# بررسی تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی در دشت سمنان

امیرحسین دوست‌محمدیان[۱]، مجید محمدی[۲]*، مجتبی امیری[۳]، محمدکیا کیانیان[۴]

تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۱۸ تاریخ اولین بازنگری: ۹۸/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۷ صص: ۷۰-۶۱

## چکیده

استان سمنان با توجه به اینکه در منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک قرارداد مشابه دیگر مناطق خشک کشور بیشتر در معرض بحران کم‌آبی قرار دارد، بنابراین به‌منظور بررسی تغییرات آب‌های زیرزمینی دشت سمنان انتخاب شد. برای این هدف، آمار ۲۰ حلقه چاه مشاهده‌ای در طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۳-۱۳۹۲) مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا داده‌های شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان جمع‌آوری و مرتب شد. پس از ورود داده‌ها به GIS، با استفاده از نقشه‌های نقطه‌ای و با روش میان‌یابی کریجینگ، پهنه‌بندی افت سطح آب‌های زیرزمینی محدوده مورد مطالعه تهیه شد. داده‌های به‌دست‌آمده به منظور نمایش بهتر بر روی نمودار در محیط نرم‌افزار اکسل ترسیم شد. نتایج بررسی نقشه‌های هم‌سطح نشان داد در طول دوره آماری با گذشت زمان به‌طور میانگین سطح آب‌های زیرزمینی به میزان ۸/۶ متر افت پیداکرده است. بررسی‌های ماهانه نیز نشان داد بیشترین میزان افت تراز مربوط به ماه‌های شهریور، مهر و آبان است که بارندگی کمتر و کشت پاییزه شروع و در نتیجه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بیشتر است. برای بررسی و مشخص کردن مناطق حساس و نقش کاربری اراضی روی کمیت آب چاه‌ها مشخصات ذکر شده در هر تیپ کاربری جداگانه بررسی شد. از نقشه به‌دست‌آمده در محیط GIS، میانگین گرفته شد و میزان تغییرات در هر کاربری به دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بیشترین کاهش سطح آب زیرزمینی مربوط به کاربری مسکونی است. در نهایت، می‌توان این‌چنین نتیجه‌گیری کرد که منطقه از نظر منابع آب زیرزمینی در وضعیت بحرانی قرار داشته و مدیریت این منابع در دشت سمنان بسیار ضروری است.

**واژه های کلیدی:** آب زیرزمینی، تراز آب، کریجینگ، دشت سمنان

[۱] کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشکده‌ی کویرشناسی، دانشگاه سمنان
[۲] استادیار دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
[۳] استادیار دانشکده‌ی منابع طبیعی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
[۴] استادیار دانشکده‌ی کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
* نویسنده مسول مقاله: majid.mohammady@semnan.ac.ir

## مقدمه

هر پدیده نامتعارفی در اتمسفر بر اجزای چرخه هیدرولوژیکی تأثیراتی دارد. آب زیرزمینی یکی از شاخص‌های غیرقابل دسترسی نهایی چرخه هیدرولوژیکی است. خشک‌سالی و بارش سنگین باران از مهم‌ترین روی‌دادهای اقلیمی‌اند که آثار کوتاه‌مدت و بلندمدت بر منابع آب زیرزمینی در دسترس دارند (پاندا و همکاران، ۲۰۰۷). برحسب کیفیت آب از نظر شوری، منجمد یا مایع بودن و میزان درصد قابل‌استفاده از مجموع آب‌کره، کمتر از یک درصد آن قابل‌استفاده بوده که ۹۹ درصد از این مقدار را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهد (افضلی و کاکا شاهدی، ۱۳۹۳). بنابراین ممکن است در بعضی از مناطق نیاز انسان به آب با توجه به محدود بودن و قابل دسترس نبودن آب‌های سطحی از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین شود. به همین دلیل در اکثر نقاط ایران نیز اقدام به حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق شده است که نتیجه این کار فشار زیاد بر منابع آب زیرزمینی است. تهی شدن سفره آب زیرزمینی و پیآمدهای آن از جمله افزایش هزینه‌های استحصال آب، نشست زمین و کاهش کیفیت آب، امروزه به یک مشکل جهانی تبدیل شده است (مسلمی و درویشی، ۱۳۹۶). ایران در منطقه‌ای از جهان واقع‌شده که متوسط بارندگی آن یک‌سوم متوسط بارندگی سالانه جهان است و آب موردنیاز اکثر روستاها، صنایع و شهرها از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹). به‌این منظور برای گاهی از وضعیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن لازم است بررسی دقیق نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود. با بررسی دقیق نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌توان از آن در مدیریت منابع آب استفاده نمود (نادریان فر و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به اهمیت موضوع مطالعات مختلفی در سرتاسر جهان در مورد افت آب‌های زیرزمینی انجام شده است. به عنوان نمونه در تحقیقات داخل کشور اکبری و همکاران (۱۳۸۸)، فتاحی (۱۳۸۸)، امیری و همکاران (۱۳۸۹)، اکرامی و همکاران (۱۳۹۰)، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۳)، کایی و همکاران (۱۳۹۶)، و پایمزد و همکاران (۱۳۹۸) به ترتیب تغییرات آب زیرزمینی در دشت مشهد، استان قم، دشت کوه‌دشت، دشت یزد-اردکان، دشت گیلان غرب، دشت مهران و دشت عباس ایلام، را گزارش نمودند. هم‌چنین گرلس[1] و همکاران (۱۹۹۴)، پاندا و همکاران (۲۰۰۷)، لی[2] و همکاران (۲۰۰۷)، شهید[3] و هازریکا[4] (۲۰۰۹)، آسوکا[5] و همکاران (۲۰۱۷)، پریستلی[6] و همکاران (۲۰۱۹) و شی[7] و همکاران (۲۰۱۹) به تغییرات آب زیرزمینی در هلند، هند، کره جنوبی، بنگلادش، هند، استرالیا و چین اشاره نمودند.

محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور طبیعی باعث کاهش منابع آب می‌شود. نشست زمین در مناطقی از سمنان به دلیل همین افت سطح آب زیرزمینی است که به معضلی بزرگ در سمنان تبدیل شده است. لذا بررسی میزان افت سطح آب‌های زیرزمینی سمنان از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهش حاضر میزان افت سطح آب زیرزمینی دشت سمنان و هم‌چنین نقاط حساس با تغییرات زیاد را مورد بررسی قرارداد.

## مواد و روش‌ها

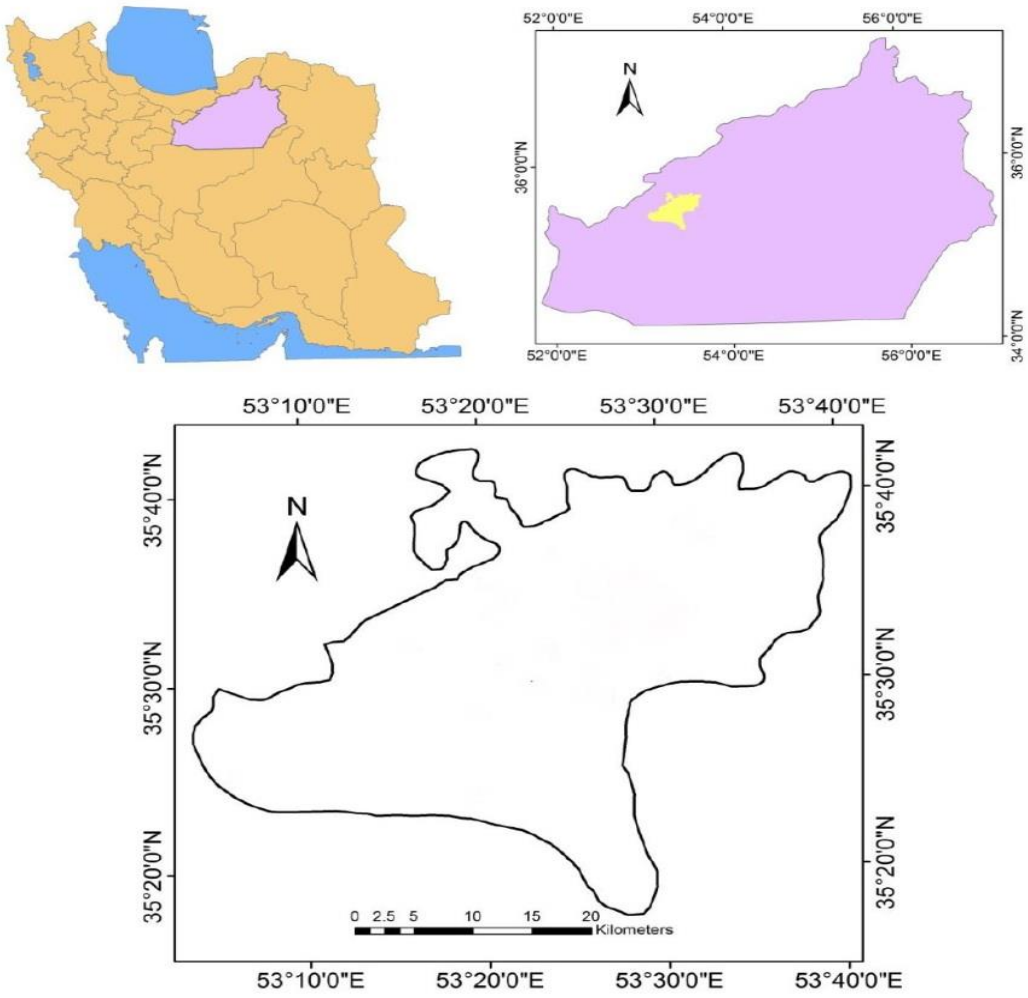
### منطقه مورد مطالعه

دشت سمنان در محدوده ۵۳ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. مساحت منطقه ۷۰۳ کیلومترمربع بوده و شهرهای سمنان و سرخه در آن واقع شده است. ارتفاع کمینه و بیشینه منطقه بر اساس نقشه DEM به ترتیب ۸۷۰ و ۱۸۵۰ متر از سطح دریا است.

آب و هوای این منطقه گرم و در زمستان نسبتاً سرد است. بارندگی‌ها معمولاً در فصل سرد سال صورت می‌گیرد و میزان متوسط بارندگی سالانه آن ۱۴۰ میلی‌متر است. متوسط درجه حرارت سالانه حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد بوده و تعداد روزهای یخبندان در طول سال حدود ۴۸ روز است (دوست محمدیان، ۱۳۹۷). با توجه به اینکه این دشت در منطقه خشک کشور قرارگرفته است و دسترسی به آب شیرین و سطحی در این منطقه کم است، مردم به استفاده از آب‌های زیرزمینی روی آورده‌اند. استفاده بیش‌ازحد از آب زیرزمینی در این مناطق باعث شده است تا سطح آب زیرزمینی در این مناطق افت داشته باشد و

[1] Gehrels
[2] Lee
[3] Shahid
[4] Hazarika
[5] Asoka
[6] Priestley
[7] Shi

عواقبی مثل نشست زمین ایجاد گردد. درشکل ۱ موقعیت دشت سمنان در استان نمایش داده شده است.



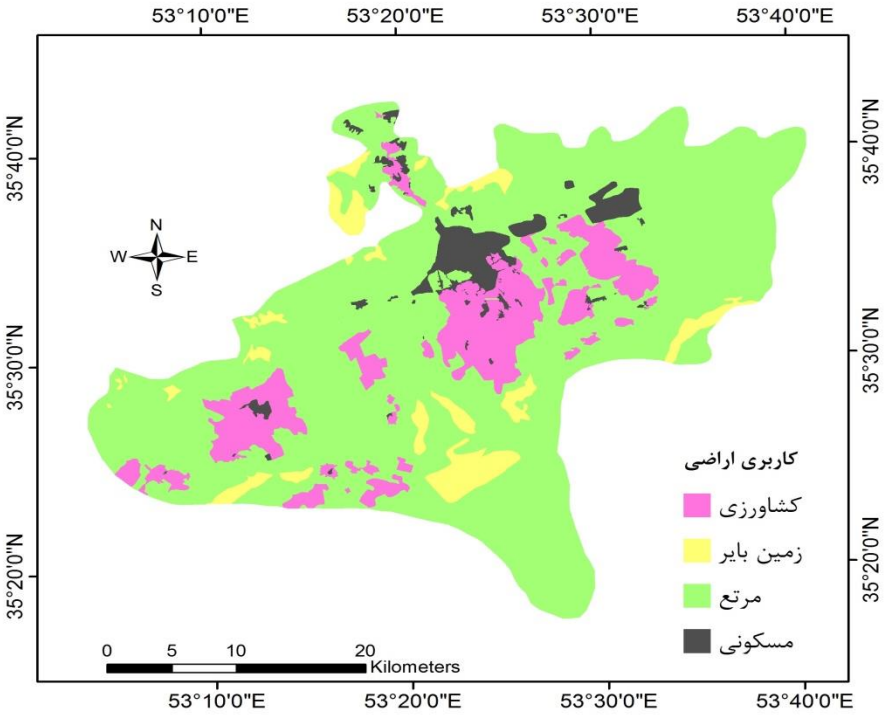

**شکل۱- موقعیت مکانی دشت سمنان**

## روش کار

ابتدا آمار تراز چاه‌های آب در طی دوره‌ی ۲۰ ساله (۱۳۹۲–۱۳۷۳) از شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان و هم‌چنین سایت http://wrbs.wrm.ir در منطقه دشت سمنان تهیه و در محیط نرم‌افزار Excel, 2013 به دسته‌های ماهانه و سالانه تبدیل شد. پس از مرتب کردن داده‌ها در محیط Excel، شماره‌گذاری ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۳). تهیه نقشه‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزار ArcGIS,10 انجام شد. تهیه نقشه‌ها جهت تحلیل تغییرات کمی آب‌های زیرزمینی بسیار مفید و کارآمد است زیرا با مقایسه نقشه‌های مربوط به دوره‌های زمانی متفاوت می‌توان به تغییرات صورت گرفته در دوره مطالعاتی پی برد (کوکبی-نژاد قزوینی و همکاران، ۱۳۹۵). داده‌های مورد نیاز شامل مختصات چاه‌ها، سال و میزان سطح آب هر چاه در هر سال در جدولی جدا مرتب شد.

داده‌های مربوط به هر چاه در محیط GIS تبدیل به نقشه نقطه‌ای برای هر ماه و سال شد (افضلی و شاهدی، ۱۳۹۱). سپس عملیات میان‌یابی به روش کریجینگ برای هرماه و سال در محیط GIS انجام شد (بامری و همکاران، ۱۳۹۴). روش‌های زمین آماری ضمن در نظر گرفتن موقعیت مکانی و نحوه پراکنش نقاط، اغلب دقّت قابل قبولی را ارائه می‌دهند (دلبری و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های زمین‌آمار، به‌منظور شناخت تغییرات مکانی پدیده‌ها و پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی در نقاط فاقد آمار مناسب می‌باشد (یزدان‌پناهی و همکاران،

۱۳۹۷). 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 (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸). درنهایت برای همه ماه‌های سال ۱۳۹۲ و همچنین سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۲ یک نقشه میان‌یابی به دست آمد. برای مثال نقشه میان‌یابی سطح آب در فروردین ۱۳۷۳، نقشه میان‌یابی سطح آب در اردیبهشت ۱۳۷۳ و این کار برای کل ماه‌های سال از فروردین تا اسفند و بعد از آن برای کل سال‌ها یعنی سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۹۲ انجام شد. هم‌چنین میانگین وزنی نقشه‌ها در محیط ArcGIS محاسبه شده و برای هر ماه یک عدد به‌عنوان متوسط سطح آب زیرزمینی در کل دشت سمنان به‌دست آمد. این کار برای همه ماه‌های سال ۱۳۹۲ و به دنبال آن برای همه سال‌های آماری بعدی نیز انجام شد. این میانگین وزن‌ها در جدولی مرتب‌شده و با توجه به آن‌ها نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی چاه‌های مورد مطالعه در هرماه از سال ۱۳۹۲ در محیط Excel رسم شد. همین مراحل برای داده‌های سالانه نیز انجام شد و میانگین وزنی هر سال محاسبه گردید که درنهایت ۲۰ داده سالانه به‌دست آمد که مربوط به تغییرات تراز هرسال از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۹۲ است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 نقشه کاربری اراضی در دشت سمنان با استفاده از روش تلفیقی تهیه شد. شکل ۲ نقشه کاربری اراضی دشت سمنان را نشان می‌دهد. دقت کلی نقشه کاربری ارای حدود ۹۰ درصد به‌دست آمد.



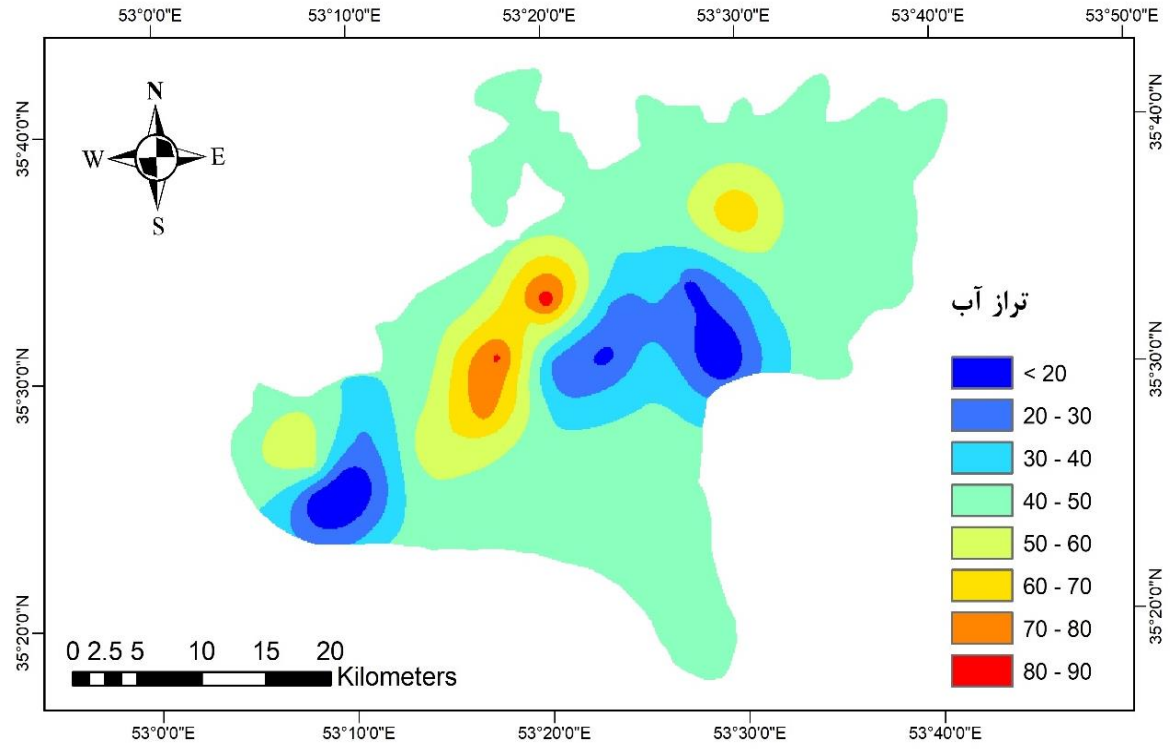

**شکل ۲- نقشه کاربری اراضی دشت سمنان**

برای مشخص کردن نقش کاربری اراضی روی سطح آب زیرزمینی منطقه تغییرات تراز آب در هر تیپ کاربری محاسبه شد. این کار برای همه کاربری‌ها به‌صورت جدا انجام شد و مشخص شد که متوسط تراز آب در هر کاربری چقدر بوده است.

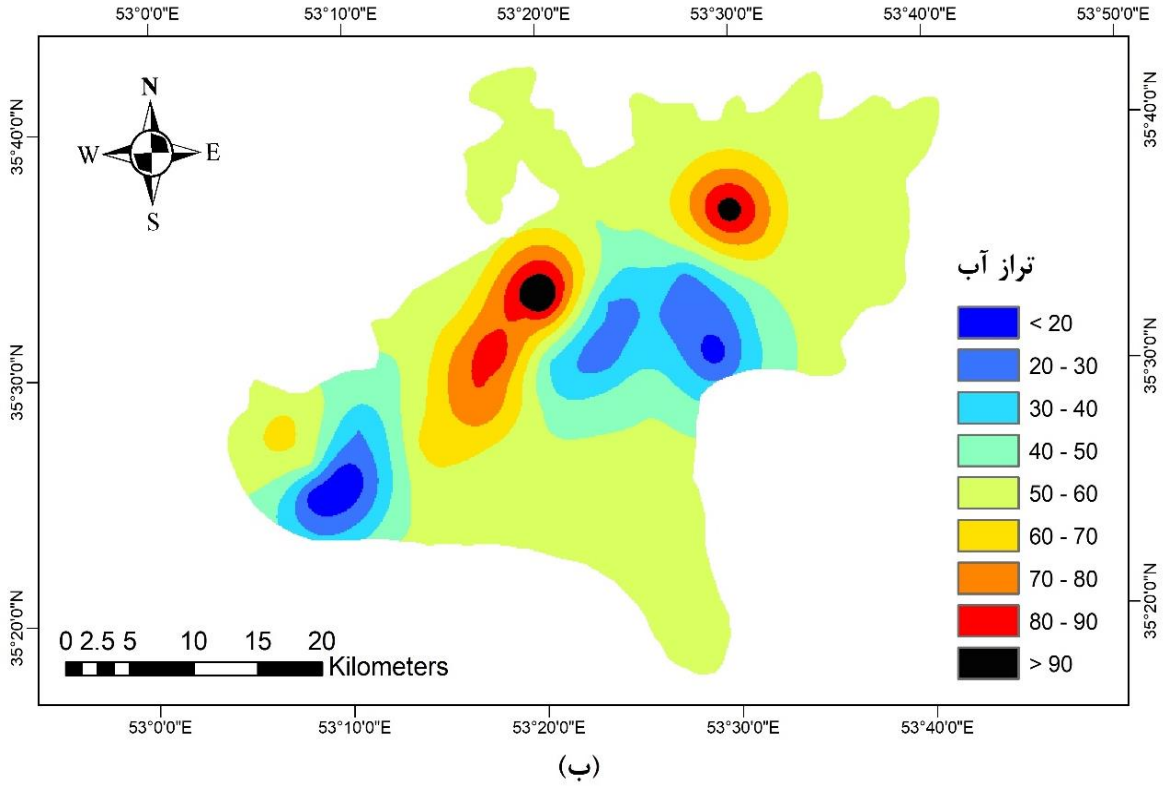
## نتایج و بحث

در شکل ۳ نقشه تراز آب‌های زیرزمینی دشت سمنان در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۹۲ نشان داده شده است. در سال ۱۳۷۳ نواحی شرق و محدوده‌ای از مرکز دشت و هم‌چنین محدوده‌ای از جنوب غرب دشت دارای تراز آب زیرزمینی بین ۷ تا ۴۰ متر است که نشان می‌دهد این نواحی وضعیت خوبی از نظر تراز آب زیرزمینی دارند. در طرف مقابل در نواحی غربی و محدوده‌ای از مرکز و قسمتی از شمال دشت سطح تراز پایین بوده و به ۵۰ و ۶۰ متر نیز رسیده است و حتی در محلی در مرکز متمایل به غرب دشت به بالای ۸۰ متر نیز رسیده است. در سایر نقاط دشت که عمدتا تحت

کاربری مرتع می‌باشند سطح تراز آب زیرزمینی در حد بین ۴۰ تا ۵۰ متر است.




(الف)

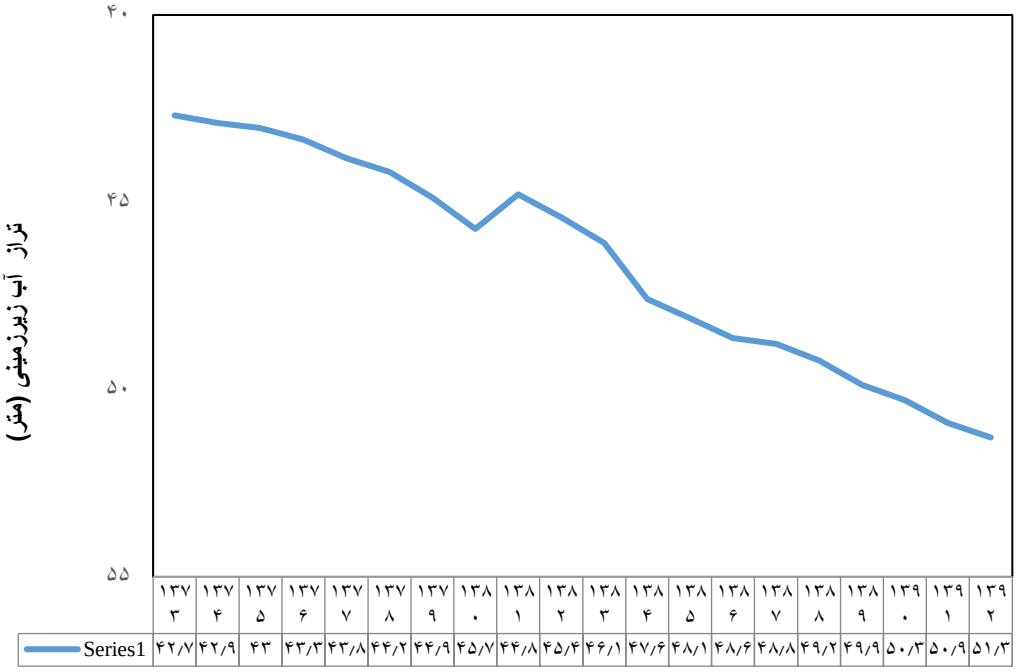



(ب)

**شکل ۳- نقشه میزان تراز آب زیرزمینی دشت سمنان (الف) سال ۱۳۷۳ (ب) سال ۱۳۹۲**

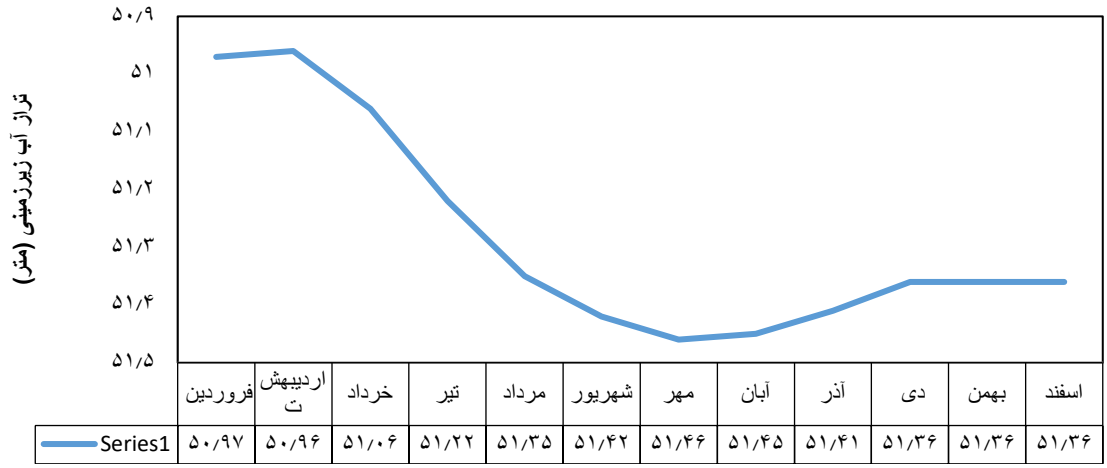
قسمت (ب) در شکل ۳ نقشه میزان تراز آب زیرزمینی دشت را در سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. با مقایسه این شکل با قسمت (الف) در شکل ۳ می‌توان دریافت که سطح تراز آب زیرزمینی در این منطقه در طول ۲۰ سال پایین رفته

است. نواحی شرق، جنوب غرب و محدوده‌ای از مرکز دشت که در سال ۱۳۷۳ سطح آب زیرزمینی آن‌ها بین ۷ تا ۴۰ متر بود به ۱۰ تا ۵۰ متر در سال ۱۳۹۲ رسیده است. عواملی مثل خشک‌سالی، کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی را می‌توان از علت‌های اصلی این افت دانست. در سال ۱۳۷۳ مقادیر حداقل و حداکثر تراز آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی به ترتیب ۷/۹ و ۸۵/۵ متر بوده است و هم‌چنین میانگین وزنی میزان تراز چاه‌های منطقه در این سال برابر ۴۲/۶۸ متر بوده است. این مقادیر در سال ۱۳۹۲ با افت شدید مواجه شدند و میزان حداقل و حداکثر سطح تراز چاه‌ها به ۱۰/۱ و ۱۰۸/۴۵ متر رسیده است و هم‌چنین میانگین وزنی میزان تراز چاه‌های بررسی‌شده به ۵۱/۲۸ متر رسیده است. با بررسی میانگین وزنی تراز در سال‌های مختلف مشخص شد به‌طور متوسط میزان تراز آب زیرزمینی این منطقه در طول این ۲۰ سال ۸/۶۰ متر افت داشته است. شکل۴ میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت سمنان را در طول دوره آماری ۲۰ ساله نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشخص است میانگین میزان تراز آب زیرزمینی دشت سمنان در طول ۲۰ سال مطالعاتی افت داشته است، این موضوع نشان می‌دهد میزان استفاده از منابع آب زیرزمینی با گذشت زمان افزایش داشته است. هم‌چنین کاهش بارندگی در سال‌های اخیر علت دیگر این افت تراز است. بیش‌ترین میزان افت نیز مربوط به سال ۱۳۸۴ است که نسبت به سال قبل خود با افت ۱/۵ متری مواجه شده است.




**شکل۴- نمودار میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی منطقه در طول دوره مطالعاتی**

شکل ۵ میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را در ماه‌های مختلف سال آماری ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است میزان تراز در اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ در بالاترین حد خود قرار دارد. سطح تراز در این ماه ۵۰/۹۶ متر بوده است. هم‌چنین در مهر ماه ۱۳۹۲ سطح آب زیرزمینی با میزان ۵۱/۴۶ متر در پایین‌ترین حد خود قرار دارد.




**شکل ۵- نمودار میزان تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت سمنان در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۲**

همان‌طور که بیان شد میزان افت تراز آب در کاربری‌های مختلف نیز بررسی شد. جدول ۱ و شکل ۶ میزان افت سطح آب زیرزمینی را در کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشخص است بیش‌ترین میزان میانگین افت تراز آب زیرزمینی مربوط به کاربری مسکونی است.

**جدول ۱- میزان افت سطح آب زیرزمینی در کاربری‌های مختلف**

| افت تراز | نوع کاربری |
|---|---|
| ۱۰/۵۱ | مسکونی |
| ۸/۸۱ | مرتع |
| ۸/۱۸ | زمین بایر |
| ۶/۸ | کشاورزی |

**شکل ۶- نمودار میزان افت سطح آب زیرزمینی در کاربری‌های مختلف**

## نتیجه‌گیری

بررسی‌های تراز آب زیرزمینی در دشت سمنان نشان می‌دهد که سطح تراز چاه‌ها افت محسوسی داشته‌اند. نتایج بررسی روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در بازه زمانی ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۲ نشان‌دهنده سیر نزولی سطح آب زیرزمینی منطقه است به‌طوری‌که سطح تراز در سال ۱۳۷۳ در بالاترین سطح خود بوده است. سطح آب زیرزمینی از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۳۹۲ به‌طور متوسط حدود ۸/۶ متر افت داشته است که این امر حاکی از برداشت بی‌رویه و غیراصولی از منابع زیرزمینی و هم‌چنین افزایش خشک‌سالی و کاهش بارندگی و تغذیه چاه‌ها در منطقه است. به دلیل حفر چاه‌های غیرمجاز و برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی افت سطح آب زیرزمینی در دشت کماکان ادامه دارد. افزایش جمعیت در طول زمان و

نیاز به آب و هم‌چنین افزایش کارخانه‌ها و مراکز صنعتی و برداشت این مراکز از آب‌های زیرزمینی برای مصارف خود باعث افت سطح این آب‌ها شده است. نتایج به‌دست آمده با مطالعات قضاوی و رمضانی سربندی (۱۳۹۶)، اکرامی و همکاران (۱۳۹۰)، مسعودی و همکاران (۱۳۹۴)، پاندا و همکاران (۲۰۰۷) و شهید و هازریکا (۲۰۰۹) مبنی بر افت سطح آبخوان‌ها هم‌خوانی دارد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعات ژانگ و همکاران (۲۰۰۹) متفاوت است. زیرا در محدوده موردمطالعه ژانگ و همکاران، میزان بارندگی و تغذیه آب زیرزمینی خوب بوده و با مشکل خشک‌سالی روبه‌رو نیستند. بررسی تغییرات ماهانه سطح تراز آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۲ نشان داد که در این سال میزان سطح آب زیزمینی در اردیبهشت ماه در بالاترین سطح خود بود. با توجه به گرم شدن هوا و هم‌چنین شروع آب شدن برف‌ها در این ماه و بارش‌های زمستان و بهار می‌توان گفت علت اصلی بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این ماه همین عوامل هستند. در این سال پایین‌ترین سطح تراز نیز مربوط به ماه مهر است. با توجه به شروع کشت پاییزه و افزایش استفاده از آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین کم بودن بارش در تابستان علت اصلی افت سطح آب‌های زیرزمینی در این ماه را می‌توان در همین موارد یافت. در بررسی نقش کاربری اراضی در کاهش تراز آب زیرزمینی منطقه نیز مشخص شد که بیشترین افت مربوط به کاربری مسکونی است. وجود کارخانه‌ها و صنایع در این کاربری باعث شده است تا با استفاده بیش از حد آن‌ها از منابع آب زیرزمینی سطح آب در این کاربری بیش‌ترین افت را داشته باشد. ادامه این روند در سال‌های آینده می‌تواند باعث پایین رفتن سطح آب زیرزمینی شده و مشکلات زیادی را به همراه خواهد داشت. حفر چاه‌های غیرمجاز توسط مراکز صنعتی و کارخانه‌ها برای استفاده از آب‌های زیرزمینی باعث شده تا سطح آب افت بیش‌تری نسبت به سایر کاربری‌ها داشته باشد. معمولا در مناطق شهری به منظور تامین آب شرب و هم‌چنین در مناطق صنعتی چاه‌های عمیق‌تری نسبت به کاربری‌های دیگر حفر می‌گردد، در نتیجه میزان برداشت افزایش یافته و از طرفی به علت نفوذناپذیر بودن، تغذیه در این مناطق نیز کم است. با توجه به این شرایط انتظار افت بیش‌تر سطح آب امری منطقی به نظر می‌رسد. با فرض اینکه این افت طی سال‌های آینده نیز ادامه داشته باشد می‌تواند ابعاد مشکل را تا حدی مشخص کند. در صورت ادامه روند کنونی شرایط تغذیه و برداشت آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین عدم انجام اقدامات جدی و عملی جهت کاهش برداشت بی‌رویه، طی سال‌های آتی شاهد ادامه افت سطح آب زیرزمینی در دشت و متعاقب آن مشکلاتی مثل نشست زمین خواهیم بود. البته در حال حاضر نیز در قسمت‌هایی از دشت سمنان فرونشست زمین اتفاق افتاده است که یکی از عوامل موثر بر آن افت آب زیرزمینی در منطقه می‌باشد. هم‌چنین ادامه این روند می‌تواند باعث کاهش رونق کشاورزی در منطقه شود زیرا افت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در آبیاری نیز تاثیر دارد و منطقه را با بحران جدی روبه رو خواهد کرد (مسلمی و درویشی، ۱۳۹۶). در این راستا دولت باید یک اقدام کنترلی برای جلوگیری از برداشت بی‌رویه و هم‌چنین حفر چاه‌های غیرمجاز در منطقه اعمال کند، زیرا با ادامه این روند در سال‌های آتی مشکلات بزرگی در این دشت ایجاد خواهد شد.

## منابع


۱) افضلی، ا.، و شاهدی، ک. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل-بابل. پژوهش‌نامه مدیریت حوضه آبخیز، ۵ (۱۰): ۱۵۶-۱۴۴.

۲) اکبری، م.، جرگه، م.، و مدنی سادات، ح. ۱۳۸۸. بررسی افت آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی؛ مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد. مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، ۱۶(۴): ۷۸-۶۳.

۳) اکرامی، م.، شریفی، ذ.، ملکی‌نژاد، ح.، و اختصاصی، م. ر. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان. دو ماهنامه علمی پژوهشی طلوع بهداشت یزد. ۱۰(۲): ۸۲-۹۱.

۴) امیری، و.، نخعی، م.، موسایی، ف.، و سوری، س. ۱۳۸۹. افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت کوهدشت با استفاده از جی آی اس. مجموعه مقالات همایش ملی آب با رویکرد آب پاک. دانشگاه صنعت آب و برق، تهران. صفحه۱۰۸۴.

۵) بامری، ا.، پیری، ح.، و گنجی، ف. ۱۳۹۴. ارزیابی آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت بجستان جهت مصارف کشاورزی با استفاده از روش کریجینگ شاخص. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۲(۱۰): ۲۲۹-۲۱۱.

۶) پایمزد، ش.، رضایی، م. ر.، رضایی، م. ج.، و رضایی، ج. ۱۳۹۸. تخمین تغییرات آب زیرزمینی با استفاده از چهار تکنیک متفاوت شبکه عصبی تکاملی و داده‌های آب و هواشناسی (مطالعه موردی دشت عباس، استان ایلام). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان. ۸ (۲۲): ۴۳-۵۸.

۷) دلبری، م.، بوستانیان، م.، و افراسیاب، پ. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات مکانی-زمانی و پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی آبخوان کوهپایه-سگزی، با استفاده از روش‌های زمین‌آماری. فصل‌نامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی.۱۵(۵۲): ۳۰۵-۳۲۴.

۸) دوست‌محمدیان، ا. ح. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت سمنان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان. ۷۵ صفحه.

۹) علیزاده، ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ۳۰ (با تجدیدنظر)، دانشگاه امام رضا (ع)- مشهد. صفحه ۹۷.

۱۰) فتاحی، م. م. ۱۳۸۸. بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۶(۲):۲۳۴-۲۵۳

۱۱) قضاوی، ر.، و رمضانی سربندی، م. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر تغییرات میزان بارش و برداشت از آب‌های زیرزمینی بر تغییرات کمی و کیفی آب آبخوان (مطالعه موردی رفسنجان). نشریه علمی- پژوهشی هیدروژئومورفولوژی. ۳ (۱۲): ۱۱۱-۱۲۹.

۱۲) کایی، ز.، فرامرزی، م.، کریمی، ح. و مهدی‌زاده، ح. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر تغییر کاربری زمین بر پارامترهای کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مهران ایلام. مجله علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب. ۹ (۳): ۲۸-۱۵.

۱۳) کوکبی‌نژاد قزوینی، ا. ح.، محمدنژاد آروق، و.، و سلیمانی، م. ب. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی واقع در رسوبات کواترنری دشت ارومیه. پژوهش‌های ژئومرفولوژی کمی. ۵ (۳): ۱۱۰-۹۳.

۱۴) مسلمی، ح.، و درویشی، ر. ۱۳۹۶. راهکارهای کاهش افت سطح آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت لاور استان هرمزگان. نشریه علمی- ترویجی مدیریت اراضی. ۵ (۲): ۱۲۵-۱۳۵.

۱۵) مسعودی، ر.، زهتابیان، غ.ر.، احمدی، ح.، و ملکیان، آ. ۱۳۹۴. ارزیابی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان. مجله مدیریت بیابان. ۳(۵): ۷۸- ۶۵.

۱۶) میرزایی، م.، مرشدی، ج.، و عظیمی، ف. ۱۳۹۳. اثر سد کرخه در افزایش سطح آب زیرزمینی دشت سرخه با استفاده از روش زمین آمار کریجینگ. نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.

۱۷) نادریان‌فر، م.، انصاری، ح.، ضیاعی، ع. ن. و داوری، ک. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف. فصل‌نامه علمی و پژوهشی مهندسی آب و آبیاری. ۱ (۳): ۳۷-۲۲.

۱۸) نصرالهی، م.، ممبینی، م.، و ولی زاده، س. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی بر وضعیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی دشت گیلان غرب). فصل‌نامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. ۲۳ (۹۱): ۹۷-۸۹.

۱۹) یزدان‌پناهی، ع.، اکبری، م.، و بهرنگ منش، م. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات زمانی- مکانی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار در دشت مشهد. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری. ۶ (۲۰): ۳۵-۲۵.

20) Asoka, A., Gleeson, T., Wada, Y., and Mishra, V. 2017. Relative contribution of monsoon precipitation and pumping to changes in groundwater storage in India. Nature Geoscience. 10: 109-117.

21) Gehreles, JC., Van Geer, FC., and De Vries, JJ. 1994. Decomposition of groundwater level fluctuations using transfer modeling in an area with shallow to deep unsaturated zones. Journal of Hydrology. 157 (1-4): 105-138.

22) Lee, JY., Yi, MJ, Moon, SH, Cho, M., Won, JH., Ahn KH. and Lee, JM. 2007. Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 66 (3): 251-258.

23) Panda, DK., Mishra, A., Jena, S.K., James, B.K., and Kumar, A. 2007. The influence of drought and anthropogenic effects on ground water in Orissa, India. Journal of Hydrology, 343: 140-153.

24) Priestley, SC., Shand, P., Love, AJ., Crossey, LJ., Karlsrom, KE., Keppel, MN., Wohling. DL., and Rousseau-Gueutin, P. 2019. Hydrochemical variations of groundwater and spring discharge of the western Great Artesian Basin, Australia: implications for regional groundwater flow . Hydrogeology Journal. 27 (8): 1-16.

25) Shahid, S., and Hazarika MK. 2009. Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh. Water Resources Management. 24 (10):1989-2006.

26) Shi, L., Wang, Y., Qiu, M., and Wang, M. 2019. Assessment of water inrush risk based on the groundwater modeling system—a case study in the Jiaojia Gold Mine Area, China. Arabian Journal of Geosciences, 12 (24): 872-893.

27) Zhang, W., Yan, Y., Zheng, J., Li, L., Dong, X., and Cai, H. 2009. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. Global and Planetary Change. 69 (1-2): 35-47.