



دانشگاه گیلان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد شانزدهم، شماره چهارم، ۱۳۸۸  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) (مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد)

\*مرتضی اکبری<sup>۱</sup>، محمدرضا جرگه<sup>۲</sup> و حمید مدنی‌سادات<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>مریی گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، <sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب،  
دانشگاه زابل، <sup>۳</sup>رئیس گروه مطالعات آب‌های زیرزمینی، شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی  
تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۵

### چکیده

مدیریت منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. عوامل مختلف طبیعی و انسانی در چند دهه اخیر باعث ایجاد شرایط بحرانی و افت سطح آب‌های زیرزمینی در بیشتر منطقه‌های کشور از جمله استان خراسان رضوی شده است. بنابراین جهت بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی، دشت مشهد که یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین دشت‌های استان می‌باشد، انتخاب گردید. به‌منظور انجام این پژوهش، آمار ۷۰ چاه مشاهده‌ای در طی ۲ دوره ۱۰ ساله (۷۶-۱۳۶۶ و ۸۷-۱۳۷۷) مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا داده‌های آماری جمع‌آوری و مرتب‌سازی شدند. پس از ورود داده‌ها به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و حدکوه - دشت، با روش درون‌یابی، نقشه‌های خطوط هم‌پتانسیل و پهنه‌بندی افت سطح آب زیرزمینی تهیه گردید. هیدروگراف‌های تراز آب نیز در محیط نرم‌افزاری Excel ترسیم شدند. نتایج به‌دست آمده از نقشه‌های هم‌پهنه افت، نشان داد که سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا ۳۰ متر کاهش داشته است. تمرکز چاه‌های برداشت با دبی‌های بالا در این منطقه، براساس نقشه هم‌پهنه بهره‌برداری، بیانگر مطلب بالا می‌باشد. هیدروگراف‌های تراز آب زیرزمینی نشان می‌دهند که در طی ۲۰ سال به‌میزان ۱۲/۱ متر، یعنی به‌طور متوسط هر ساله ۶۰

\* مسئول مکاتبه: [m\\_akabri@um.ac.ir](mailto:m_akabri@um.ac.ir)

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۱۶)، شماره (۴) ۱۳۸۸

سانتی‌متر سطح آب کاهش یافته است. از مهم‌ترین عوامل افت آب زیرزمینی در دشت مشهد می‌توان به پدیده خشک‌سالی، برداشت بی‌رویه، ازدیاد جمعیت، افزایش سطح زیر کشت و تعداد زیاد چاه‌های برداشت اشاره نمود.

**واژه‌های کلیدی:** افت آب زیرزمینی، آبخوان دشت مشهد، GIS، هیدروگراف تراز آب زیرزمینی

### مقدمه

برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان سبب افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. آمار ارایه شده در منابع جهانی وضع دشوار روند افت سالانه آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. کسری حجم مخزن آب زیرزمینی جهان، سالانه بین ۷۰۰ تا ۸۰۰ میلیارد مترمکعب بوده که ۱ درصد آن متعلق به کشور ایران است. براساس آمار سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ در کشور، حدود ۷۴/۶ میلیارد مترمکعب آب از طریق چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌ها استحصال می‌شود (خسروشاهی، ۲۰۰۷). در دشت رفسنجان در استان کرمان بر اثر پمپاژ، عمق چاه‌های آب از ۵۰ متر به ۳۰۰ متر کاهش یافته و در دشت‌های اطراف اصفهان به بیش از ۱۰۰ متر رسیده است (خواججه‌الدین، ۲۰۰۷). در دشت مرکزی اراک بر اثر خشک‌سالی و بهره‌برداری بیش از حد، آب‌های شور وارد آب‌های شیرین شده و آب‌های دشت را با خطر شور شدن مواجه ساخته است (کردوانی، ۲۰۰۱).

نیریزی و جان‌پرور (۲۰۰۴) براساس مطالعاتی در دشت مشهد اعلام نمودند میزان بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی از سال ۱۳۸۴-۱۳۵۰ به میزان ۴/۶ میلیارد مترمکعب افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۳۹۹ میلادی به میزان ۲/۵ میلیارد مترمکعب دیگر نیز افزایش یابد. نیریزی و جان‌پرور (۲۰۰۴) عوامل مهمی که باعث افزایش بهره‌برداری شده‌اند را، توسعه زیاد سطح زیر کشت از ۱۰۰۰۰۰ به ۱۳۰۰۰۰ هکتار، توسعه صنعت از کمتر از ۱۰۰ واحد صنعتی به بیش از ۳۰۰۰ واحد، افزایش توسعه شهری از ۱۵ کیلومتر مربع به ۱۶۰ کیلومتر مربع و افزایش جمعیت از ۰/۵ میلیون نفر به ۲/۵ میلیون نفر در طی ۳۴ سال اعلام نمودند. حسین و والادان (۲۰۰۷) در بررسی‌های مشابه در دشت مشهد به این نتیجه رسیدند که تعداد چاه‌های این دشت در سال ۱۳۴۴، تعداد ۲۳۱ حلقه بوده که در سال ۱۳۷۲ به ۳۶۱۹ حلقه افزایش یافته است. شمسی‌پور و حبیبی (۲۰۰۸) در بررسی دشت‌های شمال همدان، علت کاهش سطح آب‌های زیرزمینی را تأثیر پارامترهای اقلیمی و خشک‌سالی در مدت ۱۷ سال آماری (۷۹-۱۳۶۳) با ضریب همبستگی ۴۲ درصد معرفی نمودند. عزیز (۲۰۰۳) با مطالعه در دشت قزوین

## مرتضی اکبری و همکاران

علت اصلی افت آب زیرزمینی را پدیده خشک‌سالی دانسته و نتیجه گرفت که هر ساله در حدود ۲۵ سانتی‌متر سطح آب کاهش یافته است. رحمانی و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه بر روی دشت نیریز استان فارس علت افت آب‌های زیرزمینی را برداشت زیاد، خصوصیات اکولوژیکی گونه تاغ و کاهش بارندگی اعلام کردند.

در این راستا استفاده از فن‌آوری‌های نوین می‌تواند تصمیم‌گیری و ارایه راهکارهای مناسب را بهبود بخشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup> یکی از کاربردی‌ترین دانش‌ها بوده و علاوه بر سودآوری بسیار، باعث تسریع در روند انجام کار، برنامه‌ریزی‌ها، تشخیص موارد بحرانی و... می‌گردد. توانایی این سیستم در مدیریت، برنامه‌ریزی و همچنین تجزیه و تحلیل‌های قوی آماری باعث شده که بسیاری از افراد در امور مختلف از آن به‌عنوان ابزاری قوی در تصمیم‌گیری‌ها استفاده نمایند (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۲). ابراهیمی و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی و ارزیابی تأثیر خشک‌سالی بر سطح آب تالاب‌های استان چهارمحال و بختیاری با فن‌آوری GIS و سنجش از دور به این نتیجه رسیدند که با برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و همچنین تأثیر خشک‌سالی، سطح آب تالاب‌ها نیز کاهش یافته است. آلبرتسون و هنینگتون (۱۹۹۵) با استفاده از GIS تحلیل منابع آب زیرزمینی را بررسی کردند و واکر و همکاران (۱۹۹۱) نیز مدیریت منابع آب زیرزمینی را در شرایط خشک‌سالی مطالعه نموده‌اند.

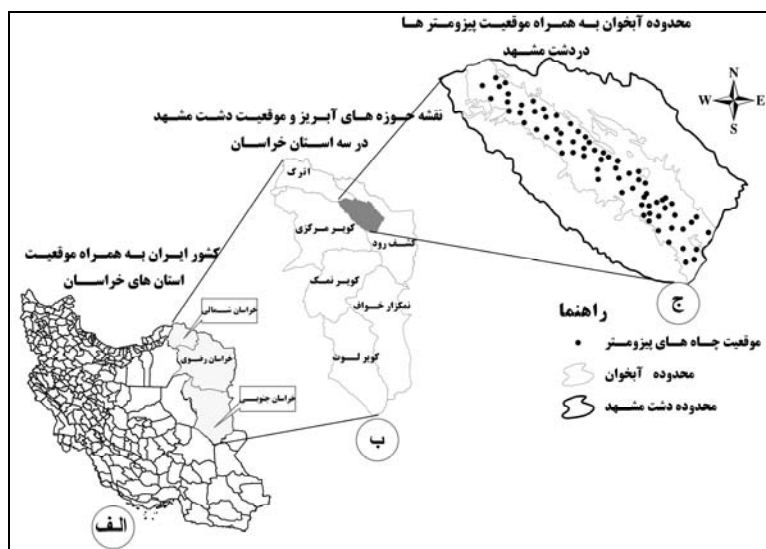
در این پژوهش افت آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت مشهد با استفاده توابع تجزیه و تحلیل در GIS مورد بررسی قرار گرفت. در انتخاب دشت مشهد عوامل زیادی تأثیرگذار بودند که از مهم‌ترین آنها می‌توان، به تراکم زیاد صنایع و کارگاه‌های صنعتی، وسعت زیاد، افزایش جمعیت، محدودیت منابع آبی در بخش آب‌های زیرزمینی و برداشت مازاد بر ظرفیت، افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین اشاره نمود.

## مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** حوضه آبریز مشهد یکی از ۱۳ زیرحوضه قره‌قوم (کشف رود) می‌باشد. مساحت این حوضه ۹۹۰۹/۴ کیلومتر مربع بوده، که ۳۳۵۱ کیلومتر مربع آن را دشت و ۶۵۵۸ کیلومتر مربع دیگر راکوهستان تشکیل می‌دهد (یاسوری، ۲۰۰۶). دشت مشهد یکی از مهم‌ترین دشت‌های استان خراسان رضوی است. قسمت اعظم دشت مشهد- نیشابور، جزو اقلیم سرد و خشک، قسمتی از دشت مشهد-

1- Geographic Information System (GIS)

قوچان، نیمه‌خشک و سرد و بخش کوچکی از بلندترین ارتفاعات رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد، جزء اقلیم مرطوب سرد می‌باشد. از مهم‌ترین رودخانه‌های این دشت، می‌توان به رودخانه کشف‌رود اشاره نمود که شاخه‌های مهم آن رادکان، طرهبه، جاغرق، دهبار، زشک، گلستان و دولت‌آباد می‌باشند. منابع تأمین آب زیرزمینی دشت شامل چشمه، قنات، چاه عمیق و نیمه عمیق است. آبخوان دشت مشهد در موقعیت طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳ دقیقه شمالی واقع شده است. دشت مشهد به‌عنوان مرکز عمده فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی استان، امروزه در وضعیت بسیار بحرانی قرار گرفته است. به‌طوری‌که نشست سطح زمین ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی در بخش‌هایی از آن به‌طور محسوس مشاهده می‌گردد. از سال ۱۳۴۷ به‌دلیل افت سطح آب، دشت مشهد جزء دشت‌های ممنوعه اعلام گردید. برای مشخص نمودن حدود آبخوان از نقشه زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، نقشه توپوگرافی سازمان جغرافیایی ارتش با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین لایه GIS ای حد کوه- دشت این حوزه استفاده شد. شکل ۱ موقعیت آبخوان دشت مشهد را به همراه پیزومترها در ۳ استان خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی به ترتیب با حروف الف، ب، و ج نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت آبخوان دشت مشهد در استان خراسان رضوی.

جمع‌آوری آمار و تجزیه و تحلیل آنها: به منظور انجام این پژوهش، آمار چاه‌های مشاهده‌ای موجود (۷۰ چاه) در طی ۲ دوره ۱۰ ساله (۶۷-۱۳۶۶ تا ۷۷-۱۳۷۶ و ۷۷-۱۳۷۶ تا ۸۷-۱۳۸۶) مورد بررسی قرار گرفت (شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی (۲۰۰۷)). علت استفاده این دوره زمانی فقط کامل بودن آمار موجود می‌باشد. زیرا آمار قبل از سال آبی ۶۷-۱۳۶۶ به علت ناقص بودن نمی‌توانست در این پژوهش به کار گرفته شود. پس از مرتب‌سازی آمار، ابتدا جهت تعمیم ارزش‌های اندازه‌گیری شده به سطح منطقه از تابع تیسن<sup>۱</sup> استفاده شد و سپس، هیدروگراف تراز آب آبخوان و نقشه‌های هم پتانسیل در پایه زمانی ۲۰ سال (طی ۲ دوره ۱۰ ساله) در محیط نرم‌افزاری Excel ترسیم شدند. هدف از ترسیم هیدروگراف آبخوان، به دست آوردن دید کلی از روند تغییرات سطح آب زیرزمینی است. به دلیل آن‌که چاه‌های پیژومتری موجود، نمی‌توانند تمامی سطح آبخوان را پوشش دهند، به کمک مدل تیسن، برای هر چاه با توجه به موقعیت و تراکم چاه‌های اطراف، سطحی در نظر گرفته می‌شود. این مساحت‌ها باید به گونه‌ای باشند که جمع همه آنها، برابر با سطح کل آبخوان گردد. رابطه ۱ بیانگر مطالب بالا می‌باشد.

$$A = \sum a_i \quad (1)$$

در این رابطه  $a_i$  = مساحت پلی گون  $i$  ام و  $A$  = مساحت آبخوان

برای مثال مساحت تیسن مربوط به پیژومتر اخلمد  $38754732/62$  مترمربع، پیژومتر تخم مرز  $20251421/75$  مترمربع و... است که جمع تمام این مساحت‌ها برابر با  $3367362558$  مترمربع، یعنی برابر با مساحت آبخوان می‌باشد. ترسیم هیدروگراف براساس مدل تیسن، یک عمل میانگین‌گیری وزنی است. در این فرآیند، وزن اختصاص داده شده به هر پیژومتر، برابر با حاصل تقسیم سطح به دست آمده از روش تیسن به مساحت کل آبخوان می‌باشد.

$$w_i = \frac{a_i}{A} \quad (2)$$

این مقدار برای پیژومتر اخلمد برابر با  $0/115 = \frac{38754732/62}{3367362558}$  و برای پیژومتر تخم مرز برابر با  $0/06 = \frac{20251421/75}{3367362558}$  می‌باشد. برای به دست آوردن ارزش عددی هیدروگراف آبخوان، باید وزن به دست آمده ( $W_i$ ) از رابطه ۲ را در تراز آب زیرزمینی هر چاه در ماه‌های مختلف ( $h_{ij}$ ) ضرب و سپس تمامی اعداد به دست آمده در  $J$  های برابر جمع کرده، در نتیجه تراز آب زیرزمینی آبخوان در ماه  $J$  ام طبق رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$\sum (h_{ij} \times w_i) \quad (۳)$$

برای پیزومتر اخلمد در ماه شهریور سال ۱۳۸۷،  $h_{ij} \times w_i = ۱۱۶۴/۶۱ \times ۰/۰۱۱۵ = ۱۳/۴۰۳$  متر، برای چاه تخم مرز در همین زمان برابر با  $۵/۵۸۵۲$  متر و... می‌باشد که با جمع تمامی این مقادیر ارتفاع پیزومتریک آبخوان مشهد در شهریور ماه سال ۱۳۸۷ برابر خواهد بود با:

$$\sum (h_{ij} \times w_i) = ۱۳/۴۰۳ + ۵/۵۸۵۲ + \dots = ۱۰۴۴m$$

با رسم نموداری که محور X آن ماه‌های سال و محور Y آن تراز آب زیرزمینی است، هیدروگراف آبخوان ترسیم خواهد شد.

نرم‌افزار مورد استفاده در این پژوهش، نرم‌افزار ArcGIS، نسخه ۹/۲ شرکت ESRI<sup>۱</sup> می‌باشد. در این پژوهش، از روش درونیابی Kriging<sup>۲</sup> جهت تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل آب‌های زیرزمینی استفاده گردید. در فرآیند درونیابی ارزش‌های داده‌های معلوم به تمام منطقه تعمیم داده می‌شود. روش درونیابی کریجینگ، یکی از فنون درونیابی غیرخطی است که بر پایه طبیعت آماری تغییرات ارزش‌های نقاط معلوم عمل می‌نماید و نسبت به روش‌های دیگر درونیابی مانند روش‌های درونیابی خطی، نتایج صحیح‌تری را ارائه می‌دهد. با اعمال این تابع، می‌توان نقشه‌های هم‌پهنه را در محیط GIS به دست آورد. در این پژوهش، اطلاعات مقدار بهره‌برداری چاه‌های بهره‌برداری به‌عنوان داده‌های مشخص ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده با روش درونیابی به سایر نقاط نامعلوم، براساس طبیعت آماری تغییرات ارزش‌های نقاط معلوم تعمیم داده می‌شود. برای کلاس‌بندی میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی از آمار سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ چاه‌های بهره‌برداری استفاده شده است.

## نتایج و بحث

در سرتاسر دشت مشهد یک آبخوان آزاد گسترش یافته، که تا حاشیه ارتفاعات بینالود ادامه دارد. به‌علت ناهمواری سنگ کف و وجود نواحی تغذیه از کوه‌های بینالود و هزارمسجد، این آبخوان همگن نبوده و از نظر آبدهی نیز وضع یکسانی ندارد. ضخامت لایه‌های آبده دشت مشهد بسیار متغیر بوده و از ۲۰ تا ۱۵۰ متر نوسان دارد. بیشترین ضخامت لایه آبدار دشت مشهد مربوط به سفره‌های آب زیرزمینی

1- Environmental Systems Research Institute

۲- کریجینگ، این روش بر پایه مدل‌ها و رابطه‌های آماری پایه‌ریزی گردیده است و دقیق‌ترین روش درونیابی براساس نقاط نمونه‌برداری می‌باشد.

منطقه دولت‌آباد، قهقهه، چهاربرج و گرجی با ضخامت ۱۵۰ متر و کمترین آن مربوط به حاشیه دشت مشهد با ضخامت کمتر از ۲۰ متر می‌باشد. جدول ۱ برخی از مشخصات حوضه آبریز دشت مشهد را نمایش می‌دهد. انواع منابع برداشت از آب‌های زیرزمینی دشت مشهد چشمه، قنات، چاه عمیق و چاه نیمه‌عمیق خواهند بود. در این دشت ۳۹۹ چشمه وجود دارد که جمعاً ۸۷/۸ میلیون متر مکعب خروجی دارد. پرآب‌ترین چشمه ثبت شده، چشمه زه‌کش کال میان مرغ واقع در چناران با آبدهی ۱۰۰ لیتر در ثانیه و بیشترین تعداد چاه‌ها در بخش مرکزی دشت و کمترین آنها در بخش طرقله است.

جدول ۱- برخی از مشخصات حوضه آبریز دشت مشهد (پاسوری، ۲۰۰۶).

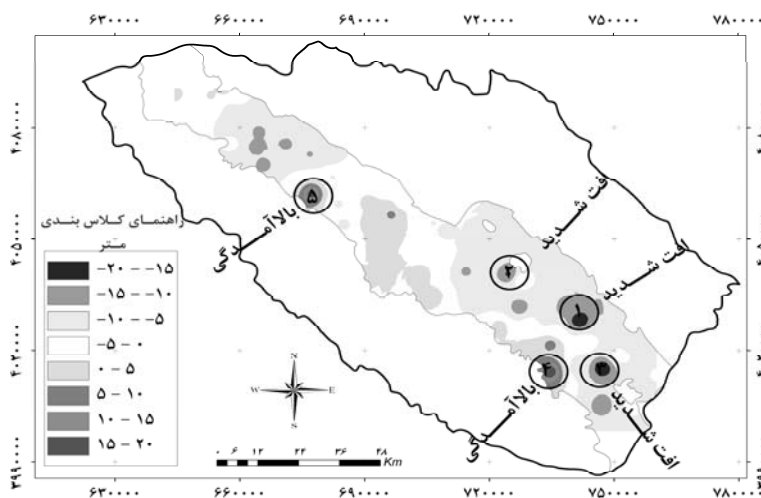
ردیف	مشخصه	مقدار
۱	وسعت دشت	۳۳۵۱ کیلومتر مربع
۲	وسعت حوضه آبریز	۹۹۰۹/۴ کیلومتر مربع
۳	متوسط بارش حوضه آبریز	۲۴۷/۵ میلی‌متر در سال
۴	متوسط تبخیر از تشتک کلاس A	۲۳۰۰ میلی‌متر در سال
۵	متوسط ارتفاع دشت	۱۲۱۴/۳ متر
۶	حداکثر ارتفاع دشت	۱۶۰۰ متر
۷	حداقل ارتفاع دشت	۹۰۰ متر
۸	متوسط ارتفاعات در ارتفاعات	۲۰۷۶
۹	حداکثر ارتفاع در ارتفاعات	۳۲۴۹
۱۰	حداقل ارتفاع در ارتفاعات	۹۰۳/۸

تعداد چاه‌های تأمین‌کننده نیاز آب شرب مشهد در سال ۱۳۶۵، ۹۰ حلقه با برداشت متوسط ۱۶۰/۱۷ میلیون مترمکعب در سال بوده و در سال ۱۳۸۴ تعداد این چاه‌ها برابر ۱۱۸۵ حلقه با برداشتی برابر ۱۹۰/۰۴ میلیون مترمکعب در سال بالغ شده است. از نظر کیفیت آب زیرزمینی دشت، میزان هدایت الکتریکی آب از ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر مربع نوسان دارد. بهترین کیفیت آب مربوط به ارتفاعات جنوبی با هدایت الکتریکی ۵۰۰ تا ۷۵۰ و پایین‌ترین کیفیت مربوط به مناطق شمال و شمال‌شرق دشت بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر مربع گزارش شده است (پاسوری، ۲۰۰۶). جدول ۲ ویژگی‌های کلی آبخوان دشت مشهد را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ویژگی‌های کلی آبخوان آبرفتی دشت مشهد (یاسوری، ۲۰۰۶).

نام دشت	ضخامت آبرفت (متر)	سطح برخورد به آب (متر)	ضریب قابلیت انتقال (مترمربع در روز)	ضریب ذخیره (درصد)
مشهد	حداکثر	حداکثر	حداکثر	حداکثر
	حداقفل	حداقفل	حداقفل	حداقفل
	۲۵۰	۱۳۰	۱۳۰	۳
		۱۰۰	۵۰۰۰	۱۵
		۱۰۰	۱۰۰	۶

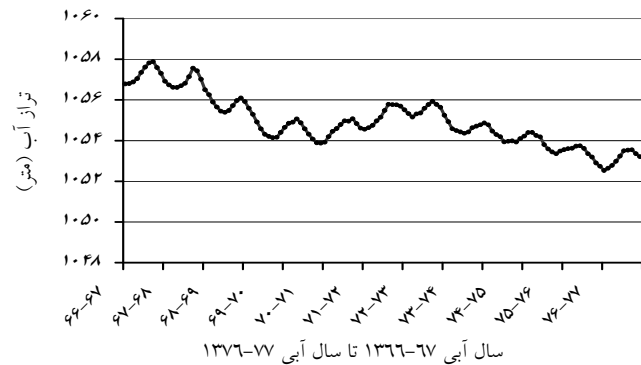
جهت تحلیل داده‌ها، اطلاعات و آمار چاه‌های مشاهده‌ای (۷۰ چاه) به محیط GIS وارد و در مدل درون‌یابی Kriging قرار گرفتند. نقشه‌های هم‌پهنه افت آب‌های زیرزمینی در طی دو دوره ۱۰ ساله نشان می‌دهد که در ۱۰ سال اول در بیشتر مناطق آبخوان، افت شدید سطح آب رخ داده است. این میزان افت در بخش‌های غربی، شرقی و شمالی دشت بسیار چشم‌گیر بوده و در بخش‌های شرقی به ۲۰ متر می‌رسد. طبق شکل ۲ در سه ناحیه دشت (ناحیه ۱، ۲ و ۳)، افت شدید و در دو ناحیه دیگر (ناحیه ۴ و ۵) بالاآمدگی سطح آب دیده می‌شود.



شکل ۲- میزان افت آب زیرزمینی در طی ۱۰ سال اول (۶۷-۶۶ تا ۷۷-۷۶).

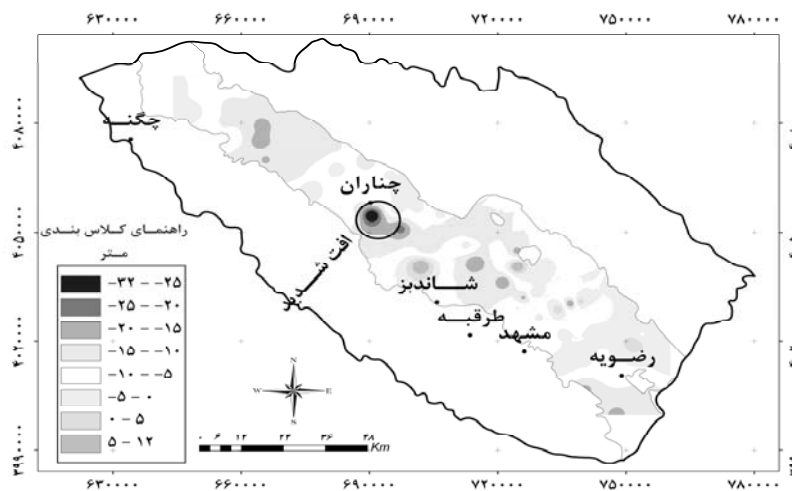
جهت ترسیم هیدروگراف تراز آب، از تابع تیسن استفاده شد. هیدروگراف تراز آب در ۱۰ سال اول، نشان می‌دهد که در این آبخوان به‌طور متوسط ۳/۷۶ متر افت سطح آب صورت گرفته است. شکل ۳ هیدروگراف تغییرات تراز آب به‌دست آمده از چاه‌های پیژومتری و افت تراز آب را نشان می‌دهد.





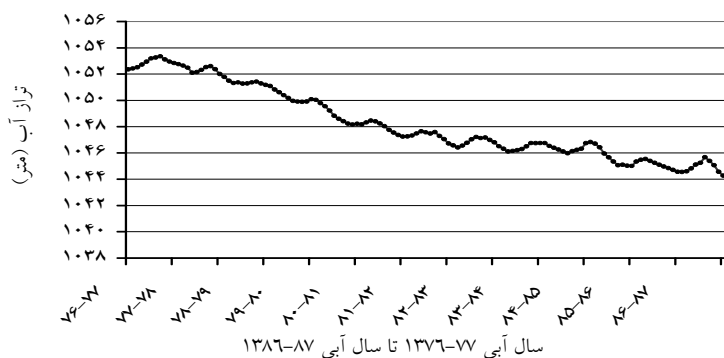
شکل ۳- هیدروگراف آبخوان (تغییرات تراز آب) در ۱۰ سال اول.

تحلیل و آنالیز آماری چاه‌ها در ۱۰ سال دوم و نقشه‌های هم‌پهنه، نشان می‌دهد که افت آب‌های زیرزمینی از ۱۰ تا ۲۰ متر به ۲۵ تا ۳۰ متر رسیده است. به طوری که در محدوده چناران-مشهد در بخش مرکزی دشت، افت بسیار شدیدی دیده می‌شود (میزان افت از ۵ متر به ۲۵ متر رسیده است) و در سایر نقاط روند افت به نسبت ثابت دیده می‌شود. شکل ۴ میزان افت آب زیرزمینی در ۱۰ سال دوم را نشان می‌دهد.



شکل ۴- میزان افت آب زیرزمینی در ۱۰ سال دوم (۱۳۷۶-۷۷ تا ۱۳۸۶-۸۷).

هیدروگراف ترسیم شده از مدل تیسن در ۱۰ سال دوم نیز نشان‌دهنده ۸/۳۳ متر افت در این آبخوان است. این میزان ۴/۵۷ متر افزایش را (شکل ۵) در مدت زمان ۱۰ سال دوم نشان می‌دهد.

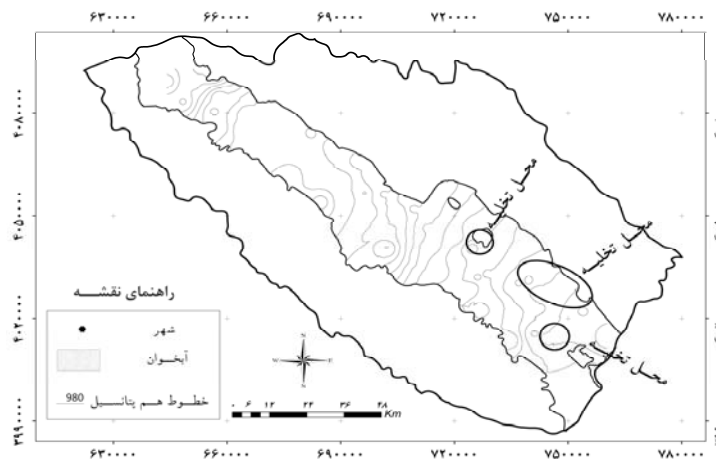


شکل ۵- هیدروگراف آبخوان (تغییرات تراز آب) در ۱۰ سال دوم.

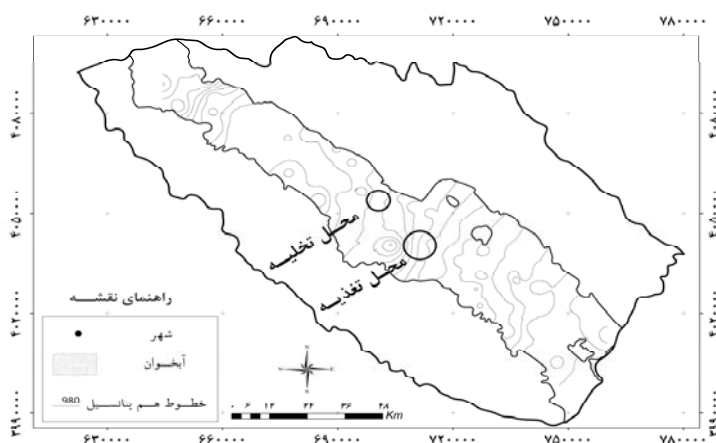
با ترسیم خطوط هم‌پتانسیل نیز در محیط GIS و با استفاده از مدل درونیابی می‌توان جهت حرکت آب زیرزمینی، محل برداشت و محل تغذیه را در آبخوان مشخص نمود. با توجه به نقشه‌های خطوط هم‌پتانسیل که در ابتدا و انتهای دو دوره ۱۰ ساله ترسیم شده‌اند مناطق تغذیه و تخلیه آب‌های زیرزمینی مشخص می‌شود. شکل ۶ خطوط هم‌پتانسیل در سال‌های ۶۷-۱۳۶۶، شکل ۷ خطوط هم‌پتانسیل در سال‌های ۷۷-۱۳۷۶ و شکل ۸ خطوط هم‌پتانسیل را در سال‌های ۸۷-۱۳۸۶ را نشان می‌دهد.



شکل ۶- خطوط هم‌پتانسیل ۶۷-۱۳۶۶.

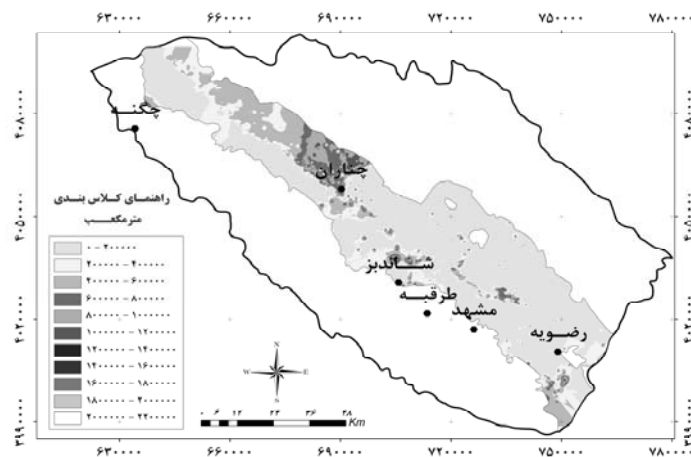


شکل ۷- خطوط هم پتانسیل ۷۷-۱۳۷۶.



شکل ۸- خطوط هم پتانسیل ۸۷-۱۳۸۶.

طبقه‌بندی میزان برداشت از آب زیرزمینی که براساس آمارسال ۸۲-۱۳۸۱ ترسیم شده نشان می‌دهد که در منطقه چناران در بخش مرکزی آبخوان، بیشترین میزان حجم برداشتی در طی یک سال آبی صورت گرفته است. براساس این آمار حجم آب استخراج شده از آب زیرزمینی توسط چاه ۸۷/۶۵ میلیون مترمکعب، چشمه ۸۷/۸ میلیون مترمکعب و قنات ۸۵/۴۸ میلیون مترمکعب می‌باشد. به‌طورکلی میزان آب برداشت شده در سال از آبخوان مشهد حدود ۱ میلیارد مترمکعب، یعنی معادل ۱/۳۵ درصد حجم آب برداشتی کل کشور خواهد بود. شکل ۹ پهنه‌های مختلف برداشت را در آبخوان دشت مشهد نشان می‌دهد.



شکل ۹- زون‌های برداشت از چاه‌های برداشتی در سال آبی ۱۳۸۱.

نقشه‌های تهیه شده در طی دوره ۲۰ ساله بیانگر این مطلب است که میزان سطح آب‌های زیرزمینی در آبخوان دشت مشهد با افت چشم‌گیری روبه‌رو شده است. این میزان افت در بخش‌های مرکزی، شرقی و شمال‌غربی دشت قابل توجه است. به طوری که بازدهی‌های میدانی نیز میزان افت آب و تأثیر آن در نشست زمین را در این دشت به وضوح نشان می‌دهد. شکل‌های ۱۰ و ۱۱ کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و تأثیر آن در نشست زمین را در برخی از نقاط دشت به‌خصوص در بخش مرکزی و شمال‌غربی در طی سال‌های ۸۴ تا ۸۸ نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- لوله‌زایی و ایجاد شکاف در اثر نشست زمین در شمال‌غربی دشت مشهد شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی (پائیز ۱۳۸۴).



شکل ۱۱- لوله‌زایی در اثر نشست زمین در بخش شمال غربی دشت مشهد در مقایسه با عکس شماره ۱۰ پس از ۴ سال. شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی (۱۳۸۸).

افت سطح آب زیرزمینی و کسری مخزن، نتایجی از جمله تخریب کیفیت آب زیرزمینی و شور شدن تدریجی آن، پیشروی جبهه‌های آب شور به سمت مناطق آب شیرین، ایجاد گرادیان‌های هیدرولیکی شدید، ایجاد گرادیان منفی، معکوس شدن جهت جریان آب زیرزمینی و نفوذ جریان پساب‌ها و آلاینده‌های جاری در بستر رودخانه‌ها به آب زیرزمینی، افزایش لایه غیراشباع و کاهش مؤلفه‌های مقاوم رو به بالا به منظور مقاومت لایه آبرفت، کاهش آبدهی چاه‌ها و خشکیدن قنات‌ها، افزایش عمق سطح آب زیرزمینی، حذف و یا کاهش مؤلفه‌های تغذیه از قبیل نفوذ آب بارندگی، تغذیه از طریق آب برگشتی کشاورزی و... را به همراه خواهد داشت. اما تأثیر افت سطح آب و نشست به دست آمده از آن باعث؛ لوله‌زایی چاه‌های کشاورزی، ریزش، خم شدن لوله جدار و از بین رفتن منصوبات، کاهش ضریب ذخیره آبخوان بر اثر نشست، تخریب دیواره چاه‌ها و باغ‌ها، ابنیه‌های فنی، جاده‌ها، تغییر بستر لوله‌های گاز و آب، ایجاد مزاحمت برای کشاورزان، مشکلات آبیاری در اراضی و هدررفت آب خواهد شد. نقشه‌ها، شکل‌ها و گراف‌های به دست آمده در این پژوهش و عملیات میدانی موارد ذکر شده در بالا را در دشت مشهد تأیید می‌کند.

### نتیجه‌گیری

با توجه به وسعت دشت مشهد به عنوان بستر اصلی فعالیت‌های شهری و روستایی، عوامل زیادی در افت آب‌های زیرزمینی آن مؤثر است. خشک‌سالی‌های چند دهه اخیر باعث افزایش دما به میزان

۲/۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از میانگین ۵۰ ساله و کاهش بارندگی به میزان ۱۸ میلی‌لیتر کمتر از میانگین ۵۰ ساله شده است. علاوه بر آن، افزایش جمعیت با نرخ ۴/۹ درصد در طول ۲۰ سال گذشته نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر در روند افت آب‌های زیرزمینی می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، در مدت ۲۰ سال آماری و با استفاده از نقشه‌های هم‌پهنه افت، نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا ۳۰ متر کاهش داشته است. به‌طوری‌که تمرکز چاه‌های برداشت با دبی‌های بالا در این منطقه، طبق نقشه هم‌پهنه بهره‌برداری بیانگر مطلب بالا می‌باشد. اما در بخش‌های شرقی دشت در طی ۲۰ سال بالا آمدگی سطح آب دیده می‌شود که مربوط به نفوذ فاضلاب‌های شهری و کشاورزی، به سفره آب زیرزمینی در آن منطقه است. براساس نقشه‌های هم‌پتانسیل، محل‌های برداشت و تغذیه آب‌های زیرزمینی در آبخوان مشهد مشخص گردید. هیدروگراف‌های تراز آب نشان دادند که در مجموع ۱۲/۱ متر در مدت ۲۰ سال افت سطح آب در دشت مشهد رخ داده یعنی به‌طور متوسط هر ساله در حدود ۶۰ سانتی‌متر تراز سطح آب کاهش یافته است. این نتایج با مطالعه‌های انجام شده در طرح GIS منطقه‌ای مشهد نیز، هم‌خوانی دارد. به‌طوری‌که هر دو، مناطق مرکزی، شرقی و شمال‌غربی دشت را مناطقی با افت شدید معرفی می‌کنند. افزایش میزان بهره‌برداری به‌عنوان یکی از عوامل کاهش سطح آب‌های زیرزمینی (نیریزی و جان‌پرور، ۲۰۰۴) و افزایش میزان چاه‌ها (حسینی و والادان، ۲۰۰۷) نیز بیانگر این مطلب می‌باشد. عوامل مؤثر در افت آب‌های زیرزمینی دشت، سبب نشست زمین در برخی از مناطق دشت شده که با توجه شکل‌های ۹ و ۱۰ نشانه‌ها و آثار آن را می‌توان در نزدیکی‌های منطقه فردوسی در بخش مرکزی و شمال‌غربی دشت، مشاهده نمود. اثراتی که افت و نشست آب‌های زیرزمینی در دشت مشهد را ایجاد نموده سبب شده این دشت شرایط بسیار حادی پیدا نماید. بنابراین با توجه به اهمیت این دشت در اقتصاد و معاش ساکنین، لازم است راه‌کارهای مناسبی برای این مشکل اتخاذ گردد. مواردی مانند، ارزش نهادن به آب به‌عنوان با ارزش‌ترین ماده موجود در طبیعت، جلوگیری از برداشت چاه‌های غیرمجاز، جلوگیری از توسعه باغ‌ها در سرشاخه‌های رودخانه‌ها، حفظ بستر و حریم رودخانه‌ها به‌عنوان بهترین بستر برای تغذیه آبخوان، تغییر روش‌های آبیاری و الگوی کشت و صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی، استفاده از پس‌آب تصفیه شده فاضلاب و جایگزینی آن با بخش کشاورزی، ترویج فرهنگ استفاده صحیح از آب می‌تواند تا حدودی شرایط نامناسب را بهبود بخشد.

## منابع

1. Azizi, Gh. 2003. The Relation between recent Drought and ground water Resources in Ghazvin Plain. *Geographical Research*. 46:131-143. (In Persian)
2. Ebrahimi, A.A., Mohammadi, F., Kaveh, N., Malekmohamadi, M. 2009. Affect of drought on Wetlands using RS and GIS. 12p. the 5<sup>th</sup> conference on watershed management (Natural Hazards Sustainable Management). Gorgan, Golestan, Iran. (In Persian)
3. Hussein, M., and Valadan, M.J. 2007. Land Subsidence Monitoring Using InSAR and GPS. [http://www.isprs2007ist.itu.edu.tr/draft\\_program\\_ver1.doc](http://www.isprs2007ist.itu.edu.tr/draft_program_ver1.doc)
4. Kardavani, P. 2001. The Drought and Contrasting Styles with that in Iran. Tehran Univ. Press, 391p. (In Persian)
5. Khajeddin, S.J. 2007. Trend of desertification in Iran. *Jangalvamartha seasonal magazine, Forest, Range and Watershed Organization*, 74: 42-45. (In Persian)
6. Khosrowshahi, M. 2007. Important Indices of desertification as sight of water and introduce related research bases. *Jangalvamartha seasonal magazine, Forest, Range and Watershed Organization*, 74: 18-22. (In Persian)
7. Makhdoum, A.F., Darvishsefat, A.A., Jafarzadeh, H.H., and Makhdoum, A.F. 2002. Environmental Evaluation and Planning by Geographic Information System. Tehran Univ. Press, 304p. (In Persian)
8. Ministry of Energy, Khorasan Water Authority. 2007. Statistical Data of Groundwater.
9. Nairizi, S., and Janparvar, M. 2004. Mashhad Plain Groundwater Management under Drought. Condition. 22p. <http://www.rcuwm.org.ir/events/workshop/09/files/Final%20S%20Nairizi.pdf>. (In Persian)
10. Albertson, P.E., Hennington, G.W. 1995. Groundwater Analysis Using a Geographic Information System Following Finit-Differenced and Element Techniques. *Engineering Geology*. U.S.A. 42:167-173.
11. Rahmani, M., Movvarej, SH., Hussein Darandi, H., and Najafi Nejad, A. 2009. Assessment of Falling in Ground Water Effect on Creation of Gully in Neiriz plain of Fars Province. 6p. the 5<sup>th</sup> conference on watershed management (natural Hazards Sustainable management). Gorgan, Golestan, Iran. (In Persian)
12. Shamsipour, A.A, and Habibi, K. 2008. Assessment of Drought Effects on Groundwater (Case study: North plains of Hammedan). 9p. The Proceedings Conference Drought in Chaharmahal VA Bakhtiari Province and Mitigation Approaches. ShahreKord University, Iran. (In Persian)
13. Yasuri, M. 2006. The study of Regional GIS of Mashhad. Research Plan of Ferdowsi University of Mashhad. 159p. (In Persian)
14. Walker, W.R., Hrezo, M.S., and Haley, C.J. 1991. Management of Water resources For Drought Condition. National Water Summery. Geological Survey Water Supply Paper2375, U.S.A. Pp: 147-156.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(4), 2009*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS) (Case study: Mashhad Plain Aquifer)**

**\*M. Akbari<sup>1</sup>, M.R. Jarge<sup>2</sup> and H. Madani Sadat<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instructor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, <sup>2</sup>Former M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Zabol University,

<sup>3</sup>Chief of Groundwater Studies Group, Ab Mantaghee Eng. Co. Khorasan Razavi Province

### **Abstract**

Water resource management, especially in groundwater, is very important in arid and semiarid regions. Natural and anthropogenic phenomena have caused critical conditions and fall in groundwater table within last decades in many places of country such as Khorasan Razavi Province. Therefore for assessment of falling of groundwater table, Mashhad Plain, which is one of the important and largest plain in province, was chosen. To do this research, 70 piezometers well were studied during 2 ten-years periods (1987-97 and 1997-2007). Statistical data were first collected and arranged. Afterwards, isopieises and classification of groundwater level were performed by interpolation method in GIS environment using geology, topography and mountain-plain limit maps. Also water level hydrograph were drawn in Excel software. The result of classification of groundwater level maps indicated that groundwater table decreased about 30 meters in central and western regions of aquifer. The concentration of exploitation wells with high debits in this region, has confirmed former findings according to the classification of exploitation map. According to hydrographs, groundwater table has decreased to 12.1 meters during 20 years, 60 cm water level fall annually. Drought, overexploitation, growth of population, increase in agricultural lands and increasing number of wells are the most important factors in decreasing of groundwater table.

**Keywords:** Fall of Groundwater table, Mashhad Plain Aquifer, GIS, Groundwater Hydrograph

---

\* Corresponding Author; Email: [m\\_akabri@um.ac.ir](mailto:m_akabri@um.ac.ir)