ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی در دشت کرمانشاه

محمد رحمتی[۱]، حمیدرضا مرادی[۲*] و رضا امیدی‌پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۸

چکیده

بررسی تغییرات منابع آب زیرزمینی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع آب در هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است. مشخصات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در مقیاس مکانی و زمانی تغییر می‌کند، بنابراین نمی‌توان این مشخصات را ثابت فرض کرد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمانشاه به‌صورت سالانه، فصلی و ماهانه در یک دوره آماری ۲۰ ساله از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ و با استفاده از آمار سطح ایستابی ۶۱ حلقه چاه مشاهده‌ای موجود در منطقه انجام شد. بعد از کنترل کیفیت، صحت آمار، اطمینان از همگنی و نرمال بودن داده‌ها و بازسازی نواقص آماری، از روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه و روش تیسن جهت بررسی تغییرات ارتفاع متوسط پیزومتری دشت استفاده گردید. نمودار تغییرات ارتفاع پیزومتری هر کدام از چاه‌ها نشان دهنده ارجحیت پهنه‌بندی به روش کریجینگ نسبت به ارتفاع متوسط حاصل از روش تیسن می‌باشد. ارزیابی نتایج نشان داد که سطح متوسط ایستابی در دشت کرمانشاه در طول دوره آماری مورد مطالعه به میزان ۹/۹ متر افت داشته است (افت متوسط ۰/۴۹ در سال). این در حالی است که بررسی تغییرات افت در بعضی از چاه‌ها افت بالاتر از ۳۰ متر را نشان داد. که می‌تواند ناشی از موقعیت چاه، میزان بهره‌برداری، دوری چاه از منابع آب، رودخانه و یا مناطق مسکونی باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، ارتفاع پیزومتری، پهنه‌بندی، دشت کرمانشاه، کریجینگ.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. mohammad.rahmati@modares.ac.ir
۲. دانشیارگروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
* نویسنده مسئول: hrmoradi@modares.ac.ir
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. R.omidipour@modares.ac.ir

مقدمه

منابع آب زیرزمینی از یک‌سو به دلیل شیرین بودن، ترکیبات ثابت شیمیایی، دمای ثابت، ضریب آلودگی کمتر و سطح اطمینان بالاتر در تامین آب به‌عنوان یک منبع قابل اتکا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب شده و از سوی دیگر با تاثیر بر توان اکولوژیکی منطقه، یک پدیده مهم و موثر در توسعه اقتصادی، تنوع اکولوژیکی و سلامت جامعه به حساب می‌آید. آب‌های زیرزمینی حدود ۴ درصد از مجموعه آب‌هایی را که فعالانه در چرخه آب شناختی دخالت دارند، تشکیل می‌دهند. اما حدود ۵۰ درصد جمعیت دنیا از نظر آب شرب متکی به این آب‌ها هستند (طاهری تیزرو، ۱۳۸۴).

در طی دهه‌های اخیر به دلیل افزایش تقاضای آب و کاهش سرانه منابع آب تجدید شونده، نگرانی‌های زیادی ایجاد شده و چگونگی استفاده از این منابع به شکل مطلوب، مؤثر و کارآمد برای تضمین توسعه پایدار، یکی از مهم‌ترین موضوعات مطرح در مجامع بین‌المللی است.

برای آگاهی از وضعیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن، لازم است بررسی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود. با بررسی دقیق نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌توان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد و نیز در مدیریت منابع آب استفاده نمود (ایزدی و همکاران، ۱۳۸۷). بدین منظور، بررسی اثرات بارندگی و تغییرات آن بر روی سطح آب زیرزمینی ضروری است (خان و همکاران، ۲۰۰۸). از این رو در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله ایران که میانگین بارندگی سالانه آن نیاز آبی را جواب نمی‌دهد، حفظ و مدیریت منابع آب زیرزمینی اهمیت بسیار بالایی دارد و آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی و زمانی سفره‌ها و همچنین، ساختار ریاضی تغییرپذیری، به‌منظور مدیریت بهینه، داده‌هایی مهم در اختیار مدیران مربوطه قرار می‌دهد (حسینعلی زاده و یعقوبی، ۱۳۸۹).

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). به‌طور کلی قسمت اعظم کشور، خشک و کم آب 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 درحال نابودی است. منابع آب زیرزمینی به دلیل برداشت‌های بی‌رویه به‌شدت 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 (هاشمی نژاد وکریمی، ۱۳۸۵).

ابزار مناسب جهت مطالعه تغییرات سطح آب که در اکثر مطالعات مورد استفاده قرار می‌گیرد روش‌های آماری می‌باشد. از آنجا که آمار کلاسیک قادر به در نظر گرفتن توزیع مکانی عامل‌های کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی نبوده، لذا برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی به همراه شبیه‌سازی از روش‌های زمین‌آمار استفاده می‌شود (بالنده و احمدی، ۲۰۱۳). تکنیک زمین‌آمار برای اولین بار حدود نیم قرن پیش برای شناسایی الگوهای پراکنش 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 کمی آب زیرزمینی هستند) با این روش‌ها انجام شود (صفری، ۱۳۸۱؛ میثاقی و

همکاران، ۱۳۸۱؛ دایک و جرارد، ۲۰۰۶؛ مشعل و همکاران، ۱۳۸۶).

کرسیک (۱۹۷۷) کریجینگ را به‌عنوان قابل اعتمادترین، قوی‌ترین و گسترده‌ترین روش برای درون‌یابی و تهیه منحنی‌های تراز آب‌های زیرزمینی می‌داند و اذعان می‌دارد روش مذکور روش زمین‌آماری است که در آن واریانس مکانی، موقعیت و توزیع نمونه‌ها مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. ویجی و رمادوی (۲۰۰۶) در پژوهشی نشان دادند که در تخمین سطح آب زیرزمینی، روش کریجینگ نسبت به روش فاصله معکوس دقت بالاتری دارد. کلین و همکاران (۲۰۰۵) 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.

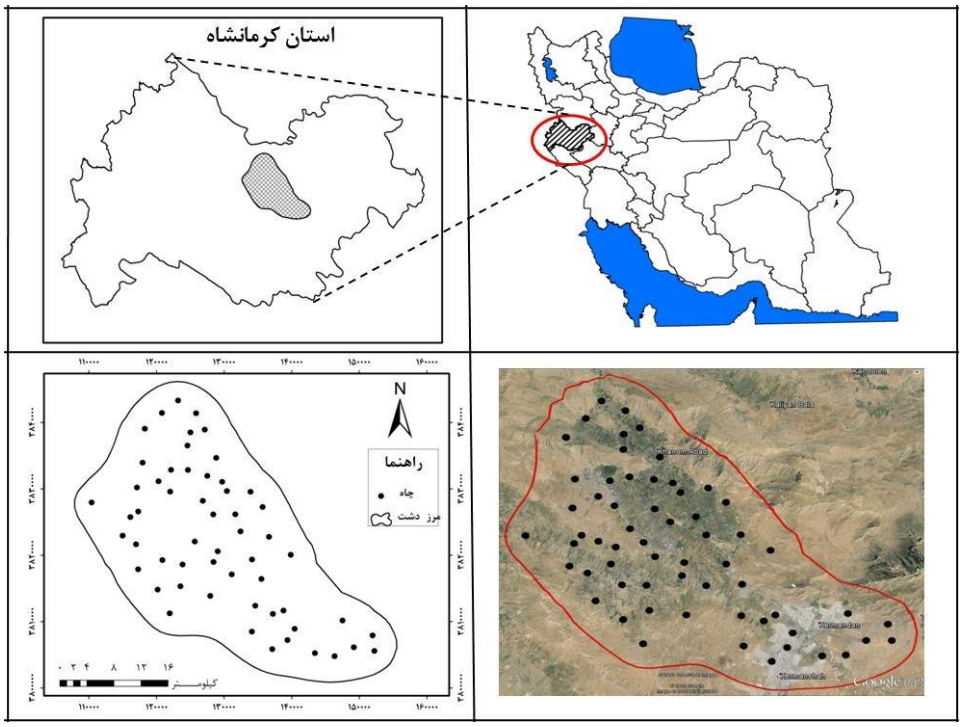
با توجه به ازدیاد جمعیت، رشد و توسعه کشاورزی و همچنین روند تغییر اقلیم و خشکسالی‌های اخیر اهمیت اطلاع دقیق از منابع آب به‌خصوص منابع آب زیرزمینی و روند تغییرات این منابع جهت مدیریت صحیح و همه جانبه، امری ضروری و غیرقابل اجتناب است. دشت کرمانشاه به دلیل موقعیت استراتژیک در استان، سهم آن در تولید محصولات کشاورزی و شرایط جمعیتی از اهمیت زیادی در کشور برخوردار است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمانشاه و تعیین عوامل تأثیر گذار بر آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه دشت کرمانشاه به وسعت ۲۸۷۹۷ هکتار در غرب شهر کرمانشاه است. این دشت در بین مختصات جغرافیایی ´۴۵ °۴۶ تا ´۵ °۴۷ طول شرقی و ´۲۳ °۳۴ تا ´۳۵ °۳۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا ۱۳۳۰ متر و میانگین دمای سالیانه و کل بارندگی به‌ترتیب برابر با ۱۴/۱ درجه سانتی‌گراد و ۴۵۸ میلی‌متر است (فاتحی و همکاران، ۱۳۸۶). اکثر ریزش‌های جوی منطقه ناشی از ورود جبهه‌های مرطوب مدیترانه‌ای است که عمدتاً در فصول پاییز و بهار به‌صورت باران و تگرگ و در زمستان به‌صورت برف فرود می‌آیند. غالباً این توده هواهای مرطوب در برخورد با ارتفاعات به‌صورت بارندگی‌های منظم و مداوم ریزش کرده، ولی به موازات آن‌ها، رگبارهای تند و شدید، نیز معمولا به وقوع می‌پیوندد.

از نظر زمین شناسی دشت کرمانشاه را می‌توان جزء سلسله جبال زاگرس مرتفع (رورانده) به‌حساب آورد. رشته کوه زاگرس نتیجه فعالیت‌های کوه‌زایی آلپ در اواخر دوره‌ی پلیوسن می‌باشد (جباری و خزایی، ۱۳۸۹).



شکل (۱): موقعیت منطقه و پیزومترهای مورد مطالعه در استان و کشور

بررسی ساختار مکانی داده‌ها

برای بررسی ساختار مکانی داده‌ها از واریوگرام استفاده می‌شود. هدف اصلی از محاسبه‌ی واریوگرام شناخت تغییرپذیری متغیر نسبت به فاصله‌ی مکانی یا زمانی است. بدین منظور لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله‌ی معلوم h از یکدیگر قرار دارند، محاسبه و در مقابل h رسم گردد. هر واریوگرام از سه بخش اصلی دامنه تاثیر، سقف و اثرقطعه‌ای تشکیل شده است (حسنی‌پاک۱۳۷۷).

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل داده‌های ماهانه ارتفاع پیزومتری ۶۱ حلقه چاه پیزومتری طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰) می‌باشد. موقعیت این چاه‌ها در شکل (۱) ارائه شده است. کلیه داده‌های ارتفاع پیزومتری مورد استفاده در این تحقیق از نظر نرمال بودن با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس برای تعیین ساختار مکانی داده‌ها و بهترین مدل قابل استفاده، مشخصات واریوگرام داده‌ها استخراج گردید. بررسی مشخصات و ترسیم واریوگرام با استفاده از نرم افزار GS^+ انجام پذیرفت. سپس برای پهنه‌بندی، داده‌ها به نرم‌افزار ArcGIS انتقال و مدل مورد نظر اجرا شد.

کریجینگ

ساده‌ترین و معمول‌ترین روش تخمین مورد استفاده در زمین آمار روش کریجینگ است. این روش بهترین تخمین‌گر خطی ناریب است و در واقع ابزاری مناسب به‌منظور تخمین بهینه متغیرهای ناحیه‌ای یک نقطه یا

یک قطعه به‌صورت تابع خطی از نمونه‌های موجود در حوالی آن قطعه است. بهترین نتیجه این روش زمانی است که اولاً داده‌ها نرمال بوده و ثانیاً تعداد آن‌ها بیش از ۳۰ مورد باشد. یکی از مهم‌ترین نقاط قوت روش کریجینگ توانایی آن در محاسبه واریانس تخمین برای مقدار تخمینی است که معیاری برای مطلوب بودن تفسیر به‌حساب می‌آید که بر پایه نزدیکی مکانی می‌باشد که هر چه فاصله مکانی کمتر، شباهت بیشتر است (مدنی، ۱۳۷۳؛ سرمدیان و همکاران، ۲۰۱۰). در روش کریجینگ با توجه به نحوه‌ی توزیع مکانی متغیر مورد نظر به تخمین مقادیر مجهول در موقعیت‌های مکانی مطلوب و معلوم پرداخته می‌شود.

کریجینگ یک روش تخمین زمین‌آماری است که مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه‌برداری نشده به‌صورت ترکیبی خطی از مقادیر همان متغیر در نقاط اطراف آن در نظر می‌گیرد و برای برآورد نقاط ناشناخته، به هریک از نمونه‌ها وزنی نسبت می‌دهد. کریجینگ بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد و در قالب رابطه۱ بیان می‌شود:

$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} W_i Z(X_i) \qquad (۱)$$

در این رابطه : Z^* مقدار مکانی برآورد شده، $Z(Xi)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه X_i و W_i وزن آماری است که به نمونه X_i نسبت داده می‌شود و بیانگر نقطه iام در برآورد است.

جهت تعیین سطح تحت تاثیر هر یک از چاه‌ها از روش پلیگون‌بندی تیسن استفاده شد و سپس اقدام به محاسبه سطح متوسط پیزومتری دشت کرمانشاه گردید.

به همین منظور داده‌های آب زیرزمینی در یک دوره آماری ۲۰ ساله بر اساس آزمون توالی مورد ارزیابی صحت و همگنی قرار گرفته‌اند، که مطابق روش مذکور هیچ گونه ناهمگنی در داده‌ها مشاهده نگردید. نواقص آماری با استفاده از محاسبه ضریب همبستگی بین چاه‌های دارای آمار کامل با چاه دارای ناقص آماری هرکدام که بیشترین همبستگی را با چاه مذکور داشته باشند انتخاب شده و با استفاده از از رگرسیون خطی نواقص آماری بازسازی شد. هم چنین از آزمون نرمالیته برای نرمال بودن یک سری زمانی استفاده شد. موقعیت دقیق چاه‌ها در محیط نرم‌افزاری ArcGIS تهیه گردید. پس از آن‌که آمار مربوط به عمق آب زیرزمینی (h) مربوط به هرکدام از چاه‌های مشاهده‌ای در طی دوره آماری ۲۰ ساله مشخص شدند، با توجه به ارتفاع مطلق نقطه نشانه هر چاه، رقوم سطح آب آن چاه (ارتفاع مطلق) محاسبه شد.

به‌منظور برازش مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌ها و تعیین پارامترهای آن (دامنه تأثیر، سقف، اثرقطعه‌ای) نیازمند آنالیز ساختاری یا واریوگرافی می‌باشد. با توجه به‌میزان مجذور میانگین مربعات باقیمانده (RMSE) کمتر، که نرم‌افزار زمین‌آمار در اختیار قرار می‌دهد، واریوگرام مناسب انتخاب گردید.جهت ارزیابی مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش معیارهای میانگین مطلق خطا (دقت)، میانگین خطای انحراف، ریشه میانگین مربعات خطا و شاخص خطای استاندارد مورد استفاده قرار گرفته‌اند. معیارهای مذکور به ترتیب با استفاده از روابط ۲ تا ۵ محاسبه می‌گردد:

$$MBE = 1/N \sum_{i=1}^{N} Z*(XO) - Z(Xi) \qquad (۲)$$

$$MAE = 1/N \sum_{i=1}^{N} \square \left| Z*(XO) - Z(Xi) \right| \qquad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left(Z(X_i) - \left(Z^*(X_i)\right)\right)^2} \qquad (۴)$$

$$SE = \frac{Sx}{\sqrt{n}} \qquad (۵)$$

که در آن:Z(Xi) مقدار *مشاهداتی* در نقطه Xi، Z*(Xi) مقدار برآوردی در نقطه Xi و N تعداد نمونه می‌باشد (باسیستا، ۲۰۰۸). بر اساس این رابطه هر چه میزان ریشه میانگین مربعات خطا به صفر نزدیک‌تر باشد داده‌های برآوردی از دقت بیشتری برخوردار هستند SE خطای استاندارد، Sx انحراف استاندارد نمونه‌ها و n تعداد نمونه‌ها می‌باشد (گاورت،۲۰۰۰).

نتایج

نتایج بررسی مدل‌های مورد استفاده در درون‌یابی نشان از وجود همبستگی بالا در بین تمامی دوره‌ها شامل تمامی سال‌ها، فصول و ماه‌های دوره آماری مورد مطالعه (به جزء داده‌های سالانه در دوره آماری سال ۱۳۹۰) دارد. همچنین آنالیز واریوگرافی مربوط به تغییرات سطح آب زیرزمینی در مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه در طول دوره آماری نشان دهنده این است که مناسب‌ترین مدل واریوگرام برازش شده برای سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ مدل نمایی و برای فصول تابستان و زمستان و همچنین ماه‌های فروردین و مهر، مدل کروی می‌باشد نتایج به‌دست‌آمده در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شد.

جدول(۱): مشخصات واریوگرام مدل‌های مورد استفاده در درون‌یابی به روش کریجینگ

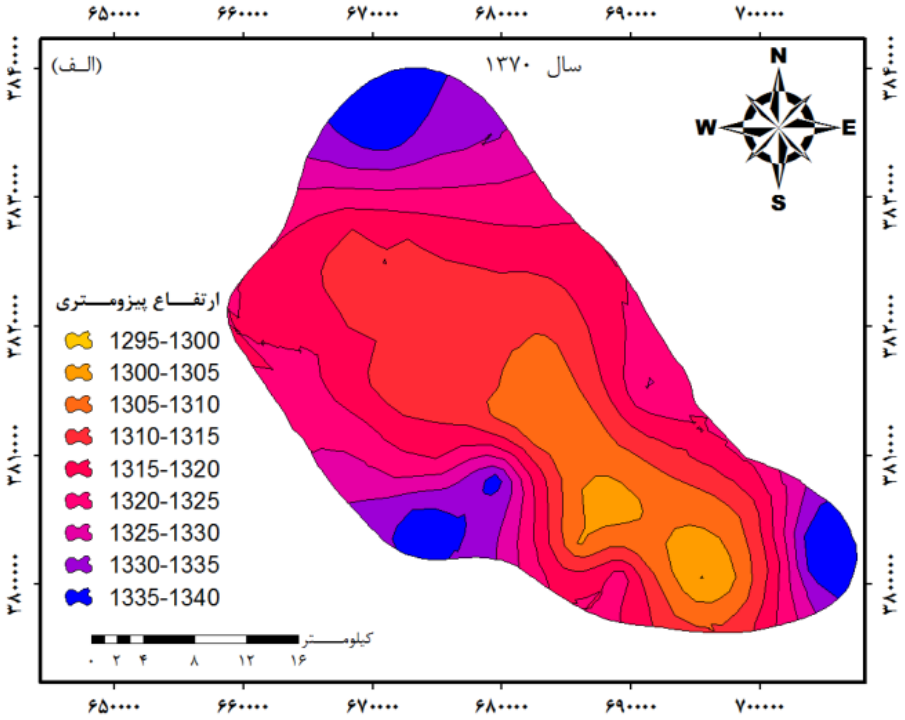
متغیر		اثر قطعه (C_o)	سقف (C_o+C)	دامنه تاثیر (a)	کلاس وابستگی مکانی (C/ C_o +C)	همبستگی	بهترین مدل
سال	۱۳۷۰	۰/۱	۱۸۵/۱	۶۹۸۴۰	۰/۹۹	۰/۹۴	نمایی
	۱۳۸۰	۲۳/۷	۲۵۱/۶	۷۲۳۶۰	۰/۹۶	۰/۹۷	نمایی
	۱۳۹۰	۸۷/۳	۲۸۵	۲۲۱۴۰	۰/۵۶	۰/۸۵	نمایی
فصل	تابستان	۶/۱	۲۱۳/۱	۵۰۶۱۰	۰/۹۷	۰/۹۸	کروی
	زمستان	۲/۱	۲۰۵/۱	۵۰۳۶۰	۰/۹۹	۰/۹۷	کروی
ماه	فروردین	۳/۷	۲۰۸/۳	۴۸۸۲۰	۰/۹۸	۰/۹۷	کروی
	مهر	۲/۹	۲۱۶/۷	۵۲۷۶۰	۰/۹۸	۰/۹۸	کروی

پس از برازش واریوگرام و تعیین مناسب‌ترین مدل برای تمامی دوره‌ها، پهنه‌بندی ارتفاع پیزومتری در سطح دشت کرمانشاه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ انجام شد که تعدادی از آن‌ها به عنوان نمونه در شکل ۳ ارائه شده است. مقایسه نقشه‌های تولید شده سالانه در دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد که بیشترین تراز سطح آب مربوط به اطراف دشت می‌باشد (قسمت شمالی، جنوب شرقی و جنوب غربی) و کمترین ارتفاع نقاط مربوط به مناطق مرکزی دشت کرمانشاه است. همچنین نتایج پهنه‌بندی ارتفاع پیزومتری دشت کرمانشاه و ترسیم خطوط جریان نشان داد که جهت جریان آب زیرزمینی از حاشیه به سمت مرکز دشت می‌باشد.

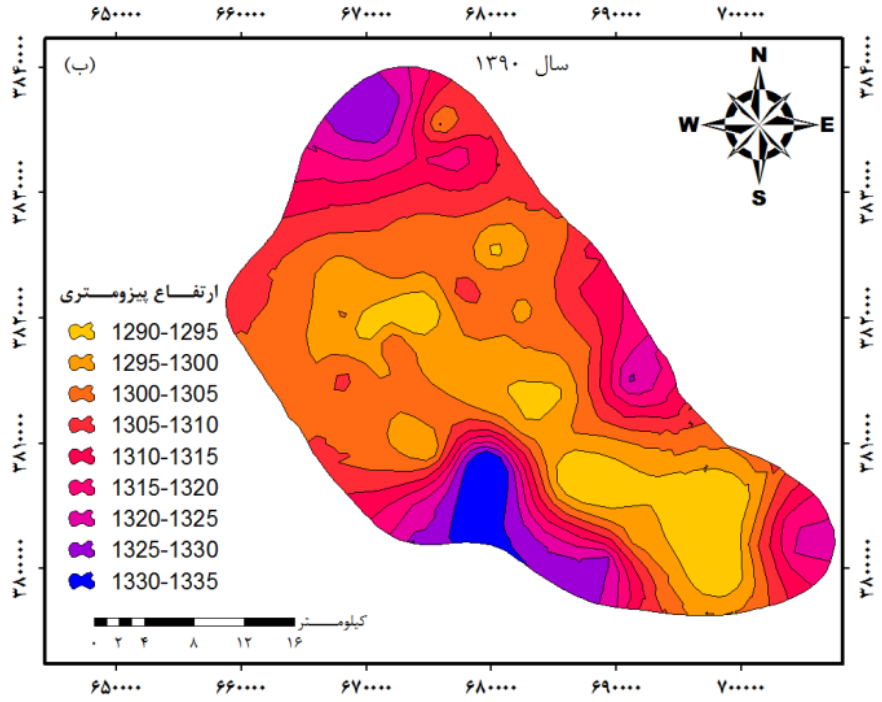
بررسی روند تغییرات سطح آب در دشت کرمانشاه با استفاده از نقشه‌های سالانه نیز نشان داد سطح آب در دشت کرمانشاه از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۹۰ دارای روندی کاهشی است. که بیشترین تغییرات مربوط به مرکز و قسمت‌های جنوبی دشت می‌باشد (شکل ۳، الف و ب).

بررسی تغییرات فصلی و ماهانه سطح آب در دشت کرمانشاه در طول دوره آماری نشان دهنده تغییرات مکانی اندک در سطح آب منطقه در مقیاس فصلی و ماهانه می‌باشد. الگوی سطح آب در تمامی نقشه‌های ایجاد شده تقریباً یکسان می‌باشد (شکل‌های ۳ تا ۵). به عبارتی به علت ارتباط هیدرولیکی آبخوان کاهش یا افزایش سطح آبخوان در زمان‌های مختلف در سطح خود را نشان می‌دهد.

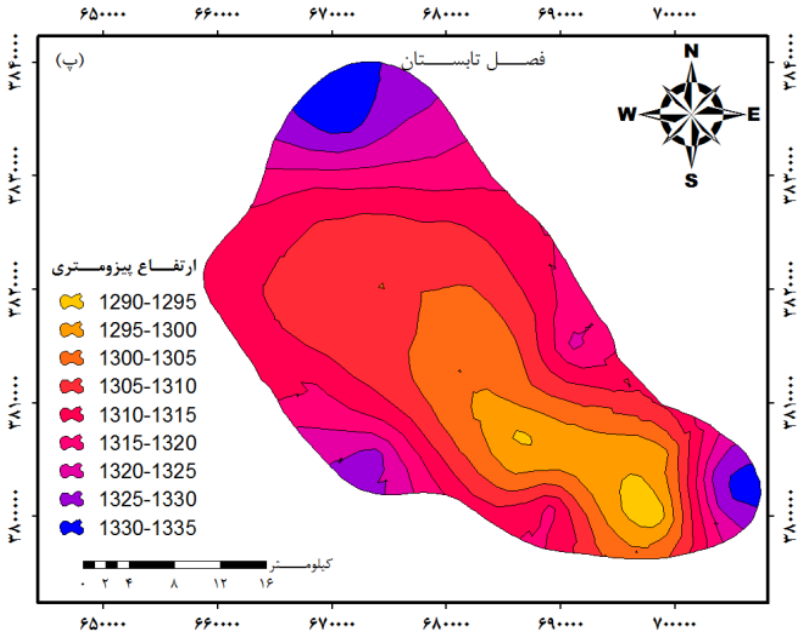
نتایج بدست آمده از ترسیم واریوگرام داده‌ها نشان می‌دهد که شعاع تأثیر ارتفاع سطح ایستابی از ۶۹۸۴۰ متر در سال ۱۳۷۰ به ۷۲۳۶۰ متر در سال ۱۳۸۰ و ۲۲۱۴۰ متر در سال ۱۳۹۰ رسیده است که نشان دهنده روند نزولی دامنه تأثیر این عامل در محدوده پیزومتری چاه‌های مشاهده‌ای است. به عبارتی به علت افت ارتفاع پیزومتری در هر یک از چاه‌ها فاصله‌ای (دامنه تاثیر) که بتوان متغیر مجهول را تخمین زد کمتر شده است.



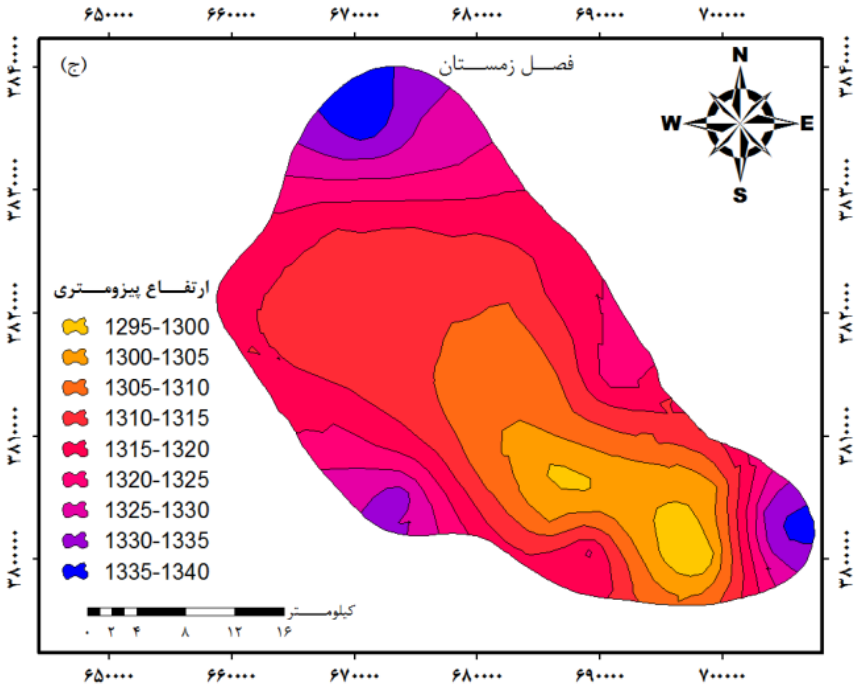
شکل (۳): نقشه‌های پهنه‌بندی شده به روش کریجینگ در مقیاس سالانه



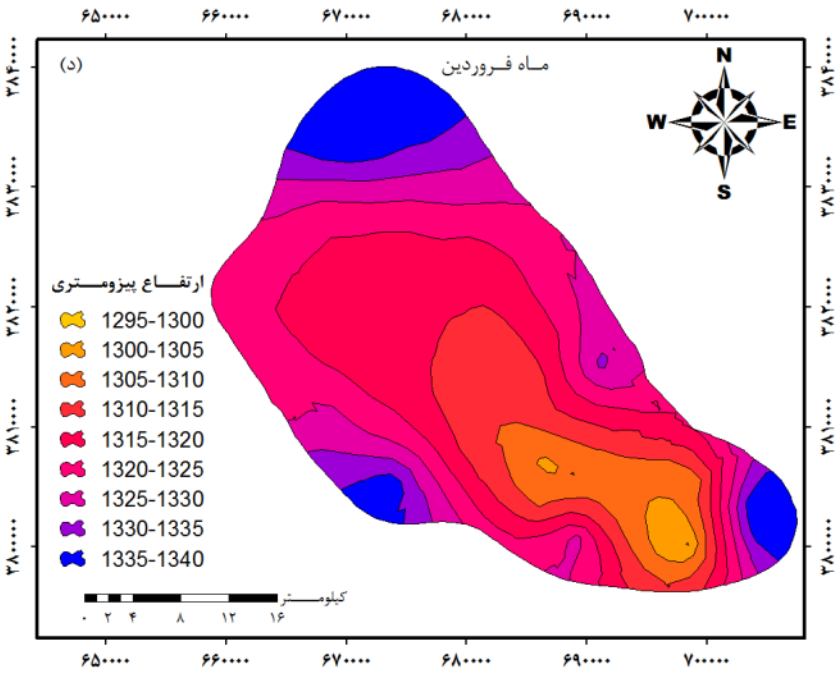
ادامه شکل (۳): نقشه‌های پهنه‌بندی شده به روش کریجینگ در مقیاس سالانه



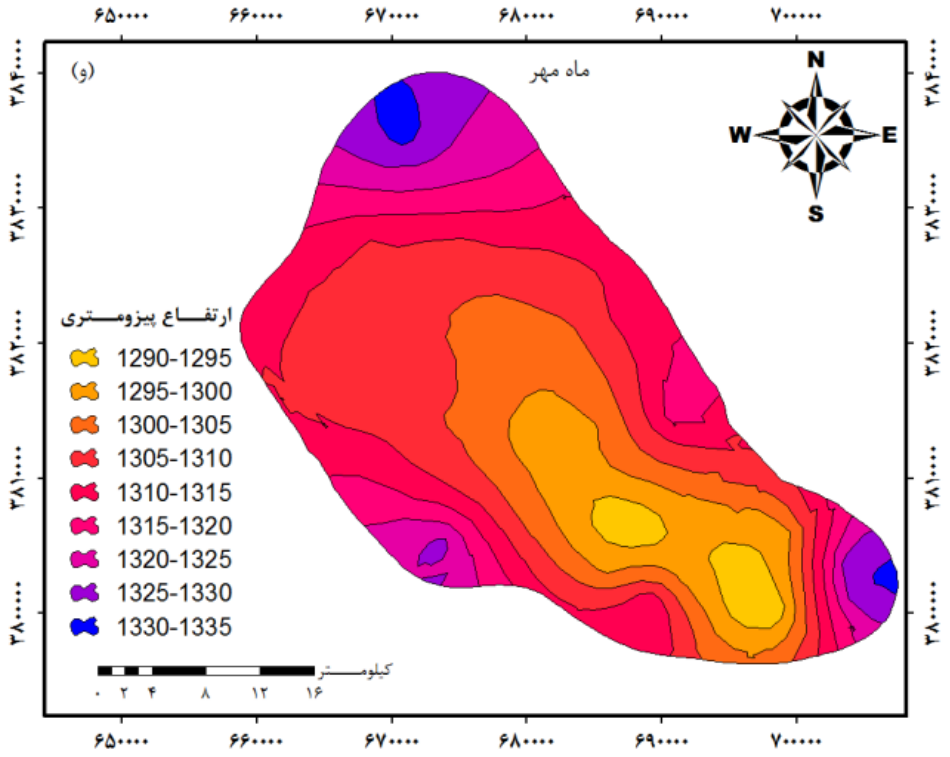
شکل (۴): نقشه‌های پهنه‌بندی شده به روش کریجینگ در مقیاس فصلی



ادامه شکل (۴): نقشه‌های پهنه‌بندی شده به روش کریجینگ در مقیاس فصلی



شکل (۵): نقشه‌های پهنه‌بندی شده به روش کریجینگ در مقیاس ماهانه



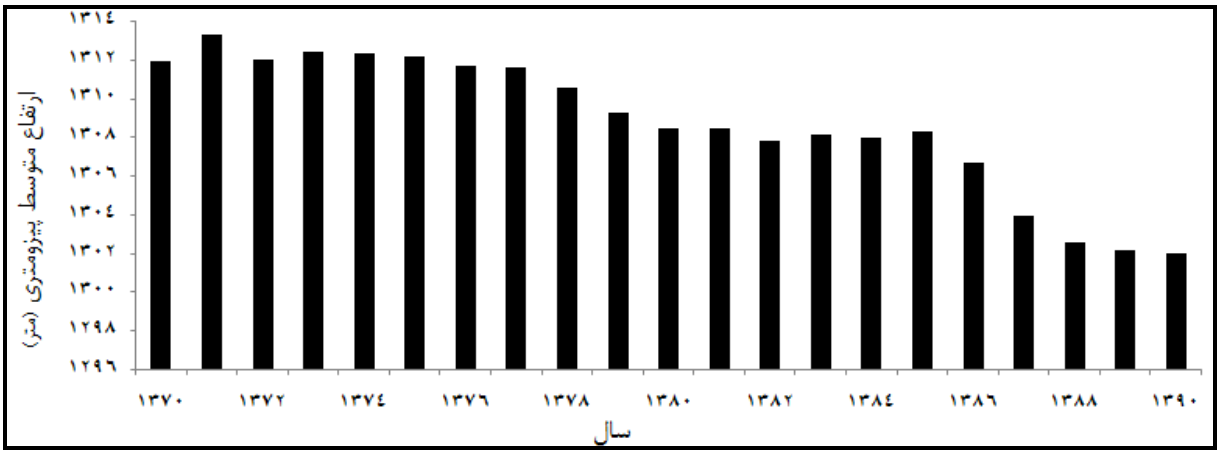
ادامه شکل (۵): نقشه‌های پهنه‌بندی شده به روش کریجینگ در مقیاس ماهانه

جدول(۲): معیارهای ارزیابی روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی سطح ایستابی

دوره پهنه‌بندی	MAE	MBE	RMSE	SE	میانگین مشاهده‌ای	میانگین تخمینی
۱۳۹۰	۱۱/۰۱	-۰/۲۵	۱۵/۰۵	۱۴/۵۳	۱۳۰۲/۹۵	۱۳۰۲/۷۰
۱۳۸۰	۴/۲۵	-۰/۲۵	۷/۲۵	۶/۱۱	۱۳۰۸/۷۹	۱۳۰۸/۵۴
۱۳۷۰	۳/۳۴	-۰/۲۳	۵/۴۶	۵/۱۷	۱۳۱۲/۱۹	۱۳۱۱/۹۶
تابستان	۳/۵۶	-۰/۲۴	۵/۸۵	۵/۴۱	۱۳۰۸/۲۳	۱۳۰۷/۹۹
زمستان	۳/۳۲	-۰/۲۰	۵/۶۷	۵/۰۸	۱۳۰۹/۲۳	۱۳۰۹/۰۲
فروردین	۳/۳۳	-۰/۲۱	۵/۷۷	۵/۱۶	۱۳۱۰/۰۵	۱۳۰۹/۸۵
مهر	۳/۳۹	-۰/۲۵	۵/۶۶	۵/۱۷	۱۳۰۸/۰۳	۱۳۰۷/۷۸

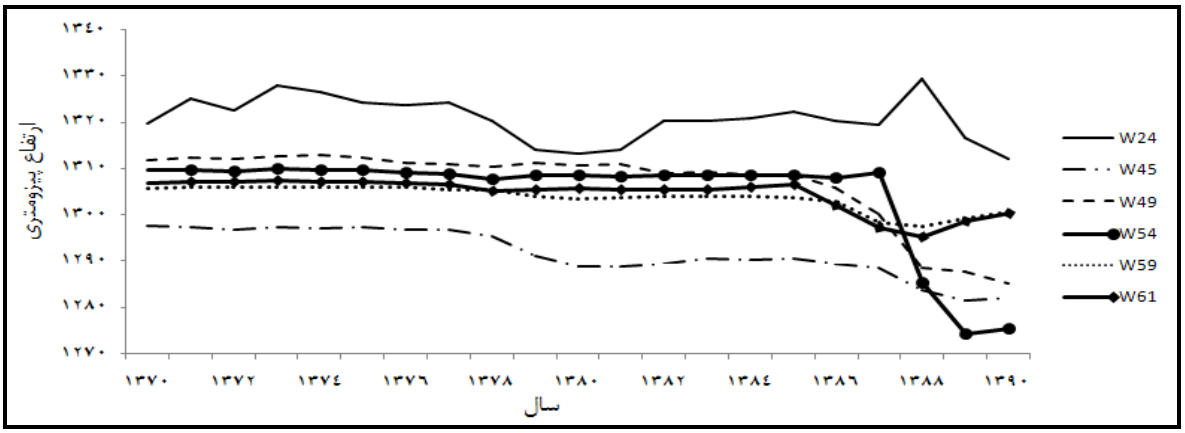
نتایج حاصل از محاسبه ارتفاع متوسط پیزومتری در دشت کرمانشاه نشان دهنده روند نزولی سطح ایستابی در این دشت می‌باشد، به‌طوری که متوسط سطح تراز آب زیرزمینی از ۱۳۱۱/۹ متر در سال ۱۳۷۰ به ۱۳۰۸/۴ متر در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۰۲ متر در سال ۱۳۹۰ رسیده است. به عبارت دیگر متوسط سطح آب در دشت در هر سال حدود ۰/۴۹ متر کاهش داشته است (شکل ۶). همچنین بررسی تغییرات ماهانه سطح متوسط پیزومتری در دشت کرمانشاه نشان دهنده تغییرات کمی در سطح آب از ماهی به ماه دیگر می‌باشد. همچنین این بررسی نشان داد که افت سطح پیزومتری

در دشت کرمانشاه از سال ۱۳۸۵ به بعد سرعت بیشتری نسبت به سال‌های ابتدایی دوره آماری مورد مطالعه دارد.

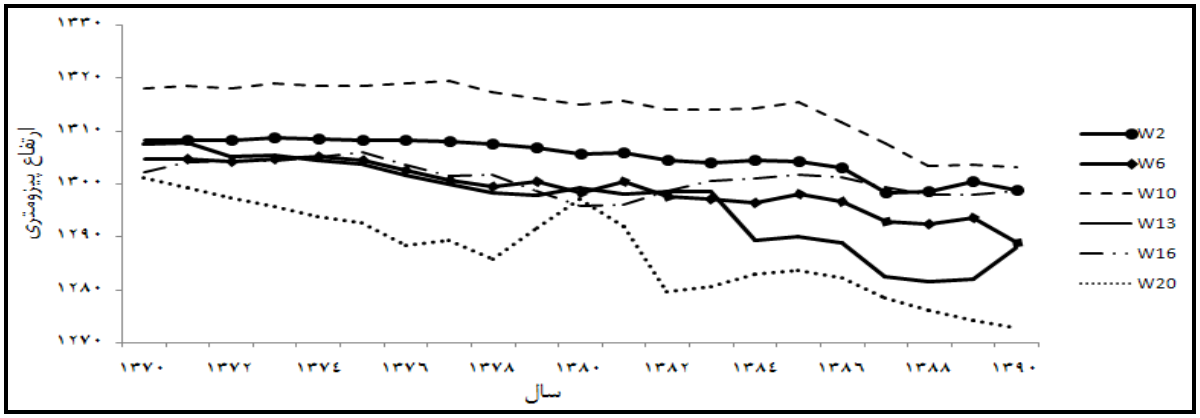


شکل(۶): تغییرات ارتفاع متوسط پیزومتری دشت کرمانشاه در طول سال‌های۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰

بررسی تغییرات ارتفاع پیزومتری در چاه‌های دشت کرمانشاه به صورت جداگانه در طول دروه آماری نشان از وجود روندهای کاملاً متفاوت در این چاه‌ها می‌باشد، به گونه‌ای که در اکثر چاه‌ها این روند کاهشی است اگرچه در تعدادی از چاه‌ها نیز ارتفاع پیزومتری افزایش داشته است (شکل ۷). مناطقی که تراکم چاه‌ها بیشتر است همچنین زمین‌های کشاورزی با تراکم بالایی وجود دارند دچار کاهش سطح ایستابی شده و چاه‌های نزدیک به مناطق مسکونی، تالاب‌ها و رودخانه‌ای که از درون دشت می‌گذرد سبب افزایش سطح ایستابی در چاه‌های موجود در این مناطق می‌شود. بررسی روند تغییرات ارتفاع پیزومتری چاه‌ها در دوره آماری نشان دهنده افت شدید در بعضی از چاه‌ها نسبت به سطح متوسط ارتفاع پیزومتری دشت کرمانشاه می‌باشد.



شکل(۷): تغییرات ارتفاع پیزومتری برخی از چاه‌های دشت کرمانشاه در طول سال‌های۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰

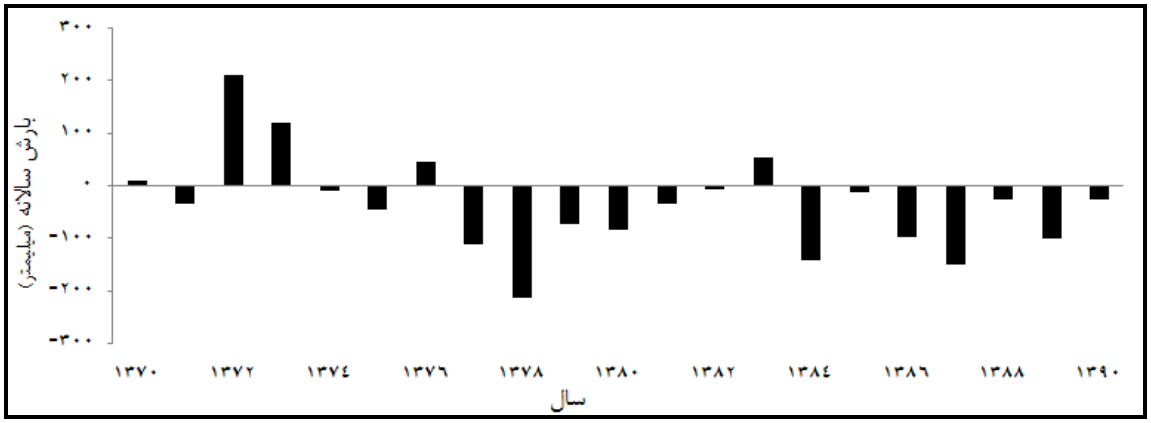


ادامه شکل(۷): تغییرات ارتفاع پیزومتری برخی از چاه‌های دشت کرمانشاه در طول سال‌های۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰

همچنین جهت تعیین میزان تغییرات بارش در طول دوره آماری و نقش بارش در افزایش عمق سطح ایستابی منطقه اقدام به ترسیم نمودار بارش متوسط سالانه در طول دوره آماری گردید. برای تعیین سال‌های خشکسالی و ترسالی مقدار میانگین دراز مدت (۴۵۸ میلی‌متر) از مقادیر بارش سالانه کم گردید (شکل ۸).

ارزیابی نتایج حاصل از رسم نمودار تغییرات بارش سالانه نسبت به میانگین بلند مدت نشان داد که در طول دوره آماری مورد مطالعه فقط در ۵ سال میزان بارش سالانه از مقدار متوسط بلند مدت بیشتر بوده است. همچنین شدیدترین خشکسالی‌ها به ترتیب در سال های ۱۳۷۸، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۴ در منطقه مورد مطالعه رخ داده است.

.



شکل(۸): تغییرات بارش در طول دوره آماری نسبت به میانگین بلند مدت

بحث و نتیجه‌گیری

علت همبستگی بالا در مدل‌های مورد استفاده را می‌توان ناشی از تعداد بالای چاه‌های مورد مطالعه، نزدیکی چاه‌ها به‌همدیگر و همگنی منطقه از لحاظ اقلیمی، توپوگرافی و زمین شناسی دانست. تحلیل نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌های مورد استفاده برای روش

کریجینگ (کروی و نمایی) نشان از دقت بالای مدل‌ها در برآورد ارتفاع سطح ایستابی دشت کرمانشاه دارد. به طوری که معیارهای ارزیابی نشان دهنده خطای کم در برآورد مقادیر تخمینی می‌باشد (جدول۲). مهدوی و همکاران، ۱۳۸۳؛ فرجی سبکبار و عزیزی، ۱۳۸۵؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۵؛ نیز در تحقیقات خود بر دقت بیشتر روش کریجینگ نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی تاکید کردند. بنابراین روش کریجینگ با توجه به معیارهای ارزیابی روش مناسبی جهت بررسی تغییرات مکانی عمق سطح ایستابی می‌باشد. درصورتی‌که مهرشاهی و خسروی (۱۳۸۹) در تحقیقات خود مشاهده کردند که روش رگرسیون خطی بر پایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) دقیق‌تر از کریجینگ می‌باشد.

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که سهم عمده کاهش ذخایر آبی دشت کرمانشاه به عوامل انسانی مربوط است. اضافه برداشت، روند روبه 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 بوده است. عامل خشکسالی از یک‌سو باعث کاهش میزان تغذیه منابع آب زیرزمینی از طریق نفوذ سطحی و نفوذ از رواناب‌های سطحی شده و از سوی دیگر باعث هجوم انسان به بهره‌برداری هر چه بیشتر از منابع آب‌زیرزمینی شده است.

این نتایج با مطالعات خلیل‌پور (۱۳۸۱) در دشت قم، لشگری‌پور (۱۳۸۴) در دشت مشهد، ملایی و همکاران (۱۳۸۶) در دشت ورامین، صادقی (۱۳۸۶) در دشت اراک و محمدی و همکاران (۱۳۹۱) در دشت کرمان 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 به‌منظور متعادل نمودن مخزن پیشنهاد می‌گردد که از هرگونه اضافه برداشت بدون تمهیدات لازم به‌ویژه در بخش‌های مرکزی دشت جداً جلوگیری بعمل آید. به‌طوری‌که ادامه بهره‌برداری با وضع فعلی خسارت‌های فراوانی را برای کشاورزان منطقه در پی خواهد داشت.

بررسی تغیرات مکانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمانشاه نشان داد که بیشترین افت در مناطق مرکزی و جنوبی دشت رخ داده است که می‌توان این مسئله را به تراکم بیشتر چاه‌ها در مرکز و وجود شهر کرمانشاه در قسمت جنوبی دشت مرتبط دانست.

در ارتباط با تغییرات فصلی و ماهانه نیز بسته به میزان بارش ماه یا فصل مورد نظر سطح ایستابی نیز تغییر کرده است البته به دلیل تأخیر در تأثیر بارش یا برداشت از سفره بر سطح ایستابی، افزایش یا کاهش سطح ایستابی نیز با تأخیر زمانی همراه خواهد بود.

تحلیل نتایج حاصل از تغییرات سطح آب زیرزمینی در طول دوره برای هریک از چاه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه نشان داد که بر اساس موقعیت مکانی و تغییرات اقلیمی و همچنین میزان بهره‌برداری، شیب هیدرولیکی و نزدیکی به منابع آب نظیر رودخانه و تالاب‌های موجود در منطقه موجب شده که برخی از چاه‌ها افزایش سطح ایستابی داشته باشند. ولی در مجموع اکثر چاه‌های دشت کرمانشاه با افت سطح ایستابی محسوس همراه بوده‌اند که می‌تواند ناشی از موقعیت چاه، میزان بهره‌برداری، دوری چاه از منابع آب، رودخانه و یا مناطق مسکونی باشد.

منابع

ایزدی، ع.، ک. داوری، ا. علیزاده و ب. قهرمان. ۱۳۸۷. کاربرد مدل داده‌های ترکیبی در پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی. مجله آبیاری و زهکشی ایران ۲(۲): ۱۴۳- ۱۳۳.

جباری، ا. و ع. خزائی. ۱۳۸۹. پیش بینی آب گرفتگی دشت کرمانشاه با استفاده از نقشه های زمین ریخت شناسی. مجله جغرافیا و توسعه شماره ۲۲.

حسنی پاک، ع. ا. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیستیک) انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، صفحه۳۱۴.

حسینعلی زاده، م. و ع. یعقوبی. ۱۳۸۹. تغییرات زمانی و مکانی سطح سفره آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (۴):۱۰.

خلیلی پور، ا. ۱۳۸۱. بررسی روند کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت قم و تأثیر آن بر بیابان‌زایی منطقه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران. صفحه ۱۳۰.

صفری، م. ۱۳۸۱. تعیین شبکه بهینه اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی با کمک روش‌های زمین‌آماری .مطالعه موردی: دشت چمچمال. پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس.

طاهری تیزرو، ع. ۱۳۸۴. آب‌های زیرزمینی. کرمانشاه، دانشگاه رازی، انتشارات فن آوران، چاپ اول.

علیزاده، ا. ۱۳۸۶. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). صفحه ۸۰۸.

فاتحی، ش.، ج. قادری و س. ع. سید جلالی. ۱۳۸۶. ارزیابی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید برای ذرت در دشت کرمانشاه. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج ۴ تا ۶ شهریور.

لشگری پور، غ. ۱۳۸۴. افت سطح آب زیرزمینی و پیامد نشست زمین در دشت مشهد. مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. دانشگاه تربیت معلم تهران. ص ۱۲۴-۱۳۲.

دنی، ح. ۱۳۷۳. مبانی زمین آمار. مرکز نشر دانشگاه صنعتی.

مشعل، م.، ا. درویشی و ح. قلیچ ثابت. ۱۳۸۶. 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. ص ۸۸۴- ۸۸۸.

میثاقی، ف. و ک. محمدی. 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 ا. کریمی. ۱۳۸۵. بررسی افت کیفیت آب‌های زیرزمینی در واحدهای هیدرولوژیکی نجفآباد و اصفهان برخوار در طی سال‌های ۸۶-۷۳. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده رود.

Balandeh, N. and A. Ahmadi. 2013. Zoning if the groundwater-level and salinity using geostatisti. International Journal of Agriculture: Research and Review. 3 (1): 109-112.

Basistha, A., D. S. Arya and N. K. Goel. 2008. Spatial distribution of rainfall in indian himalayas – a case study of Uttarakh and Region. Water Resource Management. 22:1325–1346.

Corwin, D. L., M. Sorensen and J. D. Rhoades. 1992. Using GIS to locate salinity on irrigated soils. Proc. 8th Conf. Computing in Civil Engineering in Conjunction with A/E/C system ’92. TCCP/ASCE-Dallas. TX. June 7-9. pp. 468-485.

Dick, J. B. and B. M. H. Gerard. 2006. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. Geoderma. 138(1-2): 86-95.
Faraji sabokbar, H. and Gh .Azizi. 2004. Evaluation the accourcie of spatial interpolation methods. Journal of pajohesh and Sazandegi. 58: 1-15.
Goovaerts, P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. Journal of Hydrology. 228(1-2): 113–129.
Kelin, H., H. Yuangfang, L. Hong, L. Baoguo, C. Deli and E. W. Robert. 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(6): 896 – 903.
Khan, S., H. F. Gabriel and T. Rana. 2008. Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on water tables in irrigation areas. Irrigation Drainage System. 22(2): 159-177.
Kresic, N. 1997. Hydrogeology and groundwater modeling. Lewis Publishers. 35 pp.
Mahdavi, M. A., M. H. Hoseini, S. Mahdyan and B. Rahimi. 2004. Comparison of geostatistical méthodes for estimating the spatial distribution of annual rainfall in arid and semi-arid south-eastern Iran. Journal of Iranian Natural Resource. 57:1-17.
MehrShahi, D. and Y. Khosravi. 2008. Evaluation interpolation method, kriging and liner regression based on Digital Elevation Model to determine the spatial distribution of annual precipitation (casestudy: Province of Isfahan). Journal of Planning and Space Monitoring. 14:233-249.
Sarmadian, F., A. Keshavarzi and A. Malekian. 2010. Continuous mapping of topsoil calcium carbonate using geostatistical techniques in a semi-arid region. Australian Journal of Crap Science (AJCS). 4(8): 603-608.
Vijay, K. and H. Remadevi. 2006. Kriginof Groundwater Levels (a case study). Journal of Spatial Hydrology. 6(1):81-92.

Evaluation of spatial and temporal variation ground water level in Kermanshah plain

M. Rahmati[1], H.R. Moradi[2*], R.Omidipour[3]

Abstract

Investigate variation of groundwater resource is very important in planning and sustainable management of water resource in each region. Quantitative and qualitative properties of ground water are changed in spatial and temporal scales; therefore it con not presumed fixed these properties. The goal of this study was investigate temporal and spatial variation ground water level in Kermanshah plain in annual, season and month in a 20 years period from 1991 to 2011 by using groundwater data of 61 piezometric wells. After was controlling of quality, accuracy and normality of data and Reconstruction of the statistical deficiencies, we used Kriging interpolation method for zoning variation of annual, season, and month, As well as Thiesson Polygon Method was used for variation of average height of piezometric level in Kermanshah plain. The diagram of height variation of piezometric level in each wells showed that preference of interpolation method compare to Thiesson Polygon Method. Assessment of results showed that average height of table groundwater during statistical period was felled 9.9 meter (0.49m in year), whereas fall variation in some of wells showed fall is upper 30m.

Keywords: Groundwater, Height Piezometric, Zoning, Kriging, Kermanshah Plain.

1- M. Sc Student of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resource and Marine Science, Tarbiat Modares University.
2- Associated Professor, Department Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resource and Marine Science, Tarbiat Modares University.
3- M. Sc Student of Rangeland Management, Faculty of Natural Resource and Marine Science, Tarbiat Modares University.
*Corresponding Author, Email: hrmoradi@modares.ac.ir