

ارزیابی هندسه و بررسی تغییرات حجم اشباع و غیر اشباع آبخوان مشهد – چناران

حسین محمدزاده^(۱)، راهله شهریاری^(۲)، ناصر حافظی مقدس^(۳)، اعظم قزی^(۴)

(۱) نویسنده مسئول، استاد، گروه پژوهشی تحقیقات آب‌های زیرزمینی و ژئوترمال (متاب)، پژوهشکده آب و محیط زیست، دانشگاه فردوسی

مشهد، مشهد، ایران. صندوق پستی: 91775-1436 (Email: mohammadzadeh@um.ac.ir)

(۲) استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد مشهد، ایران.

(۳) دانشجوی کارشناسی ارشد آب‌های زیرزمینی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد مشهد، ایران.

(۴) دکتری زمین‌شناس مهندسی، شرکت مهندسی مشاور زمین فیزیک پویا، مشهد، ایران.

چکیده: ارزیابی هندسه آبخوان برای تعیین ضخامت آبرفت، تخمین ذخیره آبخوان، پیش‌بینی آب زیرزمینی قابل استحصال و همچنین استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهتر آبخوان‌ها ضروری است. در این مقاله، هندسه و تغییرات حجم بخش‌های اشباع و غیر اشباع این آبخوان مشهد- چناران در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۴۰۰) مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تعیین هندسه آبخوان، نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطوح مختلف (سطح آبخوان، ایستابی و سنگ کف آبخوان) تهیه و تغییرات ضخامت آبخوان و حجم آن برآورد شد. نتایج نشان داد، کاهش حجم بخش اشباع در بازه زمانی ۳۰ ساله، ۴۲۰ هزارمیلیون مترمکعب است، که روند کاهشی هیدروگراف معرف آبخوان آن را تأیید می‌کند. بیشترین کاهش حجم بخش اشباع در دهه ۸۰، به دلیل برداشت زیاد از آبخوان صورت گرفته است، اما در دهه ۹۰ آبخوان وضعیت بهتری نشان می‌دهد. هرچند در نتیجه نفوذ پساب و فاضلاب شهری به آبخوان و همچنین انتقال آب از سد دوستی، در برخی نقاط کاهش جزئی در سرعت افت سطح ایستابی دیده می‌شود، اما به دلیل فشردگی و کاهش آبدهی ویژه مواد سفره، آبدهی آبخوان کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: هندسه آبخوان، ضخامت آبرفت، حجم اشباع، مشهد-چناران

Evaluation of The Geometry and Investigating of Changes in Saturated and Unsaturated Volumes of Mashhad - Chenaran Aquifer

Abstract: The assessment of aquifer geometry is crucial to determine the thickness of the alluvium, to estimate the aquifer storage, to predict extractable groundwater, to optimize groundwater resource usage and to better manage aquifer. In this article, the geometry of the Mashhad – Chenaran aquifer and the changes in the volume of its saturated and unsaturated parts were investigated over a period of 30 years (1991-2021). To determine the geometry of the aquifer, digital zoning maps of different surfaces (including the aquifer surface, water table level, and bedrock surface) were prepared, and the aquifer thickness and the volume of the aquifer were estimated. According to the results, the volume reduction in the saturated part is about 42 BCMs over 30 years, as confirmed by decreasing trend of the aquifer unit-hydrograph. The maximum decrease in saturated volume accrued in the 2001 due to large withdrawals. However, in the 2011, the aquifer's condition was improved. Although there was a slight reduction in the water level drop rate in some parts of the aquifer due to the infiltration of urban effluents and sewage, as well as supplied from the Doosti dam, the aquifer yield decreased due to compaction, which in turn reduced the specific yield of the aquifer materials.

Keywords: Aquifer Geometry, Alluvium Thickness, Saturated volume, Mashhad- Chenaran

آبخوان‌های آبرفتی یکی از منابع اصلی تأمین آب در اکثر نقاط دنیا است. از این رو، شناخت، ارزیابی و هندسه آبخوان، نه تنها برای شناسایی ضخامت آبرفت، برآورد ذخیره آبخوان، و پیش‌بینی آب‌های زیرزمینی قابل استحصال، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [1]، بلکه بررسی روند تغییرات هندسه و حجم (کل، اشباع و غیراشباع) آبخوان در طی زمان نیز در راستای استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی و مدیریت صحیح و سامان‌دهی به وضع موجود آبخوان‌ها، بسیار ضروری است. منابع آب زیرزمینی ذخایر استراتژیک ارزشمندی هستند که شکل‌گیری آن‌ها طی سالیان طولانی صورت می‌پذیرد و باید برای آن برنامه‌ریزی بلندمدت انجام شود. امروزه برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، بیش از میزان آب تجدید پذیر، نه تنها منجر به افت شدید سطح ایستابی آبخوان‌ها، که به نوبه خود منجر به کاهش آبدی چاه‌ها، افزایش هزینه‌های پمپاژ و استحصال آب، کاهش کیفیت آب، خشک شدن تالاب‌ها، فرونشست زمین و دیگر اثرات منفی بر روی محیط‌زیست شده است [2, 3]، بلکه نگرانی‌هایی را در مدیریت منابع آب زیرزمینی به وجود آورده است و آن را به یکی از چالش‌های مهم کشور تبدیل کرده است. بیلان آب کشور نیز نشان می‌دهد که مقدار تغذیه آب‌های زیرزمینی کمتر از حجم برداشت از آبخوان‌ها بوده و این امر باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های کشور بخصوص در آبخوان دشت مشهد-چناران شده است [4, 5].

لذا بررسی روند تغییرات ذخایر آب زیرزمینی، معیاری ضروری برای مقایسه میزان باقیمانده منابع آب، توسعه پایدار و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی است [6]. آگاهی از روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی و روند تغییرات هندسه و حجم آبخوان، سبب درک و شناخت بهتر مدیران از وضعیت کنونی و گذشته آبخوان به منظور مدیریت صحیح حال و آینده آن خواهد شد [7]. نظارت بر آب موجود باقیمانده در سفره زیرزمینی به درک کامل تاریخچه آن بستگی دارد تا مبنایی مناسب برای پیش‌بینی‌های آینده فراهم کند. به منظور اهداف مدیریتی آبخوان‌ها، مطالعاتی در دنیا [8, 9, 10, 11] و ایران [12] در رابطه با تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی [13]، حجم مخزن و میزان بهره‌برداری از دشت‌ها صورت گرفته است. اما هدف از این مقاله، ارزیابی هندسه آبخوان مشهد-چناران، جهت شناسایی ضخامت آبرفت و برآورد حجم ذخیره آبخوان و همچنین بررسی تغییرات ضخامت و حجم بخش اشباع آبخوان در یک بازه زمانی ۳۰ ساله، جهت پیش‌بینی وضع آینده در قسمت‌های مختلف آبخوان است، که نوع آوری این مقاله محسوب می‌گردد. همچنین در این مطالعه، مناطقی از آبخوان که افت سطح آب بیشتری را تجربه کرده‌اند و تشدید کننده بحران برای آینده هستند، شناسایی شده که همراه تغییرات برآورد حجم باقیمانده بخش اشباع آبخوان می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آینده آبخوان مفید باشد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز آبخوان دشت مشهد-چناران، با مساحت ۹۹۵۷ کیلومترمربع و با موقعیت جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی، دارای سازندهای زمین‌شناسی متنوع (آذرین، دگرگونی، رسوبی کربناته-رسوبی غیرکربناته و آبرفت‌ها) است که بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیرگذار هستند [18]. دشت مشهد بخشی از پهنه فرونشست مشهد-قوچان است که در شمال شرق آن رشته‌کوه‌های کپه داغ و در جنوب غرب آن کوه‌های بینالود واقع شده است (شکل ۱-الف). مرز شمال شرقی این فرونشست را گسل و رودخانه کشف رود و مرز جنوب غربی آن را گسل جنوب مشهد است [14]. در اثر عملکرد گسل‌های مزبور و فرونشست دشت، ضخامت قابل توجهی از رسوبات آبرفتی در سطح آن انباشته شده و آبخوان گسترده‌ای را تشکیل داده است [15]. رسوبات آبرفتی دشت مشهد تحت تأثیر دو حوضه رسوب‌گذاری سازندهای سخت رسوبی (کپه داغ) و فیلیت‌های مشهد (بینالود) قرار دارد [16]. بخش زیادی از سطح دشت مشهد را رسوبات ژوراسیک و کرتاسه به خود

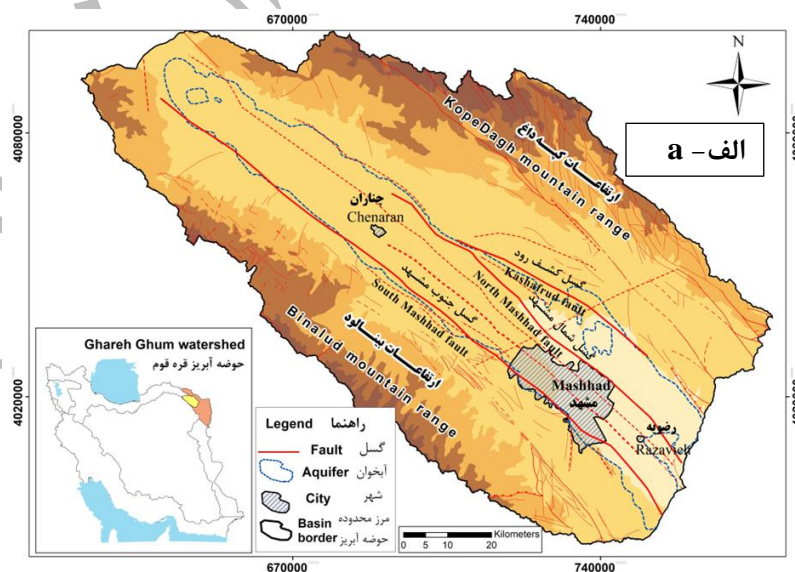
اختصاص داده‌اند. واحدهای سنگی این دوران در ارتفاعات بینالود و در غرب شهر مشهد عمدتاً آذرین و دگرگونی بوده و در بخش‌های شمالی و شرقی (حوضه رسوبی کپه داغ) سنگ‌های رسوبی است. گسل‌های شمال غرب-جنوب شرق منطقه (گسل شمال و جنوب مشهد، گسل شانديز- سنگ بست)، به‌عنوان اصلی‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی، در جهت جریان آب زیرزمینی و گاهی بر کمیت و کیفیت آب آبخوان تأثیرگذار است. عامل اصلی کنترل‌کننده رفتار منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت مشهد پیچیده، متنوع و درک رفتار آن در بخش‌های مختلف دشوار است. مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده هیدرولیک آبخوان دشت مشهد شامل ساختارهای زمین‌شناسی، موانع زیرزمینی، عارضه‌نگاری سنگ کف، موقعیت چاه‌های بهره‌برداری و منابع تغذیه‌کننده آبخوان می‌باشد [17].

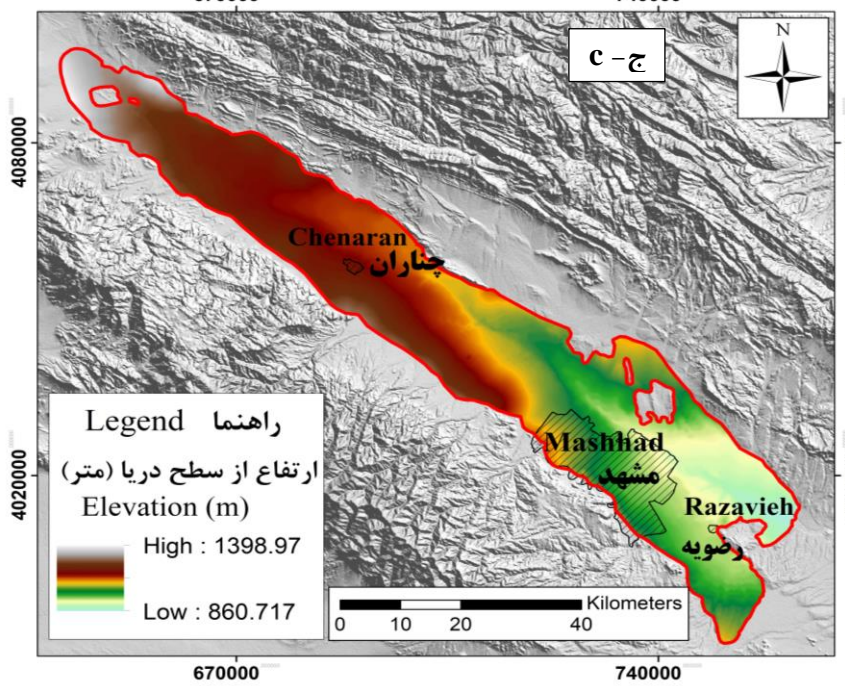
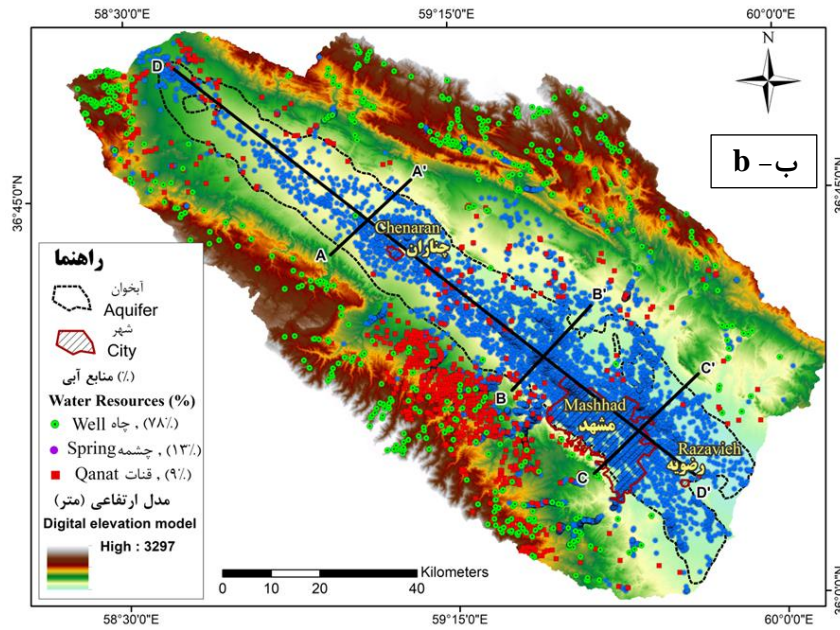
ریخت‌شناسی سطحی حوضه آبریز آبخوان دشت مشهد-چناران (شکل ۱-ب)، نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین ارتفاع حوضه آبریز، ۳۲۹۷ و ۸۵۸ متر از سطح دریا است. ریخت‌شناسی و شکل ناهمواری‌های سطح زمین یکی از عوامل تعیین‌کننده هندسه آبخوان هست که می‌توان آن را در غالب مدل رقومی ارتفاع (DEM¹) نشان داد که این نقشه رقومی رستری، حاوی تمامی اطلاعات ارتفاعی تمامی نقاط یک محدوده است. نقشه پهنه‌بندی مدل رقومی ارتفاع سطح آبخوان مشهد، تهیه‌شده از روی نقشه‌های عارضه‌نگاری ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری [1]، نشان می‌دهد که ریخت‌شناسی سطح آبخوان مشهد-چناران (شکل ۱-ج) حدود ۵۴۰ متر اختلاف ارتفاع دارد. قسمت شمال غربی چناران با ارتفاعی حدود ۱۴۰۰ متر از سطح دریا، مرتفع‌ترین بخش آبخوان و قسمت جنوب شرقی با ارتفاع ۸۶۰ متر از سطح دریا پست‌ترین بخش آبخوان را تشکیل می‌دهد. ریخت‌شناسی سنگ کف آبخوان بسیار ناهموار بوده به‌گونه‌ای که در برخی مناطق سنگ کف نزدیک سطح زمین بوده در برخی مناطق ضخامت آبرفت به بیش از ۳۰۰ متر می‌رسد [19]. (جدول ۱) و (شکل ۱-ب) منابع آب زیرزمینی دشت مشهد-چناران را نشان می‌دهد [20].

جدول ۱- منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مشهد-چناران (۱۳۹۹-۱۴۰۰)

نوع منبع آبی	چاه	قنات	چشمه	جمع
تعداد	۵۷۹۷	۱۰۰۸	۶۶۸	۷۴۷۳
برداشت در سال	۶۰۲/۶	۵۹/۱	۳۳/۳	۶۹۵

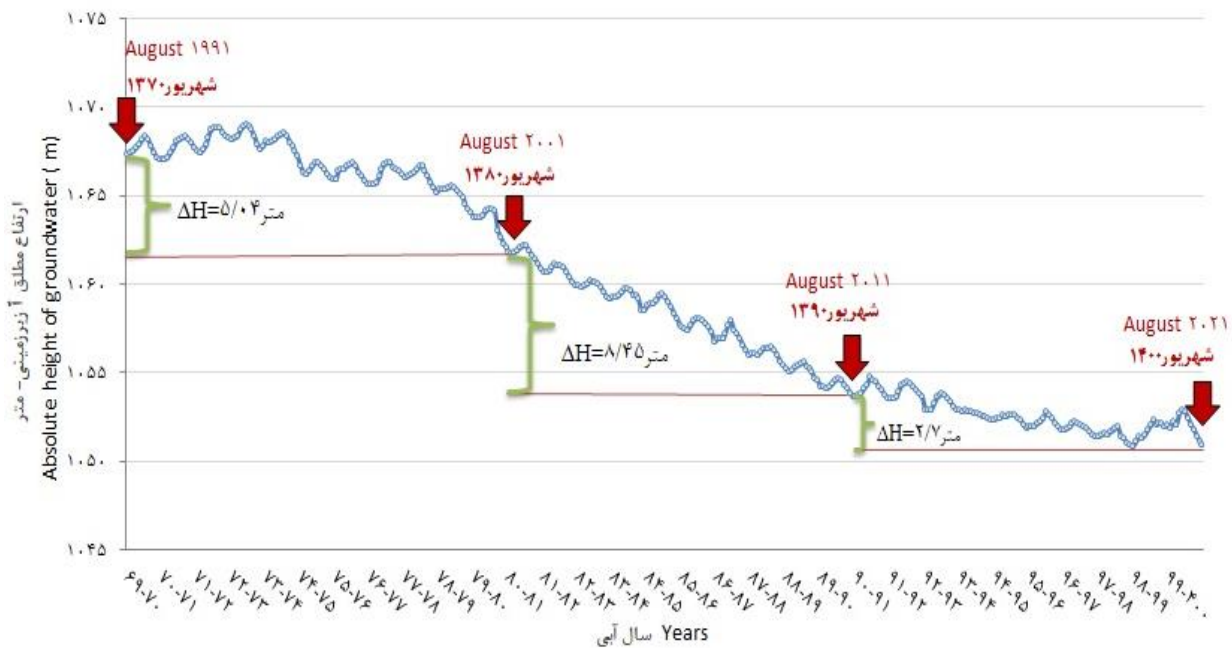
*: اعداد تخلیه از منابع برحسب میلیون مترمکعب است.





شکل ۱- موقعیت حوزه آبریز مشهد - چناران (الف)، ریخت‌شناسی و موقعیت منابع آب حوزه آبریز (ب) و (ج) مدل رقومی ارتفاع (DEM) سطح آبخوان مشهد - چناران

آبخوان مشهد-چناران، با وسعت حدود ۲۵۲۸ کیلومترمربع، مهم‌ترین آبخوان استان خراسان رضوی از لحاظ وسعت و میزان بهره‌برداری است [21]، که متأسفانه به علت برداشت زیاد در طی سالیان متمادی، گاهی با بیش از هزار میلیون مترمکعب برداشت سالانه [20]، با افت شدید سطح ایستابی روبرو شده است. هرچند که اولین آگهی ممنوعیت دشت مشهد-چناران در سال ۱۳۴۸ ابلاغ شد، اما به دلیل روند رو به رشد حفاری چاه‌ها و بهره‌برداری از منابع آب موجود هیدروگراف معرف آبخوان مشهد روند نزولی سطح آب را نشان می‌دهد (شکل ۲). مجموع افت سطح آب زیرزمینی طی ۳۰ سال آمار حاصل از شبکه رفتار سنجی دشت مشهد-چناران، حدوداً ۱۶/۲ متر و متوسط افت سالانه برابر ۰/۵۴ متر هست. همان‌طور که هیدروگراف نیز نشان می‌دهد بیشترین کاهش حجم آبخوان و کسری مخزن در سال‌های بین ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ به علت توسعه کشاورزی و افزایش سطوح زیر کشت رخ داده است.



شکل ۲- هیدروگراف معرف آبخوان مشهد- چنارن از سال ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۰

مواد و روش

به منظور تعیین هندسه آبخوان، نقشه‌های پهنه‌بندی سطوح مختلف آبخوان شامل نقشه رقمی ارتفاع سطح آبخوان (GDEM²)، نقشه تراز سنگ کف یا نقشه رقمی ارتفاع سنگ کف آبخوان (BDEM³)، نقشه تراز ایستابی / سطح آب زیرزمینی آبخوان (WDEM⁴) (مطابق 1) تهیه شد. سپس برای تعیین حجم (کل، اشباع و غیراشباع) آبخوان، ابتدا نقشه‌های پهنه‌بندی (ضخامت آبخوان (ATM⁵)، ضخامت اشباع آبخوان (STM⁶) و ضخامت غیراشباع آبخوان (USTM⁷)) تهیه و در نهایت با استفاده از سطح کل آبخوان مشهد (۲۵۲۸ کیلومترمربع)، و ضریب ذخیره محاسبه شده برای آبخوان (هنوز منتشر نشده است)، حجم بخش‌های مختلف آبخوان (کل، اشباع و غیراشباع) محاسبه شد.

برای تهیه نقشه رقمی ارتفاع سنگ کف (BDEM) آبخوان، از اطلاعات زیرسطحی موجود شامل پروفیل‌های ژئوالکتریک [22] برداشت شده طی سال‌های ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۹، چاه‌های تأمین آب شرب و کشاورزی و لاگ گمانه‌های اکتشافی استفاده شد. مطالعات ژئوالکتریک با هدف شناسایی آبخوان طی سال‌های متمادی در دشت مشهد صورت گرفته و محدوده آبخوان را به خوبی پوشش داده است. همچنین از اطلاعات لاگ گمانه‌ها و چاه‌های حفاری شده در سطح آبخوان مشهد (تعداد ۶۰۰۰ چاه بهره‌برداری کشاورزی و گمانه‌های اکتشافی) و از اطلاعات حفاری چاه بهره‌برداری تأمین آب شرب موجود در دشت مشهد، که ۴۵۳ حلقه چاه آن به سنگ کف برخورد کرده است [23]، برای تعیین عمق سنگ کف استفاده شد. با توجه به تمرکز چاه‌های عمیق حفر شده در مرکز آبخوان و پراکندگی نامتوازن در کل آبخوان، به روش زیر عمل شد. در مناطقی که چاه‌ها تا سنگ کف حفر شده‌اند، عمق چاه به عنوان ضخامت آبخوان و در سایر نقاط از نتایج تفسیر ژئوفیزیکی، حداقل ضخامت آبخوان محاسبه گردید و بر این اساس نقشه تراز سنگ کف (BDEM) با مرجعیت نقشه رقمی ارتفاعی سطح زمین (DEM) تهیه شد. در مرحله بعد از تفاضل بین نقشه رقمی سطح زمین و نقشه تراز سنگ کف و با استفاده از روش‌های درون‌یابی در (GIS⁸) نقشه پهنه‌بندی ضخامت آبرفت (ATM) تهیه و حجم کل آبخوان با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد.

$$(V_t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (L_{sij} - L_{bij}) * a$$

(۱) حجم کل آبخوان

که در آن V_t حجم کل آبخوان، L_{sij} (تراز سطح زمین در i امین ستون از i امین ردیف لایه (متر))، L_{bij} (تراز سنگ کف در i امین ستون از i امین ردیف لایه (متر)) است و a مساحت سلول (مترمربع) است. برای تهیه حجم بخش اشباع آبخوان و بررسی تغییرات حجم آن در طی زمان، ابتدا داده‌های پایش کمی سطح آب زیرزمینی در ۷۴ پیژومتر موجود در گستره آبخوان مشهد-چناران، در بازه زمانی ۳۰ ساله (هر ۱۰ سال (شهریور ۱۳۷۰، شهریور ۱۳۸۰، شهریور ۱۳۹۰ و شهریور ۱۴۰۰)) جمع‌آوری و با استفاده از این داده‌ها، نقشه‌های رقومی تراز سطح ایستابی (WDEM) برای سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ تهیه شد. سپس با کم کردن نقشه رقومی ارتفاع سنگ کف (BDEM) آبخوان از نقشه‌های رقومی تراز سطح ایستابی (WDEM) طی سال‌های مختلف، با استفاده از قابلیت محاسباتی رستر^۹ در محیط GIS، نقشه پهنه‌بندی ضخامت اشباع برای هر یک از سال‌ها، تهیه و حجم بخش اشباع آبخوان با استفاده از رابطه (۲) به دست آمد.

$$(V_S) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (L_{wij} - L_{bij}) * a \quad (۲) \text{ حجم بخش اشباع آبخوان}$$

که در آن V_S حجم کل بخش اشباع آبخوان، L_{wij} (تراز آب زیرزمینی در i امین ستون از i امین ردیف لایه (متر)) و L_{bij} (تراز سنگ کف در i امین ستون از i امین ردیف لایه (متر)) و a مساحت سلول (مترمربع) است. به روش مشابه با کم کردن نقشه‌های رقومی تراز سطح ایستابی (WDEM) از نقشه رقومی ارتفاعی سطح زمین (DEM)، نقشه پهنه‌بندی ضخامت غیراشباع برای سال‌ها مختلف تهیه و حجم بخش غیراشباع آبخوان با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد. لازم به ذکر است که بنا به دلایلی مانند افت سطح آب زیرزمینی و خشک شدن، در تعداد شش چاه اکتشافی، پایش و رفتار سنجی آبخوان در سال ۱۴۰۰ صورت نگرفته است.

$$(V_{US}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (L_{sij} - L_{wij}) * a \quad (۳) \text{ حجم بخش غیر اشباع آبخوان}$$

که V_{US} حجم کل بخش غیراشباع آبخوان، L_{sij} (تراز آب زیرزمینی در i امین ستون از i امین ردیف لایه (متر)) و L_{wij} (تراز سطح زمین در i امین ستون از i امین ردیف لایه (متر)) است. a مساحت سلول (مترمربع) است.

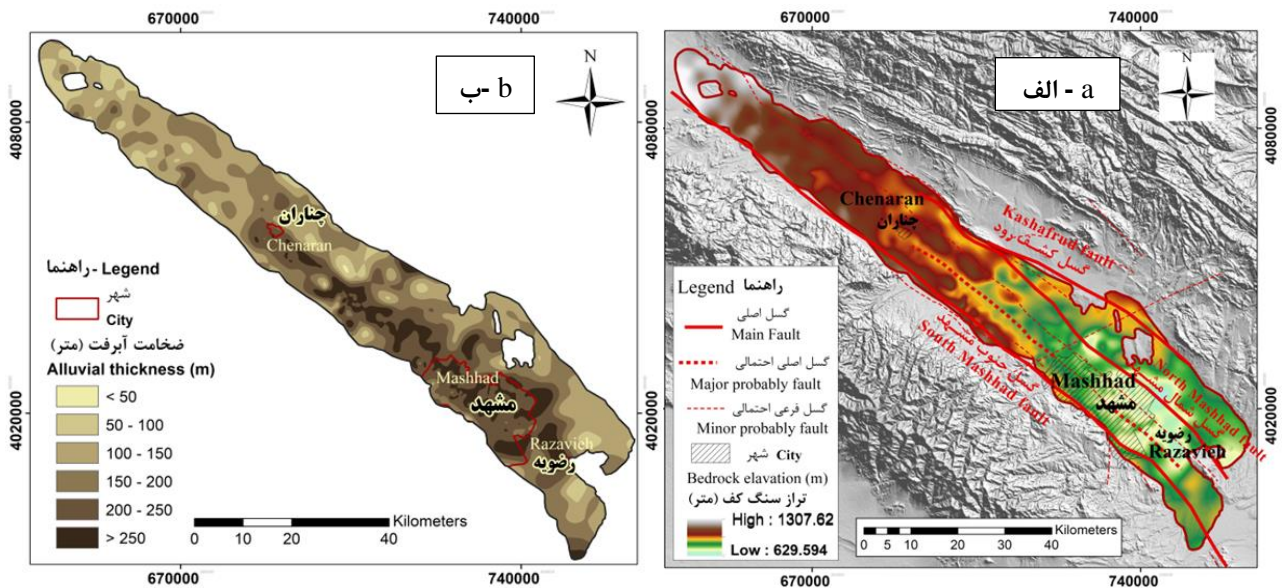
نتایج و بحث

در بررسی تغییرات حجم آب باید در مرحله اول هندسه آبخوان شناسایی می‌شد که بتوان در مراحل تغییرات حجم بخش اشباع آبخوان را محاسبه کرد. نتایج به دست آمده در سه بخش ارائه شده است.

۱- تغییرات ریخت‌شناسی تراز سنگ کف (BDEM) و ضخامت آبرفت آبخوان مشهد - چناران

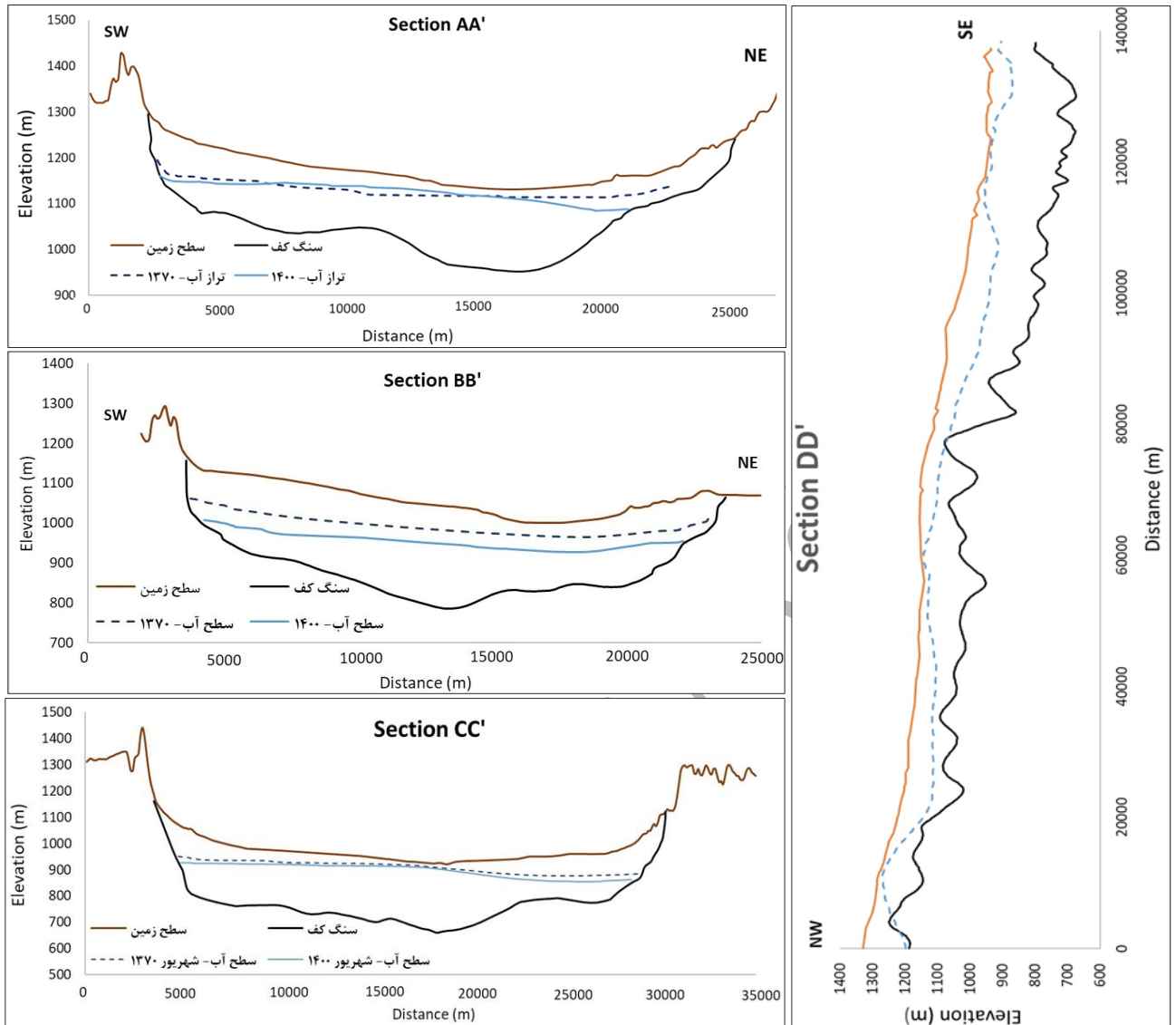
نقشه تراز سنگ کف به دست آمده (BDEM) و تغییرات ضخامت آبرفت آبخوان در (شکل ۳) نشان داده شده است. ریخت‌شناسی سنگ کف آبخوان بسیار ناهموار بوده و تابع عوامل مختلفی از جمله زمین‌شناسی و زمین‌ساخت هست. این ناهمواری‌ها عمدتاً در مرکز دشت مشهد در فاصله بین مشهد تا چناران دیده می‌شود که می‌تواند متأثر از گسلش شمال و جنوب مشهد باشد. در برخی نقاط، سنگ‌بستر نزدیک سطح زمین و در برخی نقاط ضخامت آبرفت به بیش از ۳۰۰ متر می‌رسد. بررسی ضخامت آبرفت در آبخوان نشان می‌دهد بیشتر آبخوان مشهد ضخامتی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر دارد و ضخامت آبرفت در دو سمت شمال شرق و جنوب غرب با نزدیک شدن به واحدهای سنگی ارتفاعات کپه داغ و بینالود کاسته می‌شود. قسمت عمیق آبخوان مشهد در قسمت مرکزی دشت و در فاصله بین چناران و رضویه (که شهر مشهد نیز بر روی همین قسمت عمیق آبخوان قرار دارد) واقع شده است و بیشتر چاه‌های عمیق تأمین آب شرب شهر مشهد نیز در این ناحیه متمرکزند و برداشت از آبخوان بیشتر در این نواحی صورت می‌گیرد. این مسئله

می‌تواند متأثر از گسل‌های موجود در جنوب دشت مشهد باشد که باعث فرونشست بیشتر دشت و افزایش ضخامت آبرفت شده است.



شکل ۳- الف) نقشه تراز سنگ کف (BDEM)، ب) نقشه ضخامت آبخوان مشهد چناران

تغییرات ضخامت آبرفت آبخوان، در مقطع طولی و چند مقطع عرضی در شکل (۴) دقیق‌تر مورد بررسی قرار گرفته است. سطح آب زیرزمینی در مقطع AA' واقع در فاصله بین چناران تا ابتدای آبخوان و با ضخامت میانگین آبرفت ۱۵۰ متر در فاصله کمتری از سطح زمین است و در مقایسه تراز آب بین سال ۱۳۷۰ و ۱۴۰۰ افت کمتری را نشان می‌دهد؛ اما سطح آب زیرزمینی (آخرین آمار موجود) در مقطع BB' واقع در قسمت مرکزی آبخوان با ضخامت بین ۲۰۰-۳۰۰ متر، در عمق بیشتری واقع شده است و به علت برداشت‌های بیشتر در این قسمت بیشترین افت سطح آب ۳۰ ساله در این منطقه دیده می‌شود. قسمت مرکزی آبخوان، با توجه به گسترش و کشیدگی شهر مشهد به سمت مرکز آبخوان و قرار داشتن صنعت و کشاورزی شهر مشهد در این قسمت، به علت وجود چاه‌های بیشتر و اضافه برداشت در این منطقه بحرانی‌ترین بخش آبخوان به نظر می‌رسد. در مقطع CC' که از مرکز شهر مشهد عبور و در قسمت عمیق آبخوان واقع شده است، سطح آب زیرزمینی درست است که به‌طور کلی نسب به سال ۱۳۷۰ افت کمی نشان می‌دهد اما در مقایسه ده‌ساله سطح آب در سال ۱۴۰۰ در مقایسه با سال ۱۳۹۰ (شکل ۷) در برخی قسمت‌ها نسبت به اطراف کمی بالاتر می‌ماند که نشان می‌دهد که همانطور که در مطالعات قبلی بیان شده، دلیل آن می‌تواند نفوذ پساب‌ها و فاضلاب شهری و یا آب انتقالی از سد دوستی باشد [24,25].



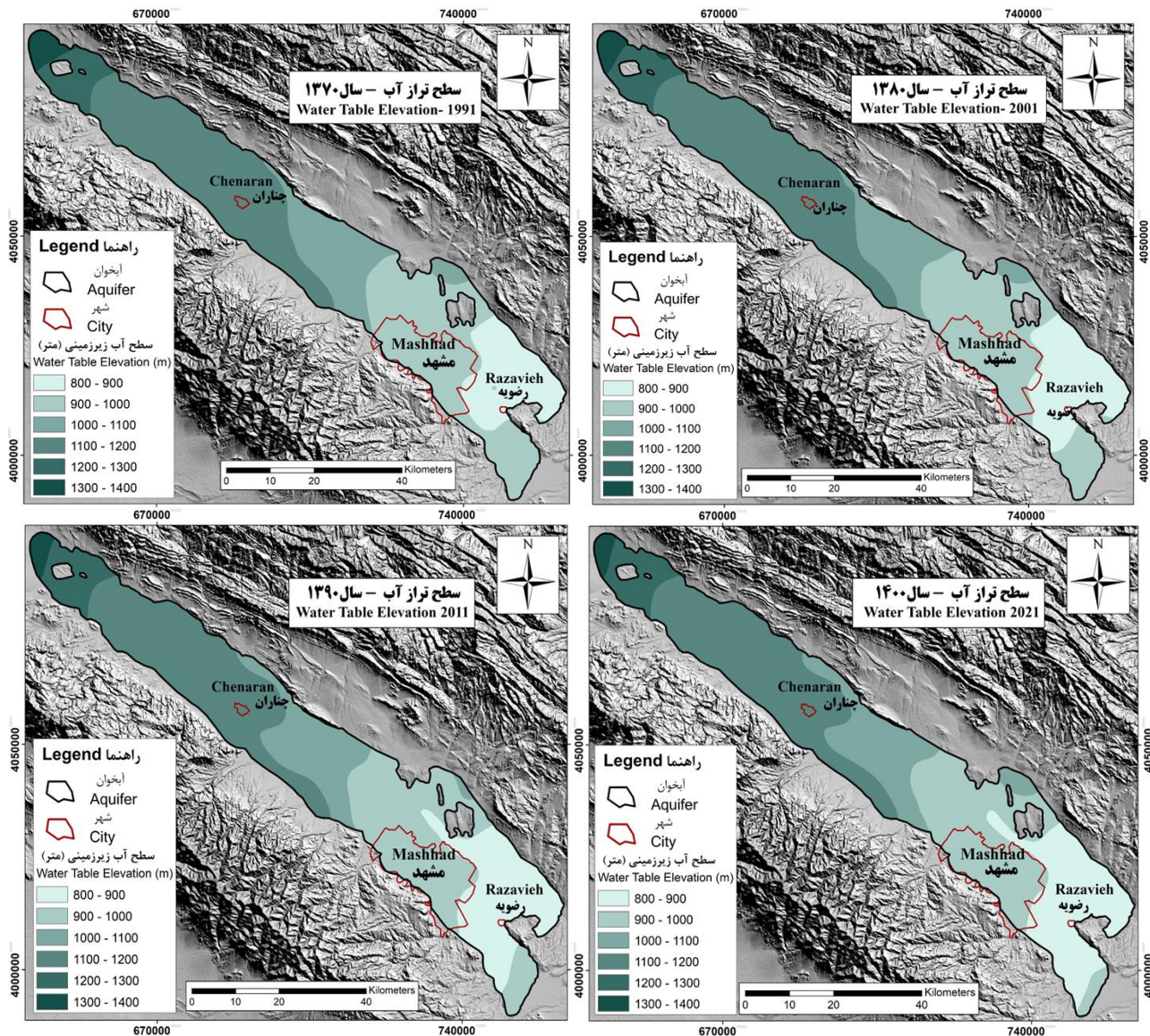
شکل ۴- تغییرات ارتفاع سطح زمین، سطح ایستابی و سنگ‌بستر آبخوان مشهد-چناران در مقطع طولی و سه مقطع عرضی (سال ۱۳۷۰ و ۱۴۰۰) (راستای مقاطع در شکل ۱- ب نشان داده شده است)

مقطع DD' که بیانگر ابتدا تا انتهای آبخوان است، تغییرات سطح آب زیرزمینی و ناهمواری سنگ کف در مقطع طولی آبخوان را به خوبی نشان می‌دهد. به طوری که بالآمدگی و افت سطح آب زیرزمینی نسبت به سنگ کف در سراسر آبخوان مشخص است (نمایش تغییرات شدیدتر سنگ‌بستر در مقطع طولی DD' نسبت به مقاطع عرضی AA', BB' و CC', به دلیل اختلاف در مقیاس افقی هست). بررسی مقاطع ضخامت آبرفت و ضخامت اشباع آبخوان نشان می‌دهد که آبخوان آبرفتی مشهد از نوع آزاد و به صورت تک لایه است و جهت جریان آب زیرزمینی در آبخوان از غرب و شمال غرب به سمت شرق و جنوب شرق است و تأییدی بر مطالعات گذشته می‌باشد [26,27].

۲- تغییرات تراز سطح ایستابی مشهد - چناران در طی ۳۰ سال گذشته (۱۳۷۰ - ۱۴۰۰)

نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح ایستابی (WDEM) تهیه شده برای آبخوان مشهد - چناران (شکل ۵) نشان می‌دهد، در ابتدای آبخوان و در قسمت شمال غربی آبخوان، آب در سطح تراز بالاتری نسبت به انتهای آن قرار دارد و جهت جریان

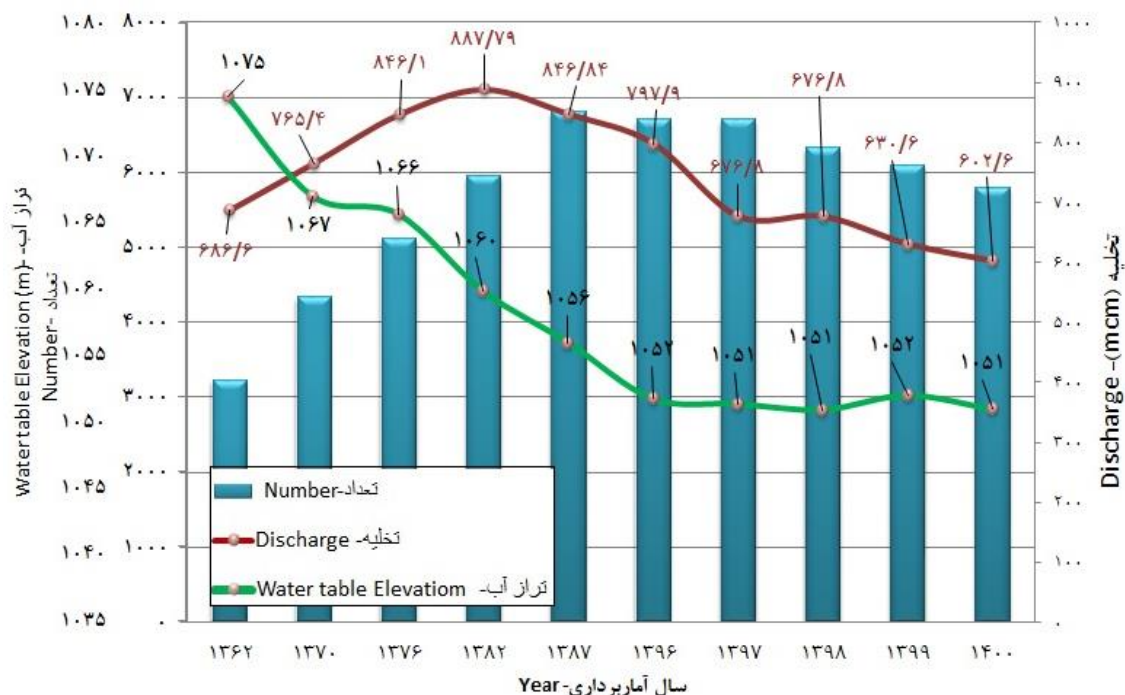
آب از ابتدای آبخوان (شمال غربی) به سمت انتهای آن (جنوب شرقی) است. تراز آب زیرزمینی بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ در قسمت مرکزی آبخوان تغییرات بیشتری را تجربه کرده است که با توجه به اینکه بیشترین تخلیه و چاه‌های بهره‌برداری از سطح آبخوان در این منطقه قرار دارند، پدیده‌ای دور از انتظار نیست. شکل مقطع BB (شکل ۴) هم تأییدی بر این مطلب می‌باشد.



شکل ۵- نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح ایستابی (WDEM) آبخوان مشهد - چناران برای سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰، ۱۴۰۰ بررسی آمارهای بهره‌برداری از منابع آبی آبخوان مشهد و مقایسه آن با افت سطح آب زیرزمینی (شکل ۶) نیز نشان می‌دهد که بیشترین بهره‌برداری از ذخایر زیرزمینی آبخوان مشهد - چناران در بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ صورت گرفته است. که به دلیل نگرش ویژه کشور به توسعه کشاورزی به منظور تأمین نیاز غذایی جمعیت رو به ازدیاد بوده است [28] که در نتیجه آن که با کاهش زیاد حجم بخش اشباع آبخوان نیز منطبق است. حجم بالای تخلیه آب در سال ۱۳۸۲ در مقایسه با ۱۳۸۷، علی‌رغم افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری در سال ۱۳۸۷، به دلیل در نظر نگرفتن تعداد قابل توجهی از چاه‌ها در آمار سال ۱۳۸۲ بوده است. که افزایش آمار تعداد چاه‌ها از سال ۱۳۸۷ به بعد ناشی از تصویب قانون تعیین تکلیف چاه‌های غیرمجاز و صدور پروانه بهره‌برداری برای آن‌ها است [20]. آمارهای ۵ سال منتهی به سال ۱۴۰۰ نیز نشان می‌دهد تعداد چاه‌های غیرمجاز در سطح دشت مشهد از ۲۵۲۵ حلقه چاه در سال ۱۳۹۶ به تعداد ۱۷۲۸ حلقه در سال ۱۴۰۰

رسیده است.

میزان تخلیه و بهره‌برداری از آبخوان مشهد روند کاهشی داشته است (شکل ۶)، که به دلیل کاهش دبی و بازدهی چاه‌ها است. این مسئله می‌تواند به آن معنی باشد که منابع آب زیرزمینی آبخوان به خاطر فشردگی مواد سفره و کاهش حجم مفید آبخوان با کاهش آبدی مواجه شده‌اند، هرچند که طرح‌های تعادل بخشی آبخوان به میزان جزئی منجر به کاهش سرعت افت سطح ایستابی شده باشند.



شکل ۶- روند بهره‌برداری در مقابل افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری و کاهش تراز سطح ایستابی آبخوان مشهد-چناران

۳- تغییرات ضخامت اشباع و غیراشباع آبخوان

با در اختیار داشتن نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سنگ کف (BDEM) و پهنه‌بندی تراز سطح ایستابی (WDEM)، نقشه‌های پهنه‌بندی ضخامت اشباع آبخوان مشهد در سال‌های (۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰، ۱۴۰۰) تهیه شد (شکل ۷). بررسی تغییرات ضخامت و حجم اشباع و غیراشباع (جدول ۲)، نشان می‌دهد که ضخامت و حجم بخش اشباع آبخوان طبق انتظار در طی این سال‌ها روند کاهشی داشته است. به طوری که با افت تراز آب زیرزمینی در سطح آبخوان، حجم بخش اشباع آبخوان در طی ۳۰ سال، حدود ۴۲ میلیارد مترمکعب کاهش داشته است. بیشترین کاهش ضخامت اشباع در اندازه‌گیری‌های صورت گرفته بین شهریور ۱۳۸۰ تا شهریور ۱۳۹۰، به میزان ۲۳ میلیارد مترمکعب بوده است که در طی این سال‌ها چاه‌ها و میزان بهره‌برداری از آبخوان بیشتر بوده است. از آنجائی که آبخوان شکل هندسی منظم ندارد و به صورت یک استوانه نیست؛ بدیهی است که تغییرات ضخامت غیراشباع با تغییرات ضخامت اشباع برابر نیست. اما کاهش حجم بخش اشباع برابر با افزایش بخش غیراشباع است و دلیل این افزایش برداشت‌ها توسعه کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت در طی این سال‌ها بنا به دلایلی که در بالا عنوان شد می‌باشد.

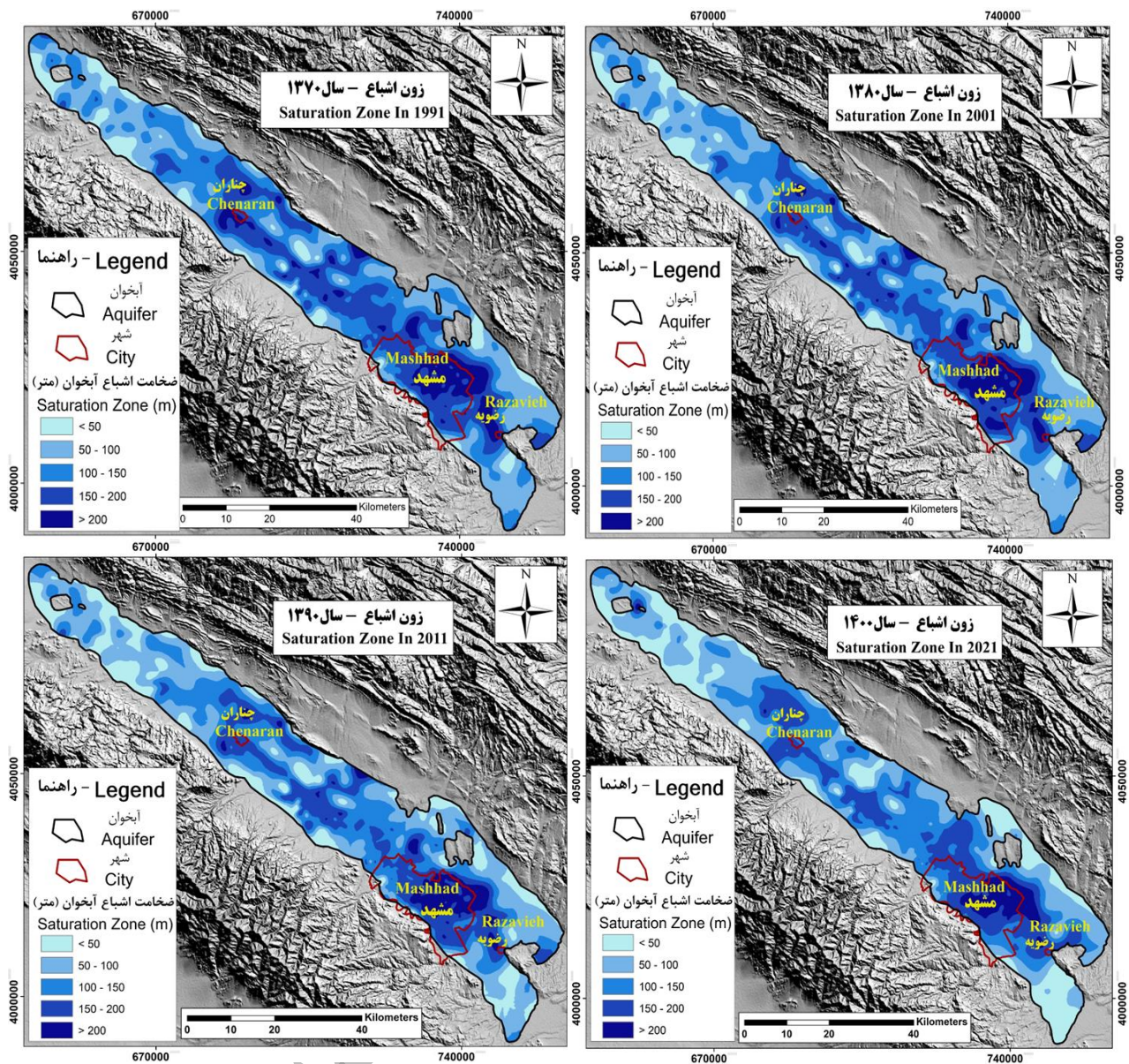
جدول ۲- تغییرات حجم (کل، اشباع و غیراشباع) آبخوان مشهد - چناران در طی ۳۰ سال

شهریور ۱۳۷۰	شهریور ۱۳۸۰	شهریور ۱۳۹۰	شهریور ۱۴۰۰		
August 1991	August 2001	August 2011	August 2021		
۴۹	۵۵	۶۲	۶۵	متوسط ضخامت (متر) Medium thickness (m)	بخش غیراشباع Un saturation Zone
۱۲۳	۱۳۷	۱۶۰	۱۶۵	حجم Volume (هزار میلیون مترمکعب)	
۱۲۲	۱۱۶	۱۰۷	۱۰۵	متوسط ضخامت (متر) Medium thickness (m)	بخش اشباع Saturation Zone
۳۰۷	۲۹۳	۲۷۰	۲۶۵	حجم Volume (هزار میلیون مترمکعب)	
۱۷۲				متوسط ضخامت (متر) Medium thickness (m)	*کل آبخوان Aquifer
۴۳۰				حجم Volume (هزار میلیون مترمکعب)	

*: ضخامت کل آبخوان ثابت در نظر گرفته شده است و بنابراین حجم محاسبه شده ثابت است. اما با توجه به اینکه آبخوان مشهد در دهه‌های گذشته دچار فرونشست شده است، می‌توان تغییرات حجم را با توجه به میزان نشست در هر سال محاسبه کرد، که نیاز به بررسی و مطالعه بیشتری دارد.

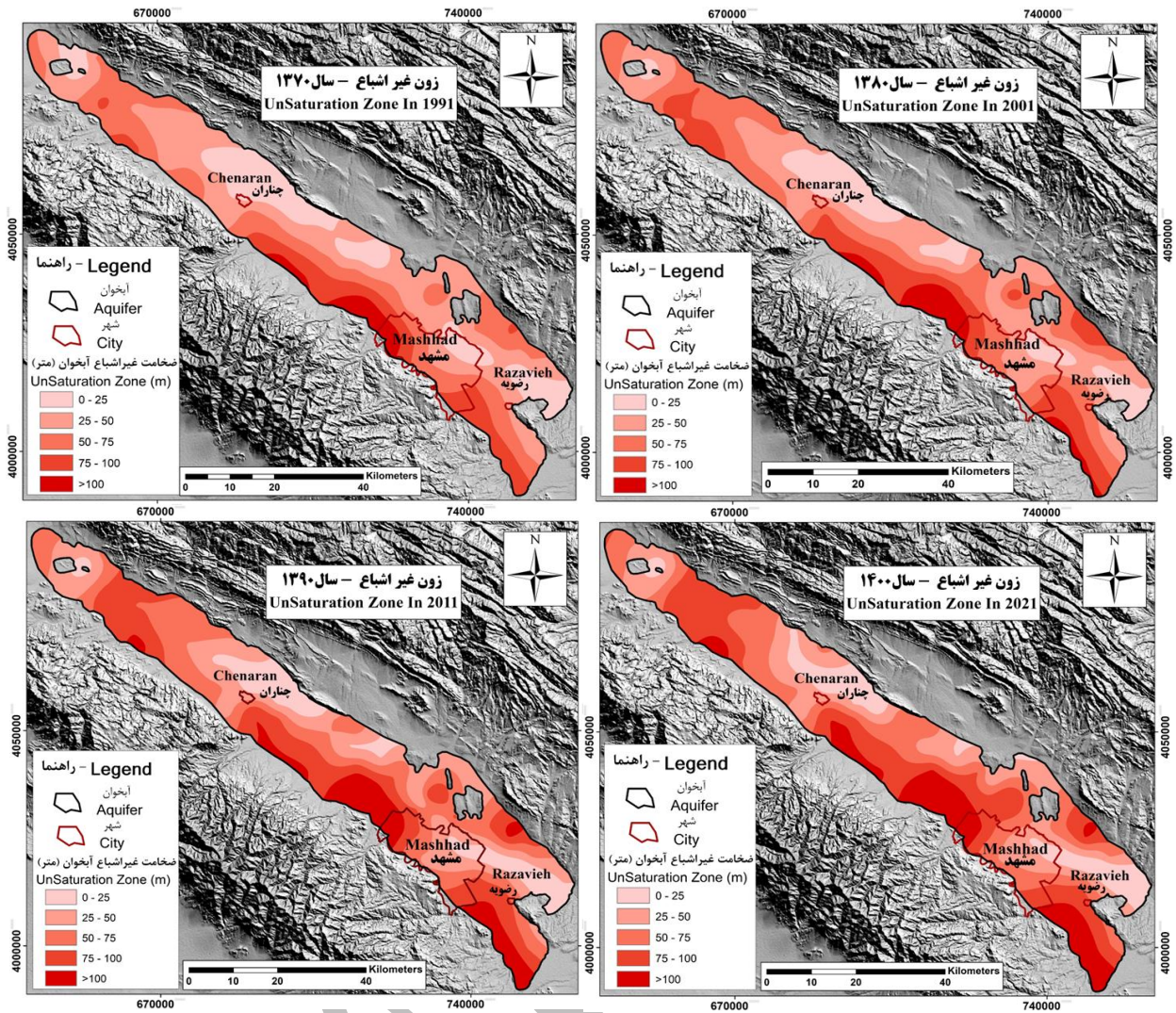
در مقایسه حجم قسمت اشباع آبخوان در دو دهه ۸۰ و ۹۰، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ آبخوان در وضعیت بهتری نسبت به گذشته قرار داشته است و حجم کمتری آب (حدود ۵۰۰۰ میلیون مترمکعب) ازدست داده است. یکی از دلایل آن می‌تواند توجه بیشتر به مسئله حفاظت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی با رویکرد توسعه پایدار در برنامه پنجم توسعه کشور (۱۳۹۰ - ۱۳۹۴) و همچنین تصویب قانون اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور باهدف متعادل کردن میزان برداشت آب در سال ۱۳۹۳ باشد. اما علی‌رغم تلاش‌های وزارت نیرو طی ۵ سال اخیر در چارچوب طرح احیاء و تعادل بخشی، روند تراز آب‌های زیرزمینی همچنان نزولی است [29]. که ممکن است آبخوان با کاهش بازدهی مواجه شده باشد. کاهش شیب نمودار افت تراز سطح ایستابی اگرچه می‌تواند گویای نزدیک شدن به شرایط تعادل آبخوان (برابری برداشت خالص با تغذیه خالص) باشد، اما با افت تراز سطح ایستابی، به تدریج توان برداشت از آبخوان نیز کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر نمی‌توان از آبخوانی که دچار افت مستمر و برگشتناپذیر شده است مانند قبل آب برداشت نمود. بنابراین با عدم اجرای برنامه تعادل بخشی نیز بعد از مدتی کاهش شیب افت تراز آبخوان را خواهیم داشت. افزایش افت سطح ایستابی در آبخوان باوجود کنترل برداشت‌های غیرمجاز، نشان از کاهش توان برداشت چاه‌های بهره‌برداری مجاز است.

بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی ضخامت اشباع نشان از بالآمدگی سطح آب در هسته مرکزی آبخوان در فاصله بین رضویه و تا مشهد در بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ است. داده‌های اندازه‌گیری شده در پی‌زومترهای آبخوان نشان می‌دهد با توجه به اینکه بقیه قسمت‌های آبخوان در طی این سال‌ها افت را تجربه کرده‌اند، بخش عمیق آبخوان در بعضی قسمت‌ها نسبتبه سال ۱۳۹۰ دچار افزایش ضخامت شده، که دلیل آن می‌تواند نفوذ پساب و فاضلاب شهری به آبخوان و یا بستن تعدادی از چاه‌ها به خاطر انتقال آب از سد دوستی باشد [24,25].

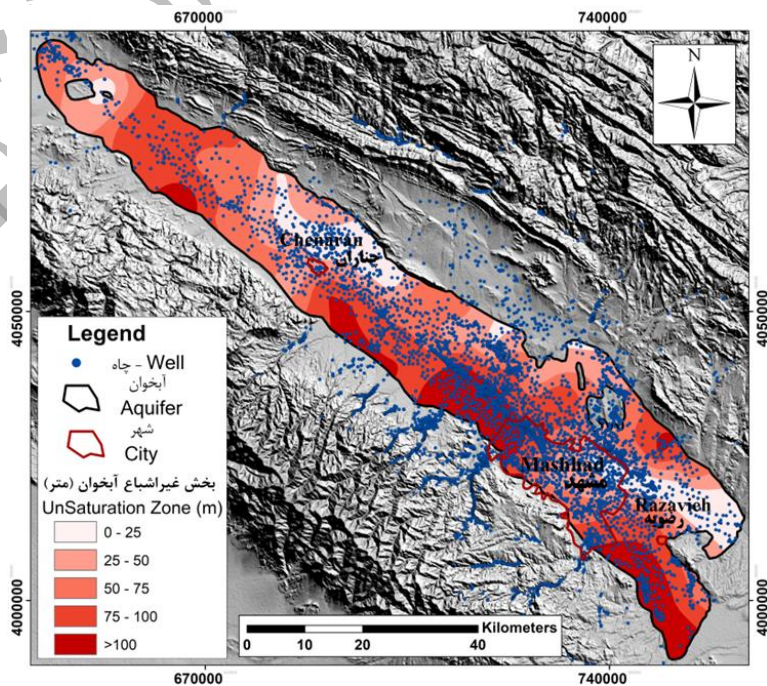


شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی تغییرات ضخامت اشباع آبخوان مشهد - چناران برای سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰، ۱۴۰۰

پایین رفتن تراز آب زیرزمینی و افت سطح آب در آبخوان و در پی آن گسترش قسمت غیراشباع آن، پیامدهای منفی و مشکلات زیادی، از جمله: کاهش بازدهی چاه‌ها، افزایش هزینه‌های اقتصادی جهت کف شکنی و حفاری مجدد و همچنین افزایش هزینه‌های پمپاژ از اعماق بیشتر، کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی، و تراکم بخش غیراشباع آبخوان (نشست) در رسوبات تحکیم نیافته یا نیمه تحکیم یافته آبرفتی، که سبب آسیب به سازه‌ها، تأسیسات و خطوط انتقال گاز و نفت در دشت‌ها می‌شود، را در پی دارد. بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی ضخامت غیراشباع آبخوان مشهد - چناران (شکل ۸ و جدول ۲) نشان از گسترش بخش غیراشباع آبخوان مشهد - چناران در طی ۳۰ سال گذشته را دارد، بطوریکه این گسترش بر تمرکز چاه‌ها موجود در سطح آبخوان نیز منطبق است. حجم زیاد برداشت‌ها در مقابل عدم تغذیه در این بخش‌ها، افت سطح آب زیرزمینی و افزایش ضخامت بخش غیراشباع را شدت بخشیده است (شکل ۹).



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی تغییرات ضخامت غیراشباع در آبخوان مشهد - چناران برای سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۰، ۱۳۹۰، ۱۴۰۰



شکل ۹- تطابق محل تمرکز چاه‌های بهره‌برداری با محل افزایش ضخامت غیراشباع در سال ۱۴۰۰

نتیجه گیری

نتایج بررسی روند تغییرات هندسه و حجم آبخوان آبرفتی مشهد در سه دهه گذشته، نشان می‌دهد که حجم کل آبخوان مشهد چنانچه حدود ۴۳۰ میلیارد مترمکعب است و با گذشت زمان، ضخامت بخش اشباع کاهش یافته است. تغییرات حجم بخش اشباع آبخوان مشهد - چنانچه در طی بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۴۰۰) از ۳۰۷ میلیارد مترمکعب به ۲۶۵ میلیارد مترمکعب رسیده است که حدود ۴۲ هزار میلیون مترمکعب کاهش را نشان می‌دهد. بیشترین تخلیه آبخوان در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ (با توجه به بهره‌برداری بیشتر از منابع آب زیرزمینی در طی این سال‌ها) به میزان ۲۳ میلیارد مترمکعب صورت گرفته است، به‌طور متوسط در این بازه زمانی، آبخوان هر سال ۲/۳ میلیارد مترمکعب کاهش حجم داشته است. همچنین بررسی و مقایسه روند تغییرات کاهشی هیدروگراف معرف آبخوان مشهد - چنانچه، نیز نشان می‌دهد که حدود ۴۰/۵ میلیارد مترمکعب حجم بخش اشباع آبخوان کاهش یافته است که با داده‌های به‌دست‌آمده تطابق دارد. مقایسه حجم قسمت اشباع آبخوان در دو دهه ۸۰ و ۹۰ نشان می‌دهد، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ آبخوان در وضعیت بهتری نسبت به سال‌های قبل قرار داشته است و حجم کمتری آب (حدود ۵۰۰۰ میلیون مترمکعب) ازدست‌داده است. هرچند به‌طور قطع نمی‌توان گفت تأثیر مثبت طرح‌های تعادل بخشی آبخوان باشد، بلکه ممکن است در نتیجه کاهش بازدهی آبخوان باشد. با تعیین دقیق ضریب آبدهی ویژه در پهنه آبخوان و اعمال آن در حجم بخش اشباع می‌توان تغییرات حجم ذخیره آب موجود آبخوان از گذشته تاکنون را بررسی نمود که در برنامه‌ریزی و مدیریت آبخوان اهمیت دارد.

تقدیر و تشکر

از شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی و از شرکت آب و فاضلاب مشهد، به خاطر در اختیار گذاردن اطلاعات و داده‌های موردنیاز سپاسگزاری می‌گردد.

واژه نامه

- ¹ Digital Elevation Map (DEM)
- ² Ground Surface Digital Elevation Map (GDEM)
- ³ Bedrock Digital Elevation Map (BDEM)
- ⁴ Water Table Digital Elevation Map (WDEM)
- ⁵ Aquifer Thickness Map (ATM)
- ⁶ Saturated Thickness Map (STM)
- ⁷ Unsaturated Thickness Map (USTM)
- ⁸ Geographic Information System
- ⁹ Raster Calculator

Reference

- [1] Mohammdzadeh, H., Shahriari, R., Hafezi moghaddas, N., & Ghazi, A. (2022b). *Investigating the geometry of Mashhad alluvial aquifer based on subsurface studies*. Paper presented at the 7th Symposium of Sedimentological Society of Iran, Iran- Isfahan. (In Persian with English abstract)
- [2] White, E.K., Peterson, T. J., Costelloe, J. et al. (2016). Can we manage groundwater? A method to determine the quantitative testability of groundwater management plans. *Water Resources Research*, 52(6): 4863-4882. doi.org/10.1002/2015WR018474
- [3] De Souza, EV., & da Silva, M.A Costa. (2014). Management system for improving the efficiency of use water systems water supply. *Procedia Engineering*, 70, 458-466. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.051>
- [4] Kayhomayoon, Z., Babaeian, F., Ghordoyee Milan, S., Arya Azar, N., & Berndtsson, R.(2022). A Combination of Metaheuristic Optimization Algorithms and Machine Learning

Methods Improves the Prediction of Groundwater Level. *Water*, 14(5), 751. <https://doi.org/10.3390/w14050751>

[5] Salehi Moteahad, F., Hafezi Moghaddas, N., Lashkaripour, Gh., & Dehghani, M. (2019). Geological parameters affected land subsidence in Mashhad plain, north-east of Iran. *Environmental Earth Sciences*, 78(14), 1-12. doi.org/10.1007/s12665-019-8413-y

[6] Cheraghi, A.M., Nagafi, B., Shajari, S., & Javan, M. (2020). The Trend of Changes in Groundwater Quantity and Quality in the Sarvestan Plain of Fars Province. *Watershed Management Research Journal*, 33(2), 82-96. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22092/wmej.2019.128069.1283>

[7] Roushangar, K., Nourani, V., & Dolatshahi, M. (2020). Investigation and trend identification of groundwater level variations using discrete wavelet transform and non parametric tests (case study: Azarshahr plain). *Iran-Water Resources Research*, 16(1), 102-115. (In Persian with English abstract)

[8] Butler, J., R. Stotler, D. Whittemore, and E. Reboulet. 2013. Interpretation of water-level changes in the High Plains Aquifer in western Kansas. *Ground Water* 51, no. 2: 180–190. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2012.00988x>

[9] Haacker, EMK, Kendall, AD, & Hyndman, DW. (2016). Water level declines in the High Plains Aquifer: *Predevelopment to resource senescence*. *Groundwater*, 54(2), 231-242.

[10] Ciruzzi, D., & Lowry, C. (2017). Impact of complex aquifer geometry on groundwater storage in high-elevation meadows of the Sierra Nevada Mountains, CA. *Hydrological Processes*, 31(10), 1863-1875. <https://doi.org/10.1002/hyp.11147>

[11] Hamdi, M., Zagarni, M. F, Djamai, N., Jerbi, H., Goita, K., & Tarhouni, J. (2018). 3D geological modeling for complex aquifer system conception and groundwater storage assessment: Case of Sisseb El Alem Nadhour Saouaf basin, northeastern Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 143, 178-186. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.03.017>

[12] Zinati, N, & Esmaily, A. (2010). Calculating of the alluvial aquifer volume at Kerman plain using geographic information systems (GIS). Paper presented at the The First International Conference on Plant, Water, Soil & Weather Modeling, International Center for Science, High Technology & Environmental Sciences Shahid Bahonar University of Kerman .(In Persian)

[13] Fijani, E, Meysami, S & Mozafari, M. (2022). Evaluation of Potential and the Amounts of Groundwater Recharge in the Garmsar Plain Aquifer Using Water Table Fluctuations and Piscopo Methods. *Journal of Ferdowsi Civil Engineering*, 36(1), 1-18. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/JFCEI.2022.77818.1169>

[14] Berberian, M., Qorashi, M, Shoja-Taheri, J, & Talebian, M. (2000). Seismotectonics and Earthquake-Fault Hazard Investigations in the Mashhad-Neyshabur Quadrangle Area (*Contribution to the Seismotectonics of Iran, part VIII*; 233p. In First (Ed.), (Vol. 72). (In Persian)

[15] Hafezi Moghaddas, N., Leo, C., Rahimi, B., & Azadi, A. (2018). Morpho-tectonics and Geoelectrical method applied to active faults characterization in South of Mashhad Plain, Northeast of Iran. *Geopersia*, 8(1), 13-26.

<https://doi.org/10.22059/GEOPE.2017.230489.648312>

[16] Kangi, A, & Arjmand, M.R. (2019). The Role of Chahshak Fault on Quality of Drinking Water Wells Northwest of Mashhad Plain. *Journal of Environmental Geology*, 12(45), 29-37 . (In Persian with English abstract)

[17] Arjmand, M.R., Kangi, A., & HafeziMoghaddas, N. (2019). The effect of Tous fault on groundwater resources in northern parts of Mashhad plain. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 11(3), 205-214. <https://doi.org/10.30495/ijes.2019.667380>

- [18] Mohammadzadeh, H, Hussainzaheh, J, & Samani, S. (2022a). Evaluation of characteristics and hydrogeochemical evolution of Mashhad-Chenaran aquifer by inverse geochemical modeling in Phreeqc. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 53(4), 777-793. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.339569.669218>. (In Persian with English abstract)
- [19] Water Resources Basic Studies Office. 2018. *Prohibition Extension Report of Mashhad-Chenaran study area waterresources*. Khorasan Razavi Regional Water Company. (In Persian)
- [20] Water Resources Basic Studies Office. (2022). *Water status of the study area of Mashhad*. Khorasan Razavi Regional Water Company. (In Persian)
- [21] Arjmand Sharif, M., & Jafari, H. (2021). Estimation of Groundwater Recharge Lag Time in Mashhad-Chenaran Aquifer Using Cross-Correlation Method. *Journal of Water and Soil*, 35(4), 489-504. (In Persian with English abstract)
<https://doi.org/10.22067/jsw.2021.70672.1058>
- [22] Hafezi moghaddas, N, & Azadi, A. (2015). Mashhad plain geophysical studies' final report. *Geological Survey and Mineral Exploration of Iran*. (In Persian)
- [23] Harami, M, Mahbobi, A, & Khanebad, M. (2019). The feasibility of locating and drilling wells for drinking water in order to exploit deep aquifers in the northwest of Mashhad watershed. Ferdowsi University of Mashhad; *Mashhad Water and Waste Water Company*. (In Persian)
- [24] Shamszadeh, H., Barati, R., Noshahri, A., Fakhari, M., Study of Groundwater Response to Water Transfer from Outside Basin (Case Study: Water Transfer from Doosti Dam to Holy City of Mashhad), (2022) *Journal of Abkhan va Qanat (Aquifer and Qanat)*, Volume 3, Issue 1 - Serial Number 4, September 2022, Pages 41-52. (In Persian)
- [25] Nickpeyman, V., Mohammadzadeh, H.,(2013), Investigating of water level rising In Mashhad due to water transfer from Doosti Dam, Paper presented at the 8th *Conference of the Iranian Association of Engineering Geology and the Environment papers*. (In Persian)
- [26] Lashkaripour, Gh, Ghafari, M , Soveyzi, Z, & Peyvandi, Z. (2005). *The drop of underground water level and land subsidence in Mashhad plain*. Paper presented at the 9th Symposium of Geological Society of Iran, Tehran. (In Persian)
- [27] Akbari, M, Jarge, M.R, & Madani Sadat, H. (2009). Assessment of decreasing of groundwater-table using geographic information system (GIS)(case study: Mashhad plain aquifer). *Journal of water and soil conservation*, 16(4), 63-78. (In Persian with English abstract)
- [28] Afrakhteh, H, Hajipour, M, Gourzin, M, & Nejati, B. (2013). The situation of sustainable agricultural development in Iran development plans case: Five-year plans after the revolution. *Quarterly Journal of the Macro and Strategic Policies*, 1(Vol1-No1), 43-62. (In Persian)
- [29] Samani, S. (2020). Providing Sustainable Global Groundwater Resources Management Models to Improve the Sustainability Plan in Iran. *Iran-Water Resources Research*, 16(2), 271-291.(In Persian with English abstract)