

پیش‌بینی زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل ترکیبی سری زمانی - زمین

عبدالله طاهری تیزرو*، حامد نوذری و هادی علیخانی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۸)

چکیده

برای آگاهی از وضع نو سانات سطح آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، لازم است پیش‌بینی دقیقی از نو سانات انجام شود. سری‌های زمانی به‌عنوان مدل خطی جهت تولید داده‌های سطح آب مصنوعی و پیش‌بینی آینده سطح ایستابی آبخوان کاربرد دارد. به کمک نرم‌افزار MINTAB 17 و با استفاده از داده‌های ماهانه به مدت ۲۰ سال (۱۳۷۰-۱۳۹۰) عمق سطح آب زیرزمینی ۲۵ حلقه چاه مشاهده‌ای، مدل‌های سری زمانی هریک از چاه‌ها انتخاب گردید و پیش‌بینی زمانی ۵ ساله صورت گرفت. داده‌های پیش‌بینی شده عمق سطح آب زیرزمینی به داده‌های تراز سطح آب زیرزمینی تبدیل شدند و با استفاده از نرم‌افزارهای ARCGIS10 و GS+5.1.1، تحلیل و سپس روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی جهت درون‌یابی تراز سطح آب زیرزمینی انتخاب گردید. پیش‌بینی مکانی ۵ ساله انجام گرفت و نقشه‌های پیش‌بینی مکانی و پیش‌بینی افت تراز سطح آب زیرزمینی ترسیم شدند. نتایج به دست آمده از پیش‌بینی تراز سطح آب زیرزمینی دشت برای ۵ سال آینده، نشان داد که مساحت تحت پوشش دو بازه تراز سطح آب زیرزمینی ۱۱۴۰-۱۱۰۰ متر و ۱۱۸۰-۱۱۴۰ متر، روند افزایشی و مساحت تحت پوشش سه بازه ۱۱۸۰-۱۲۲۰ متر، ۱۲۶۰-۱۲۲۰ متر و ۱۳۰۰-۱۲۶۰ متر، روند کاهشی خواهد داشت. همچنین با توجه به نقشه پیش‌بینی افت ۵ ساله تراز سطح آب زیرزمینی دشت، بیشترین رقوم افت تراز سطح آب زیرزمینی به میزان ۱۶ متر برای نواحی قاسم‌آباد بزرگ واقع در شمال شرق و مرکز دشت و کمترین رقوم افت تراز سطح آب زیرزمینی به میزان تقریباً ۰/۵ متر برای اراضی محمدآباد افخم‌الدوله واقع در قسمت پایاب دشت پیش‌بینی گردید.

واژه‌های کلیدی: سطح آب زیرزمینی، دشت هشتگرد، سری زمانی، زمین‌آمار. کریجینگ

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ttizro@yahoo.com

مقدمه

سیستم‌های مدیریتی از جمله مدیریت منابع آب زیرزمینی که در سال‌های اخیر با بحران افت سطح ایستابی کاهش حجم مواجه می‌باشند، نیازمند یک سیستم پیش‌بینی جهت اعمال مدیریت صحیح‌تر برای جلوگیری از بحران در این بخش از منابع آب می‌باشد (۱۴). اساس بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در فرآیندهای هیدرولوژیکی و تصمیمات بهره‌برداری از منابع آب بر پایه پیش‌بینی و تحلیل سری‌های زمانی می‌باشد (۱۵). مدل‌سازی سری‌های زمانی در هیدرولوژی برای ۴ هدف کلی توصیف، تشریح، پیش‌بینی و کنترل صورت می‌گیرد. مطالعات بر روی تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی توسط مدل سری‌های زمانی گسترده نسبتاً وسیعی از تحقیقات هیدروژئولوژی را شامل می‌شود (۱). به دست آوردن توزیع سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای به صورت زمانی و مکانی در بحث‌های مدیریت منابع آب و برخی پروژه‌های عمرانی یکی از مباحث مهم می‌باشد. اگر نتایج از دقت کافی برخوردار نباشد منجر به برنامه‌ریزی ناصحیح و یا غلط می‌شود (۱۱).

بکسی و همکاران (۱۶)، با اعمال مدیریت مناسب و استفاده از روش سری‌های زمانی کاهش آب زیرزمینی را در غرب استرالیا، به صورت کوتاه، متوسط و بلندمدت مدل‌سازی کردند و با توجه به روند به دست آمده، مقدار برداشت آب زیرزمینی را برای حفظ کردن سطح آب زیرزمینی در یک ارتفاع مناسب محاسبه کردند. لی و همکاران (۲۰)، از سری‌های زمانی باکس-جنکینز برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی ماهانه در شهر چانگ ون کره جنوبی استفاده کردند. نتایج نشان داد که آریمای فصلی عملکرد رضایت بخشی در پیش‌بینی آب زیرزمینی دارد. مبانی دانش زمین آمار در بررسی پیش‌بینی متغیرهای مکانی جایگاه ویژه‌ای دارد. مزیت زمین آمار آن است که می‌توان با استفاده از داده‌های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت را در نقطه‌ای دیگر تخمین زد (۷). معروفی و همکاران (۱۳)، به بررسی و مقایسه روش‌های زمین آمار در تخمین سطح ایستابی دشت نهاوند

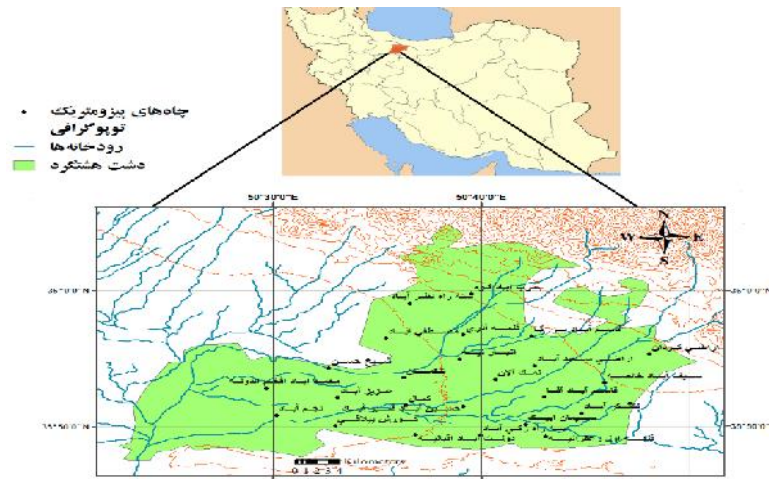
پرداختند. نتایج آنها نشان داد که میانگین سطح آب زیرزمینی از ۱۵/۶۸ متر در سال ۸۰-۱۳۷۹ تا ۱۴/۷۵ متر در سال ۸۶-۱۳۸۵ ارتقاء یافته است. کامب هامتو و همکاران (۱۹) طی تحقیقی بهترین سطح تراز از آب زیرزمینی دشت کالاسباد از ایالت نیومکزیکو آمریکا را با روش Universal Kriging مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصله از این تحقیق نشان داد که اختلاف سطح تخمین زده شده با این روش و سطح آب مشاهداتی، بین ۰/۶ تا ۴/۵ متر می‌باشد و ضریب اطمینان ۹۰٪ تعیین گردید. اصغری مقدم و همکاران (۱) به پیش‌بینی زمانی و مکانی سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل ترکیبی سری زمانی- زمین آمار پرداختند، آنها برای پیش‌بینی زمانی و مکانی سطح آب‌های زیرزمینی در محدوده شهر تبریز از دو مدل سری زمانی و زمین آمار به صورت ترکیبی برای پیش‌بینی زمانی و مکانی تغییرات آب‌های زیرزمینی استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که مدل‌های انتخابی قابل قبول هستند.

در این تحقیق سعی شده است ابتدا پیش‌بینی زمانی عمق سطح آب زیرزمینی ۲۵ چاه مشاهده‌ای موجود در دشت هشتگرد، با استفاده از مدل سری زمانی و به کمک نرم‌افزار MINITAB 17، برای ۵ سال (مهر ماه سال ۹۰ تا شهریور ماه سال ۹۵) به صورت ماهانه صورت گیرد. سپس مقادیر پیش‌بینی شده عمق سطح آب زیرزمینی، به داده‌های تراز سطح آب زیرزمینی تبدیل شده و با استفاده از نرم افزارهای GS+5.1.1 و ARCGIS 10، روش‌های مناسب، جهت درونیابی تراز سطح آب زیرزمینی انتخاب شوند و نقشه‌های پیش‌بینی مکانی و پیش‌بینی افت، ترسیم شوند.

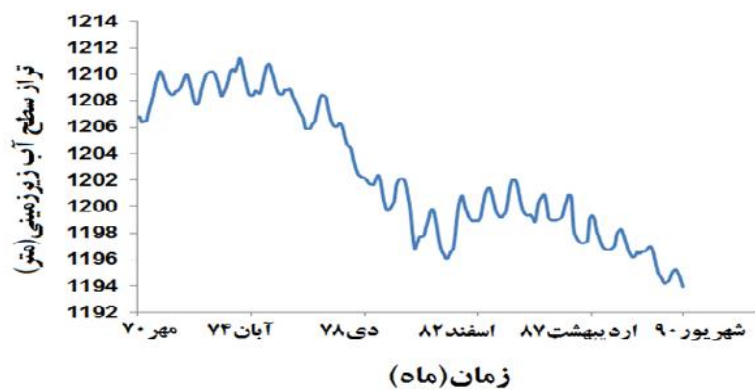
مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی هشتگرد در نیمه شمالی حوضه آبریز دریاچه نمک و در فاصله حدود ۶۵ کیلومتری غرب تهران و بین طول‌های جغرافیایی "۲۹ ۵۰ تا" "۰۶ ۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۴۷ ۳۵ تا" "۰۷ ۳۶ شمالی واقع گردیده است.



شکل ۱. موقعیت دشت هشتگرد



شکل ۲. هیدروگراف معرف ۲۰ ساله ترسیم شده دشت هشتگرد

داشته است. به طوری که میزان افت شهریورماه سال ۹۰ در مقایسه با مهر ماه سال ۷۰، $12/83$ متر می‌باشد. دشت هشتگرد متشکل از یک آبخوان آبرفتی با وسعت 575 کیلومترمربع است. شیب هیدرولیکی آب زیرزمینی در اراضی مخروط افکنه‌ای 15 در هزار، در اراضی میان‌دشتی به 7 در هزار و در اراضی پایان‌دشتی $1/5$ در هزار می‌باشد. رقوم منحنی‌های هم‌قابلیت انتقال رسوبات آبرفتی نیز بین 100 تا 3000 مترمربع در روز متغیر است (۳).

با توجه به این‌که از سری زمانی تراز سطح آب به صورت مستقیم استفاده شده است، الگوی مصرف و همچنین تغییرات در روند تغذیه سفره در طول این پنج سال ثابت فرض شده است تا بتوان نحوه تغییرات زمانی و مکانی تراز سطح آب را در

مساحت این محدوده 1281 کیلومترمربع بوده که 666 کیلومترمربع آن را مساحت دشت و شوره زار و مابقی را وسعت ارتفاعات تشکیل می‌دهد (۹). حداکثر و حداقل ارتفاع دشت به ترتیب 4058 و 1133 متر می‌باشد. شیب عمومی این محدوده از شمال شرق به جنوب غرب است (۳). در شکل (۱)، موقعیت دشت هشتگرد، نشان داده شده است.

پیش‌بینی زمانی سطح آب زیرزمینی در این پژوهش، بر روی داده‌های ماهانه ۲۰ ساله (مهرماه ۷۰ تا شهریورماه ۹۰) عمق سطح آب زیرزمینی ۲۵ چاه مشاهده‌ای موجود در منطقه انجام شد. با توجه به نمودار هیدروگراف معرف دشت (شکل ۲)، ملاحظه می‌شود که از سال 1370 تا سال 1390 افت سطح ایستابی، به استثنای سال‌های آبی $81-1380$ تا $83-1382$ ، تداوم

صورت ادامه برداشت موجود بررسی نمود.

فاصله k دارند، به صورت ذیل تعریف و ارائه می شود:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (X_t - \bar{X})(X_{t-k} - \bar{X})}{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2} \quad [1]$$

در رابطه فوق \bar{X} میانگین نمونه ای کل می باشد (۱۲).

برازش مدل

پس از تشخیص نوع مدل سری زمانی، مدل های مختلف به سری زمانی داده ها برازش داده می شوند و با استفاده از روش های مقایسه ای، بهترین مدل انتخاب می شود. آزمون و معیار آکائیک (AIC) یکی از روش های مقایسه مدل های مختلف می باشد. این روش بر این مبنا استوار است که از بین مدل های مناسب، مدلی که دارای کمترین مقدار ضریب آکائیک باشد به عنوان بهترین مدل انتخاب می شود (۶).

$$AIC(p, q) = N \ln \hat{\sigma}^2 + 2(p + q) \quad [2]$$

که در آن N اندازه نمونه، $\hat{\sigma}^2$ تخمین حداکثر درست نمایی واریانس باقی مانده ها است.

صحت سنجی مدل

پس از برازش مدل، تشخیص صحت الگوی انتخابی ضروری می باشد (۱۲). در این پژوهش از دو روش تجزیه و تحلیل باقی مانده ها و محاسبه خطای RMSE جهت صحت سنجی مدل ها استفاده شد. در روش تجزیه و تحلیل باقی مانده ها، اگر باقی مانده های حاصل از برازش مدل، دارای خواص متغیرهای تصادفی نرمال مستقل هم توزیع با میانگین صفر و واریانس ثابت باشند، آن مدل مناسب است (۸). معیار ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) نیز طبق رابطه (۳) محاسبه می گردد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [z^*(X_i) - z(X_i)]^2}{n}} \quad [3]$$

در این روابط n تعداد نقاط مشاهده ای، $Z^*(xi)$ مقدار برآورد شده برای نقطه i ام و $Z(xi)$ مقدار مشاهده ای برای نقطه i ام

تئوری سری های زمانی

سری زمانی مجموعه مشاهداتی است که برحسب زمان مرتب شده اند. به عبارت دیگر یک سری زمانی عبارت است از داده هایی که از مشاهده یک پدیده در طول زمان به دست آمده اند (۸). نوع خاصی از مدل های سری زمانی، به مدل های سری زمانی باکس - جنکینز مشهور هستند که شامل مدل های خود همبسته (آر)، میانگین متحرک (ما)، خود همبسته - میانگین متحرک (آرما)، خود همبسته - میانگین متحرک تلفیق شده (آریمما) و خود همبسته - میانگین متحرک تلفیق شده فصلی (ساریمما) می باشند (۹).

مراحل مدل سازی سری زمانی

باکس - جنکینز یک استراتژی سه مرحله ای را برای مدل بندی سری های زمانی ارائه دادند که عبارت است از: ۱- تشخیص مدل ۲- برازش مدل ۳- صحت سنجی مدل. پس از طی این مراحل مدل صلاحیت پیش بینی را برای آینده سری خواهد داشت (۱۲).

تشخیص مدل

ابزار مفیدی که در فرآیند تشخیص مدل های سری زمانی مورد استفاده قرار می گیرد تابع خود همبستگی نمونه (ACF) و تابع خود همبستگی جزئی (PACF) می باشد. رفتار این توابع در نمودار همبستگی نگار به عنوان یکی از مهم ترین معیارها برای تخمین الگوی سری زمانی می باشد (۱۲). نمودار r_k در مقابل تأخیر k را همبستگی نگار می نامند. از این نمودار می توان برای تشخیص الگوی احتمالی مولد داده ها استفاده کرد (۵). اگر نمونه ای با X_1, X_2, \dots, X_n مشاهده موجود باشد، برای محاسبه همبستگی، نمونه را برای زوج های $(X_1, X_{1+k}), (X_2, X_{2+k}), \dots, (X_{n-k}, X_n)$ تعریف نموده، در این صورت تابع خود همبستگی نمونه ای که مشاهداتش با هم

می‌باشد (۱۸).

روش زمین آماری مورد استفاده

روش کریجینگ

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد و در مورد آن می‌توان گفت که بهترین تخمین‌گر خطی ناریب است. از مهم‌ترین ویژگی‌های کریجینگ آن است که به‌ازای هر تخمینی، خطای مرتبط با آن را می‌توان محاسبه کرد (۱۰). روش کریجینگ در قالب رابطه (۴) بیان می‌شود:

$$Z^*(h) = \sum_{i=1}^n i z(X_i) \quad [4]$$

در این رابطه، $Z^*(h)$ مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $Z(X_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه X_i و i وزن آماری است که به نمونه X_i نسبت داده می‌شود و بیان‌گر اهمیت نقطه نام در برآورد است (۵). مدل کریجینگ بر حسب مشخصات ساختار مکانی، انواع مختلفی دارد و مهم‌ترین انواع آن، کریجینگ ساده و معمولی و عمومی می‌باشد (۱۷).

واریوگرام (نیم‌تغییرنا) تجربی

واریوگرام تجربی عبارت است از متوسط مجذور اختلافات بین دو مشاهده ($Z(x)$, $Z(x+h)$) در دو موقعیت مکانی واقع در فضای نمونه‌برداری که توسط آرایه h از هم جدا شده‌اند (۲۱).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z(x_i) - z(x_i + h))^2 \quad [5]$$

ویژگی‌های نیم‌تغییرنا

الف) دامنه تأثیر (R). ب) سقف یا آستانه نیم‌تغییرنا ($C_0 + C$). ج) اثر قطعه‌ای (C_0). نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه تأثیر ($C_0 / C_0 + C$) شاخصی از قدرت ساختار مکانی در متغیرها می‌باشد. چنانچه این نسبت کمتر از ۰/۲۵ گردد نشان‌دهنده همبستگی مکانی قوی است. اگر این نسبت بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ قرار گیرد بیانگر همبستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت

بزرگ‌تر از ۰/۷۵ گردد نشان‌دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (۲).

مدل‌های تئوری نیم‌تغییرنا

پس از محاسبه نیم‌تغییر نمای تجربی براساس رابطه (۲)، یک مدل ریاضی به آن برازش داده می‌شود. از جمله نیم‌تغییر نماهای تئوریک (نظری) کاربردی در زمین‌آمار، می‌توان به مدل‌های کروی، گوسی و نمایی اشاره کرد (۴).

نتایج و بحث

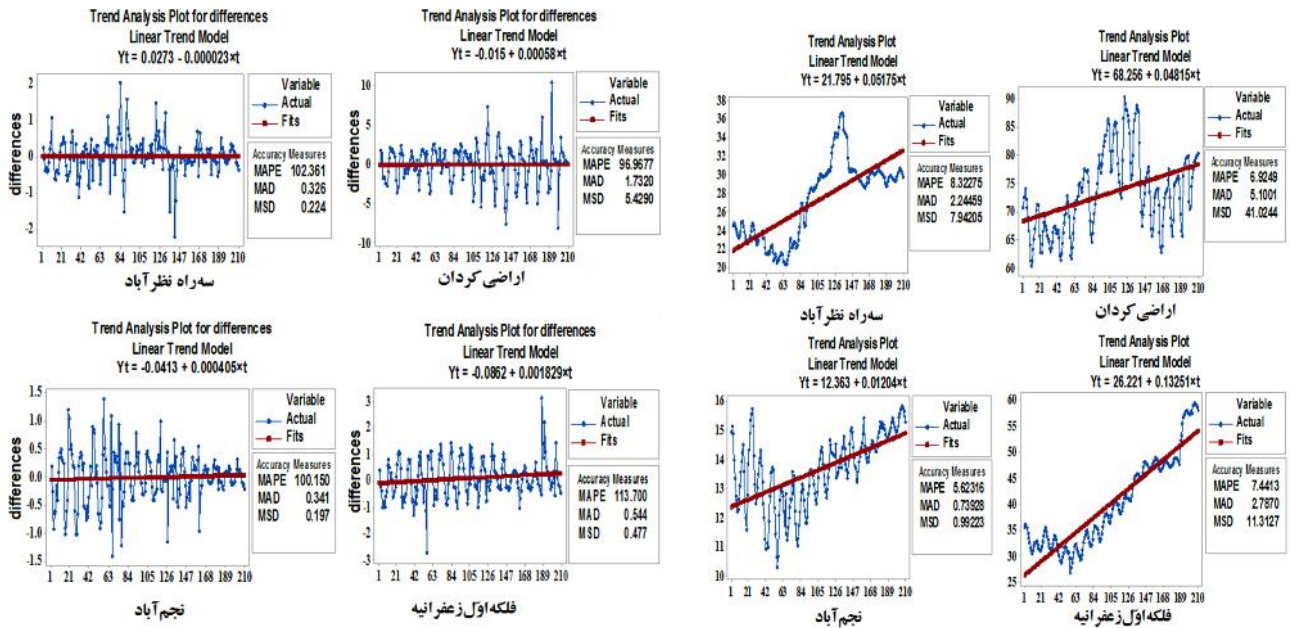
سری زمانی ۲۵ چاه مشاهده‌ای دشت رسم گردید. جهت بررسی وجود روند (ناایستایی در میانگین)، به کمک نرم‌افزار مینی‌تپ، به سری زمانی داده‌ها خطی برازش داده شد. سری زمانی داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی تمامی چاه‌ها، دارای مؤلفه روند بودند و حذف روند شدند. شکل ۳، خط‌های برازش داده شده به سری‌های زمانی عمق سطح آب زیرزمینی ۴ چاه مشاهده‌ای انتخابی دشت توسط نرم‌افزار مینی‌تپ را نشان می‌دهد.

با توجه به شکل (۳)، شیب خط‌های برازشی به سری‌های زمانی چاه‌ها، نمایانگر وجود روند در سری زمانی داده‌ها است. با یک مرتبه تفاضل‌گیری غیرفصلی، سری زمانی هر یک از چاه‌ها تقریباً ایستا شدند و d درجه تفاضل‌گیری غیرفصلی، برابر با یک شد. شکل (۴)، سری‌های تفاضلی ۴ چاه مشاهده‌ای انتخابی دشت، به همراه خط برازشی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از شکل (۴) مشخص است شیب خط‌های برازشی به سری زمانی چاه‌ها تقریباً صفر شده و ناایستایی در روند از بین رفته است. نمودارهای خود همبستگی و خود همبستگی جزئی ۴ سری تفاضلی شده در شکل (۵)، فصلی بودن یا غیرفصلی بودن سری زمانی آنها را مشخص می‌کنند.

همان‌طور که از نمودارهای ACF مشخص است، توابع خود همبستگی سری تفاضلی چاه‌های اراضی کردان، سهره نظرآباد و نجم‌آباد در تأخیرهای ۱۲ دارای تناوب می‌باشند، پس مدل

مناسب جهت برآزش به داده های این ۳ چاه از نوع آریمای

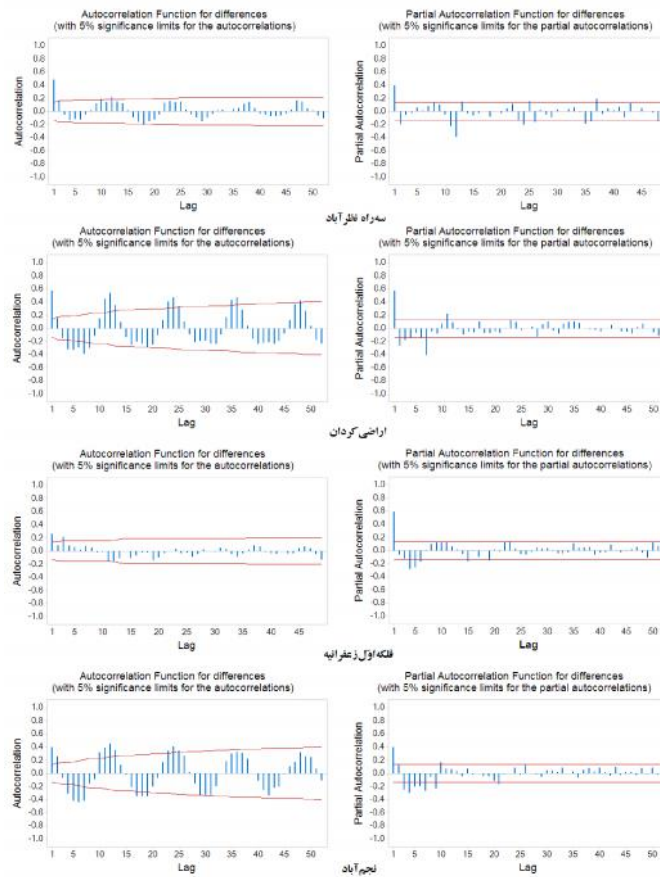


شکل ۴. سری های تفاضلی ۴ چاه مشاهده ای انتخابی دشت

به همراه خط برآزش داده شده به آنها

شکل ۳. خط های برآزش داده شده به سری های زمانی عمق

سطح آب زیرزمینی ۴ چاه مشاهده ای انتخابی دشت



شکل ۵. نمودار خود همبستگی نگار و خود همبستگی نگار جزئی سری تفاضلی ۴چاه مشاهده‌ای انتخابی دشت

جدول ۱. مدل‌های مناسب جهت برازش به داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی چاه مشاهده‌ای اراضی کردان

شاخص R^2	ضریب AIC	مدل
۰/۹۸	-۱۰۶/۵	(۳و۲)(۱و۲و۱)۲
۰/۹۸	-۱۰۴/۸	(۳و۲)(۲و۲و۱)۲
۰/۹۸	-۹۸/۱	(۳و۲)(۲و۱و۲)۲
۰/۹۸	-۱۰۱/۴	(۳و۲)(۱و۱و۲)۲

جدول ۲. مدل‌های مناسب جهت برازش به داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی چاه مشاهده‌ای سهره نظرآباد

شاخص R^2	ضریب AIC	مدل
۰/۹۹	-۳۳۱/۸	(۲و۳)(۲و۲و۱)۲
۰/۹۹	-۳۳۴/۳	(۲و۲)(۲و۲و۱)۲
۰/۹۹	-۳۳۳/۵	(۲و۳)(۱و۲و۱)۲
۰/۹۹	-۳۳۵	(۲و۳)(۲و۱و۲)۲

جدول ۳. مدل‌های مناسب جهت برازش به داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی چاه مشاهده‌ای فلکه اول زعفرانیه

مدل	ضریب AIC	شاخص R^2
(۲ و ۳)	-۳۲۱/۳	۰/۹۹
(۲ و ۴)	-۳۱۸/۸	۰/۹۹
(۲ و ۵)	-۳۱۷/۶	۰/۹۹
(۳ و ۴)	-۳۱۹/۸	۰/۹۹

جدول ۴. مدل‌های مناسب جهت برازش به داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی چاه مشاهده‌ای نجم‌آباد

مدل	ضریب AIC	شاخص R^2
۱۲(۲ و ۳)(۱ و ۲)	-۴۱۰/۹	۰/۹۲
۱۲(۳ و ۲)(۱ و ۲)	-۴۱۲	۰/۹۲
۱۲(۲ و ۳)(۲ و ۱)	-۴۰۸/۹	۰/۹۲
۱۲(۲ و ۱)(۳ و ۲)	-۴۰۹	۰/۹۲

یک از چاه‌ها، مدل‌های مختلف به کمک نرم‌افزار مینی تب به داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی هریک از چاه‌ها برازش داده شدند. در جداول (۱) تا (۴) مدل‌های سری زمانی مناسب جهت برازش به داده‌های عمق سطح آب زیرزمینی ۴ چاه مشاهده‌ای انتخابی دشت آمده است.

فصلی (ساریما) خواهد بود. در نمودار خود همبستگی و خود همبستگی جزئی سری تفاضلی چاه مشاهده‌ای فلکه اول زعفرانیه، تناوب و فصلی بودن مشاهده نمی‌شود در نتیجه مدل مناسب جهت برازش به داده‌های این چاه از نوع آریمای غیر فصلی است. پس از انتخاب نوع مدل سری زمانی برای هر

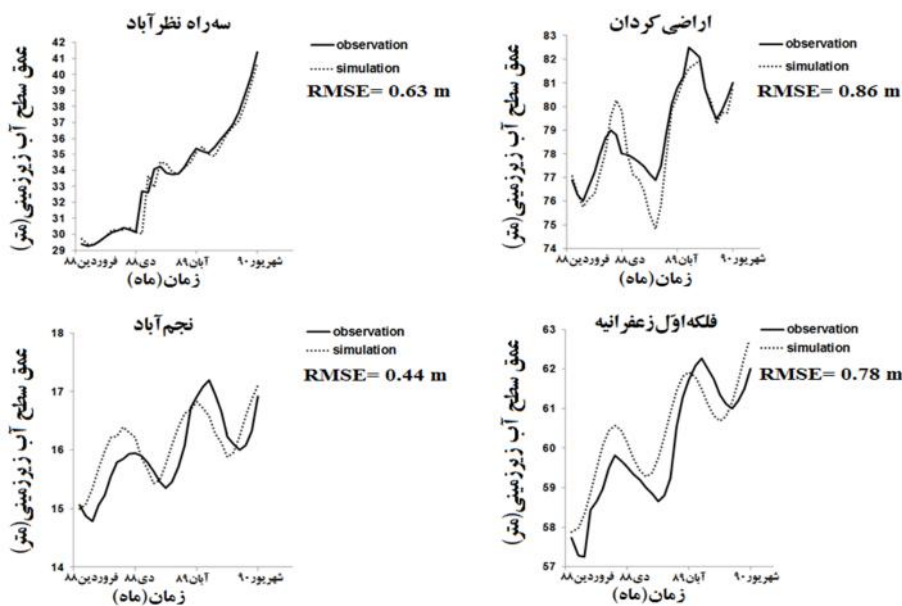
جدول ۵. مدل‌های سری زمانی مناسب ۲۵ چاه مشاهده‌ای دشت به همراه معیارهای ارزیابی آنها

چاه پیزومتریک	utm _x	utm _y	مدل انتخابی	AIC	R^2	RMSE (m)
اراضی سعیدآباد	۴۷۳۷۲۲	۳۹۷۳۷۵۵	(۲ و ۳)	-۱۰۸/۹	۰/۹۹	۰/۷۵
اراضی کردان	۴۸۲۰۶۹	۳۹۷۵۳۱۵	۱۲(۲ و ۱)(۳ و ۲)	-۱۰۶/۵	۰/۹۸	۰/۷۳
انبار تپه	۴۶۸۳۹۳	۳۹۷۴۶۶۱	۱۲(۲ و ۱)(۳ و ۲)	-۱۷۶/۸	۰/۹۶	۰/۶۱
تنکمان	۴۶۴۳۱۹	۳۹۷۲۱۲۵	۱۲(۱ و ۰)(۲ و ۳)	-۳۵۰/۶	۰/۹۸	۰/۳۹
حسین‌آباد قنبرآباد	۴۶۸۶۳۸	۳۹۶۸۲۲۶	۱۲(۲ و ۱)(۳ و ۲)	-۱۲۳/۹	۰/۹۵	۰/۷۰
دولت‌آباد اقبالیه	۴۶۵۱۸۵	۳۹۶۴۴۱۲	۱۲(۲ و ۱)(۳ و ۲)	-۷۲۵/۳	۰/۹۷	۰/۱۵
ستقرآباد	۴۸۰۶۵۰	۳۹۶۸۵۸۵	۱۲(۱ و ۰)(۲ و ۳)	-۲۴۳/۲	۰/۹۹	۰/۵۲
سه‌راه زکی‌آباد	۴۶۹۸۲۷	۳۹۶۴۳۰۴	(۳ و ۲)	-۷۳۱/۲	۰/۹۹	۰/۱۶
سه‌راه نظرآباد	۴۶۴۷۸۱	۳۹۸۲۳۳۱	۱۲(۱ و ۰)(۲ و ۳)	-۳۳۵/۰۳	۰/۹۹	۰/۴۱
سیف‌آباد خالصه	۴۷۸۸۵۰	۳۹۷۱۴۰۰	۱۲(۱ و ۰)(۲ و ۳)	-۱۱۶/۲	۰/۹۹	۰/۷۱
سیمان آبیک	۴۷۳۱۳۷	۳۹۶۵۷۲۵	۱۲(۲ و ۱)(۳ و ۲)	-۲۲۳/۹	۰/۹۹	۰/۵۵

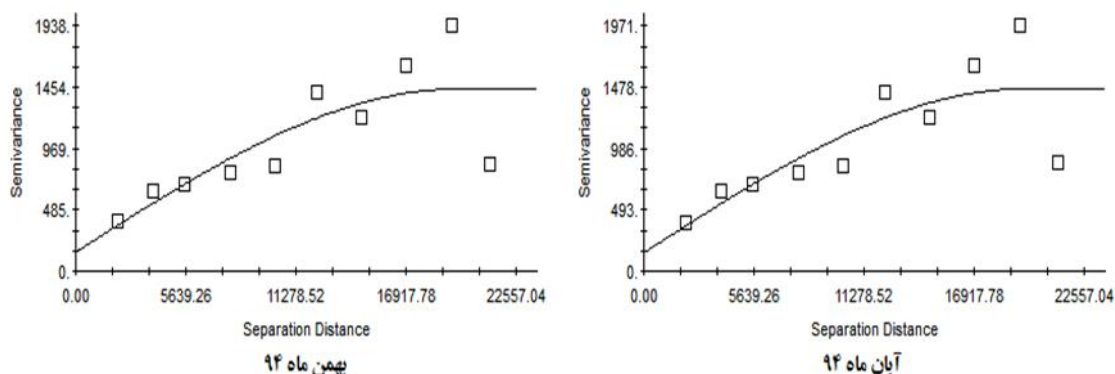
۰/۳۸	۰/۹۹	-۳۵۸/۴	۱۲(۲و۱و۲)(۲و۱و۲)	۳۹۷۳۴۹۰	۴۵۸۹۲۲	شیخ‌حسن
۰/۴۴	۰/۹۹	-۳۰۴/۵	۱۲(۲و۱و۲)(۳و۱و۲)	۳۹۸۳۵۱۹	۴۶۹۲۷۳	عرب‌آباد کوه
۰/۳۹	۰/۹۸	-۳۴۴/۱	۱۲(۲و۱و۲)(۳و۱و۲)	۳۹۶۹۴۶۸	۴۵۹۵۶۱	عزیزآباد
۰/۴۵	۰/۹۹	-۳۲۱/۳	(۲و۱و۳)	۳۹۶۴۱۱۹	۴۷۴۵۷۲	فلکه اول زعفرانیه
۰/۳۶	۰/۸۸	-۳۸۴/۰۳	۱۲(۱و۰و۱و۲)(۳و۱و۲)	۳۹۶۹۴۳۸	۴۷۴۴۷۷	قاسم‌آباد آقا
۰/۴۲	۰/۹۹	-۳۲۴/۳	۱۲(۲و۱و۲)(۳و۱و۲)	۳۹۷۷۸۸۲	۴۷۳۲۴۳	قاسم‌آباد بزرگ
۰/۶۳	۰/۹۳	-۱۶۲/۱	۱۲(۳و۱و۳)(۱و۱و۱)	۳۹۷۸۰۱۳	۴۶۸۶۴۵	قلعه آذری
۰/۹۲	۰/۹۶	-۱۵/۶	۱۲(۱و۰و۱و۳)(۳و۱و۱)	۳۹۶۸۳۹۳	۴۶۴۵۰۴	کمال
۰/۱۰	۰/۹۹	-۹۳۹/۶	(۲و۱و۱)	۳۹۶۵۶۴۰	۴۵۹۳۵۴	کوروش بیلاقی
۰/۶۶	۰/۹۷	-۱۵۳/۴	۱۲(۳و۱و۰و۱و۱و۱و۱)	۳۹۶۷۲۹۴	۴۷۷۱۴۴	لشکر آباد
۰/۱۸	۰/۹۶	-۶۸۸/۷	(۳و۱و۵)	۳۹۷۰۸۱۵	۴۵۴۳۹۰	محمدآباد افخم‌الدوله
۰/۱۹	۰/۸۴	-۶۴۲/۶	۱۲(۱و۰و۱و۳)(۳و۱و۱و۱)	۳۹۷۷۵۸۲	۴۶۳۰۵۸	مصطفی‌آباد
۰/۳۳	۰/۹۲	-۴۱۲/۰۵	۱۲(۲و۱و۲)(۳و۱و۱و۱)	۳۹۶۷۱۱۳	۴۵۵۰۹۲	نجم‌آباد
۰/۲۱	۰/۹۳	-۵۹۲/۰۶	۱۲(۲و۱و۲)(۲و۱و۳)	۳۹۷۱۹۱۸	۴۷۰۹۴۳	نمک آلان

شکل (۶)، داده‌های مشاهده‌ای ۳۰ ماه (فروردین ۸۸ تا شهریور ۹۰) در مقابل داده‌های شبیه‌سازی شده با مدل را برای ۴ چاه مشاهده‌ای انتخابی دشت، به همراه مقادیر RMSE صحت‌سنجی آنها برحسب متر، نشان می‌دهد. دلیل افزایش میزان RMSE بعضی از چاه‌ها احتمالاً عدم وجود داده‌های صحیح در محدوده مطالعاتی می‌باشد. همان‌طور

بهترین مدل‌ها جهت برازش به سری زمانی چاه‌ها، با توجه به شاخص R^2 و ضریب AIC (رابطه ۲) مشخص شدند. براساس معیار ضریب آکائیک، مدلی که دارای کمترین مقدار ضریب آکائیک باشد به‌عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود. در جدول (۵)، مدل‌های سری زمانی مناسب ۲۵ چاه مشاهده‌ای دشت به همراه معیارهای ارزیابی آنها آورده شده است.



شکل ۶. داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با مدل برای ۴ چاه مشاهده‌ای انتخابی دشت به همراه مقادیر RMSE صحت‌سنجی



شکل ۷. مدل‌های نیم تغییر نمای کروی آبان ماه و بهمن ماه ۹۴

ماه منتخب به عنوان روش مناسب درون‌یابی انتخاب گردید. در جدول (۶) روش درون‌یابی مناسب برای ۲۰ ماه منتخب، به همراه مقادیر خطای RMSE آنها آورده شده است.

باید توجه کرد که خطای ارائه شده خطایی ترکیبی است و به عبارت دیگر حاصل از ترکیب نتایج دو مدل سری زمانی و ژئواستاتستیک می‌باشد (۱).

جهت ترسیم مدل‌های نیم تغییر نمای کروی ۲۰ ماه منتخب، از نرم‌افزار زمین‌آماري GS+ 5.1.1 استفاده شد. در شکل (۷)، مدل‌های نیم تغییر نمای کروی ترسیم شده توسط نرم‌افزار GS+، برای ماه‌های آبان و بهمن سال ۹۴ نشان داده شده است.

که واضح است عملکرد صحیح یک مدل وابسته به وجود داده‌های با صحت بالا می‌باشد.

با کم کردن داده‌های پیش‌بینی شده عمق سطح آب زیرزمینی هر یک از چاه‌ها از تراز (ارتفاع) نقطه نشانه آنها نسبت به سطح دریا، تراز سطح آب زیرزمینی پیش‌بینی شده چاه‌ها برای ۵ سال آینده به دست آمد. درون‌یابی تراز سطح آب زیرزمینی چاه‌ها برای ۵ سال آینده، بر روی داده‌های ماه‌های منتخب فصول صورت گرفت. ماه‌های منتخب فصول هر سال، به ترتیب ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن انتخاب شدند. به کمک نرم‌افزارهای ARCGIS10 و GS+5.1.1، درون‌یابی صورت گرفت و روش درون‌یابی کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی برای ۲۰

جدول ۶. روش درون‌یابی مناسب برای ۲۰ ماه منتخب، به همراه مقادیر خطای RMSE

ماه	روش درون‌یابی مناسب	خطای RMSE (متر)
آبان ۹۰	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۳۵۵
بهمن ۹۰	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۶۲۴
اردیبهشت ۹۱	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۶۸۶
مرداد ۹۱	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۳۲۸
آبان ۹۱	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۳۳۰
بهمن ۹۱	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۵۴۷
اردیبهشت ۹۲	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۵۹۴
مرداد ۹۲	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۳۶۳
آبان ۹۲	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۵۱۹
بهمن ۹۲	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۵۷۵
اردیبهشت ۹۳	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۵۹۱
مرداد ۹۳	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	۰/۵۸۴

۰/۸۷۵	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	آبان ۹۳
۰/۶۲۲	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	بهمن ۹۳
۰/۵۹۹	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	اردیبهشت ۹۴
۰/۵۸۵	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	مرداد ۹۴
۰/۶۹۲	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	آبان ۹۴
۰/۹۹۱	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	بهمن ۹۴
۰/۸۶۹	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	اردیبهشت ۹۵
۰/۶۸۱	روش کریجینگ معمولی با واریوگرام کروی	مرداد ۹۵

پس از انتخاب مدل درون‌یابی مناسب برای ۲۰ ماه منتخب (آبان ماه ۹۰ تا مردادماه ۹۵)، اقدام به تهیه نقشه‌های پیش‌بینی مکانی تراز سطح آب زیرزمینی و همچنین نقشه افت کلی دشت برای ۵ سال آینده شد. در شکل‌های (۸) و (۹)، نقشه‌های پیش‌بینی مکانی تراز سطح آب زیرزمینی، برای ماه آبان سال‌های ۹۰ و ۹۱ و در شکل ۱۰ نقشه پیش‌بینی افت ۵ ساله تراز سطح آب زیرزمینی دشت آمده است.

با توجه به نقشه پیش‌بینی افت ۵ ساله (شهریور ۹۰ تا شهریور ۹۵) تراز سطح آب زیرزمینی دشت در شکل (۱۰)، بیشترین رقوم افت تراز سطح آب زیرزمینی به میزان ۱۶ متر برای نواحی قاسم‌آباد بزرگ واقع در شمال شرق و مرکز دشت

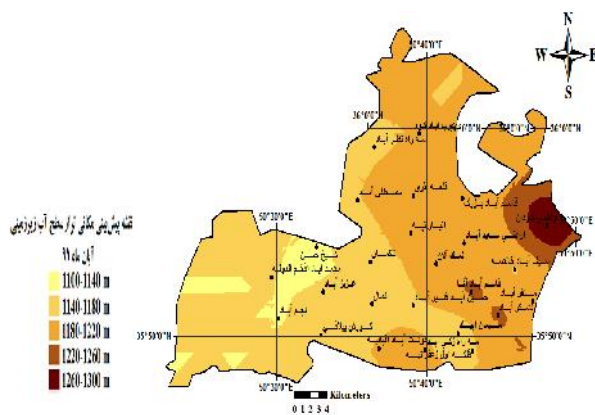
پس از ترسیم مدل‌های نیم تغییر نمای کروی ماه‌های منتخب توسط نرم‌افزار GS+، همسان‌گردی یا ناهمسان‌گردی هریک از نیم‌تغییرنماها نیز توسط نرم‌افزار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل گواه بر همسان‌گرد بودن داده‌ها داشت. در جدول (۷)، نتایج حاصل از برازش مدل واریوگرام کروی تخمین‌گر کریجینگ معمولی به داده‌های تراز سطح آب زیرزمینی ماه‌های منتخب، که از بسته نرم‌افزاری GS+ به دست آمده است، آورده شده است.

نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه تأثیر (C./C.+C)، شاخصی از قدرت ساختار مکانی در متغیرها می‌باشد. مقادیر محاسبه شده در جدول همگی کمتر از ۰/۲۵ می‌باشند که این نشان‌دهنده همبستگی خوب مکانی است.

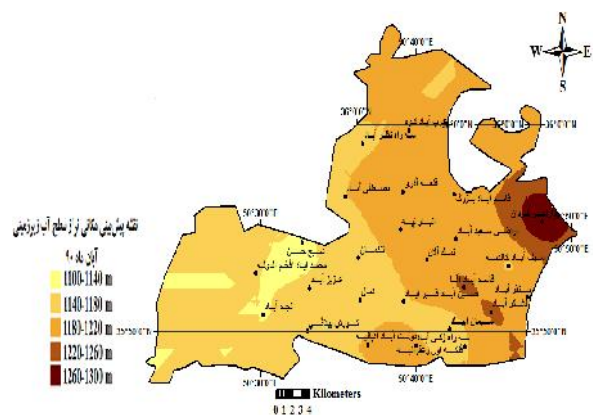
جدول ۷. نتایج حاصل از برازش مدل واریوگرام کروی تخمین‌گر کریجینگ معمولی

اثر قطعه‌ای	دامنه تأثیر (متر)	آستانه	اثر قطعه‌ای	مدل تثوریک واریوگرام	ماه
۰/۰۶۰	۲۰۳۸۰	۱۵۴۰	۹۲	کروی	آبان ۹۰
۰/۰۴۸	۲۰۴۷۰	۱۵۳۲	۷۳	کروی	بهمن ۹۰
۰/۰۳۲	۲۰۴۴۰	۱۵۴۸	۴۹	کروی	اردیبهشت ۹۱
۰/۰۳۵	۲۰۲۳۰	۱۵۵۹	۵۵	کروی	مرداد ۹۱
۰/۰۵۶	۲۰۱۹۰	۱۵۲۵	۸۵	کروی	آبان ۹۱
۰/۰۵۴	۲۰۱۶۰	۱۵۲۲	۸۲	کروی	بهمن ۹۱
۰/۰۴۴	۲۰۲۲۰	۱۵۱۷	۶۷	کروی	اردیبهشت ۹۲
۰/۰۴۸	۲۰۰۲۰	۱۵۲۹	۷۳	کروی	مرداد ۹۲
۰/۰۷۳	۱۹۹۵۰	۱۴۹۷	۱۰۹	کروی	آبان ۹۲
۰/۰۷۳	۲۰۰۳۰	۱۴۷۵	۱۰۸	کروی	بهمن ۹۲
۰/۰۵۸	۲۰۰۲۰	۱۴۹۳	۸۶	کروی	اردیبهشت ۹۳

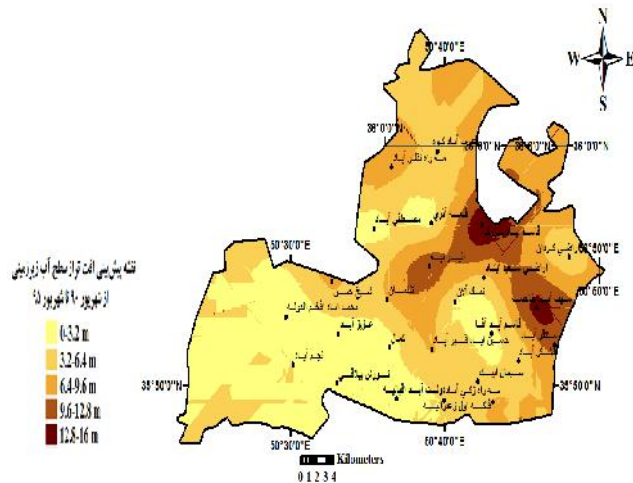
۰/۰۶۱	۱۹۸۲۰	۱۵۰۵	۹۲	کروی	مرداد ۹۳
۰/۰۸۷	۱۹۷۷۰	۱۴۶۹	۱۲۸	کروی	آبان ۹۳
۰/۰۸۸	۱۹۷۷۰	۱۴۵۵	۱۲۸	کروی	بهمن ۹۳
۰/۰۶۹	۱۹۷۵۰	۱۴۸۴	۱۰۲	کروی	اردیبهشت ۹۴
۰/۰۷۴	۱۹۵۹۰	۱۵۰۰	۱۱۱	کروی	مرداد ۹۴
۰/۱۰۰	۱۹۵۱۰	۱۴۶۶	۱۴۷	کروی	آبان ۹۴
۰/۱۰۴	۱۹۵۴۰	۱۴۴۰	۱۵۰	کروی	بهمن ۹۴
۰/۰۸۸	۱۹۵۵۰	۱۴۵۹	۱۲۹	کروی	اردیبهشت ۹۵
۰/۰۹۳	۱۹۳۸۰	۱۴۷۶	۱۳۸	کروی	مرداد ۹۵



شکل ۹. نقشه پیش‌بینی مکانی تراز سطح آب زیرزمینی دشت (آبان ماه سال ۹۱)



شکل ۸. نقشه پیش‌بینی مکانی تراز سطح آب زیرزمینی دشت (آبان ماه سال ۹۰)



شکل ۱۰. نقشه پیش‌بینی افت ۵ ساله تراز سطح آب زیرزمینی

اراضی انبار تپه واقع در مرکز دشت و ۱۰ متر در محدوده اراضی سنقرآباد در شرق دشت قابل پیش‌بینی است. علت اساسی افت

پیش‌بینی می‌شود. افت قابل ملاحظه‌ای نیز به میزان ۱۳ متر در محدوده سیف‌آباد خالصه واقع در شرق دشت، ۱۱ متر در

نتایج به دست آمده از این تحقیق، پیش‌بینی زمانی و مکانی مناسبی از تراز سطح آب زیرزمینی در دشت هشتگرد را نشان داد. با توجه به نقشه پیش‌بینی افت ۵ ساله تراز سطح آب زیرزمینی، بیشترین رقوم افت تراز سطح آب زیرزمینی (حدود ۱۶ متر) مربوط به شمال شرق و مرکز دشت خواهد بود. همچنین در محدوده سیف‌آباد خالصه واقع در شرق دشت میزان افت حدود ۱۳ متر، در اراضی انبار تپه واقع در مرکز دشت حدود ۱۱ متر و در محدوده اراضی سنقرآباد در شرق دشت حدود ۱۰ متر قابل پیش‌بینی است. با توجه به افت شدید پیش‌بینی شده در قسمت‌های شرقی، شمال شرقی و بخش‌هایی از مرکز دشت، عملاً بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در این قسمت‌ها در آینده ناممکن خواهد بود. در حال حاضر می‌توان با مدیریت صحیح می‌توان مانع از افت احتمالی در این مناطق گردید.

قابل ملاحظه در این نواحی، بالا بودن ضخامت آبرفت متشکل از دانه‌بندی متوسط و درشت و همین‌طور افزایش منحنی قابلیت انتقال می‌باشد. به نظر می‌رسد این محدوده تحت تأثیر برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی قرار گرفته است و با توجه به این روند برداشت، احتمال این افت شدید در آینده نیز پیش‌بینی می‌شود. کمترین رقوم افت تراز سطح آب زیرزمینی مربوط به پایاب دشت به میزان متوسط ۳/۲ متر است. از عوامل پایین بودن افت در نواحی جنوب و جنوب غربی دشت، می‌توان به مسدود شدن حرکت پذیری آب زیرزمینی در اثر کاهش منحنی قابلیت انتقال، تغذیه بیشتر آب زیرزمینی در این مناطق به دلیل جهت حرکت آب زیرزمینی (شمال شرقی به جنوب غربی) و کاهش آبدهی چاه‌ها در این نواحی به علت تشکیلات رسی اشاره کرد.

نتیجه‌گیری

با پیش‌بینی زمانی و مکانی دقیق سطح آب زیرزمینی، می‌توان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب و مدیریت منابع آب بهره گرفت.

منابع مورد استفاده

۱. اصغری مقدم، ا. و. نورانی و ع. ندیری. ۱۳۸۶. پیش‌بینی زمانی و مکانی سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل ترکیبی سری زمانی- زمین آمار. بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۲۸ تا ۳۰ بهمن ۱۳۸۶.
۲. استواری، ی. ح. ا. بیگی هرچگانی و ع. ر. داودیان. ۱۳۹۰. ارزیابی، بررسی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی برخی از شاخص‌های کیفی آب برای کاربرد در طراحی آبیاری قطره‌ای در دشت لردگان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران ۵(۲): ۲۴۲-۲۵۴.
۳. بی‌نام، ۱۳۸۹. مطالعات بهنگام‌سازی بیلان منابع آب محدوده‌های مطالعاتی حوزه آبریز دریاچه نمک، گزارش بیلان آب، مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار. پیوست شماره ۵، ۷۹ ص.
۴. ثقفیان، ب. ه. رزمخواه و ب. قرمز چشمه. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات بارش سالانه با کاربرد روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: استان فارس). مجله مهندسی منابع آب ۴(۹): ۲۹-۳۸.
۵. حسینی پاک، ع. ا. ۱۳۸۶. زمین آمار (ژئواستاتستیک). چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۶. جاویدی صباغیان، ر. و م. ب. شریفی. ۱۳۸۸. استفاده از مدل‌های اتفافی در شبیه‌سازی جریان رودخانه و پیش‌بینی دبی متوسط سالانه رودخانه توسط تحلیل سری‌های زمانی. اولین کنفرانس بین‌المللی منابع آب با رویکرد منطقه‌ای، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲۵ تا ۲۷ مرداد ۱۳۸۸.
۷. حقیقت‌جو، پ. م. امیری و م. بحرینی مطلق. ۱۳۹۰. انتخاب مناسب‌ترین روش زمین آماری جهت پهنه‌بندی خشکسالی در استان فارس به کمک

- نرم افزار ARCGIS. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۸ تا ۲۰ بهمن ۱۳۹۰.
۸. خرمی، م. و ا. بزرگنیا. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل سری های زمانی با نرم افزار MINITAB14. انتشارات سخن گستر، مشهد.
 ۹. قدرتی، م. م. نوجوان و ا. اکبرپور. ۱۳۸۸. هدایت هیدرولیکی آبخوان، برآورد و بهینه سازی به کمک الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی دشت هشتگرد). نخستین کنفرانس سراسری آبهای زیرزمینی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان، ۲۸ آبان ۱۳۸۸.
 ۱۰. کریمی جعفری، م. و س. اسلامیان. ۱۳۹۰. ارزیابی روش های زمین آمار در تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل. نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱ تا ۲ آذر ۱۳۹۰.
 ۱۱. کمائی، م. و ف. شمس. ۱۳۹۰. ارائه شیوه ای جهت یافتن بهترین روش درون یابی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی). سی امین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور- تهران، ۱ تا ۳ اسفند ۱۳۹۰.
 ۱۲. محمدزاده، ر. ش. کریمی گوغری و م. ذونعمت کرمانی. ۱۳۹۱. پیش بینی سطح آب زیرزمینی با استفاده از تئوری سری های زمانی: مطالعه موردی دشت آباد. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ارومیه ۱۶ تا ۱۸ آبان ۱۳۹۱.
 ۱۳. معروفی، ص. ح. محب زاده و ک. طاهری. ۱۳۸۹. بررسی و مقایسه روش های زمین آمار در تخمین سطح ایستابی دشت نهاوند. نخستین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی کرمانشاه ۲۱ تا ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۹.
 ۱۴. میرزایی، س. ی. م. چیت سازان، ر. چینی پرداز و ح. صمدی. ۱۳۸۵. پیش بینی وضعیت آب های زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از مدل های سری های زمانی و بررسی راهکارهای بهبود. اولین همایش منطقه ای بهره برداری از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود (فرصت ها و چالش ها)، دانشگاه شهرکرد، ۱۴ و ۱۵ شهریور ۱۳۸۵.
 ۱۵. نادریان فر، م. ح. انصاری، ه. دهقان و م. سالاری. ۱۳۸۸. پیش بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور با مدل سری های زمانی. مجموعه مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب، مشهد، ۱ اسفند ۱۳۸۸.
16. Bekesi, G., M. McGuire and D. Moiler. 2009. Groundwater allocation using a groundwater level response management method ngangara groundwater system, western australia. *Wat. Res. Man.* 23: 1665-1683.
 17. Hevesi, J. A., J. D Istok and A. L. Flint. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain sings multivariate geostatistics. Part I: Structural Analysis. *J. App. Met.* 31: 661-676.
 18. Jacovides, C. P. 1997. Reply to Comment on Statistical Procedures for the Evaluation of Evapotranspiration Models. *J. of Agr. Wat. Man.* 3: 95-97.
 19. Kambhammettu, B., A. Praveena and J. King. 2011. Application of evaluation of universal kriging for optimal contouring of ground water levels. *J. Syst. Sci.* 3: 413-422.
 20. Lee, S. I., S. K. Lee and S. Y. Hamm. 2009. A model for groundwater time-series from the well field of riverbank filtration. *Korea Wat. Res. Asso.* 42: 673-680.
 21. Michel, D. 1982. Geostatistical ore reserve estimation. P. 364 .Elsevier Scientific Publishing Company. New York, NY 10017.

Spatio-Temporal Water Levels Forecasting by Time Series-Geostatistics as a Hybrid Model in Hashtgerd Plain-Alborz Province

A. Taheri Tizro*, H. Nozari and H. Alikhani¹

(Received: Nov. 25-2014; Accepted: Feb. 27-2016)

Abstract

To procure the status of groundwater level fluctuations in arid and semi-arid areas, it is necessary to obtain accurate forecast of fluctuations data. Time series as a linear model have been utilized to generate synthetic data and predict future groundwater level. Minitab17 software and monthly depth of groundwater level data of 20 years (1991-2011) for 25 piezometric wells of plain were used. Time series models of each well were selected and 5 years temporal forecasting was accomplished. The predicted depth of groundwater level data was converted to Groundwater level data using ARCGIS10 and GS+5.1.1 software. Ordinary kriging with a spherical variogram was selected for interpolation of groundwater level. Five years spatial forecasting was done and spatial forecasting and groundwater level drop forecasting maps were prepared. Forecasting results of groundwater level show that over the next 5 years, the area covered by two intervals of groundwater level, 1100-1140 m and 1140-1180 m, will increase and the area covered by three ranges of 1180-1220 m, 1220-1260 m, and 1260-1300 m, will decline. Also, according to the 5-year groundwater level drop forecasting map of the plain, the highest level of groundwater level drop, more than 16 meters for Qasemabad bozorg areas, located in North East and central of the plain, and the lowest level of the groundwater level drop, about 0.5 m for Mohammad Abad Afkham Aldoleh Lands, located in outlet area of the plain, have been predicted.

Keywords: Geostatistical, Groundwater Level, Hashtgerd Plain, Kriging, Time Series.

1. Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina Univ., Hamedan, Iran.

* Corresponding Author, Email: ttizro@yahoo.com