

فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۰، شماره پیاپی ۱۰۳

H. Ataei
N. Ghaderi
H. Ghaderzadeh

هوشمند عطایی، عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور اصفهان
ناصر قادری، کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان و
دانش آموخته رشته جغرافیا- اقلیم در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه پیام نور، اصفهان
حامد قادرزاده، عضو هیئت علمی دانشگاه کردستان

Email: qaderi۶۹@gmail.com

شماره مقاله: ۸۴۱

شماره صفحه پیاپی ۱۷۷۱۴-۱۷۶۹۲

بررسی رابطه بین نوسانات اقلیمی با تراز آبخانه دهگلان

چکیده

آبخانه قروه- دهگلان یکی از منابع آب زیرزمینی استان کردستان است که سطح آبخانه با افت قابل ملاحظه روبرو شده است. تحقیق حاضر به بررسی نقش عناصر اقلیمی بارش، تبخیر و رطوبت نسبی در نوسانات تراز آبخانه می‌پردازد. پس از تهیه نقشه پایه و صحت سنجی داده‌های بارش، آمار بارش بلند مدت منطقه آبخان تنظیم، نقشه هم باران تهیه و نوسانات بارش، دوره‌های خشک، تر و نرمال اقلیمی مشخص شدند. نقشه ایزوپیز دشت بر اساس آمار تک تک چاهک‌های مشاهده‌ای در محیط GIS برای هر سال تهیه و مقایسه نوسانات اقلیمی و تراز آبخان در دوره‌های یک و چند ساله انجام گرفت. تحلیل آماری متغیرهای مستقل بارش، تبخیر و رطوبت نسبی هوا و متغیر وابسته تراز آبخان انجام و رابطه درون گروهی متغیرها و تغییرات زمانی آن‌ها آنالیز گردید. نتایج نشان داد، با توجه به وجود تفاوت معنا دار بین متغیرها در مقاطع مختلف زمانی، دوره‌های اقلیمی قابل تفکیک است. نوسانات تبخیر و بارش باعث تغییر قابل توجه در تراز آبخان می‌شود. اثر نوسانات عناصر اقلیمی بر تراز آبخانه دشت دهگلان بیش از دشت قروه است. **واژه‌های کلیدی:** آبخانه، آب زیر زمینی، عناصر اقلیمی، دوره اقلیمی، تراز آب، دهگلان.

مقدمه

آبخانه دشت قروه بخشی از منابع آب زیر زمینی مهم و استراتژیک استان کردستان به حساب می آید. کردستان منطقه‌ای عمدتاً کوهستانی با ساختار زمین شناسی و ژئومورفولوژی خاص است که در مجموع از نظر برخورداری از آب زیر زمینی منطقه‌ای فقیر به حساب می آید. در بخش شرقی که دارای زمین سطح و خاک عمیق برای کشاورزی است، بارندگی متوسط سالیانه کمتر از نصف بخش غربی است و ضریب رواناب سالانه در مناطق دارای خاک زراعی مناسب تا حدود ۶٪ کاهش یافته است (محمدی، ۱۳۸۵، ۲۴).

در تحقیق حاضر نقش نوسانات عناصر اقلیمی بارش، تبخیر و رطوبت نسبی بر نوسانات تراز آبخانبررسی می شود. لذا هدف بررسی وجود نوسان در عناصر اقلیمی و تراز آبخان و تعیین وجود یا عدم وجود رابطه بین متغیرهای مستقل (عناصر اقلیمی بارش، تبخیر و تعرق و رطوبت نسبی) با تراز آبخان است. پاسخ به سئوالات این تحقیق می تواند به برنامه ریزان و کاربران در اتخاذ تدابیر متناسب با تغییرات عناصر اقلیمی کمک کند. بررسی سوابق تحقیق انجام پژوهش های کم و بیش مشابه را تایید می کند.

افزایش سهولت استخراج آب زیر زمینی باعث شده تا در دشت قروه - دهگلان تراز آبخان منفی شود به گونه ای که افت سطح آب آبخانه در پاره ای از مناطق دشت به بیش از ۱۵ متر رسید و در نهایت دشت قروه در فهرست دشت های ممنوعه کشور قرار گیرد (حسامی، ۳۰، ۱۳۸۷-۳۵). وجود نوسان در بارش و دیگر عناصر اقلیمی و بدنبال آن تغییر در برداشت آب تراز آب زیرزمینی و رابطه درون گروهی آنها فرضیات این مسئله است که در تحقیق حاضر تایید و یا رد می شوند.

در تحقیقی در شمال شرق شهرستان رامهرمز خوزستان، میزان کاهش آب های زیر زمینی دشت میداود با استفاده از مدل ریاضی $PMWIW_{5.3}$ و استفاده از اطلاعات یک سال آبی (سال آبی ۸۵-۱۳۸۴) ارزیابی شد. در مدل سازی، عرصه با تعداد ۳۴۵۰ بلوک

بررسی رابطه بین نوسانات اقلیمی با تراز آبخانه دهگلان / ۱۸۹

شبکه بندی و پس از آن واکنش آبخانه نسبت به تنش خشکسالی سنجش شد. نتایج نشان می دهد، که در سال آبی خشک، سطح آب در بخش‌های مختلف دشت با کاهش ۲ تا ۳ متر روبرو شده است. تراز آبی دشت در تر سالی دارای مثبت و در خشکسالی منفی است (عطایی زاده، ۱۳۸۸، ۵۳).

اثرات شدت خشکسالی بر افت سطح آب زیر زمینی دشت پل میانرودان منطقه لالی شمال اهواز بررسی شد. در این تحقیق از متوسط بارش ماهانه منطقه و معدل تراز ماهانه سطح ایستابی چاههای دشت (تعداد ۸ حلقه چاه پیزومتری) برای بررسی اثر خشکسالی استفاده شد. کاهش نزولات جوی در یک سال خشک اثر چشم گیری بر افت سطح ایستابی دشت پل میانرودان گذاشته است (رحیمی، ۱۳۸۸، ۷).

در تحقیقی اثرات خشکسالی بر آبهای زیر زمینی آبخانه دشت عقیلی بررسی شد. متغیرهای این تحقیق داده‌های مربوط به ارتفاع سطح ایستابی ماهانه ۱۵ چاه پیزومتری، بارندگی و دبی متوسط ماهانه کانال‌های آبیاری بودند. تحلیل متغیرها به کمک نرم افزارهای EXCEL و Arc-GIS، Arc-View، Surfer صورت گرفت. بر اساس نتایج این تحقیق که در آن روند بارندگی و ارتفاع سطح ایستابی در طول ۶ سال با هم مقایسه شده‌اند، در دوره‌های پر باران، افزایش سطح ایستابی و در دوره‌های خشک کاهش سطح ایستابی رخ داده است (نجاتی و همکاران ۱۳۸۸، ۵۹).

در دشت باغ ملک جنوب شهرستان ایذه اثرات خشکسالی بر کمیت و کیفیت آبهای زیر زمینی مورد بررسی قرار گرفت. تحقیق برای بررسی روند تغییرات بارش و کمیت و کیفیت آبهای زیر سطحی در دو سال آبی ۸۶-۱۳۸۵ و ۸۷-۱۳۸۶ انجام شد. نتایج نشان داد، در پایان سال آبی ۱۳۸۷ شدیدترین افت در سطح آبخانه مشاهده شد. به دلیل تراکم چاه‌های بهره برداری در بخش شرقی دشت، بیشترین افت آبخانه آبی در این بخش ثبت شده است. اثر بارش فصلی بر تراز آبخانه معمولاً با چند ماه تاخیر قابل مشاهده است. در

کیفیت آب آبخانه نیز تغییرات قابل توجهی به تبعیت از تغییرات بارش مشاهده شده است (سلطانی، ۱۳۸۸، ۱۲۹).

در تحقیقی که در یک ناحیه جنگلی همیشه سبز حوضه رودخانه مکونی کامبوج مرکزی اجرا گردید، نوسانات سطح آبهای زیر زمینی بررسی و تغییر و حرکت آبهای زیر زمینی با استفاده از شرایط مرزی و پارامترهایی که در عملیات میدانی امکان اندازه گیری آنها وجود داشت تحلیل شد. نتایج نشان می دهد، عموماً در فصل بارانی ارتفاع تراز سطح آبهای زیر زمینی افزایش و در فصل خشک افت می کند (موکوتو^۱ و همکاران، ۲۰۰۸، ۳۷-۴۶).

در مانتوبا در کانادا رابطه بین تغییر پذیری اقلیمی و تغییرات سطح آب زیر زمینی آبخانه کربناته سطحی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس دستاوردهای این تحقیق روند مدل شده متغیرهای کلیدی اقلیم در محدوده منطقه وینی پگ نشان می دهند، که بارش و متوسط درجه حرارت سالیانه همبستگی زیادی با تراز سالانه سطح آبهای زیر زمینی در آبخانه کربناته دارند. در یک دوره ۱۰۵ ساله یک درجه سانتیگراد دمای هوا در منطقه افزایش یافته است. در مناطقی که آبخانه در عمق کمی قرار گرفته است اثر درجه حرارت سالانه بر نوسانات سطح آبخانه بیش از بارش است. نتایج تایید می کنند روند افزایش دما به وسیله مدل های اقلیم جهانی^۲ (GCMS) برای منطقه پیش بینی می شود و این نتایج می تواند بیانگر کاهش آبدهی خالص و افت سطح آبهای زیر زمینی در منطقه باشد (ژوهنگ^۳ و همکاران ۲۰۰۴، ۴۳-۶۲).

اثر تغییر اقلیم بر تغییرات مکانی تغذیه آبخان در حوضه رودخانه گراند در اونتاریو کانادا بررسی شد. تحقیق بر اساس یک روش کار فیزیکی استوار بود که توانست اثرات

۱ - Mokoto

۲- Global Climate Models

۳- Zhuoheng

موقت (زودگذر) و مکانی تغییر اقلیم را بر تغذیه آب زیر زمینی مشخص کند. روش کار که بر استفاده از مدل هیدرولوژیکی HELP^۳ متکی بود، توانست پتانسیل تغذیه آب زیر زمینی را در منطقه مورد مطالعه با دقت بسیار بالا برآورد کند. در این تحقیق اثرات تغییر اقلیم بر روند تغذیه آبخانه در راستای چرخه هیدرولوژیک از طریق ورود داده‌های مورد نیاز به مدل، شبیه سازی شد و در اقلیم‌های محلی کوچک اثر تغییر اقلیم پیش بینی و برآورد گردید. نتایج این تحقیق نشان داد، در اثر تغییر اقلیم جریان‌ات و حجم تغذیه آبخان افزایش می‌یابد. در شرایطی که بارندگی شدیدتر اتفاق بیفتد و یا تعداد دفعات بارش افزایش یابد رواناب سطحی در حوضه مورد مطالعه افزایش می‌یابد. گرمایش جهانی می‌تواند باعث افزایش نرخ تبخیر و تعرق شود. در صورتی که زمستان دارای درجه حرارت بیش از حد نرمال باشد، زمین کمتر از حد معمول یخ می‌زند و این امر باعث تغییر زمان برفاب بهاره به زمستانه شده و شرایطی را فراهم می‌کند تا مقدار آب بیشتری به درون زمین نفوذ نماید (میکو و همکاران، ۲۰۰۷، ۲۳۷-۲۵۰).

اثرات تغییر اقلیم و فعالیت‌های اقتصادی اجتماعی بر تغذیه منابع آب زیر زمینی در شرق انگلیس بررسی و راهکارهای مقابله با مشکلات آن بیان شد. نتایج نشان داد، عوامل زیادی از جمله: تغییرات بارش، تغییر رژیم حرارت سیلابهای ساحلی، شهر سازی، ایجاد اراضی جنگلی و تغییرات کشت و شخم آینده تغذیه منابع آب زیر زمینی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (هولمن^۴، ۲۰۰۶، ۲۳۷-۲۴۷).

اثرات تغییر اقلیم بر تغذیه طبیعی آبخانه بر اساس یک مدل ساده در ۴ آبخانه کارستی در جنوب شرقی اسپانیا بررسی شد. برای بررسی اثرات تغییر اقلیم از طریق استفاده از یک مدل ریاضی طراحی شده، میزان تغذیه آبخانه‌هایی که مورد بهره برداری بیش از حد مجاز قرار گرفته بودند تعیین شد. داده‌های مورد استفاده در مدل سازی این تحقیق عبارت بودند از: بارش، درجه حرارت، میزان استخراج آب از آبخانه، سطح و حجم ذخیره آب

آبخانه، و ضریب ذخیره آبخانه. نتایج نشان داد، کاهش لگاریتمی در طول سریهای زمانی در مقدار تغذیه ۴ آبخانه قابل مشاهده است. با گذشت زمان با توجه به افزایش دمای منطقه، میزان تبخیر و تعرق افزایش و میزان اثر بارش بر آبخانه به دلیل کاهش سهم رواناب و نفوذ در طول زمان کاهش یافته است (آگویلرا^۵ و همکاران، ۲۰۰۸، ۸۹-۱۰۸).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق داده‌های آمار ماهانه ایستگاههای باران سنجی و سینوپتیک منطقه بررسی شدند. بررسی پیوستگی و هم پوشانی زمانی داده‌های بارش ماهانه و میزان سطح اثر ایستگاههای باران سنجی منطقه بر روی ۲۵ ایستگاه مجاور و داخل منطقه انجام شد. سپس ایستگاههای دارای آمار پیوسته بارش و طول دوره زمانی مشترک انتخاب شدند. آزمون توزیع متعادل و روایی داده‌ها با استفاده از روش آزمون جرم مضاعف انجام و بارش متوسط عرصه تحقیق با روش تیسن^۶ محاسبه شد.

در محاسبه بارش، تهیه نقشه پایه (شکل ۱) و موقعیت ایستگاهها و عوارض دشت از بسته نرم افزاری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تحت نام Ilwis.۳.۲^۷ و متد نزدیک ترین نقطه^۸ استفاده گردید (Application Guide, ۲۰۰۱, ITC). تکمیل نقایص آماری بارش ایستگاههای مختلف با توجه به بالاترین ضریب همبستگی ایستگاههای مبنا و تابع انجام و سپس نقشه بارش متوسط سالانه محل مورد بررسی (شکل ۲) تهیه و با توجه به بارش هر سال با استفاده از نرم افزارهای آماری، دوره‌های اقلیمی خشک و تر تعیین شدند. تحلیل وجود اختلاف بین بارش دوره‌های خشک و تر اقلیمی با استفاده از روش‌های همبستگی پیرسون و اسپیرمن انجام و پس از آن از هر دوره خشک و تر دو

۵ - Aguilera

۶- Thissen

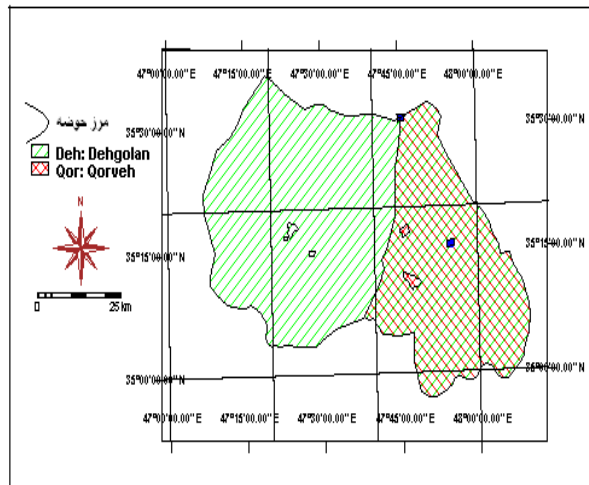
۷ - Integrated land and water Information System

۸ - Nearest Point

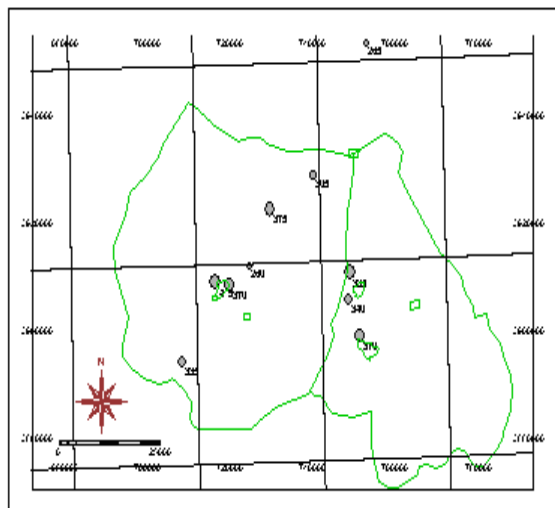
سال به عنوان سال‌های معرف انتخاب شدند. نوسانات تراز آبهای زیرر زمینی از طریق تحلیل آماری تراز آب ۹۱ چاهک مشاهده‌ای (پیزومترها) موجود در سطح دشت مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا نقشه پراکنش چاهک‌ها در محیط GIS تهیه شد (شکل ۳). نوسانات تراز آب درون هر چاه پیزومتری تحت اثر نوسانات بارش در هرماه ارزیابی شد و از جمع نوسانات ماهانه، تغییرات سالانه تراز هرچاه بدست آمد. پس از آنکه متناسب با شرایط منطقه‌ای و پراکنش چاه‌های مشاهده‌ای با روش تیسن (به عنوان مناسبترین روش (۲۰۵-۲۰۱، ۳، ۲۰۰۳، ITC)) سطح اثر هر چاه در منطقه تعیین شد، بر اساس نتایج تک تک هرچاه نقشه میانگین تراز بلند مدت و نقشه تراز هر سال آبخانه دشت محاسبه شد و به نقشه تراز سالانه آبخان دشت تبدیل شد. مقایسه تغییرات و نوسانات بارش و تراز آبخانه در سال‌های معرف انجام و تحلیل آماری همبستگی نوسانات متغیرها در بلند مدت صورت گرفت.

ویژگی‌های عرصه تحقیق

دشت قروه و دهگلان منطقه‌ای است در حدفاصل موقعیت جغرافیایی طول شرقی ۰۶° ۴۷ تا ۱۰° ۴۸ و عرض شمالی ۵۶° ۳۴ تا ۳۵° ۳۷ واقع شده است. مساحت منطقه بررسی شده ۴۲۳۴/۳ کیلومتر مربع است که تمامی حوزه سیاسی شهرستان‌های قروه و دهگلان را در شرق و غرب عرصه بررسی پوشش می‌دهد (نقشه شکل ۱). مساحت سطح بالادست ایستگاه هیدرومتری سلامت آباد که تحلیل‌های هیدرولوژیکی بر اساس آن صورت می‌گیرد، ۶۵۲۵ کیلومتر مربع (آب منطقه‌ای غرب، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶، ۳۰-۳۳) و فرسایش متوسط ۱۰ تن در هکتار در سال است (محمدی اقبال، ۱۳۸۴).



شکل ۱- نقشه پایه عرصه مورد مطالعه (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۱-۷۹)



شکل ۲- نقشه پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۱-۷۹)

از نظر زمین شناسی ساختمان منطقه قروه و دهگلان در زون سنندج- سیرجان قرار گرفته است. ساختار زمین شناسی دهگلان از دو بخش قدیمی و جدید تشکیل شده است،

بخش قدیمی شامل تشکیلات متامورفیک احتمالاً مربوط به تریا ژوراسیک است (آب منطقه‌ای کردستان ۱۳۸۵، ۱۶ و رشیدی، کورش، ۱۳۸۳، ۲۰-۵۶). در عرصه تحقیق از نظر شکل ظاهری زمین چهار واحد ژئومورفولوژی فلات‌های دامنه‌ای، آبرفت‌های بادبزنی، دشت‌های دامنه‌ای و دشت‌های سیلابی مشخص شده است (حسامی، ۲۳، ۱۳۸۷-۲۴). از نظر فیزیوگرافی بخش‌های کم ارتفاع دشتهای سیلابی این عرصه می‌نامند. چون سطح آب زیرزمینی در این اراضی بالاست، خاک‌های آن شور و قلیایی است، لذا شیوه استفاده از این اراضی به صورت مرتع است. عرصه تحقیق دارای اقلیم خشک و سرد (روش دمارتن) (آب منطقه‌ای غرب، ۱۳۸۵، ۱۸-۴۰)، متوسط بارندگی ۳۶۳ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد است. ۳۰ درصد از عرصه کوهستانی و شیبدار و ۷۰ درصد نیز دشتی و دارای شیب کمتر از ۸ درصد است (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۱-۷۹). در منطقه دشتی حدود ۳۵۰۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق ۳۵۰ میلیون متر مکعب آب مورد نیاز اراضی زراعی آبی که عمدتاً گندم، سیب زمینی، یونجه، شبدر، جو و غیره است را تامین می‌کنند (حسامی، ۱۳۸۷، ۳۷ و سازمان جهاد کشاورزی کردستان، ۱۳۷۹-۱۳۸۸، آرشیو).

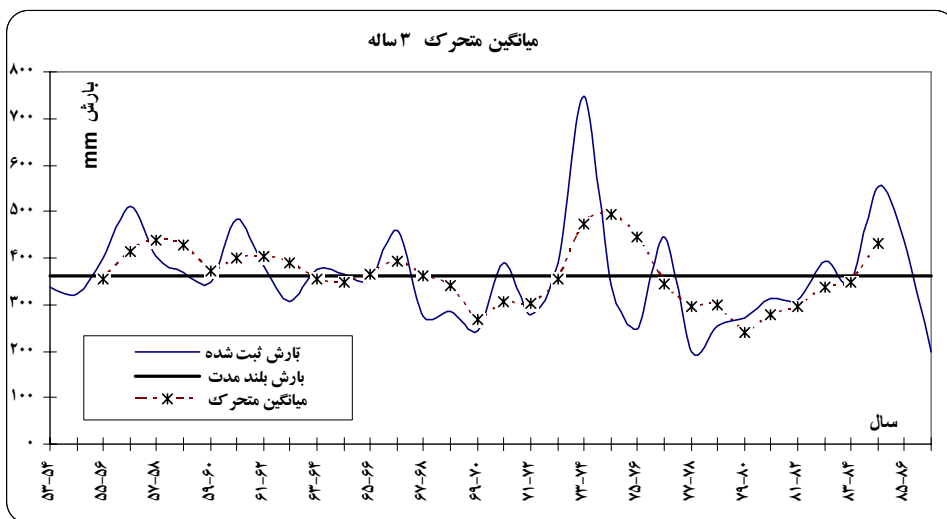
نتایج و بحث

جدول (۱) و شکل (۳) مقدار بارش سالانه که پس از تکمیل نقایص آماری ایستگاههای مختلف از روش ضریب همبستگی به دست آمده است را به همراه متوسط بلند مدت و بارش در متحرک‌های چند ساله نشان می‌دهند.

جدول ۱- میانگین بارش سالانه و متحرک‌های چند ساله منطقه (میلی متر)

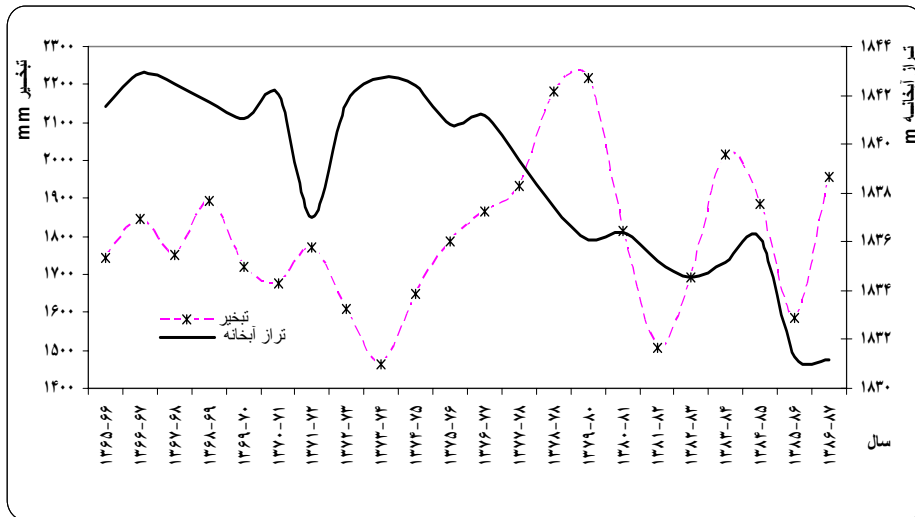
سال آبی	متوسط بلند مدت	بارش سالانه	۳ ساله	۵ ساله	۷ ساله	۹ ساله	۱۱ ساله
۰۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۰۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۲۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۳۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۴۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۵۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۶۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۷۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۸۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۱	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۲	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۳	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۴	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۵	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۶	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۷	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۸	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۹۹	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~
۱۰۰	۰۰۰	۰۰۰	~	~	~	~	~

(WWW.IRIMO.IR/data ۱۹۸۵-۲۰۰۸) و (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۲-۰۱-۶۸۶، ۳)

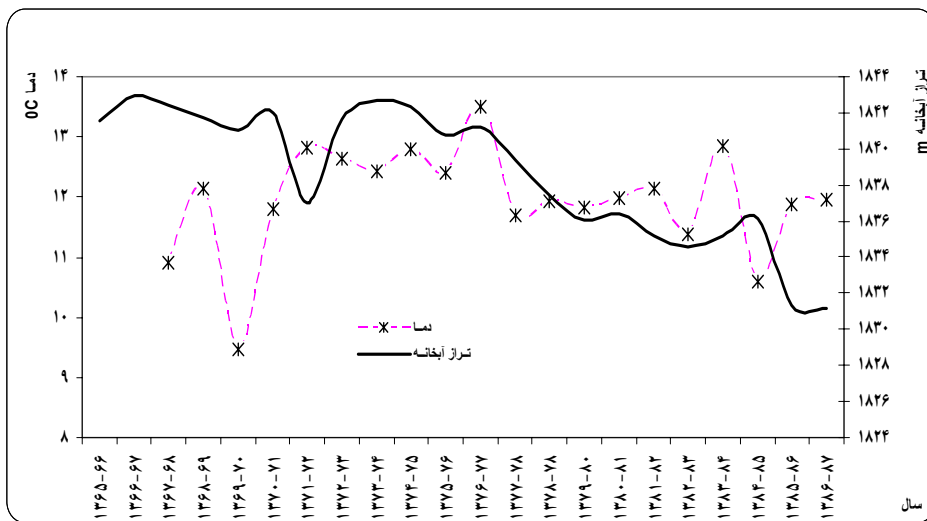


شکل ۳- بارش ثبت شده و میانگین متحرک ۳ ساله منطقه (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۱-۷۹)

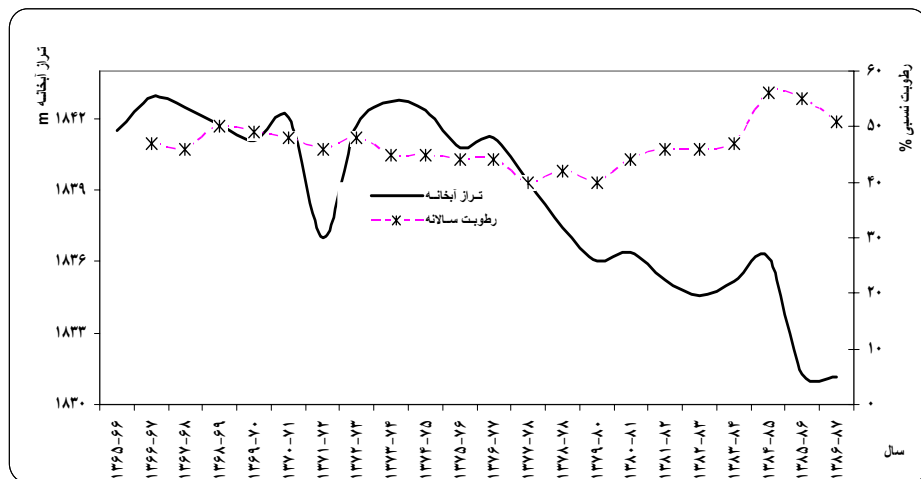
بررسی نوسانات سالانه بارش نشان می‌دهد، متحرک‌های چند ساله از آمار بارندگی واقعی میانگین‌گیری می‌نمایند و در طول دوره‌های مورد نظر نوسانات را از بین می‌برند، لذا نوسانات بارش میانگین متحرک‌های کوتاه مدت شباهت بیشتری به بارش سالانه دارند. نوسانات متوسط رطوبت نسبی و تبخیر تشتک ماهانه نیز بررسی و نتایج در شکل‌های (۴) تا (۶) ارائه شده است.



شکل ۴ -



شکل ۵- نوسانات سالانه تبخیر، دما و تراز آبخانه منطقه تحقیق (قادری و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۵۸)

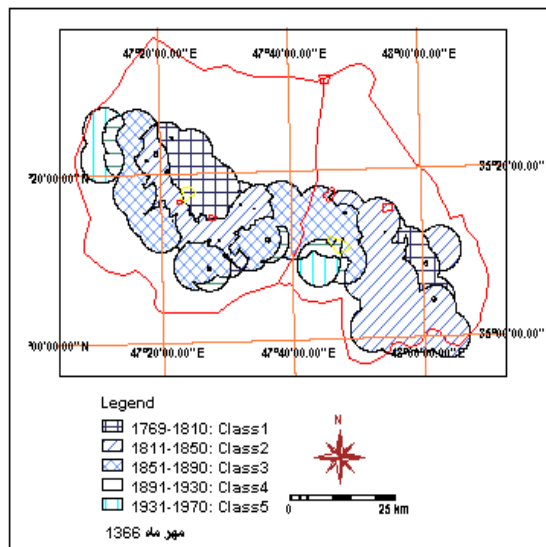


شکل ۶- نوسانات سالانه رطوبت نسبی و تراز آبخانه در منطقه تحقیق (قادری و همکاران، ۱۳۸۹،

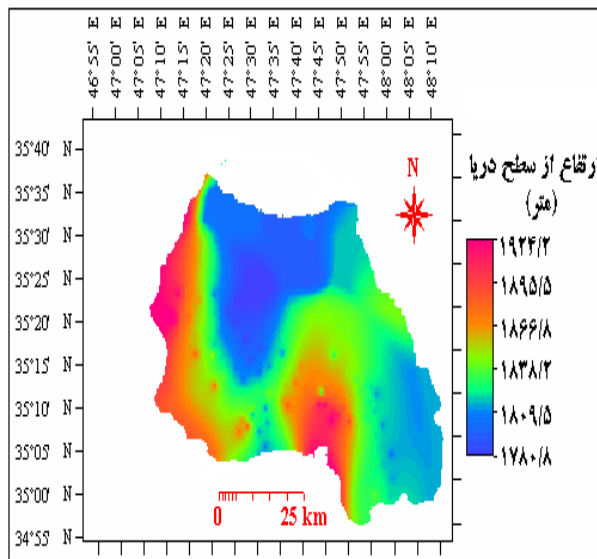
(۱۵۸

تغییرات سطح آب زیر زمینی

برای بررسی نوسانات تراز آبخان، با استفاده از روش تیسن سطح اثر هر چاه محاسبه و سپس نقشه هم تراز آبخانه‌رسال تهیه شد. رقوم سطح چاهها در قالب چند گروه طبقه بندی شدند و هر مجموعه چاه در یک طبقه خاص قرار گرفت و براساس سطح هر طبقه، تراز هر سال و هر دوره کل دشت برآورد گردید. شکل (۷) نقشه چاهک‌های هم تراز آبخان (ایزو پیز) را در آغاز دوره بررسی (سال آبی ۱۳۶۶-۶۷)، و شکل (۸) نقشه هم تراز دشت را در سال آخر بررسی نشان می دهند (شرکت آب منطقه ای کردستان، ۱۳۸۴-۱۳۸۵، گزارشات مختلف).



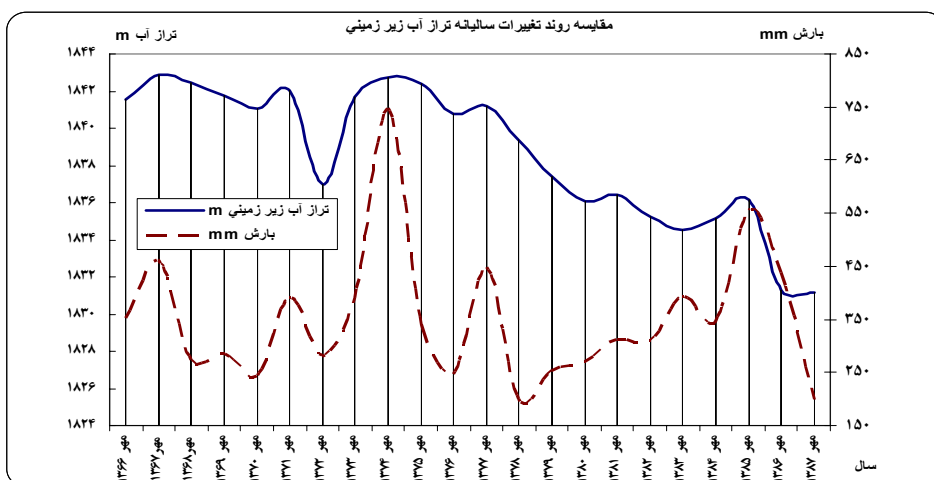
شکل ۷- نقشه چاه‌های هم سطح اثر و هم ارتفاع آب زیر زمینی در آبگون دشت (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۱-۷۹)



شکل ۸- نقشه هم ارتفاع آب زیر زمینی دشت در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ (قادری و همکاران، ۱۳۸۸، ۷۱-۷۹ و حسامی، علی، ۱۳۸۷، ۴۵)

رابطه بین تغییرات بارش و تراز آب آبخوانه

عامل اصلی و مهم تغذیه آبخوانه آب نفوذ یافته به درون زمین است که بخش عمده از آن حاصل ذوب تدریجی برف ذخیره شده در زمستان است. میزان تغذیه آبخوانه در هر سال متفاوت بوده و تابع تغییرات رژیم‌های بارش سالانه، شدت بارندگی و فصل بارش است. نوسانات بارش و تراز آب زیرزمینی در سالیان مختلف به صورت منحنی‌های شکل (۹) است.



شکل ۹- مقایسه روند تغییرات سالانه تراز آبخوانه و بارش (قادری و همکاران، ۱۳۸۹، ۱۵۹-۱۵۶)

گرچه روند کلی حرکت منحنی تراز آبخوانه شکل (۹) در طول زمان روندی کاهشی است، اما در این روند کلی فراز و نشیب‌هایی در دو منحنی بارش و تراز آبخوانه وجود دارد که این فراز و نشیب‌ها در مورد هر دو منحنی هم سو و با اغماض تقریباً هم زمان هستند (با توجه به اینکه مقیاس محور طولی نمودار شکل (۹) سالانه است بنابراین به دلیل کوچک مقیاس بودن محور زمان، تاخیر در بالا آمدگی تراز آبخوانه نسبت به بارش برخلاف واقعیت موجود در این نمودار قابل تشخیص نیست. در عمل در صورتی که

مقیاس زمانی تا حد روزانه و هفتگی بسط داده شود همیشه افزایش تراز آبخانه با یک تاخیر زمانی نسبت به افزایش بارش همراه خواهد بود). منحنی بارش سالهای ۱۳۷۱، ۱۳۷۴، ۱۳۷۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۸۵ افزایش قابل ملاحظه را نشان می‌دهد، که این افزایش بر روی منحنی تراز آبخان در زمان‌های متناظر مشاهده می‌شود. افت قابل ملاحظه بارش در سال‌های آبی ۱۳۷۰، ۱۳۷۲، ۱۳۷۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۶ نیز بر افت قابل ملاحظه منحنی تراز آبخان به خوبی قابل تشخیص است. بنابراین نوسانات بارش به طرز قابل ملاحظه‌ای نوسانات تراز آبخان را به دنبال دارد. در جدول (۲) رابطه و تأثیر عناصر اقلیمی مختلف با همدیگر و بر آب‌های زیرزمینی بررسی شده است.

جدول ۲- نتایج بررسی ارتباط درون گروهی متغیرها

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
بارش - تراز آب	۰/۱۹۷
بارش - تبخیر و تعرق	-۰/۵۱۳*
تراز آب - تبخیر و تعرق	-۰/۵۸۳*
تراز آب - رطوبت نسبی	-۰/۲۹۲

منبع: یافته‌های تحقیق *معنی دار در سطح آلفای ۵ درصد ** معنی دار در سطح آلفای ۱ درصد

جدول (۲) که رابطه درون گروهی متغیرها را می‌سنجد نشان می‌دهد که رطوبت نسبی با متغیرهای دیگر ارتباط معنی داری ندارد، بنابراین در تحلیل‌های بعدی متغیر رطوبت نسبی حذف می‌شود. دشت قروه دهگلان از ۳ دشت نسبتاً مستقل تشکیل شده که تراز سطح آب آنها با هم متفاوت است. ارتباط بین تراز آب زیرزمینی در سه دشت به تفکیک بررسی و مقایسه شد، نتایج این ارتباط در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- نتیجه بررسی ارتباط تراز آب آبخانه ۳ دشت در طول زمان

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
دشت دهگلان - سال آبی	۰/۸۱۹**
دشت دهگلان - دشت چهاردولی	۰/۷۹۱**
دشت دهگلان - دشت قروه	۰/۸۶۷**
دشت چهاردولی - سال آبی	۰/۷۲۱**
دشت قروه - سال آبی	۰/۹۲۲**

منبع: یافته‌های تحقیق *معنی دار در سطح آلفای ۵ درصد ** معنی دار در سطح آلفای ۱ درصد

بررسی نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که اولاً تراز آب زیرزمینی هر سه دشت با هم مرتبط هستند و این ارتباط در سطح ۱ درصد معنی دار است. ثانیاً در طی سالیان مختلف تفاوت معنی داری بین تراز آب دشت‌ها وجود دارد یا به عبارتی نوسانات سالانه تراز آب دارای تفاوت معنی دار است. ثالثاً هر سه دشت از نظر ارتفاع سطح آب زیرزمینی دارای تفاوت معنی دار باهم هستند. ارتباط متغیرهای اقلیمی با آب زیر زمینی در دشتهای قروه، دهگلان و چهاردولی به تفکیک بررسی شد و بر اساس نتایج آن که در جدول ۴ و توضیحات بعد از آن ارائه شد.

جدول ۴- بررسی ارتباط متغیرهای اقلیمی با آب زیر زمینی در دشت و چهاردولی

متغیر	ضریب همبستگی پیرسون
بارش - تراز آب	۰/۳۱۴
تراز آب - تبخیر و تعرق	۰/۵۶۲**
بارش - تبخیر و تعرق	۰/۵۶۸**

منبع: یافته‌های تحقیق *معنی دار در سطح آلفای ۵ درصد ** معنی دار در سطح آلفای ۱ درصد

در دشت دهگلان بر اساس آزمون کندال همبستگی بین بارش و تراز آب زیرزمینی ۰/۰۴۰ است و این همبستگی در سطح آلفای برابر ۱۰ درصد معنی دار و این شاخص در

دشت قروه برابر ۰/۲۵۸ و ارتباط در سطح غیر معنی دار است. در دشت قروه رابطه بین تراز آب زیرزمینی با متغیر اقلیمی بارش معنی دار نیست. میانگین تغییرات سالانه تراز سه دشت با برداشت آب و دبی رودخانه رابطه معکوس و معنی دار دارند. در هر سه دشت روند تغییرات آب زیرزمینی در طی زمان منفی، ضریب تغییرات ۰/۸۸۶- و تراز آب با ۹۹ درصد اطمینان روند منفی دارد.

رگرسیون تراز آب زیرزمینی (Y) ناشی از اثر متغیرهای تحقیق از قبیل دبی جریان آبهای سطحی (X۱)، دما (X۲)، بارش (X۳) تبخیر (X۴) و مقدار برداشت آب از آبخان ه (X۵) عرصه مورد مطالعه، با استفاده از روش حداقل مربعات برآورد شد و نتایج بدست آمده به صورت معادله شماره (۱) در آمد. چون اثر سایر متغیرهای تحقیق بر تراز آبخان معنی دار نیست لذا تنها پارامترهای اثرگذار در معادله رگرسیون آورده می شوند.

$$\hat{Y} = 1849.309 + 0.43 X_1 - 0.39 X_5 \quad (1)$$

$$(3.219) \quad (-5.184) \quad t: \quad (973.28)$$

$$(0.000) \text{Sig } t: \quad (0.000) \quad (0.000)$$

$$F = 32.584 \quad \text{Sig } F: \quad (0.000)$$

$$R^2 = 0.793 \quad \text{Adjust } R^2 = 0.769$$

بر اساس معادله (۱) متغیر دبی آب سطحی اثری مستقیم و معنی دار و متغیر مقدار برداشت آب آب اثری معکوس بر تراز آبخان دارد. به طوری که این دو متغیر در مجموع ۷۹/۳ درصد تغییرات متغیر وابسته را توضیح می دهند.

جمع بندی و نتیجه گیری

عامل اصلی ایجاد روند کاهشی مداوم تراز آبخان برداشت فزاینده آب برای مصارف است. در بررسی حاضر تراز آبخان به عنوان یک متغیر وابسته مطرح است. همان طوری که در فصل مواد و روش ها تشریح شد ابتدا نوسانات تراز آبخانه در تک تک چاه های

پیزومتری منطقه بررسی شد و سپس با توجه به پراکنش چاهها و ویژگی‌های منطقه‌ای با استفاده از مناسبترین روش درون یابی تراز آبخان برای کل دشت ترسیم گردید. متغیرهای تأثیرگذار و مستقل عبارتند از زمان و پارامترهای اقلیمی از قبیل: بارش، دما، تبخیر و رطوبت نسبی. تحلیل اولیه نشان داد که متغیر رطوبت نسبی با هیچ کدام از متغیرهای دیگر ارتباط درون گروهی ندارد بنابراین در آنالیزهای بعدی این متغیر حذف شد. از آنجایی که تراز آبخان و بارش عرصه تحقیق در طول زمان دارای نوسانات معنادار هستند، بنا براین می‌توان نوسانات دوره‌های مختلف زمانی را تحلیل نمود.

باعنایت به اهمیت موضوع و توجیه اقتصادی آبخانه دشت قروه - دهگلان، سئوالاتی وجود دارند که پاسخ آنها، تحلیل فرضیات پژوهش حاضر را تشکیل می‌دهند. تحلیل آماری نتایج تحقیق و بررسی جداول و نمودارهای مربوطه نشان داد، متغیرهای مختلف در بازه‌های مختلف زمانی دارای تفاوت‌های قابل توجه هستند، بنابراین می‌توان فرض وجود نوسان و دوره‌های جداگانه را برای متغیرهای مذکور تایید نمود.

آزمون‌های انجام شده بر روی داده‌های تراز آبخان و عناصر اقلیمی نشان داد که بین بارش، تبخیر و تراز آبخان ارتباط معنی دار وجود دارد ولی نقش رطوبت نسبی بی اثر است در دشت دهگلان اثر نوسانات عناصر اقلیمی بر نوسانات تراز آبخان بیشتر از دشت قروه است.

منابع

- ۱- اداره کل امور آب استان کردستان ۱۳۷۷، گزارشات مطالعات مرحله اول تغذیه مصنوعی دشت قروه، جلد دوم، مهندسین مشاور دز آب، ۶-۱۰.
- ۲- اداره کل امور آب استان کردستان، ۱۳۷۸، برآورد بیلان آب زیر زمینی دشت قروه در سال آبی ۷۶-۷۷، مهندسین مشاور دز آب، ۱۴-۱۷.
- ۳- اداره کل امور آب استان کردستان، ۱۳۷۸، گزارش مطالعات مرحله اول تغذیه مصنوعی دشت قروه، مهندسین مشاور دز آب، ۵۰.
- ۴- اداره کل امور آب استان کردستان، ۱۳۷۹، گزارش بیلان آب‌های زیر زمینی دشت ممنوعه قروه.

- ۵- اداره کل امور آب استان کردستان، ۱۳۸۱، سیمای طرح سد مخزنی سنگ سیاه، شرکت مهندسی مشاور پاراب فارس، ۲۷ - ۳۳.
- ۶- اداره کل امور آب استان کردستان، ۱۳۸۱، گزارش مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی و برنامه ریزی منابع آب، مطالعات مرحله دوم، طرح سد مخزنی سورال و تاسیسات وابسته، مهندسی مشاور آب نیرو، ۱-۱۵ و ۱-۱۰۲.
- ۷- حسامی، علی، ۱۳۸۷، بررسی اثرات تغییر در کاربری اراضی روی نوسانات سطح آب‌های زیر زمینی با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، کارگروه پژوهش آمار و فن آوری اطلاعات استان کردستان، ۸۰ صفحه.
- ۸- رحیمی، زهرا، چیت سازان و س. ی. میرزایی، ۱۳۸۸، بررسی توزیع مکتبی و زمانی شدت خشکسالی و افت سطح آب زیر زمینی دشت پل میانرودان دومین همایش ملی اثرات خشکسالی راهکارهای مدیریت آن، ۸.
- ۹- رشیدی، کورش، ۱۳۸۳، بررسی کمی و کیفی منابع آب زیر زمینی دشت قروه کردستان، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران، ۲۰ - ۵۶.
- ۱۰- سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان، ۱۳۸۸، آرشو فنی آمار و اطلاعات سطح زیر کشت و تولید محصولات کشاورزی استان، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی سازمان، اداره آمار و برنامه ریزی.
- ۱۱- سلطانی، فریدون، ۱۳۸۸، تغییرات کمی و کیفی آب زیر زمینی دشت باغ ملک بر اثر خشکسالی و برآورد میزان تغییر حجم آبدار، دومین همایش ملی خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۱۲۹.
- ۱۲- شرکت آب منطقه ای غرب، ۱۳۸۵، مطالعات مرحله اول پروژه تغذیه مصنوعی دشت چهار دولی، گزارش هیدرولوژی، مهندسی مشاور پارس‌هاناب ۲۴ - ۳۰.
- ۱۳- شرکت آب منطقه ای غرب، ۱۳۸۵، مطالعات مرحله اول پروژه تغذیه مصنوعی دشت چهار دولی، گزارش هواشناسی، مهندسی مشاور پارس‌هاناب، ۱۸ - ۴۰.
- ۱۴- شرکت آب منطقه ای غرب، ۱۳۸۰، مطالعات مرحله دوم سد سنگ سیاه کردستان، گزارش هیدرولوژی، شرکت مهندسی مشاور پاراب، ۳۰ - ۳۳.
- ۱۵- شرکت آب منطقه‌ای غرب، ۱۳۸۴، گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت توسعه بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت چهاردولی استان کردستان، دفتر مطالعات آب‌های زیر زمینی، ۵۱ صفحه.
- ۱۶- شرکت آب منطقه‌ای کردستان، ۱۳۸۵، گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت دشت دهگلان در استان کردستان، دفتر مطالعات آب‌های زیر زمینی، ۵۴ صفحه.
- ۱۷- شرکت آب منطقه‌ای کردستان، ۱۳۸۶، گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت دشت قروه در استان کردستان، دفتر مطالعات پایه منابع آب، ۵۴ صفحه.
- ۱۸- عطایی زاده، سمیه و م. چیت سازان، ۱۳۸۸، بررسی تاثیر خشکسالی بر کاهش کمی آبهای زیر زمینی دشت میداود با استفاده از مدل ریاضی، دومین همایش ملی خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۵۳.
- ۱۹- قادری، ناصح، ه. عطایی و ح. قادرزاده، ۱۳۸۸، بررسی رابطه نوسانات اقلیمی، هیدرولوژیکی و سفره آبخوان قروه در استان کردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، انتشارات دانشگاه پیام نور اصفهان، ۱۷۱ صفحه.

بررسی رابطه بین نوسانات اقلیمی با تراز آبخانه دهگلان / ۲۰۷

- ۲۰- قادری، ناصح، ه.، عطایی و ح.، قادرزاده، ۱۳۸۸، بررسی همسانی خشکسالی‌ها ی اقلیمی با نوسانات هیدرولوژیکی آبهای سطحی آبخوان قروه، مجموعه مقالات دومین همایش ملی خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان. (Dem-۲-۰۱-۶۸۶)
- ۲۱- قادری، ناصح، ه.، عطایی و ح.، قادرزاده، ۱۳۸۹، بررسی رابطه بین نوسانات بارش، تبخیر و رطوبت نسبی هوا با تراز آبخان آبخوان قروه- دهگلان. چهارمین همایش دستاوردهای تحقیقاتی غرب کشور، سنندج، ۱۷۰-۱۵۶.
- ۲۲- لشکری پور، غلام رضا، م.، غفوری، م.، بابایی، م.، صالحی، ۱۳۸۸، بررسی تاثیر برداشت بی رویه بر وضعیت کمی و کیفی آبخان ه دشت سبزوار با استفاده از نرم افزارهای Arc-view GIS ، plot chem. ، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۹۲.
- ۲۳- محمدی، اقبال، ۱۳۸۵، شناسنامه حوضه‌های آبخیز استان کردستان، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی.
- ۲۴- محمدی، اقبال، ۱۳۸۴، تهیه نقشه رسوب دهی حوضه آبخیز سیروان، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کردستان، کارگروه پژوهش آمار و فن آوری اطلاعات(۱۶-۱۸).
- ۲۵- نجاتی جهرمی، زهره، م.، چیت سازان، س. ی. میرزایی و س. ط. عبودی، ۱۳۸۸، تاثیر خشکسالی بر منابع آب زیر زمینی آبخان ه دشت عقیلی، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، ۵۹.
- ۲۶- Aguilera, H. J. , Murillo, M. , ۲۰۰۸, The effect of possible climate change on natural groundwater recharge based on a simple model: a study of four karstic aquifers, in SE Spain, Environ Geol, DOI ۱۰. ۱۰۰۷/s۰۰۲۵۴-۰۰۸-۱۳۸۱-۲Springer-Verlag
- ۲۷- Hesami, A, ۲۰۰۳, Modeling impact of change in irrigated land on rivers discharge and recharge of lake Urumieh, International Institute for Geo Information Science and Earth Observation ITC, Enschede, The Netherlands, ۴۱ Pages.
- ۲۸- Holman, I. P. , ۲۰۰۶, Climate change impacts on groundwater recharge-uncertainty, shortcomings, and the way forward? Hydrogeology Journal ۱۴: ۶۳۷-۶۴۷ DOI ۱۰. ۱۰۰۷/s۱۰۰۴۰-۰۰۵-۰۴۶۷-۰.
- ۲۹- ITC Department, ۲۰۰۱, ILWIS ۳.۰ Academic manual, Application guide, International institute for aerospace survey and earth science(ITC), Enschede, The Netherlands.
- ۳۰- ITC Department, ۲۰۰۱, ILWIS ۳.۰ Academic manual, Beginner's guide, International institute for aerospace survey and earth science(ITC), Enschede, The Netherlands.
- ۳۱- ITC Department, ۲۰۰۱, ILWIS ۳.۰ Academic manual, Installation guide, International institute for aerospace survey and earth science(ITC), Enschede, The Netherlands.
- ۳۲- ITC Department, ۲۰۰۱, ILWIS ۳.۰ Academic manual, User's guide, International institute for aerospace survey and earth science(ITC), Enschede, The Netherlands.
- ۳۳- ITC Department, ۲۰۰۱, ILWIS ۳.۰ Academic manual, Reference guide, International institute for aerospace survey and earth science(ITC), Enschede, The Netherlands.

- ۳۴- Mikko, I. , Jyrkam, J. Sykes, F. ۲۰۰۷, The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed Ontario, Journal of Hydrology ۳۳۸, ۲۳۷- ۲۵۰, Elsevier publisher.
- ۳۵- Makoto, A. , Akira, S. , Naoki, K. , Tatsuhiko, N. , Eriko, I. , Yasuhiro, O. , Koji, T. , Jumpei, T. , Bora, T. , Sopheavuth, P. I, Sopheap, L. , and Saret, K. , ۲۰۰۸, Seasonal fluctuation of groundwater in an evergreen forest, central Cambodia: experiments and two-dimensional numerical analysis, Paddy and Water Environment Journal, Volume ۶, Number ۱ / March, ۲۰۰۸, Pages ۳۷- ۴۶, Publisher Springer Berlin / Heidelberg.
- ۳۶- Zhuoheng, C., Stephen, E. Grasby and Kirk, G. Osadetz, ۲۰۰۴, Relationship between climate variability and ground Water Levels in the upper carbonate aquifer, southern, Manitoba, Canada. Journal of Hydrology, Volume b ۲۹۰, issues ۱-۲, page ۶۳-۶۲, Elsevier Publication.
- ۳۷- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>
- ۳۸- <http://www.irimo.ir/farsi/amar/admin۲>.