومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کرمان، جلد دوم، ۸۸۴-۸۸۸.

10. Adhikary,p.p, Dash,ChJ., Chandrasekharan,H., Rajput, T., & Dubey, SK.(2012). Evaluation of groundwater quality for irrigation and drinking using GIS and geostatistics in a peri-urban area of Delhi, India. *Arabian Journal of Geosciences, 5.* 1423-1434.

11. Barca,E., & Passarella.G.(2007). Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation. A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation.

12. Bohling. G. (2005).Itroduction to Geostatistics and Variogram Analysis.

13. Chen, Z., Grasby,S., & Osadetz, K.G. (2004). Relation between climate variability and groundwater level in the upper carbonate aquifer, south Manitoba, Canada. *Journal of Hydrology. 290.* 43-62.

14. Dasgupta,A., Jayakrishnan,R., Onta,P.R., & Ramnarong,V. (1995). Assessment of groundwater quality for the Bangkok aquifer system, Models for Assessing and Monitoring Groundwater Quality. *IAHS Public. 227.*3-11.

15. Demir,Y., Sahin,S., Güler, M., Cemek, B., Günal,H., & Arslan,H.(2009) . Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluvents in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Environ Monet Assess. 158.*279–294.

16. Freese,R.A. (1975). A stochastic-conceptual analysis of one-dimensional groundwater flow in no uniform homogeneous media. *Water resources journal. 11 (5).* 725-741.

17. Kelin Hu,a, Yuangfang, Huang,a., Hong Li,a.b., Baoguo Li,a., & Deli Chen,c. (2005). Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain Environment International. 31.896 – 903.

18. Kumar, V., & Remadevi,s.(2006). Kriging of Groundwater Levels – A case study. *Journal of Spatial Hydrology6 (1).*14-21.

19. Nas,B. (2009). Geostatistical Approach to Assessment of Spatial Distribution of Ground water Quality. *Journal of Environ. 18.* 1073-1082

20. Taghizadeh Mehrjardi,R. Akbarzadeh., Mahmoodi,Sh., Heidari,A., & Sarmadian,F.(2008). Application of Geostastical Methods for Mapping Groundwater Quality in Azarbayjan Province, Iran. *American-Eurasian Journal. Agric & Environment. 3 (5).* 726-735.

21. Taghizadeh Mehrjardi, R., Zareian Jahromi, M., Mahmodi,Sh., & Heideri,A.(2008). Spacial Distirbution of Ground water quality with Geostatistics (case study: Yazd-Ardakan plain). *World Applied science Journal.4 (1).*9-17.

22. YueSun, A. Shaozhong,A. , Kang,F., & Zhang,L. (2009). Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China. *Journal EnvironmentModel and Software.24.*1163–1170.

No. 3, Spring & Summer, 2014, pp 11-20

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Study on Spatial and Temporal Variations of Groundwater Level in Garmsar Plain

A. Azareh[1], E. Rafiei Sardoii[2], A. Nazari Samani[3], R. Masoudi[4] and H. Khosravi[5]*

1. Ph.D. Student in Combating Desertification, University of Tehran, Iran
2. Ph.D. Student in Watershed Management, University of Tehran, Iran
3. Associate Professor, University of Tehran, Iran
4. Ph.D. Student in Combating Desertification, University of Tehran, Iran
5. Assistant Professor, University of Tehran, Iran

* Corresponding author: hakhosravi@ut.ac.ir

Received: 2013.04.13 **Accepted: 2013.08.26**

Abstract

Water resources management especially for groundwater resources is a very important task in arid and semi-arid regions. Over last decades, because of various natural and anthropogenic factors, critical condition and declined groundwater level have been reported in most regions of the country. With regard to importance of this issue variation pattern of groundwater level in Garmsar plain was assessed using the best geostatistics estimator method over 2002-2011 period. Among the various interpolation methods including Kriging and inverse distance weighting (IDW) with power 1-3, Kriging method was determined as the best interpolation method based on RMSE criterion. Results showed that spatial zoning maps of groundwater level in this period indicates intense depletion of groundwater level in the northwest of the region. Results also show that the average level of groundwater in the whole plain has decreased 3.5 m because of decreased rainfall and over-pumping of groundwater for agricultural uses in the period.

Keywords: Spatial variation, Groundwater level, Geostatistics, Kriging, Garmsar, Rainfall