مقاله پژوهشی

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۷، تابستان ۱۴۰۰

بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی با استفاده از تخمین گر آماری

(مطالعه موردی: دشت نورآباد)

بابک شاهی نژاد[۱]

رضا دهقانی[۲]*

reza.dehghani67@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۲۳**

چکیده

زمینه و هدف: تراز سطح آب زیرزمینی، در مطالعات ژئوهیدرولوژیکی اهمیت بسزایی دارد.

روش بررسی: تحقیق و پژوهش در مقیاس زمانی و مکانی تراز سطح آب زیرزمینی به دلیل تغییرات دائمی آن امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در این پژوهش به‌منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت نورآباد بر اساس ۳۵ حلقه چاه موجود برای سال آماری (۱۳۹۰-۱۳۹۱) در دو ماه تر و خشک از تخمین گرهای زمین‌آماری استفاده گردید. پارامتر سطح آب زیرزمینی دشت نورآباد پس از آزمون همگنی و نرمالیزه نمودن، بعنوان ورودی در روش‌های مختلف میان یابی کریجینگ و عکس وزن دهی فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ موردبررسی قرار گرفت. معیارهای جذر میانگین مربعات خطا و میانگین انحراف خطا جهت مقایسه و ارزیابی روش‌ها مورداستفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصله نشان داد که روش عکس وزن دهی فاصله با توان یک در ماه‌های خشک و تر با کمترین مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین انحراف خطا جواب بهتری را ارائه داده است.

بحث و نتیجه‌گیری: درمجموع روش عکس وزن دهی فاصله روشی مناسب جهت مطالعات آماری بوده و می‌تواند بعنوان ابزاری مفید در بررسی و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات مکانی، دشت نورآباد، زمین‌آمار، عمق آب زیرزمینی

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان

۲- دانشجوی دکترای سازه های آبی، دانشگاه لرستان

Human and Environment, No. 57, Summer 2021

Evaluation of Temporal and Spatial Variations of Groundwater Level by Using Statistical Estimator (Case study: Nourabad Plain)

Babak Shahi Nejad [1]

Reza Dehghani [2*]

reza.dehghani67@yahoo.com

Received: January 27, 2017 Accepted: May 13, 2017

Abstract

Background and Purpose: Groundwater level is very important in geohydrology studies.

Research and Methods: Research on spatial and temporal scales due to changes in groundwater levels is essential and inevitable. In this study to evaluate the spatial and temporal changes in groundwater level of Nourabad basin, geo-statistical estimators for 35 wells for statistical year (2011-2012) in two months (wet and dry) node were used. after the homogeneity test and normalization, Nourabad groundwater level parameters were used as input for different methods of interpolation like Kriging and IDW with powers 1 to 5 root mean square error and mean error standard deviation was used to compare and evaluate methods.

Findings: The results showed IDW method with power of 1 had the lowest root mean square error and mean bias error was a priority for dry and wet months.

Results: Overall inverse distance weighting method is an appropriate method to use statistical analysis and can be useful as a step in the exploitation of groundwater resources.

Keywords: Spatial, Nourabad Plain, Land Statistics, Depth to Groundwater

1- Assistant Professor, Water Engineering, University of Lorestan, Khorramabad, Iran
2 - Ph.D., Student of Water Structure, Faculty of Agriculture., University of Lorestan, Khorramabad, Iran
*(Corresponding Author)

مقدمه

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و ضرورت استفاده بهینه از منابع مختلف آبی، استحصال حداکثر مقدار ممکن آبهای زیرزمینی برای رفع نیازهای همه انسان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در بیشتر مناطق کشور برای بررسی اطلاعات سطح ایستابی یک دشت می‌تواند از طریق پیزومترهای مشاهده‌ای موجود در منطقه که توسط وزارت نیرو با حفظ استانداردهای جهانی جهت آماربرداری ماهانه حفرشده است، با توجه به اندازه‌گیری‌های سطح آب در پیزومترهای نصب‌شده انجام شود. هدف از بررسی تغییرات مکانی، انتخاب روش مناسب درون‌یابی برای تخمین نوسانات سطح آب زیرزمینی است. ضرورت بررسی تغییرات مکانی نوسانات سطح آب زیرزمینی، برداشت بهینه از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. امروزه تخمین گرهای زمین‌آمار به‌طور گسترده‌ای جهت تحلیل و مطالعات مسائل مختلف مورداستفاده قرارگرفته است. طی سالهای اخیر استفاده از روش‌های زمین‌آمار در مطالعات سطح آب زیرزمینی موردتوجه محققین قرارگرفته است، که ازجمله می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

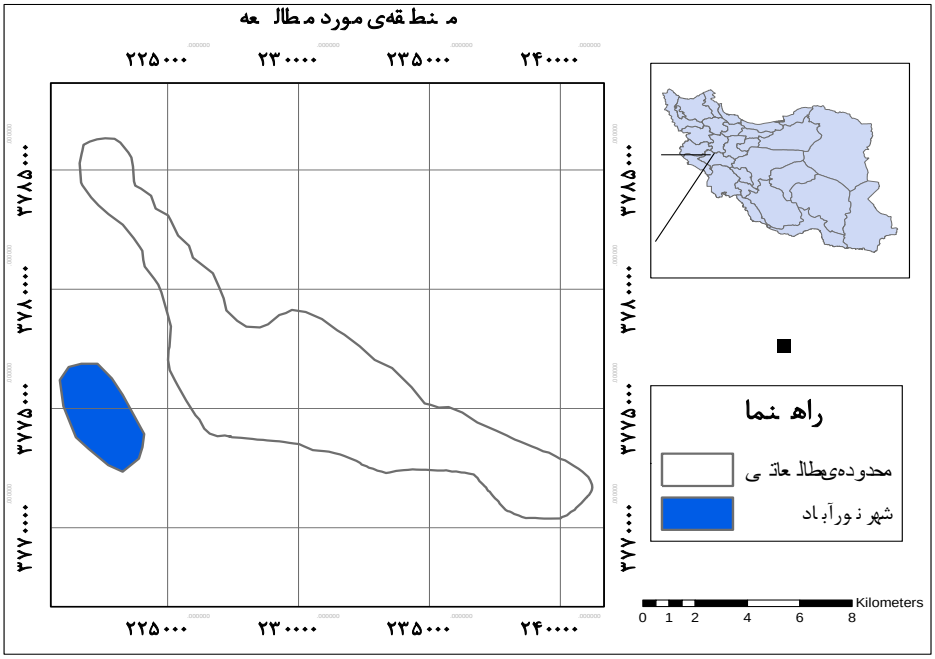
. رحیمی بندر آبادی(۱) روش‌های زمین‌آمار را در برآورد بارندگی مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب شرقی ایران بکار برد و روش‌های کریجینگ معمولی و کوکریجینگ و TPSS (Thin plate smoothing splines) بدون متغیر کمکی را در برآورد بارش سالانه و ماهانه در این مناطق را موردبررسی قرارداد. نتایج بدست آمده نشان داد که برای بارندگی سالانه روشهای TPSS با متغیر کمکی ارتفاع و کریجینگ به ترتیب از دقت بالایی برخوردارند. در مورد بارندگی ماهانه نیز روش TPSS با توان ۲ به‌عنوان بهترین روش شناخته شد. اکبری و همکاران (۲) از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با استفاده از روش‌های درون‌یابی و تهیه نقشه‌های خطوط هم‌پتانسیل و پهنه‌بندی افت سطح آب زیرزمینی نشان دادند در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان مشهد، سطح آب زیرزمینی حدود ۳۰ متر کاهش‌یافته است. در طی ۲۰ سال به میزان ۱۲/۱ متر، بعبارتی بطور متوسط سالانه ۶۰ سانتی‌متر سطح آب کاهش یافته است. محمدی و همکاران (۳) در پژوهشی بمنظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان در طی یک دوره ده‌ساله ۱۳۷۵-۱۳۸۵ از روش‌های زمین‌آمار استفاده کردند و نشان دادند 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 ۴ در انتهای دوره بهترین روش میان یابی عامل سطح آب می باشد. نتایج حاصل از پژوهش آذره و همکاران (۴) که از روش‌های زمین‌آمار جهت تجزیه‌وتحلیل تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت گرمسار در طی سال ۱۳۸۰-۱۳۹۱ استفاده نمودند نشان داد روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی از عملکرد قابل قبولی برخوردار است. ادیب و زمانی (۵) به بررسی تغییرات مکانی شاخص‌های کیفیت آب زیرزمینی دشت دزفول با بهره‌گیری از زمین‌آمار پرداختند نتایج حاصل از پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی در سطح دشت با توجه به معیار ارزیابی نشان داد روش کوکریجینگ با شبیه نیم‌تغییرنما و نیم‌تغییرنمای گوسین دقت مطلوبی دارد همچنین نتایج حاصل از رسم نقشه‌های پهنه-بندی فراسنجهای موردمطالعه در سطح دشت نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب کیفی منابع آب زیرزمینی است. هوکسما و همکاران (۶) جهت برآورد تراز سطح آب زیرزمینی در نقاط مجهول روش کوکریجینگ را به کار گرفتند. آنها تراز سطح آب و ارتفاع تراز سطح زمین را به‌عنوان متغیرهای اولیه و ثانویه بکار برده و نشان دادند روش مذکور جهت تخمین نقاط فاقد آمار عملکرد قابل قبولی دارد. مک کنا در سال (۷) برای بالا بردن دقت در تخمین و شبیه‌سازی داده‌های مؤثر بر جریان آب‌های زیرزمینی در ایالت کلرودای آمریکا از روش‌های زمین‌آماری که مبتنی بر استخراج تغییر نما (variogram) بود استفاده کرد. نتایج آزمایش حاکی از این بود که استفاده از روش‌های زمین‌آمار معمولاً علاوه بر بالا بردن دقت تخمین داده‌ها می‌تواند باعث کمتر شدن تعداد نمونه‌برداری‌ها شود. کلین هیو و همکاران (۸) سطح آب زیرزمینی دشت شمالی چین را با استفاده از روش کریجینگ و کوکریجینگ

موردمطالعه قرار داده و نتایج حاصل نشان داد روش کوکریجینگ دقت بالایی دارد. احمدی و صدق آمیز (۹) با استفاده از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ به بررسی عمق آب زیرزمینی در دشت داراب فارس پرداختند و نشان دادند روش کوکریجینگ نسبت به سایر روش‌ها در اغلب نقاط از قابلیت بالایی برخوردار است. سان و همکاران(۱۰) روشهای میانیابی غیر زمین‌آماری وزن دهی عکس فاصله (IDW) و تابع پایه شعاعی (RBF) را با روش‌های زمین‌آماری (OK)، کریجینگ ساده(SK) وUK برای تخمین مقادیر عمق آب زیرزمینی در شمالغربی چین مورد مقایسه قراردادند بر اساس نتایج حاصله، روش SK بهترین روش میانیابی عمق آب زیرزمینی شناخته شد. در مطالعه دیگری دلبری (۱۱) چندین روش میانیابی چند متغیره شامل رگرسیون خطیLR، COK، کریجینگ با روند خارجی (KED) و کریجینگ رگرسیونی (RK) را با روشهای میانیابی یک متغیره شامل OK وIDW برای برآورد ارتفاع سطح ایستابی در دشت مازندران مورد مقایسه قرارداد. در روشهای چند متغیره از مدل رقومی ارتفاع به‌عنوان متغیر کمکی استفاده گردید. بر اساس نتایج حاصله دو روش RK و KED از دقت بالاتری در تخمین سطح آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه برخوردار بودند. دلبری و همکاران (۱۲) به بررسی تغییرات مکانی و برآورد عمق آب زیرزمینی در آبخوان اقلید فارس در طی سه سال آماری پرداختند .آنها با مقایسه سه روش میانیابی OK، SK وIDW به این نتیجه رسیدند که روش OK بیشترین دقت را در تخمین عمق آب زیرزمینی دارد. دمیر و همکاران (۱۳) تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه را بررسی کردند .آنان در این پژوهش از داده‌های ماهانهٔ یک سال۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴ در 60 چاه مشاهداتی بهره‌گیری کردند. نتایج پژوهش آنان حاکی از این بود که قسمت شرقی محدوده موردبررسی که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیشترین خطر برای شوری می‌باشد . یوسان و همکاران (۱۴) به مقایسه سه روش میان یابی عکس فاصله، توابع پایه شعاعی و کریجینگ برای پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی عمق آب زیرزمینی در کویر مین کین در شمال چین پرداختند .مقایسه مقادیر مشاهده‌شده با مقادیر میان یابی شده نشان داد که روش کریجینگ معمولی به‌عنوان روش بهینه برای میان یابی عمق آب زیرزمینی است.درمجموع با توجه به پژوهش‌های انجام‌شده و ذکر این نکته که دشت نورآباد یکی از دشت‌های مهم در استان لرستان بوده و مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب بخش‌های مختلف نواحی مجاور خود می‌باشد، اهمیت تجزیه‌وتحلیل تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی این دشت و اقدامات مدیریتی جهت استفاده بهینه و بهبود کمیت آب آن ضروری است. هدف اصلی این تحقیق بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت نورآباد واقع در استان لرستان با استفاده از ۳۵ حلقه پیزومتر در دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۹۱) به کمک بهترین روش تخمین گر زمین‌آماری می‌شود. علاوه بر آن مدل واریوگرام مناسب نیز تعیین می‌شود.

.مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه و داده‌های مورداستفاده

منطقه موردمطالعه دشت نورآباد واقع در استان لرستان می باشد. این منطقه بین طول‌های ″48 ′4 °34 شرقی و عرض‌های ″12 ′58 °47 شمالی واقع‌شده است. محدوده مطالعاتی نورآباد دارای ۸۱۱ کیلومترمربع مساحت است که از این مقدار ۱۵۹ کیلومترمربع دشت با ارتفاع متوسط ۱۶۲۰ متر و ۶۵۲ کیلومترمربع با ارتفاع متوسط ۲۲۴۰ متر می‌باشد.این دشت دارای یک سفره زیرزمینی آبرفتی می‌باشد و دارای وضعیت آب سطحی و زیرزمینی نسبتاً خوبی می‌باشد. که محدوده آن در شکل ۱ نشان داده‌شده است. همچنین در جدول ۱ مشخصات آماری مربوط به سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهداتی نشان داده‌شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

جدول ۱–خصوصیات آماری مقادیر سطح آب زیرزمینی مورداستفاده در بازه زمانی(۱۳۹۱-۱۳۹۰)

ماه	میانگین	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات	چولگی
مهر	9.411	0.530	31.750	7.500	54.649	0.797	1.321
اردیبهشت	10.030	0.850	38.360	9.321	86.879	0.929	1.535

تحلیل زمین‌آماری

نخستین اقدام در تحلیل‌های زمین‌آماری محاسبه نیم تغییرنمای متغیر موردمطالعه می‌باشد. مقدار نیم تغییرنما، از رابطه زیر قابل‌محاسبه می‌باشد (۱۵):

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[Z(u_i + h) - Z(u_i)]^2 \qquad (۱)$$

در این رابطه:

$\gamma^*(h)$: نیم تغییرنمای تجربی

$N(h)$: تعداد جفت نمونه‌هایی است که به فاصله h از یکدیگر قرار دارند

$Z(u_i)$ و $Z(u_i + h)$: به ترتیب مقادیر مشاهده‌شده متغیر Z در نقاط u_i و $u_i + h$ می‌باشند.

پس از محاسبه نیم تغییرنمای تجربی، بایستی بهترین مدل بر آن برازش شود. ازجمله متداول‌ترین مدل‌های قابل‌استفاده، مدل‌های کروی ، نمایی، گوسی می‌باشد(۱۶و۱۷). روشهای رایج برای تخمین متغیرها در نواحی نمونه‌برداری نشده و پهنه‌بندی شامل کریجینگ، کوکریجینگ و وزن دادن عکس فاصله می‌باشد.

کریجینگ و کریجینگ معمولی بهترین تخمین گر خطی ناریب نیز نامیده می‌شود (Blue)، که به‌صورت زیر تعریف می شود (۱۸):

$$Z^*(u_0) = \sum_{i=1}^{n}\lambda_i Z(u_i) \qquad (۲)$$

که در آن:

$Z^*(u_0)$: مقدار تخمین زده‌شده متغیر در نقطه u_0

$Z(u_i)$: مقدار مشاهده‌شده متغیر در نقطه u_i

λ_i: وزن آماری است که به متغیر در نقطه u_i نسبت داده می شود که درواقع اهمیت تأثیر نقطه iام در مقدار تخمین را نشان می‌دهد. قابل‌توجه است که وزن‌های λ_i بگونه ای تعیین می

شوند که جمع جبری آنها برابر با واحد گردد و نیز حداقل واریانس کریجینگ حاصل شود(۱۹).

کوکریجینگ

روش کوکریجینگ حالتی چند متغیره از کریجینگ است که بر اساس همبستگی موجود بین متغیر اصلی و سایر متغیرهای اندازه‌گیری شده به تخمین متغیر موردنظر می‌پردازد. در این روش که درواقع از متغیر کمکی یا ثانویه برای تخمین بهتر متغیر اصلی استفاده می‌گردد. این ویژگی می‌تواند موجب افزایش دقت تخمین شده و همچنین از طریق کاهش نمونه‌برداری یا اندازه‌گیری متغیر اصلی، سبب صرفه‌جویی در هزینه‌ها شود. تخمین گر کوکریجینگ در صورتیکه یک متغیر کمکی موجود باشد مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد (۱۵):

$$Z_v^*(u_0) = \sum_{i=1}^{n}[\alpha_i . Z_v(u_i) + \beta_i . Z_w(u_i)] \quad (۳)$$

که در این رابطه:

$Z_v^*(u_0)$: مقدار تخمین زده‌شده برای متغیر اصلی Z_v در موقعیت u_0

α_i: وزن نسبت داده‌شده به مقدار مشاهده‌ای متغیر اصلی Z_v در موقعیت u_i

β_i: وزن نسبت داده‌شده به مقدار مشاهده‌شده متغیر کمکی Z_w در موقعیت u_i

n: تعداد مشاهدات در اطراف نقطه مورد تخمین می‌باشد.

وزن دادن عکس فاصله

در این روش رابطه اصلی تخمین همان رابطه تخمین گر کریجینگ (رابطه ۲) است، با این تفاوت که در این روش وزن‌ها بدون در نظر گرفتن نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه مورد تخمین، و تنها با توجه به فاصله هر نقطه معلوم نسبت به نقطه مجهول تعیین می‌شود. هر چه فاصله بیشتر شود وزن اختصاص یافته کمتر خواهد شد بعبارتی به نقاط نزدیک‌تر وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتری اختصاص داده می‌شود. مقدار وزن λ_i درروش IDW از رابطه زیر تعیین می‌شود (۲۰):

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\pi}}{\sum_{i=1}^{n} D_i^{-\pi}} \quad (۴)$$

در این رابطه:

D_i: فاصله iامین نقطه مشاهده‌شده تا نقطه مورد تخمین

π: توان وزن دهی فاصله

n: تعداد نقاط مجاور

در این پژوهش تحلیل نیم تغییرنما و میانیابی سطح آب زیرزمینی با استفاده از نرم‌افزار GS+ صورت گرفته است و جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از نرم‌افزار ARCGIS استفاده‌شده است.

معیارهای ارزیابی

در این تحقیق به‌منظور ارزیابی دقت و کارایی مدل‌ها، از نمایه‌های مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین انحراف خطا (MBE) طبق روابط زیر استفاده گردید. بهترین مقدار برای این دو معیار صفر می‌باشد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[z^*(u_i)-z(u_i)]^2}{n}} \quad (۵)$$

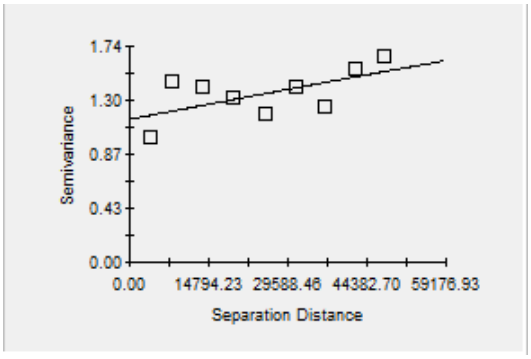
$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}[z^*(u_i)-z(u_i)]}{n} \quad (۶)$$

که در آن: $z^*(u_i)$ و $z(u_i)$ به ترتیب مقادیر تخمین زده‌شده و واقعی متغیر Z در نقطه u_i و n تعداد کل مشاهدات می‌باشد. بهترین روش، روشی است که دارای کمترین مقدار RMSE باشد. مقدار MBE در یک تخمین گر نسبتاً دقیق بایستی نزدیک به صفر باشد (۱۰). پس از انتخاب بهترین روش میانیابی مربوط به سطح آب زیرزمینی، نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی در دو ماه تر و خشک دوره آماری موردمطالعه در محیط نرم‌افزاری GS+ ترسیم گردید.

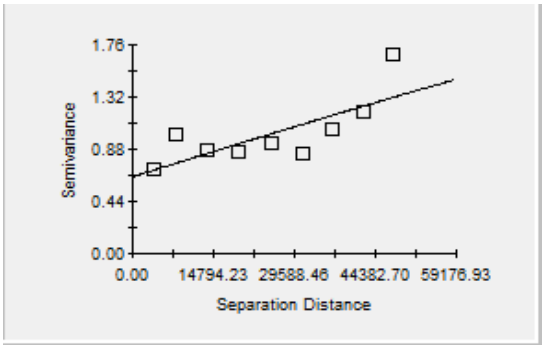
بحث و نتایج

جهت بررسی تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی نیم تغییرنمای تجربی مربوط به هر ماه در چهار جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه محاسبه گردید. سپس بهترین مدل نیم تغییرنما به داده‌های نیم تغییرنمای تجربی برازش داده شد. مناسب‌ترین مدل با توجه به رفتار نیم تغییرنما در نزدیکی مبدأ مختصات، مجموع مربعات باقیمانده (RSS)، ضریب همبستگی (r^2) و تناسب ساختار مکانی۱ ($C/(C+C_0)$) تعیین گردید نتایج حاصله در شکل ۲ نشان داده‌شده است.

1 -Proportion of Spatial Structure



شکل۲- نیم تغییرنمای تجربی (مربع توخالی) و مدل برازش شده (خط ممتد) عمق آب زیرزمینی برای مهرماه



شکل۳- نیم تغییرنمای تجربی (مربع توخالی) و مدل برازش شده (خط ممتد) عمق آب زیرزمینی برای اردیبهشت‌ماه

درمجموع بهترین مدل، مدلی است که علاوه بر داشتن حداکثر تطابق ظاهری با داده‌های نیم تغییرنمای تجربی، حداقل RSS، حداکثر r^2 و حداکثر نسبت $C/(C+C_0)$ داشته باشد.

جدول۲- پارامترهای مربوط به نیم تغییرنمای (عرضی) سطح آب زیرزمینی

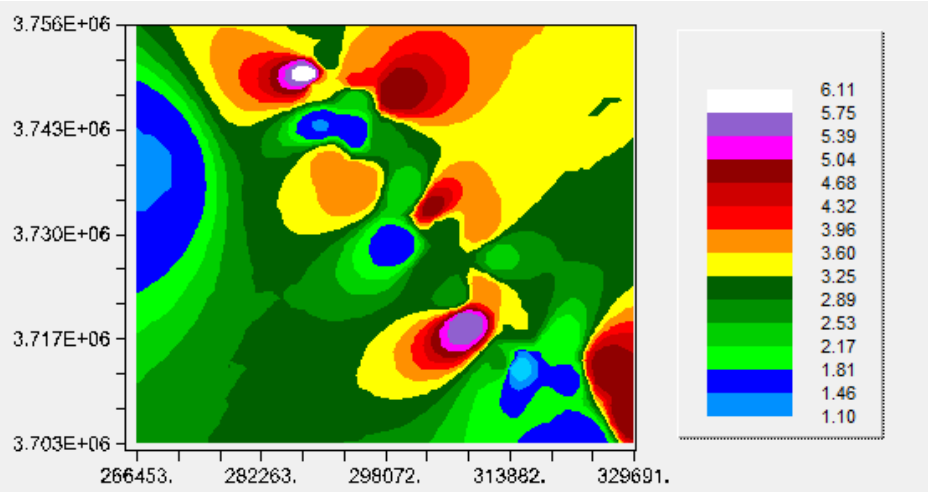
ماه	مدل	اثر قطعه‌ای (C0)	آستانه(C0+C)	C0/C0+C	شعاع تأثیر (کیلومتر)	r2	RSS
مهر	کروی	1.151	2.303	0.5	11	0.36	0.108
اردیبهشت	کروی	0.648	2.49	2.49	93.2	0.572	0.282

جهت میانیابی عمق آب زیرزمینی از روشهای کریجینگ و عکس وزن دهی فاصله با توان‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ استفاده گردیده است. مقادیر RMSE و MBE مربوط به هر روش محاسبه و در جدول ۳ ارائه گردیده است. نتایج نشان داده است که روش IDW1 برای مهرماه و روشهای کریجینگ و IDW1 برای اردیبهشت‌ماه دارای کمترین مقدار RMSE و درنتیجه بهترین برآورد سطح آب زیرزمینی را داشته است. در تحقیقات طباطبائی و غزالی(۲۱) در ارزیابی دقت روش‌های میان یابی در تخمین سطح ایستابی آب زیرزمینی آبخوان‌های فارسان جونقان و سفید دشت نشان دادند که روش توان دهی عکس فاصله بهترین روش نسبت به روش کریجینگ است. همچنین در پژوهش های الساران(۲۲)، دسبارت و همکاران(۲۳) و تئودوسیو و لاتینوپولوس(۲۴) روش کریجینگ معمولی را به عنوان روش بهینه جهت میانیابی عمق آب زیرزمینی ذکر کرده‌اند.

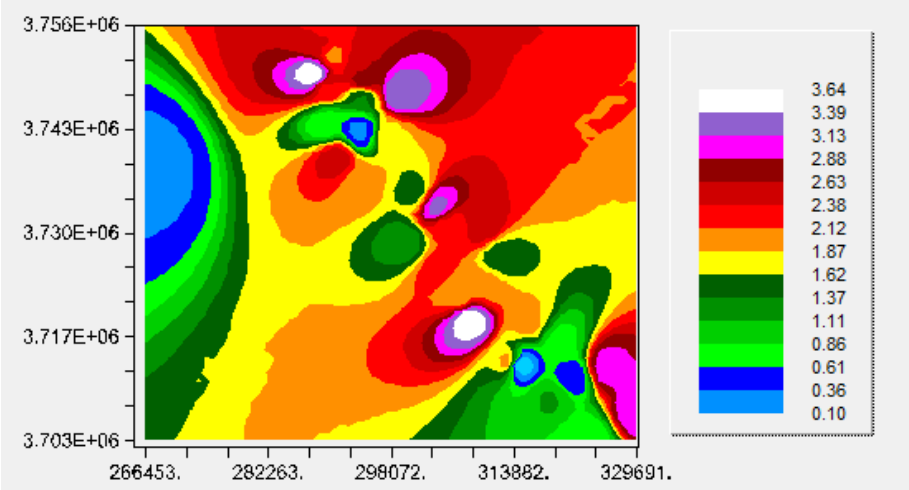
جدول۳- نتایج حاصل از ارزیابی متقابل برای تخمین سطح آب زیرزمینی

ماه	معیار ارزیابی	کریجینگ(Ok)	IDW-1	IDW-2	IDW-3	IDW-4	IDW-5
مهر	RMSE	1.234	1.212	1.254	1.307	1.350	1.383
	MBE	0.031	-0.006	-0.054	-0.045	-0.030	-0.021
اردیبهشت	RMSE	1.672	1.672	1.715	1.742	1.762	1.778
	MBE	-0.959	-0.973	-1.011	-1.014	-1.013	-1.016

درنهایت در محیط نرم‌افزاری GS+ اقدام به ترسیم نقشه‌های دوبعدی و سه‌بعدی سطح آب زیرزمینی منطقه موردمطالعه گردیده است که نتایج حاصل در اشکال ۴ و ۵ نمایش داده‌شده است.



شکل۴- نمایش دوبعدی سطح آب زیرزمینی مهرماه



شکل۵- نمایش دوبعدی سطح آب زیرزمینی مهرماه

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت نورآباددر دو ماه پرآب و کم آب موردمطالعه قرارگرفته است. نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد سطح آب زیرزمینی دارای ضریب تغییرات زیاد بوده است که بیانگر وسعت دامنه تغییرات عمق آب زیرزمینی در منطقه موردمطالعه می‌باشد. همچنین مقدار متوسط سطح آب زیرزمینی از مهرماه تا اردیبهشت طی دوره آماری (۱۳۹۰-۱۳۹۱) افزایش‌یافته است. همچنین این نتایج در سطح منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در اردیبهشت‌ماه دارای همبستگی مکانی بالاتری نسبت به مهرماه می‌باشد. ساختار مکانی عمق آب زیرزمینی در هر دو ماه از مدل کروی تبعیت نموده است. نتایج اعتبارسنجی متقابل نشان داد که در بین روش‌های میانیابی استفاده‌شده، روش وزن دهی عکس فاصله با توان یک برای هر دو ماه دارای کمترین مقدار RMSE بوده و درنتیجه بهترین برآورد سطح آب زیرزمینی را داشته است که این نتایج

با نتایج دلبری و همکاران (۱۲) مطابق دارد. در کل میتوان نتیجه گرفت که افزایش تراز آب زیرزمینی در قسمت عمده ای از سطح دشت، طی دوره آماری مورد مطالعه، نمایانگر وابستگی بیش از حد به بارش و میزان برداشت از منابع آبهای زیرزمینی است. همچنین این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های زمین‌آمار می‌تواند درزمینه تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی مورداستفاده قرار گیرد.

پیشنهادات

با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌های زمین‌آمار در خصوص تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت نورآباد پیشنهاد می‌گردد. جهت کاهش افت سطح ایستابی از برداشت‌های بی‌رویه در چاه‌های پیزومتری جلوگیری شود که این امر سبب افزایش سطح ایستابی و رفع مشکل کمبود منابع آب در منطقه موردمطالعه می‌شود. همچنین بمنظور استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی در ماه‌های تر، افزایش ذخیره‌سازی منابع آب زیرزمینی جهت استفاده در ماه‌های خشک بروش های مختلف پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱- رحیمی بندر آبادی، سیما، بررسی کاربرد روش های ژئواستاتیستیک در برآورد بارندگی مناطق خشک و نیمه خشک جنوب شرق ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی،(۱۳۷۹)، دانشکده منبع طبیعی دانشگاه تهران.

۲- اکبری، مرتضی، جرگه، محمدرضا، مدنی سادات، حمید، بررسی افت سطح آب های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) آبخوان دشت مشهد. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)،(۱۳۸۸)،دوره۱۶،شماره۴،ص ۷۸-۶۳.

۳- محمدی، صدیقه، سلاجقه، علی، مهدوی، محمد، باقری، رضا، بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از روش زمین آماری مناسب (طی یک دوره آماری ۱۰ ساله، ۱۳۷۵- ۱۳۸۵)، نشریه تحقیقات مرتع و بیابان ایران،(۱۳۹۱)،دوره۱۹، شماره۱، ص ۶۰-۷۱

۴- آذره، علی، رفیعی ساردوئی، الهام، نظری سامانی، علی اکبر، مسعودی، ریحانه، خسروی، حسن، بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی در دشت گرمسار.نشریه مدیریت بیابان،(۱۳۹۳)، دوره۲، شماره۳، ص ۱۱-۲۰

۵- ادیب، آرش، زمانی، رضا، بررسی تغییرات مکانی شاخصهای کیفی آب زیرزمینی دشت دزفول با استفاده از زمین آمار. نشریه مهندسی منابع آب،(۱۳۹۴)، دوره ۸، شماره۲۷، ص ۱-۱۲

6- Hoeksema, R.L., Clapp, R.B., Thomas, A.L., Hunley, A.E., Farrow, N.D., and Dearstone, K.C.,1989. Cokriging model for estimation of water table elevation. Water Resources,Vol .25, No.3, pp.429–438.

7- Mckenna, S. A., 2002. Simulating geological uncertainty with imprecise data for ground water flow and advective transport modeling. Department of geology and geological Engineerig. Colorado school of mines Golden. Colorado, U.S.A,pp.1-15.

8- Kelin, H., Huang, Y., Li, H., Li, B., Chen, D. 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, Vol. 31, pp. 893-903.

9- Ahmadi, S.H., Sedghamiz, A., 2007. Application and evaluation of kriging and cokriging methods on groundwater depth mapping. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 138, pp.357–368.

10- Sun, Y., Kang, S.h., Li, 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, Environmental Modelling and Software, Vol.24, pp. 1163–1170.
11- Delbari, M., 2013. Accounting for exhaustive secondary data into the mapping of water table elevation, Arab J Geosci, DOI 10.1007/s12517-013-0986-2.
12- Delbari, M., Bahraini, M., Amiri, M., 2013. Spatio-temporal variability of groundwater depth in the Eghlid aquifer in southern Iran, Earth Sci Res J, Vol.17, No.2, pp. 105-114.
13- 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,Vol. 158, No. 3, pp.279–294.
14- 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, Vol.24, No.2,pp.1163–1170.
15- Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., 1989. Applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 561pp.
۱۶- گیتی، علیرضا، مشهدی، ناصر، فروشی، علی اصغر، ترابی، علی، بررسی روند شور شدن آبهای زیرزمینی شمال دشت کاشان. مجله بیابان،(۱۳۸۷)،دوره ۴، شماره ۱،ص: ۲۲-۱.
۱۷- علیزاده، امین، اصول هیدرولوژی کاربردی. (۱۳۸۱)، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)،ص ۸۰۸.
18- Journel, A.G., Huijbregts, C.J., 1978. Mining geostatistics. London Academic Press, New York, 600 p.
19- Appelo, C.A.J., Postma, D., 2005. Geochemistry, groundwater and Pollution. 2D edition, A.A.BALKEMA Publishers. 265 pp.
۲۰- دلبری، معصومه، خیاط خلقی، مجید، مهدیان، محمد حسین، ارزیابی روش های زمین آماری در برآورد هدایت هیدرولیکی خاک در مناطق شیب آب و پشت آب پایین دشت سیستان. علوم کشاورزی ایران،(۱۳۸۳)، دوره ۳۵، شماره ۱، ص ۱-۱۲.
۲۱- طباطبائی، سیدحسن، غزالی، محبوبه، ارزیابی دقت روش های میان یابی در تخمین سطح ایستابی آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان های فارسان- جونقان و سفید دشت). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب و خاک،(۱۳۹۰)، دوره ۱۵، شماره ۵۷،ص۱۱-۲۲.
22- Alsaaran, N., 2000. Optimal interpolation and isarithmic mapping of groundwater salinity in Tebrak area, central Saudi Arabia. J. King Saudi Univ, Vol. 12, No.2, pp.49-58.
23- Desbarats, A.J., Logan, C.E., Hinton M.J., Sharpe, D. R., 2002. On the kriging of water table elevations using collateral information from a digital elevation model. J. Hydrol, Vol. 255, pp. 25–38.
24- Theodossiou, N., Latinopoulos, P., 2006. Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the kriging methodology. J. Environ. Model. and Software, Vol. 21, No.7, pp.991–1000.