دکتر سعداله ولایتی
دانشیار گروه جغرافیا ، دانشگاه فردوسی مشهد

بررسی بحران آب استان خراسان

(شمالی ، رضوی ، جنوبی)

چکیده

حجم آب تجدید شونده سالانه در سطح استان خراسان، حدود ۱۱/۹ میلیارد مترمکعب است که ۳/۹ میلیارد متر مکعب آن سطحی و ۸ میلیارد متر مکعب آن زیرزمینی است؛ آب زیرزمینی استان عمدتاً در آبخانه دشت‌های استان یافت می‌شود و نسبت به منابع آب سطحی از اهمیت بیشتری برخوردار است. هر ساله حدود۹/۷ میلیارد مترمکعب آب زیرزمینی از این آبخانه‌ها استخراج، و به مصارف مختلف، عمدتاً کشاورزی می‌رسد. توسعه‌ای که به صورت اضافه برداشتها (برداشت بیشتر از تغذیه سالانه) توسط چاههای عمیق صورت می‌گیرد، سبب شده که آبخانه ۵۷ دشت از ۷۶ دشت استان، با کسری مخزن روبرو شود و استان با بحران شدید آب مواجه گردد. کسری مخزن آب زیرزمینی، به ۱/۷ میلیارد مترمکعب در سال می‌رسد. گزارشاتی که تاکنون، درباره بحران آب در استان خراسان انتشار یافته‌اند، عامل اصلی بحران آب را، خشکسالیها قلمداد نموده‌اند، در حالی که در این تحقیق معلوم شده است که عامل اصلی بحران آب، اضافه برداشتهای مستمری است که توسط چاههای عمیق، از آبخانه دشتها صورت می‌گیرد و نه خشکسالیها به تنهایی. اگرچه خشکسالیها نیز در این بحران نقش دارند. برای اثبات این ادعا، متوسط سالانه بارندگی (متحرک ۵ سالانه) هر دشت، با هیدروگراف آبخانه همان دشت، به مقایسه و تحلیل گذاشته شده است.در این تحلیل معلوم شده است، که سطح آب زیرزمینی، حتی در سالهای تر که علی‌القاعده می‌بایست بالا می‌آمد، همچنان به افت خود ادامه داده است. پیامدهای جبران ناپذیر بحران آب عبارتنداز: بالا رفتن هزینه پمپاژ آب، شور شدن آب زیرزمینی، نشست زمین و ایجاد شکافها در سطح دشتها و مشکلات زیست محیطی.

کلید واژه: بحران آب، آبخانه، اضافه برداشت، هیدروگراف، نشست زمین، خشکسالی، میانگین متحرک بارندگی.

۱-۱- مقدمه

استان پهناور خراسان با وسعتی معادل ۲۳۸۰۰۰ کیلومتر مربع و جمعیتی معادل ۶ میلیون‌نفر، در شرق و شمال شرق ایران واقع گردیده و به دلیل موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، استانی است کم آب که متوسط بارندگی آن از ۲۰۵ میلی متر در سال تجاوز نمی‌کند. در این استان حدود ۶ میلیون نفر زندگی می‌کنندکه شغل عمده آنها کشاورزی است، یا به بیان دیگر، محور تولید کشاورزی بوده و به دلیل قلت نزولات جوی،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

کشاورزی به صورت آبی، انجام می‌شود. با توجه به این که، رژیم بارندگی نیز عمدتاً زمستانه – بهاره است، لذا در فصل کشت، از آب باران و جریان‌های سطحی جاری کمتر بهره‌برداری می‌شود،بنابراین اجباراً باید از آب زیرزمینی برای کشت محصولات کشاورزی، استفاده کرد.

تا قبل از دهه ۱۳۳۰، از آب چشمه‌ها و قنوات برای آبیاری زمینهای کشاورزی استفاده می‌شده است، ولی بعدها که حفرچاههای عمیق در دشتهای استان متداول شد، آب آبخانه دشتها، توسط آنها استخراج گردیده و به مصارف کشاورزی می‌رسد. با اضافه شدن این منبع آب جدید (چاه)، کشاورزی رونق بسیار یافت و به تبع آن استخراج آبهای زیرزمینی نیز، هر چه بیشتر توسعه یافته است.

حفر چاههای عمیق و آبکشی از آنها توسط پمپهای قوی، دست‌آورد کشورهای پیشرفته جهان بوده و بهره‌برداری ازآبهای زیرزمینی نیز توسط آنها براساس برنامه مشخصی صورت می‌گیرد. به همین دلیل مخزن آب زیرزمینی در این کشورها در یک وضعیت تعادلی نگاهداری می‌شود. ولی، چون این قبیل امکانات در ایران وجود نداشته است، بنابراین در اثر اضافه برداشتهای مستمر توسط چاههای عمیق، مخازن آب زیرزمینی استان، یکی پس از دیگری با کسری آب مواجه شده و در نتیجه استان خراسان در بحران آب فرو رفته است.

علائم بحران، آب از اوایل دهه ۱۳۵۰ در بعضی از دشتهای استان، مانند دشت مشهد، تایباد و کاشمر از طریق افت مستمر سطح آب زیرزمینی، که در هیدروگراف واحد آبخانه‌های آنها نمود یافته بود، مشاهده گردید.

یک مدیریت کارآمد، حکم می‌کرد که پس از مشاهده بحران، اقداماتی اساسی در جهت مهار افت سطح آب زیرزمینی، در کوتاه مدت صورت گیرد و در بلندمدت، تمهیداتی پیرامون تقویت پتانسیل آبی و تعادل بخشی این دشتها، از طریق کاهش آبدهی چاهها، جلوگیری از اضافه برداشت و یا تغذیه مصنوعی آبخانه و غیره به عمل آید. ولی چون این قبیل اقدامات، به طور جدی صورت نگرفته است، در نتیجه در سالهای بعد، تعداد بیشتری از دشتها نیز به سرنوشت دشتهای مزبور گرفتار آمدند و به این ترتیب بحران آب تمامی استان را تا اواخر دهه ۱۳۶۰ فرا گرفت و ادامه یافت. در حال حاضر از ۷۶ دشت استان، ۵۸ دشت (۷۶%) با کسری مخزن مواجه شده‌اند.

جالب اینجاست که در اغلب موارد، علت اصلی بحران، خشکسالی‌ها و کمبود نزولات جوی قلمداد شده و از اضافه برداشتها (برداشت بیشتر از تغذیه) یا توسعه ناپایدار، کمتر سخن رفته است. در حالی که به نظر نگارنده، علت اصلی بحران آب در استان خراسان، اضافه برداشتها و نه خشکسالی‌ها به تنهائی است، اگرچه خشکسالی‌ها نیز در این زمینه نقش داشته‌اند.

کشور ما، از گذشته‌های دور به این طرف، بارها با سالهای خشک و خشکسالی‌ها مواجه شده است. تاثیر خشکسالی‌ها بر زندگی مردم، به حدی بود که تقاضای مواجه نشدن با آن، حتی در نیایشهای روزمره گذشتگان، گنجانده شده بود. وقتی در کتیبه‌ها می‌خوانیم "خدایا کشور ما را از گزند دشمنان، دروغ و خشکسالی‌ها حفظ نما" متوجه می‌شویم که خشکسالی به صورت یک خطر بزرگ، همواره تمدن ما را از عهدباستان تاکنون تهدید می‌کرده و می‌کند، ولی ما ایرانیان همواره راهی برای برون رفت از آن یافته‌ایم، به طوری که این پدیده به تنهایی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

قادر به از بین بردن تمدن ما نشده‌است. ولی آیا می‌توانیم کشور را از بحران آبی که در اثر اضافه برداشت‌ها از مخازن آب زیرزمینی، به وجود آمده است، نجات دهیم؟

۳-۱ مواد و روش‌ها

هدف اصلی این مقاله ارزیابی وضعیت آب، به ویژه آب زیرزمینی استان خراسان و نشان دادن عمق بحران وعوامل اصلی آن است. در این رابطه روی تحلیل هیدروگراف آبخانه‌ها ومقایسه آنها با میانگین متحرک بارندگی تکیه شده است. داده‌های مربوط به آمار بارندگی از ایستگاه‌های سینوپتیک و یا هواشناسی استان تهیه و با روشهای آماری، اقدام به محاسبه میانگین متحرک بارندگی، با استفاده از نرم افزارهای آماری و رسم نمودار متحرک ۵ ساله بارندگی شده است. تهیه هیدروگراف آبخانه‌ها، با توجه به داده‌های تغییرات سطح آب زیر زمینی چاههای پیزومتریک و شبکه مساحت تیسن یا چند ضلعی صورت گرفته است. به این ترتیب متوسط تغییرات سطح آب آبخانه دشتها($\bar{h}$) از حاصلضرب مجموع ارتفاع سطح آب زیر زمینی هر ماه (h) و تقسیم آن بر مجموع مساحت تیسن (s) بر ای هر ماه و آنگاه برای هر سال از رابطه زیراستفاده شده است :

$$\overline{h} = \frac{(h\times s)+(h_2\times s_2)+\ldots h_n s_n}{\Sigma s}$$

از ارقام به دست آمده در هر ماه، هیدرگراف آبخانه، برای چند سال رسم شده است.

هیدروگراف آبخانه دشتها، با نمودار سالانه بارندگی، در سالهای مشابه، مقایسه شده و تحلیل گردیده است.

کسری مخازن ($-\Delta V$) دشتها، از حاصلضرب مساحت آبخانه (A) و شیب هیدرولیک (I) نقشه‌های تراز سطح آب زیر زمینی و ضریب ذخیره آبخانه (S) با رابطه زیر به دست آمده است:

$$\pm\ \Delta V=A\times I\times S$$

بررسی‌های مربوط به پیشروی جبهه آب شور به طرف آب شیرین براساس نتایج شیمیایی آب زیرزمینی طی سالهای متمادی صورت گرفته است و تحلیل آن طبق نظر لیگن ـ هرتزبرگ[1] [۱، ص ۲۸۶] انجام شده است.

تصاویر مربوط به نشست زمین و شکاف سطح دشتها، از بازدیدهای صحرایی به دست آمده و جمع‌آوری سایر داده‌های مربوط به فصول مختلف مقاله، با روش کتابخانه‌ای انجام شده است.

۳-۱ اوضاع کلی جغرافیائی

۱-۳-۱- موقعیت ریاضی و نسبی

استان خراسان در شرق و شمال شرق ایران، در طول جغرافیایی ´۱۸-°۵۵ تا ´۳۰-°۶۱ و عرض جغرافیایی ´۱۳-°۳۰ تا ´۸-°۳۸ واقع شده‌است. از شمال و شمال شرق، به مرز ترکمنستان (شوروی سابق) از شرق و جنوب شرق، به

[1] - Ghiben-Hertzberg

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

کشورافغانستان و استان سیستان و بلوچستان، از غرب به استان های گلستان و سمنان، از جنوب غرب و جنوب به استان یزد محدود می‌شود (شکل ۱).

٤-۱- جمعیت و فعالیتهای اقتصادی

در استان خراسان حدود ۶ میلیون نفر زندگی می کنند[۲، ص۴۷]. که نزدیک به ۳۵% نفر آنها تنها در شهر مقدس مشهد ساکن‌اند[۳، ص ۱۶۲].

در استان محوریت تولید رافعالیتهای کشاورزی تشکیل می‌دهد و زراعت، عمدتاًبه صورت آبی کشت می‌شود به همین دلیل آب اهمیت زیادی دارد. کل اراضی زیر کشت آبی استان بالغ بر ۱۲۱۲۰۰۰ هکتار است که بیش از ۶۲% آن به کشت غلات اختصاص دارد. حدود ۷ الی ۸% آن به کشت چغندر، حدود ۶% باغات حدود ۸/۵% جالیز و بقیه را سایر کشتها به خود اختصاص می‌دهند. [٤، ص ۴].

صنایع پیشرفت زیادی در استان نداشته است، بطوری که کل کارگاههای صنعتی استان رقم ۵۳۲۵۰ را نشان می‌دهد. جنگلها و مراتع که جزو پتانسیلهای نسبتا مهم استان می‌باشند، کمتر مورد توجه بوده‌اند. زیرا در اثر پاکتراشی درختان و چراهای بی‌رویه، رو به زوال می‌روند. معهذا در استان خراسان هنوز حدود ۲۴۲۲۷۷۵ هکتار جنگل و حدود ۱۰۰۰۰۰۰۰ هکتار مرتع وجود دارد که بیشترین وسعت جنگل در بخش شمال و شمال غربی استان و بیشترین وسعت زمینهای مرتعی در قسمت شمالی و مرکزی آن یافت می‌شود [۵].

شرایط دمایی و بارش

آب و هوای استان خراسان بسیار متنوع و متفاوت بوده وتحت تأثیرچندین جبهه آب و هوایی قرار دارد که از غرب، شمال شرق و جنوب شرق وارد آن می‌شوند[٦صص، ۱۱۹-۱۱۸].

درجه حرارت هوا در نقاط مختلف استان متفاوت است. با توجه به حداکثر و حداقل مطلق دما در ایستگاه‌های هواشناسی درونه، کاشمر و شمخال (به ترتیب ۵۵ و ۳۷/۵- درجه سانتی‌گراد) مشخص می شود که اختلاف دمای بین مناطق مختلف استان۹۲/۵ درجه سانتی‌گراد است.

مقدار بارندگی در استان، به تبعیت از دما و رطوبت هوا، به طور ناهمسان توزیع شده است. حداکثر بارندگی در ایستگاه زشک حدود ۳۵۲ میلی‌متر و حداقل آن در ایستگاه بشرویه، در حاشیه کویر لوت واقع ۹۵ میلی‌متر گزارش شده است. متوسط بارندگی در کل استان خراسان رقم ۲۰۵ میلی متر را نشان می‌دهد.

۱-۵ زمین شناسی – ژئومورفولوژی

وضعیت زمین شناسی استان پهناور خراسان، هم به لحاظ چینه شناختی و هم از نظر تنوع سازندها، بسیار جالب توجه است. در این استان، انواع سازندهای زمین شناسی (آذرین، دگرگونی و رسوبی) در ابعاد مختلف وجود دارند. قدیمی‌ترین آنها، مربوط به دوره پرکامبرین و جدیدترین آنها متعلق به دوران چهارم زمین‌شناسی است که عمدتاً به صورت رسوبات آبرفتی در دشتها تجمع یافته و آبخانه‌ها را تشکیل داده است

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

[۷، ص۴۸].

ژئومورفولوژی استان خراسان نشان می‌دهد که انواع مختلف پدیده‌های ژئومورفولوژیکی درآن وجود دارند، ولی عمده‌ترین آنها که مورد توجه این گزارش است، دشتها هستند که آبخانه‌ها را ایجاد کرده و در میان ارتفاعات و یا در دامنه آنها واقع شده‌اند. به عقیده زمردیان [۸، ج ۱، ص ۹۹] این دشتها در اثر فرایندهای درونی و بیرونی شکل‌دهنده پوسته جامد زمین در این منطقه ایجاد شده‌اند.

مابین سازندهای سخت، سازنده آهکی مزدوران در زمینه ذخایر آب زیرزمینی و ایجاد آبخانه‌ها نقش مؤثری دارند[۹، ص۴۹۳].

۶-۱- منابع آب

۶-۱-۱ـ منابع آب سطحی

مطالعه ترازنامه کلی آب، در استان خراسان نشان می‌دهد که حجم آب تولید شده از نزولات جوی، حدود ۴۸/۵ میلیارد مترمکعب است. حدود ۳۶/۶ میلیارد متر مکعب آن تبخیر شده و از دسترس خارج می‌شود. بخشی از آن به صورت جریان سطحی درآمده، و از راه رودها و مسیلها، وارد دریاها، دریاچه‌ها، کویرها و یا تالابها می‌شود. حجم جریانهای سطحی استان حدود ۳/۹ میلیارد مترمکعب است.[۱۰،ص ۹] بیشترین حجم جریانهای سطحی، درمناطق مرتفع استان، یعنی از ارتفاعات بلند بینالود و کپه داغ – هزارمسجد، جاری می‌شود. در این مناطق، تعداد نسبتا زیادی رودهای دائمی، فصلی و تناوبی وجود دارند که برای نمونه می‌توان از رود اترک، کشف رود، هریرود، درونگر، کلات، چهل میر، فریزی، گلمکان، اخلمد، کارده، عنبران، شاندیز، بوژان، بار، فریمان و سردرب کریت، دره بید و تعدادی دیگر یاد کرد[۱۱، ص ۳۲۰] .

حجم آبی که سالانه در زمین نفوذ نموده و ذخایر آب زیرزمین را ایجاد می‌کند حدود ۸ میلیارد متر مکعب است بنابراین منابع آب زیرزمینی نسبت به منابع آب سطحی از حجم بیشتری بهره‌مند بوده و به همین دلیل در این مقاله روی آن تأکید بیشتری شده است.

۶-۲-۱ منابع آب زیرزمینی

آب زیرزمینی استان توسط منابع مختلف یعنی چشمه‌ها، قنوات و چاه‌ها، مورد بهره‌برداری واقع می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲- تعداد منابع آب زیرزمینی ومقادیر تخلیه ازآنها در استان خراسان (تخلیه به میلیارد مترمکعب) [۱۲، ص۴]

منابع آب	چاه (عمیق و نیمه عمیق)		قنات		چشمه		تخلیه کل
سال	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	تعداد	تخلیه	جمع

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

۹/۷	۰/۹	۳۸۱۲	۲	۹۶۴۳	۶/۷۴	۳۱۸۱۴	۱۳۸۰

جدول ۲ نشان می دهدکه نزدیک به ۷۰% از کل بهره‌برداری از مخازن آب زیرزمینی، توسط چاه‌ها صورت می‌گیرد. حجم کل تخلیه از منابع آب زیرزمینی، حدود ۹/۷ میلیارد مترمکعب است، در حالی که حجم آب تجدید شونده زیرزمینی در سال، از ۸ میلیارد مترمکعب تجاوز نمی‌کند. با این حساب مخازن آب زیرزمینی استان هر ساله با ۱/۷ میلیارد مترمکعب کسری مخزن، مواجه است. این ارقام به وضوح بحران آب را در استان خراسان، نشان می‌دهند.

۳-٦-۱ دشتها و اهمیت آنها در استحصال آب

دشتهای استان خراسان که تعداد آنها به ۷۶ دشت می‌رسد، در سطح استان در میان ارتفاعات یا در دامنه آنها، پراکنده‌اند. در این دشتها، رسوبات آبرفتی قابل توجهی تجمع یافته است. این رسوبات که فاقد ماده متصل کننده هستند، از فضای خالی بین دانه‌ای بالایی، حداکثر و در شرایط ایده‌ال تا ۶% حجم رسوب، [۱۳، ص ۱۷]برخوردار بوده و می‌توانند توسط آب پر شده و مخزن آب زیرزمینی را به وجود آورند. تغذیه اصلی این دشتها از حد فاصل بین رسوبات آبرفتی و سازندهای سخت یا کوه صورت می‌گیرد [١٤، ص ٥٢٦].

بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۵۰% بهره‌برداری آب زیر زمینی استان، تنها از ۸ دشت صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر، فقط ۱۰% از دشتهای استان تأمین کننده ۵۰% از آب موردنیاز ساکنین آن می‌باشند[۱۵، ص۱۲]. اسامی این ۸ دشت عبارتند از: مشهد، تربت جام، جوین، رخ، نیشابور، سبزوار، شیروان-قوچان و بیرجند.

۴-٦-۱ هیدروگراف آبخانه، شاخصی برای ارزیابی تحولات آن

ارزیابی وضعیت مخازن آب زیرزمینی، از راه‌ها و روشهای مختلفی انجام می‌شود که متداول‌ترین آنها عبارتند از:

- بیلان هیدرولوژی، که در آن تمامی عوامل موثر بر تغذیه و تخلیه آبخانه‌ها، در درازمدت محاسبه شده و آنگاه کمبود یا مازاد مخزن، به دست می‌آید [١٦، ص ٢١١].
- بیلان هیدروژئولوژی؛ به محاسبه ورودی و خروجی آب می‌پردازد. در این روش، فرض می شود که در دراز مدت، عوامل موثر بر بیلان، اثرات خود را بر آبخانه خواهند گذاشت، که نتایج آن با استفاده از ضرایب هیدرودینامیکی، به ویژه قابلیت انتقال و نقشه ترازسطح آب زیرزمینی، قابل محاسبه خواهد بود[۱۷، ص ۵۸۰].
- تحلیل هیدروگراف آبخانه‌ها، عمدتاً برای دریافت اطلاعات از کمبود و یا مازاد مخازن، در دراز مدت قابل استفاده است [۱۸، ص ١٤٧]. در این روش، بیشتر روی وضعیت کلی تغییرات مخزن، تاکید می‌شود و کمتر به محاسبه عددی حجم آب ورودی و خروجی، پرداخته می‌شود. زیرا مهم نیست که حجم تغذیه و تخلیه چقدر باشد، مهم این است مشخص شود مخزن به لحاظ کمبود یا مازاد آب در چه وضعیتی است. تا براساس آن بتوان،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

برنامه‌های توسعه و یا عدم توسعه را مشخص کرد. در این مقاله، بر روی تحلیل هیدروگراف آبخانه دشتهای استان، تکیه شده است که نمادی بر تغییرات کمّی مخزن به شمار آمده و اطلاعات لازم در مورد آنها نیز موجود است.

۵-٦-۱وضعیت آبخانه‌ها براساس تحلیل هیدروگراف

پتانسیل آبی دشت‌های استان خراسان را ، بر اساس تحلیل هیدروگراف و وضعیت بهره‌برداری آب که در این پژوهش شامل ارزیابی بیش از ٤٤هیدروگراف می باشد، می‌توان به سه دسته بشرح زیر تقسیم کرد:

الف- دشتهای آزاد

هیدروگراف آبخانه این دشتها، حالت سینوسی خود را حفظ می‌نماید. در شرایط آب و هوایی خراسان تقریبا از اوایل زمستان تا اوایل تابستان، در اثر تغذیه، سطح آب زیرزمینی آبخانه‌ها بالا می‌آید و آنگاه، به تدریج فروکش می‌کند، (شکل 2). در صورتی که از نقاط ماکزیمم هیدروگراف، خط راستی عبور دهیم، این خط فاقد شیب مشخص خواهد بود. تعداد این دشتها در استان خراسان، به ۱۸ دشت می‌رسد این دشتها با کسری مخزن مواجه نبوده و آزادند. (شکل 1) آزاد بودن دشتها، از نظر وزارت نیرو- امور آب به معنی این است که استخراج آب زیرزمینی، طبق قوانین و مقررات آب از آنها بلا مانع بوده و مجوز بهره‌برداری از طرف وزارت نیرو و سازمانهای تابعه در این زمینه قابل صدور است.[۱۹، ص ۵].

ب- دشتهای بحرانی

این دشتها، در اثر اضافه برداشتهای مستمر، بویژه در سالهای خشک، با کسری مخزن مواجه بوده و سطح آب زیرزمینی آنها به طور مستمر پائین می‌افتد، هیدروگراف شماتیک آنها به صورت شکل 2 است. تعداد این دشتها در استان خراسان به ٤۲ دشت می‌رسد (شکل 1)

ج ـ دشتهای فوق بحرانی

در دشتهای فوق بحرانی سطح آب زیرزمینی در اثر اضافه برداشتهای مستمر، مرتباً افت نموده و هیدروگراف آبخانه ازحالت سینوسی خود تا حدودی خارج شده و به یک خط راست نزدیک می‌شود (شکل ۱). تعداد دشتهای فوق بحرانی استان به ١٦ دشت می‌رسد (شکل ۲). این قبیل دشتها که احتمالا فاقد هرگونه تخلیه طبیعی هستند، در حال تهی شدن کامل می‌باشند.

۷-۱ عامل اصلی بحران آب، اضافه برداشت یا خشکسالی‌ها

مدتی پس از شروع بحران آب در استان خراسان، به ویژه در سالهای اخیر، بحث بر سر این موضوع بالا گرفت که چه عامل یا عوامل عمده‌ای، سبب بحران آب در استان شده‌اند. نتایجی که از این بحث‌ها حاصل شده، این است که عامل اصلی بحران خشکسالی‌ها بوده و از اضافه برداشتها کمتر سخن به میان آمده است. برای اثبات این که کدامیک از دو عامل مزبور، یعنی خشکسالی‌ها و اضافه برداشت‌ها، عامل اصلی بحران آب در استان خراسان می‌باشد، هیدروگراف آبخانه‌ها، با گراف متوسط بارندگی (متحرک ۵ ساله) به مقایسه گذاشته شده است. در این بررسی معلوم شده است که هیدروگراف اکثرآبخانه‌ها، حتی در سالهای تر، که در اثر

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

بارندگی بیشتر از متوسط سالانه، علی القاعده، سطح آب می‌بایست بالا می‌آمده، همچنان به افت خود ادامه داده است. نمونه‌ای از این وضعیت را می‌توان در دشت تربت جام شکل ٤ مشاهده کرد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

جدول ۳ـ کسری مخزن دشتهای بحرانی و فوق بحرانی استان خراسان، (میلیون متر مکعب)[۲]

ردیف	نام دشت	کسری مخزن	ردیف	نام دشت	کسری مخزن	ردیف	نام دشت	کسری مخزن
۱	مشهد	۱۵۰	۲۱	مختاران	۴	۴۱	جنگل	۲۰
۲	فریمان (تربت‌جام)	۹۵	۲۲	عطائیه	۱۰	۴۲	اسفراین	۴۵
۳	قوچان ـ شیروان	۳۱	۲۳	فیض‌آباد	۵/۶	۴۳	رخ	۴۷
۴	درگز	۲۴	۲۴	جاجرم	۷	۴۴	سنگرد ـ قوی میدان	۴۷
۵	سرخس	۲۲	۲۵	رباط قره بیل	۱/۳	۴۵	درمیان	۷
۶	صالح آباد ـ جنت‌آباد	۲۲	۲۶	شوقان	۱۱	۴۶	مه‌ولات	۷۷
۷	سنگ‌بست	۱/۷	۲۷	داورزن	۱۸	۴۷	ینگجه	۴۷
۸	فردوسی	۴	۲۸	بجستان یونسی	۴۷	۴۸	اسفدان	۵
۹	گناباد	۱/۵	۲۹	چاهک موسویه	۴	۴۹	بجنورد	۲
۱۰	گیسور	۱۰	۳۰	بیرجند	۱۵	۵۰	جوین ـ سلطان‌اباد	۱۳۹
۱۱	رشتخوار	۵۸	۳۱	زوزن	۱۲	۵۱	قائنات ـ خضری	۲۵
۱۲	زاوه ـ تربیت حیدریه	۳۹	۳۲	درح	۵۲	۵۲	سرایان	۲۸
۱۳	نیشابور	۱۰۸	۳۳	شاهرخت	۳	۵۳	شهر نو با خزر	۳
۱۴	قاین	۵۲	۳۴	درمیان	۷	۵۴	اسفراین	۴۵
۱۵	سبزوار	۶۰	۳۵	نهبندان	۵	۵۵	سربیشه	۳
۱۶	درونه	۴	۳۶	ازغن	۱۶	۵۶	نریمانی	۲۴
۱۷	بشرویه	۳۵	۳۷	کاشمر	۱۱۵	۵۷	ریوش	۴
۱۸	قاسم آباد ـ بجستان	۱۸	۳۸	سده	۲/۴			
۱۹	بردسکن	۴۷	۳۹	تایباد	۲۹			
۲۰	سرایان	۲۸	۴۰	کرات	۲۰			

[۲] - مأخذ، منبع شماره ۱۲

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

۱-۸ مقایسه هیدروگراف دشت تربت جام با نمودار بارندگی ایستگاه باغستان

در نمودار شکل ۳ بارندگی ایستگاه باغستان، که آمار آن برای منطقه تربت جام مصداق می‌یابد، نشان می‌دهد که در دو مرحله ترسالی وجود داشته است. این سالها عبارتند از ۵۳ تا ۱۳۵۹ و ۶۷ تا ۱۳۷۶. در این سالها مقدار بارندگی به مراتب بیشتر از متوسط سالانه بارندگی بوده است. در این سالها در اثر تغذیه، می‌بایست سطح آب زیرزمینی آبخانه دشت تربت جام بالا می‌آمده، ولی برخلاف روال معمول، کماکان به افت خود ادامه داده و از تغذیه متأثر نشده‌است (شکل ٤). در این صورت روشن است که عامل اصلی افت سطح آب زیرزمینی و بحران آب خشکسالی‌ها نبوده، بلکه اضافه برداشت‌های مستمری است که توسط چاه‌های عمیق صورت می‌گیرد.

قابل توجه این که هیدروگراف آبخانه دشت تربت جام در یک دوره ۱۳ ساله، در تمامی دامنه افت خود، به صورت یک خط راست، با شیب مشخص ادامه می‌یابد. چنین شکلی از هیدروگراف، بسیار نگران کننده است، زیرا مبین آن است که آبخانه دشت، در حال تهی شدن بوده و از تغذیه سالانه، حتی در سالهای تر، نیز تاثیرپذیری نشان نمی‌دهد.

۱-۹ عوامل مؤثر بر اضافه برداشت

اضافه برداشت، خود معلول عوامل متعددی است که در زیر به مهمترین آنها اشاره می‌شود:

- **عوامل فرهنگی**

عدم اطلاعات کافی مصرف کنندگان اصلی آب، از پیدایش، مدیریت و مصرف آب سبب شده است که آنان از وضعیت پتانسیل آب زیر زمینی‌منطقه خود، اطلاع کافی نداشته وبدون توجه به شرایط موجود اقدام به بهره‌برداری بی‌رویه و غیر مجاز نمایند. بهترین گواه این ادعا، حدود ۱۵۰۰ حلقه چاه غیرمجاز و بدون پروانه است که تنها در دشت مشهد وجـــود دارد. همچنین کمبود آگاهی از مدیریت مخازن آب زیرزمینی و نیز نحوه تغذیه و تخلیه طبیعی و مصنوعی آن، باعث شده است که کشاورزان در سالهای خشک و یا دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیکی، به جای محدود کردن بهره‌برداری و کاهش دبی چاه‌ها، اقدام به افزایش زمان کارکرد چاه و افزایش دبی آن نمایند. این نیز موجب تشدید اضافه برداشت‌ها از آبخانه‌ها و کسری مخازن شده است.

- **رشد بی رویه جمعیت**

رشد جمعیت در کشورهایی که از پتانسیلهای محیطی، به ویژه آب، برخوردار نیستند، مشکلات عدیده‌ای را در پی دارد. جمعیت کشور ایران ظرف مدت ۲۵ سال اخیر، از حدود ۳۰ میلیون نفر به ۶۵ میلیون نفر افزایش پیدا کرده است[۲، ص٤٧] . استان پهناور خراسان نیز از این رشد فزاینده جمعیت، بی‌نصیب نمانده است، به طوری که جمعیت ۳ میلیون نفری استان به ۶ میلیون نفر افزایش یافته است [۲، ص ۵۶]. روشن است که وقتی جمعیت یک استان، در فاصله زمانی نسبتا کوتاه، با این سرعت رشد می‌کند، امکانات معیشتی نیز باید هماهنگ با آن افزایش یابد، در غیر این صورت مردم با کمبود امکانات معیشتی و رفاهی روبرو خواهند شد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

- **محوریت کشاورزی**

کشاورزی در یک منطقه کم آب، که متوسط بارندگی آن حدود ۲۰۵ میلی‌متر در سال است، تنها به صورت آبی امکان‌پذیر است، چون ساکنین این استان، راه درآمد دیگری ندارند، اجباراً به سوی کشاورزی روی می‌آورند و اقدام به استخراج هر چه بیشتر آب از آبخانه‌ها می‌نمایند. نتیجه چنین اقدامی، بحران آب در منطقه خواهد بود.

۱۰-۱ پیامدهای بحران آب

بحران آب در استان خراسان دارای پیامدهای متعدد و متفاوتی است که برای جلوگیری از طولانی شدن مطلب به چند مورد از آنها در این مقاله اشاره می‌شود:

- **مهاجرت روستائیان به شهرها**:

در اثر کم آب شدن چاه‌ها و به تبع آن کاهش درآمد کشاورزی، روستائیان به شهرها روی می‌آورند. اغلب در بخش حاشیه نشین، آن اسکان یافته و به فعله‌گری و کارهای غیرمفید پرداخته و حلبی‌آبادها را توسعه می‌دهند [۲۰، ص ۱۱٦]. برای مثال می‌توان از حاشیه‌نشینان شهر مقدس مشهد ذکر کرد، که تعداد آنها به حدود ۷۳۰۰۰۰ نفر می‌رسند[۲۱، ص ۱۰۱]. تعدادی از این حاشیه نشینان، روستائیانی هستند که منابع آب آنها، در روستاها دچار بحران شده و در نتیجه برای امرار معاش، راهی شهر شده‌اند. این جمعیت حاشیه نشین، مشکلات عدیده‌ای را برای شهر مشهد به وجود می‌آورند.

- **بالا رفتن هزینه حفاری و پمپاژ آب زیرزمینی**

در اثر افت مستمر سطح آب زیرزمینی در آبخانه دشتهای استان، صاحبان چاه، برای دستیابی به حجم آب قید شده در پروانه بهره‌برداری، اجباراً بایستی چاه‌ها را کفشکنی نموده و پمپها را در اعماق بیشتری قرار داده و تعداد طبقات پمپها را نیز افزایش دهند. هر ساله در استان خراسان به طور متوسط، حدود ۳۰۰ فقره پروانه کفشکنی با مجموع عمق حدود ۸۰۰۰ متر، صادر می‌شود. هزینه تقریبی حفاری و لوله‌گذاری برای ۸۰۰۰ متر کفشکنی، حدود ۲۲۴۰۰۰۰۰۰ ریال خواهد بود. با لحاظ نمودن راندمان پمپاژ در حد ۴۲% به ازاء هر یک متر افت سطح آب، افزایش مصرف انرژی حدود ۹۰۰۰ کیلووات خواهد بود. روشن است که افزایش هزینه اضافی حفاری و پمپاژ آب، علاوه بر زیانی که به کشاورزان وارد می‌آورد، بر روی محصولات کشاورزی و قیمت آن نیز تاثیر زیادی خواهد داشت[۲۲، صص۸و۹].

- **شور شدن تدریجی آبخانه‌ها**

افت سطح آب زیر زمینی، سبب می‌شود که آب بخش عمیق آبخانه‌ها، به طرف بالا حرکت نموده و به تدریج سبب شور شدن آبخانه شود. رابطه بین افت سطح آب زیرزمینی و مقدار کلرآب کاملاً مستقیم است. یعنی هر قدر مقدار افت سطح آب زیرزمینی بیشتر می‌شود، مقدار یون کلر آب نیز، که عمدتا به یون سدیم متصل بوده و نشان‌دهنده شوری آب است، افزایش می‌یابد [۲۳، ص ۱۸۲]. براساس مطالعاتی که روی افت

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

سطح آب زیرزمینی و شور شدن آب انجام شده است این نتیجه حاصل می گردد که در اثر ۶۰ متر افت سطح آب زیرزمینی، شوری آب به شدت افزایش یافته است.[٢٤، ص ٣٥]

بررسی‌های که در این رابطه دردشتهای استان خراسان، به ویژه دشت جنگل (تربیت حیدریه) و دشت مه ولات انجام شده است، به وضوح نشان می‌دهد که در اثر افت سطح آب زیرزمینی، مقدار هدایت الکتریکی آب، سال به سال افزایش یافته است. در دشت جنگل (تربت حیدریه) در حواشی روستای آهنگران، مقدار هدایت الکتریکی از ۹۰۰۰ میکروموموس بر سانتی در سال ۱۳۷۲ به ۱۱۰۰۰ میکروموموس بر سانتی متر در سال ۱۳۷۵ رسیده است[۲۵، ص ۹۱]. در دشت مه ولات نیز، در اثر افت سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن، مقدار هدایت الکتریکی آب زیرزمینی از ۲۵۳۳ میکروموموس بر سانتی در سال۱۳۶۱، به۱۰۰۰۰ میکروموموس بر سانتیمتر در سال ۱۳۷۶ رسیده است. به این ترتیب روشن است که یکی از پیامدهای بحران آب، شور شدن تدریجی آب زیرزمینی آبخانه‌ها می‌باشد. شور شدن آبخانه‌ها، مشکلات زیست محیطی زیادی را نیز به دنبال خواهد داشت.

- **کاهش حجم فضاهای خالی و نشست زمین**

افت مستمر سطح آب زیرزمینی یک مخزن آبرفتی، که در اثر استخراج بیش از حد آب صورت می‌گیرد، سبب خالی شدن آب بخشی از مخزن یا آبخانه می‌شود. وقتی که این قسمت از آبخانه، به ویژه آنهایی که از رسوبات دانه ریز درست شده‌اند، برای مدت نسبتا طولانی، بی آب می‌شود، رسوبات منقبض و فشرده شده، و از حالت اولیه خود که عمدتاً به صورت مکعبی است، خارج و به شکل چهاروجهی‌های نیمه متراکم تا متراکم، در می‌آید. در دانه‌های کاملا گرد و یکنواخت، حجم فضاهای خالی از حدود ۴۷/۶% ، در اثر فشردگی، تا ۲۵/۹% تنزل می‌یابد[٢٦، صص۷۷-۷٦].

فشردگی رسوبات، نشست زمین را در پی دارد و بالعکس. ولی نشست زمین، در مقیاس وسیع و کلی‌تر، در اثر کاهش فشار در آبخانه‌های تحت فشار و نیمه تحت فشار آبرفتی، با رسوبات دانه‌ریز، صورت می‌گیرد [۱، ص۸۸] . این پدیده تاکنون از نقاط مختلف جهان، توسط محققین مختلف گزارش شده است. فورستر و همکاران (٢٤، ٣٥) نشست زمین را در بانکوک، به میزان ۶۰ متر در دهه ۱۹۸۰ گزارش می‌کنند کارانت (۱۷، ص٦٩) مقدار آن را در دشت تا تپه (تایوان)، به میزان ۴۲ متر طی پانزده سال (۱۹۵۰-۱۹۶۵)، یعنی هر سال ۱۲ سانتی‌متر، قید می‌کند.

در ایران موضوع نشست زمین، نخستین بار توسط رحمانیان [۲۷، ص ۳۵]از کرمان و رفسنجان گزارش شده است. در استان خراسان، نشست زمین در دشت‌های مشهد، نیشابور و کاشمر، به مقدار قابل توجهی مشاهده شده است (تصویر ۱). شکافهای عمیقی به طول چندین ده متر، در سطح دشتهای مذکور، به وجود آمده است. مسئله نشست زمین، تنها به ایجاد تخریب مزارع، جاده‌ها،اماکن، تأسیسات و بالاتر قرار گرفتن لوله جدار چاه‌ها و خم شدن میل گاردان چاه موتور، ختم نمی‌شود، بلکه تغییراتی در آرایش دانه‌های رسوب در آبخانه‌ها، بوجود

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

می‌آورد که دیگر امکان برگشت آن به حالت اولیه، و با حجم فضاهای خالی گذشته، میسر نخواهد بود ولو این که آبخانه، در یک دوره طویل‌المدت، تحت تر سالی‌ها قرار گیرد و شرایط برای تغذیه آن فراهم شود.

۱۱ـ۱ نتیجه‌گیری و بحث

بحران آب در استان خراسان، مربوط به چند سال اخیر نمی‌شود، بلکه ریشه در ۳۴ سال بیش دارد. درست در اوایل دهه ۱۳۵۰، یکی از بزرگترین منابع آب زیر زمینی استان خراسان، یعنی آبخانه دشت مشهد، در اثر اضافه برداشت با افت تدریجی سطح آب زیر زمین مواجه شد و از طرف امور آب، وزارت نیرو ـ حفر چاه عمیق برای مصارف کشاورزی ممنوعه اعلام شد، ولی از آنجایی که اطلاع و اعتقاد کافی، مبنی بر محدود بودن حجم آب زیر زمینی، نه برای صاحبان چاه و نه برای مسئولین وجود نداشت، قضیه جدی گرفته نشد و در نتیجه کشاورزان، نه تنها برای حفظ مخزن آب زیر زمین‌خود علاقه‌مندی نشان ندادند، بلکه تصور می‌کردند اعلام ممنوعیت نوعی اقدام ساختگی از سوی کارشناسان و مسئولین بوده و می‌خواهند مانعی برای حفر چاه و توسعه بهره‌برداری ایجاد شود. در نتیجه، به طور غیر قانونی، اقدام به حفر چاه‌های بیشتر در دشت مشهد نمودند. در سایر دشتهای استان نیز همین شیوه تفکر حکمفرما شد و به تدریج آنها نیز به سرنوشت دشت مشهد دچار شدند، به طوری که تا اوایل دهه ۱۳۷۰، تقریبا تمامی دشتهای مهم استان خراسان، با افت سطح آب زیر زمینی و کسری مخزن مواجه شده‌اند.

سیاست اصلی وزارت کشاورزی سابق، مبتنی بر توسعه سطح زمینهای زیر کشت و افزایش تولید کشاورزی بوده‌است و چون دشتها با کسری مخزن مواجه بودند، لذا اهداف خود را متوجه ، مدرنیزه کردن شیوه‌آبیاری، یعنی آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی) نمودند و به تبلیغ و حمایت از آن برآمدند. ولی چون هنوز فرهنگ استفاده ازاین روش و امکانات لازم برای اجرای آن، به اندازه کافی در استان وجود نداشت، لذا این سیاست نیز نه تنها فرا گیر نشد و جلوی بحران را نگرفت، بلکه منجر به توسعه بیشتر بهره‌برداری آب زیر زمینی نیز شده‌است. اگر چه هدف اولیه استفاده از این شیوه‌ها، افزایش راندمان آبیاری و محدود کردن اضافه برداشت بوده است.

استفاده از روشهای کم آبیاری نیز که مدتی برای آن تبلیغ شد، راه به جای نبرد و سبب شور شدن زمینهای کشاورزی نیز گردید.

به این ترتیب معلوم می‌شود که بحران آب در استان خراسان، ناشی از عدم اطلاعات کافی استفاده کنندگان اصلی آب از پیدایش، موجودیت و نحوه بهره‌برداری از مخازن آب زیر زمینی، به ویژه نحوه استفاده از چاه‌های عمیق، به عنوان وسیله جدید استخراج آب، می‌باشد.زیرا با چاه‌های عمیق می‌توان تمامی آب مخزن را استخراج و آن را تهی کرد. این امر مهم وظیفه متولیان آب کشور بوده که می‌بایست به موقع و به طرق ممکن، کشاورزان را از خطرات بهره‌برداری از چاه‌های عمیق آگاه می‌کرده‌اند و از سوی دیگر، از بهره‌برداری بی‌رویه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

و غیر مجاز جلوگیری می‌نمودند ویا به عبارت دیگر جنبه فرهنگ سازی و مدیریت بهره‌برداری آب را جدی می گرفتند.

اکنون، اگر چه خیلی دیر شده است، ولی چون هنوز دشتهای استان کاملاً از آب تهی نشده‌اند، لذا می‌توان با توسل به روشهایی که در زیر به آن اشاره شده است، تا حدودی از تشدید بحران جلوگیری کرد و مخازن آب زیر زمینی را که امکانات معیشتی عمده ساکنین استان به آن وابسته است، نجات داد.

۱۲ـ۱ پیشنهادات

اگرچه در زمینه جلوگیری از بحران آب، تاکنون پیشنهادات مختلفی توسط کارشناس صورت گرفته است که کمتر به آنها توجه شده است، معهذا به نظر می‌رسد که با انجام موارد زیر بتوان تا حدودی جلوی بحران آب را گرفت و یا حداقل از تشدید آن جلوگیری کرد:

۱-کاهش برداشت آب توسط چاه‌های عمیق و مجهز به موتور پمپها به میزان ۱۵ تا ۲۵% در تمامی دشتهای بحرانی و فوق بحرانی استان،

۲-تغییر الگوی کشت، یعنی جایگزین کردن محصولات با نیاز آبی کمتر به جای محصولات پرمصرف، به ویژه چغندرقند، صیفی‌جات و باغات،

۳-توسعه صنایع بویژه صنایع تبدیلی در استان و تخصیص آب باقیمانده به آنها،

۴-به کار بستن مدیریت صحیح در منابع و مصرف آب،

۵-یافتن راه‌کارهای مناسب درجهت تعادل بخشی آبخانه‌ها، به ویژه در زمینه مهار و کنترل برداشت از یک سو و تغذیه مصنوعی از سوی دیگر،

۶-مطلع نمودن مصرف کنندگان اصلی آب یعنی کشاورزان، از بحران به وجود آمده، ریشه‌یابی آن درچارچوب برنامه‌های متعدد اطلاع رسانی به طرق مختلف و با وسایل گوناگون به نحوی که بتوان با یک بسیج عمومی برای برون رفت از بحران اقدامات اساسی انجام داد. زیرا در کاری چنین مهم و بزرگ پشتیبانی آگاهانه همه مردم به ویژه مصرف کنندگان اصلی آب الزامی است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

منابع مورد استفاده

1-Raghunath, H. M.,2003, Ground Water, 2nd Edition, New Age Interantional Publishers, New Delhi,p.286

۲ـ مرکز آمار خراسان: (۱۳۸۳)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان، سالنامه آماری استان خراسان، ص ۴۷ و ۵۶.

۳ـ حاتمی نژاد، حسین: (۱۳۸۰)، شهر و عدالت اجتماعی، رساله دکتری جغرافیای شهری، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۳۸۰، ص ۱۶۲.

٤ـ حسینی، سید علی: (۱۳۸۱)، گزارش خشکسالی در خراسان، وضعیت منابع آب در سال آبی ۸۰ـ۷۹، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان، معاونت مطالعات پایه، ص ۴.

۵ـ مرکز آمار ایران: (۱۳۸۲)، سرشماری عمومی کشاورزی و نتایج تفضیلی سرشماری عمومی کارگاهی .

٦ـ رهنمایی، محمدتقی: (۱۳۷۰)، توانایی محیطی ایران، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران، صص ۱۱۹ـ۱۱۸.

۷ـ خسرو تهرانی، خسرو: (۱۳٦۷)، چینه شناسی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، ص ٤۸.

۸ـ زمردیان، محمد جعفر: (۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی ایران جلد ۱، فرایندهای ساختمانی ودینامیکهای درونی، ص ۹۹.

۹ـ ولایتی، سعداله: (۱۳۷۱)، نقش سازندهای آهکی در تامین آب شرب شهرهای استان خراسان، مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۴۳۹.

۱۰ـ حسینی، سید مرتضی: (۱۳۸۲)، تبیین سیمای وضعیت موجود منابع آب استان خراسان و چشم انداز آن، همایش آب، زندگی، ص ۱.

۱۱ـ افشین، یداله: (۱۳۷۳)، رودخانه‌های ایران، وزارت نیرو شرکت مهندسین مشاور جاماب، ۱۳۷۳، جلد دوم ص ۳۲۰.

۱۲ـ شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان: (۱۳۸۱)، عملکرد سالهای (۸۰-۱۳۷۷)، ص۴

13- Mattess, 2000, Lenrbuch der Hydrogeologie Band Grundwasser Schlie Bung Gebeueder Bron traeger. Berlin Stuttgart p17.

14- Strahler.A./Strahler, 2003, Introducing Physical Geogarphy, John willey & sons, Inc ;p526.

۱۵ـ ولایتی، سعدالله: (۱۳۸۲)، طرح پژوهشی "اضافه برداشت عامل اصلی بحران آب در استان خراسان"، دانشگاه فردوسی مشهد، معاونت پژوهشی.

۱٦ـ علیزاده، امین: (۱۳۸۰)، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سیزدهم، انتشارات امام رضا، ص ۲۱۱.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

17- Karanthe, K.,R., 2001, Groundwater Assesment and Development, Tata Mcgraw Hill, Publishing Company, New Delhi, Seventh –edition, P. 65.
18- Hoelting, B. 1980, Hgdrogeologie, Ferdinand Enke varlag stuttgart, p.147
۱۹ـ وزارت نیرو- امور آب: (۱۳۶۴)، قوانین و مقررات آب، تهران، ص ۵.
۲۰ـ غیور، حسنعلی: (۱۳۷۰)، نگرشی تازه بر قنات ایران و چگونگی توزیع آن در مناطق جغرافیایی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره۲۳، ص ۱۱۶.
۲۱ـ سیدی، سیدمهدی: (۱۳۸۳)، تحلیل مشکلات مکانی فضایی مراکز جمعیتی حاشیه شهر مشهد با تأکید بر رویکرد مدیریتی، رساله دکتری دانشگاه فردوسی مشهد، ص ۱۰۱.
۲۲ـ حسینی، سید علی: (۱۳۸۲)، بحران آب در استان‌خراسان، شرکت سهامی‌آب منطقه خراسان، صص ۸و۹.
23- Voigt .H.J, 1980 Hydrogeochemie, Springer Verlag P. 182.
24- Forster et al, 1990: Groundwater in Urban Development - The World Bank Washington, D. C.P.35.
۲۵ـ ولایتی، سعداله: (۱۳۸۲)، تأثیر اضافه برداشت از چاه در شور شدن آبخوان دشت جنگل (تربیت حیدریه)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، ص ۹۱.
26- Languth. H,R., and Voight.R, 1980, Hydrogeologische Methoden, Springer Verlag. P.76-77.
۲۷ـ رحمانیان، د: (۱۳۶۵)، نشست زمین و ایجاد شکاف بر اثر تخلیه آبهای زیرزمینی در کرمان، وزارت نیرو، مجله آب شماره ۶، ص ۳۵.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

شکل ۲، نمودار فرضی هیدروگراف آبخانه‌ها. الف ـ آبخانه در وضعیت تعادل (خروجی ـ ورودی، ب ـ آبخانه در وضعیت بحرانی (خروجی> ورودی)، د ـ آبخانه‌در وضعیت بحرانی(خروجی>>ورودی).

شکل ۱، موقعیت جغرافیائی و نسبی استان خراسان، وضعیت دشتها از نظر کسری مخزن [منبع شماره ۱۲].

شکل ۳، نمودار میانگین متحرک ۵ ساله بارندگی در ایستگاه هواشناسی باغستان دشت تربت جام (سالهای ۵۳ تا ۵۹ و ۶۷ تا ۷۶ سالهای تر، بقیه سالهای خشک می‌باشند).

شکل ۴، هیدروگراف آبخانه دشت تربت جام(تغییرات جهش وار، ناشی از تغییر شبکه تیسن چاههای پیزومتریک می‌باشد.

تصویر ۱، نشست زمین و ایجاد شکافها در دشتهای مشهد و نیشابور

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

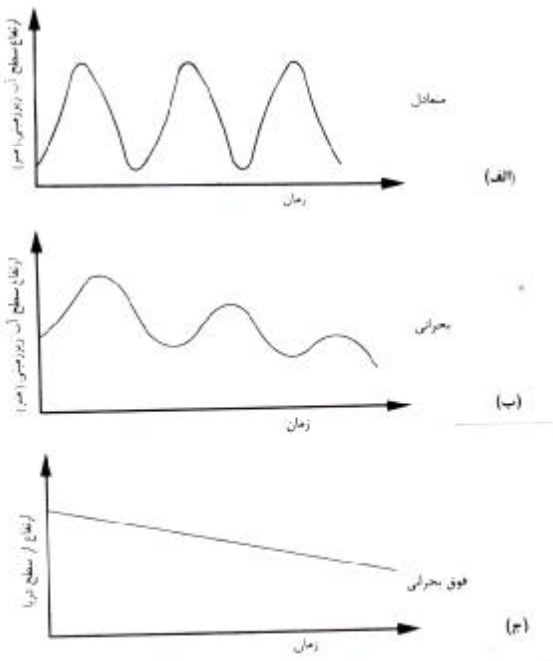
(الف)

(ب)

(ج)

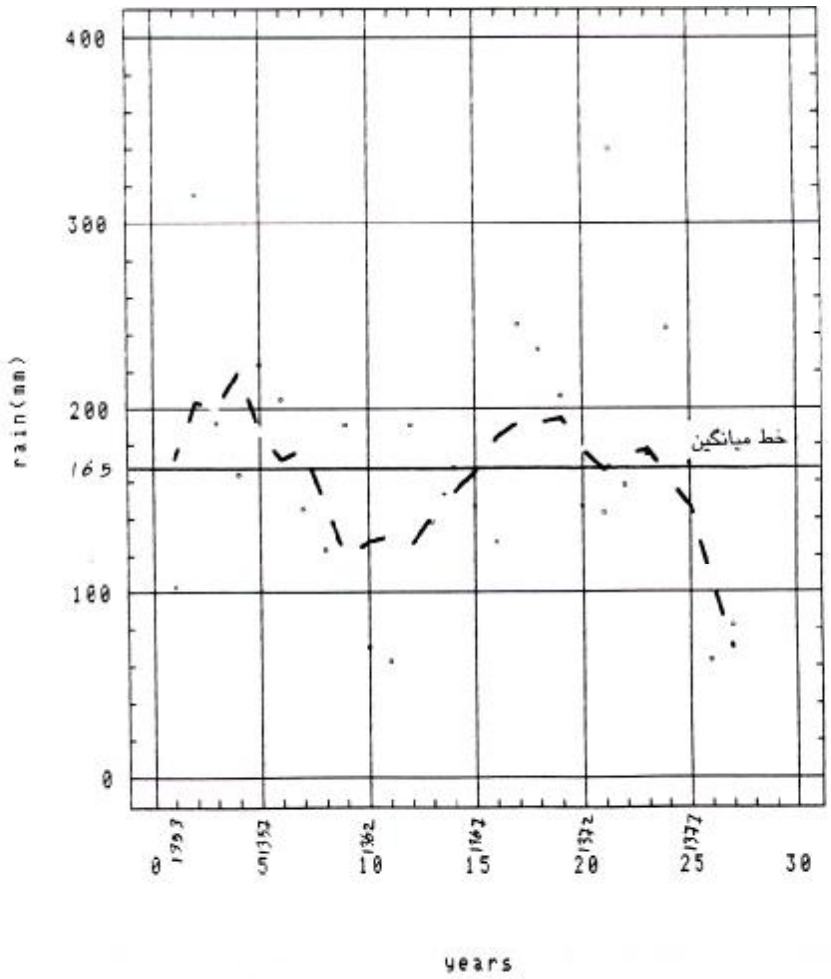
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]



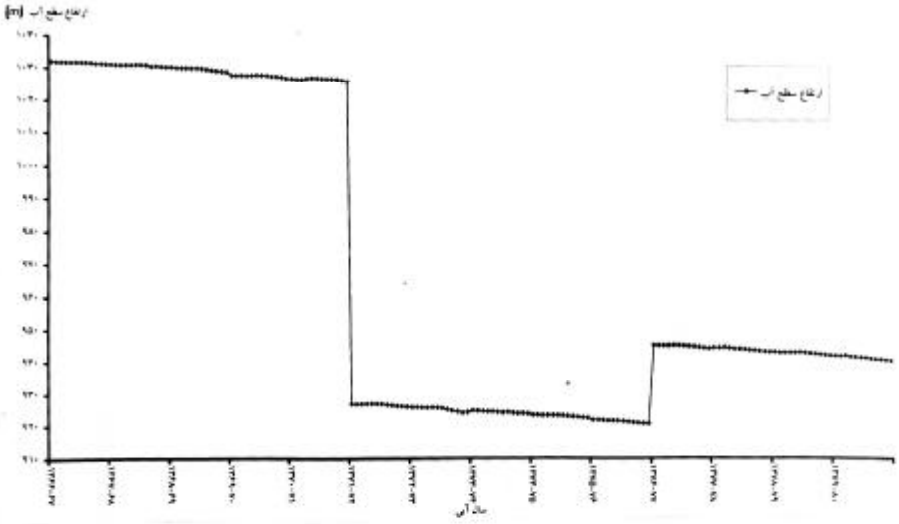
شکل ۲، نمودار فرضی هیدروگراف آبخانه‌ها. الف ـ آبخانه در وضعیت تعادل (خروجی ـ ورودی)، ب ـ آبخانه در وضعیت بحرانی (خروجی> ورودی)، د ـ آبخانه‌در وضعیت بحرانی(خروجی>>ورودی).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]



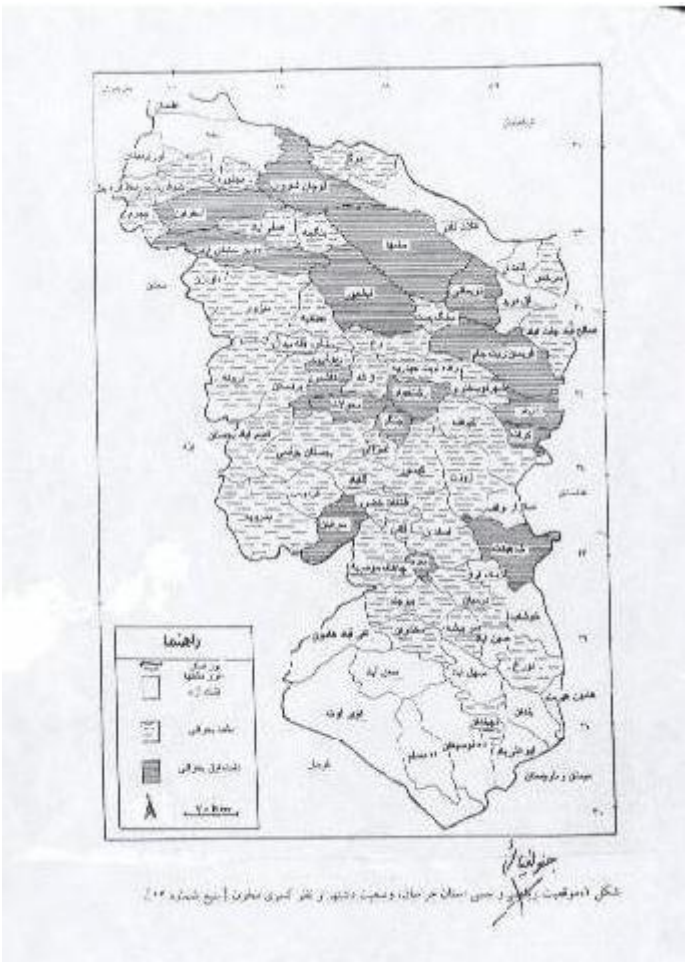
شکل ۳، نمودار میانگین متحرک ۵ ساله بارندگی در ایستگاه هواشناسی باغستان دشت تربت جام (سالهای ۵۳ تا ۵۹ و ۶۷ تا ۷۶ سالهای تر، بقیه سالهای خشک می‌باشند).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]



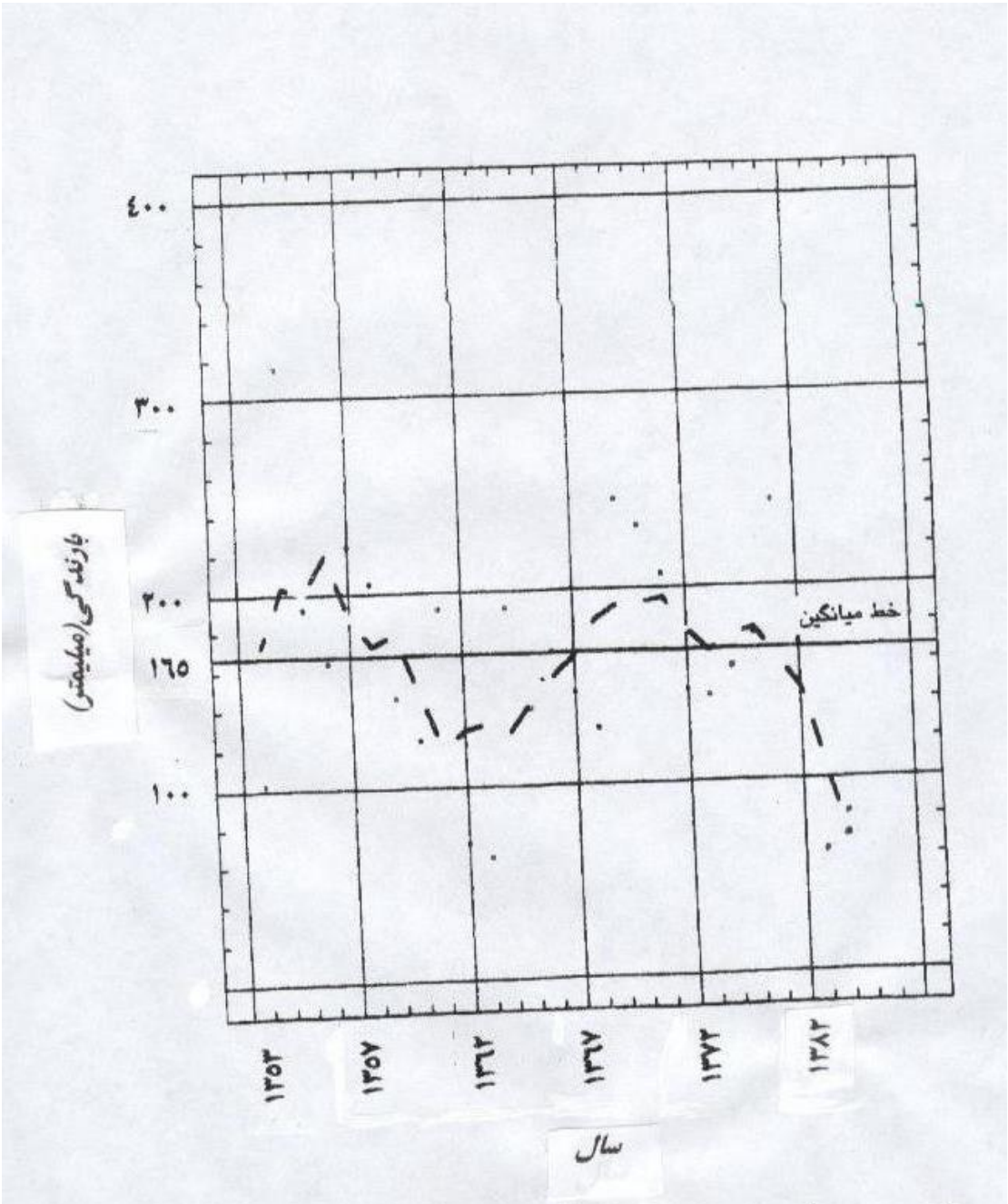
شکل ٤: هیدروگراف آبخانه دشت ترت جام؛ تغییرات جهش وار، ناشی از تغییر شبکه تیسن چاههای پیزومتریک می‌باشد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]



اصلاح شده

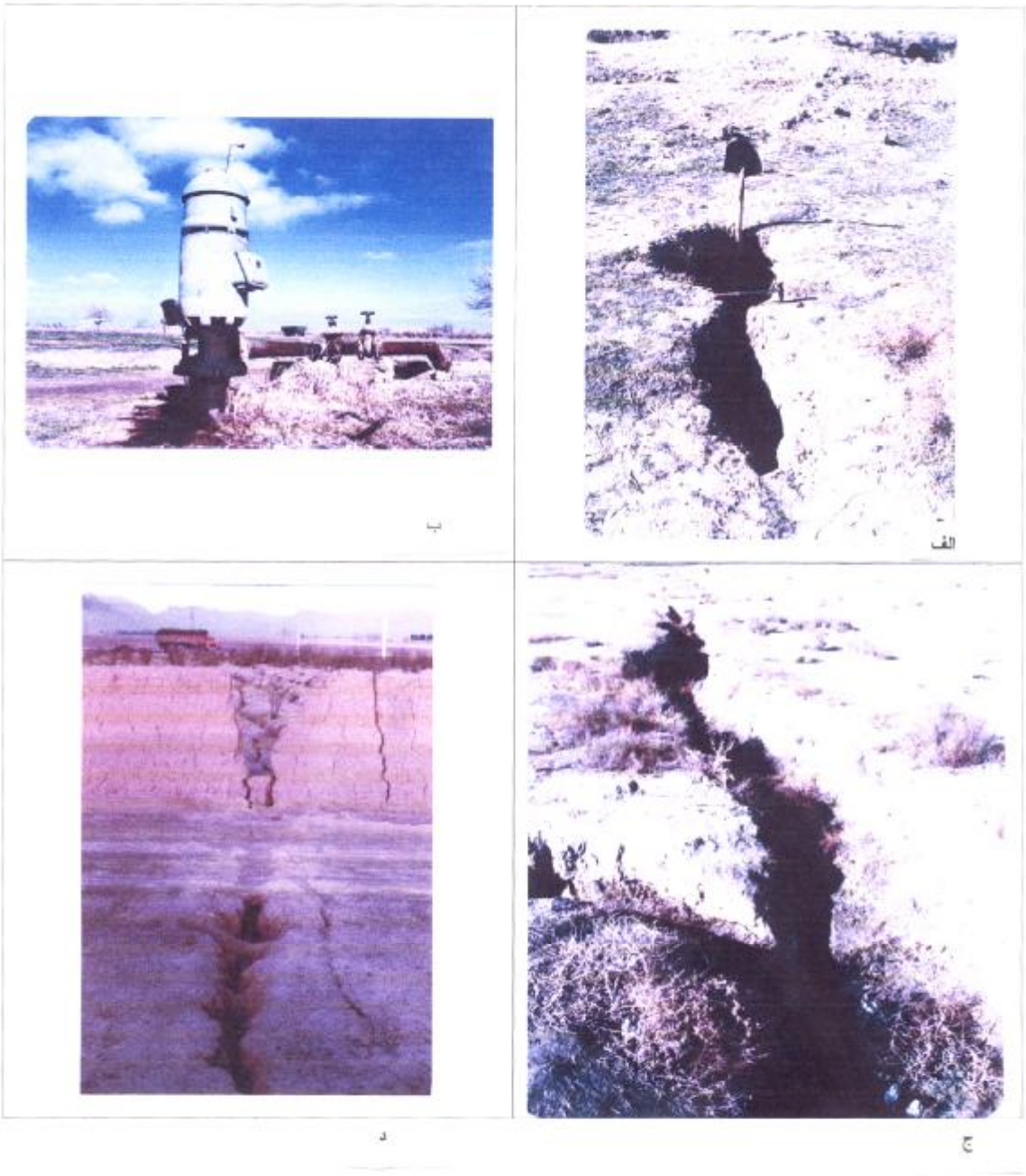
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]



شکل ۳، نمودار میانگین متحرک ۵ ساله بارندگی در ایستگاه هواشناسی باغستان دشت تربت جام (سالهای ۵۳ تا ۵۹ و ۶۷ تا ۷۶ سالهای تر، بقیه سالهای خشک می‌باشند).

اصلاح شده

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]



(تصویر ۱ . نمونه هایی از نشست زمین و شکافها در سطح دشت ، کج شدن لولهٔ گاردان چاه و بالا آمدگی لوله جدار در اثر افت سطح آب زیر زمینی (الف و ب دشت مشهد ، ج و د دشت نیشابور)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-08]