University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

Simultaneous assessment of groundwater level changes and salinity (Case study: Qazvin Plain)

Nima Moghaddam*[1], Majid Kholghi[2],

Nimaznu98@gmail.com

Abstract

In recent years, the importance of examining simultaneous changes in the quality and quantity of groundwater resources, especially in strategic areas, has gained the attention of researchers. This study focused on evaluating the simultaneous changes in salinity and groundwater levels in the Qazvin Plain. The Qazvin Plain is considered one of the strategic areas of the country due to its proximity to the capital, extensive agricultural production, a population of 700,000, and the presence of industrial cities. Qualitative and quantitative data for this research were analyzed over a 22-year period (2001 to 2023), and changes in salinity and water levels were examined and analyzed both independently and concurrently. Research methods included spatial analysis using GIS maps and zoning methods, including cokriging, along with data processing in Excel software. The results indicated that the amount and location of land use changes have a significant impact on changes in salinity and groundwater levels. Key findings revealed that, contrary to common beliefs, an increase in groundwater levels is not always accompanied by a decrease in salinity; in some instances, salinity increased alongside rising water levels, and vice versa. This complex behavior is attributed to factors such as the chemical composition of water and soil, hydrological flows, and changes in land use patterns. The findings of this research highlight the necessity of adopting comprehensive and resilience-based approaches in the management of groundwater resources. Simultaneous analysis of the quality and quantity of water resources, considering human and natural factors, can assist in identifying effective management scenarios. The results of this study provide a framework for policymakers and managers to make more informed and sustainable decisions regarding the preservation of the vital resources of the Qazvin Plain by better understanding the interactions between salinity and groundwater levels.

Keywords: Water Governance, Quantitative and Qualitative Assessment, Groundwater, Salinity ,Qazvin Plain

---

[1] Master student of university of Tehran
[2] Full Professor of Hydrogeology at the University of Tehran-Iran

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

ارزیابی توامان تغییرات سطح آب و شوری آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت قزوین)

نیما مقدم[1]*، مجید خلقی[2]

Nimaznu98@gmail.com

چیکده

در سال‌های اخیر، اهمیت بررسی تغییرات هم‌زمان کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی به‌ویژه در مناطق استراتژیک مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در این مطالعه، به ارزیابی تغییرات توأمان شوری و تراز سطح آب زیرزمینی دشت قزوین پرداخته شد. دشت قزوین به دلیل نزدیکی به پایتخت، تولیدات کشاورزی گسترده، جمعیت ۷۰۰ هزار نفری و وجود شهرهای صنعتی، یکی از مناطق استراتژیک کشور محسوب می‌شود. داده‌های کیفی و کمی این پژوهش طی دوره‌ای ۲۲ ساله (۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲) مورد تحلیل قرار گرفتند و تغییرات شوری و تراز آب به‌صورت مستقل و همچنین به‌صورت توأمان بررسی و تحلیل شدند. روش‌های تحقیق شامل تحلیل مکانی با استفاده از نقشه‌های GIS و روش‌های پهنه‌بندی از جمله کوکریجینگ و پردازش داده‌ها در نرم‌افزار اکسل بود. نتایج نشان داد که میزان و محل تغییرات کاربری اراضی تأثیر بسزایی بر تغییرات شوری و تراز سطح آب زیرزمینی داشته است. از جمله یافته‌های کلیدی، مشخص شد که برخلاف تصورات رایج، افزایش تراز آب زیرزمینی همواره با کاهش شوری همراه نیست؛ در برخی موارد شوری با افزایش سطح آب بیش‌تر شده و بالعکس. این رفتار پیچیده به دلایلی همچون ترکیب شیمیایی آب و خاک، جریان‌های هیدرولوژیکی و تغییرات در الگوهای کاربری اراضی وابسته است. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده ضرورت اتخاذ رویکردهای جامع و مبتنی بر تاب‌آوری در مدیریت منابع آب زیرزمینی است. تحلیل هم‌زمان کیفیت و کمیت منابع آب با در نظر گرفتن عوامل انسانی و طبیعی می‌تواند به شناسایی سناریوهای مدیریتی مؤثر کمک کند. یافته‌های این تحقیق چارچوبی برای سیاست‌گذاران و مدیران ارائه می‌دهد تا با شناخت بهتر از تأثیرات متقابل شوری و تراز سطح آب، تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر و پایدارتر در راستای حفظ منابع حیاتی دشت قزوین انجام دهند.

کلمات کلیدی: حکمرانی آب، ارزیابی کمی و کیفی، آب زیرزمینی، شوری، دشت قزوین

---

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه تهران

[2] استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

۱.مقدمه

استان قزوین، یکی از سرزمین‌های تاریخی و فرهنگی ایران، به عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی مدرن شناخته می‌شود. این استان با قدمت ۷۰۰ ساله در عرصه کشاورزی، بازتاب‌دهنده تاریخ غنی و تجربیات ارزشمند مردمان آن در زمینه کشاورزی و زراعت است. ویژگی‌های خاص جغرافیایی و آب و هوای مناسب این منطقه باعث ایجاد زیرساخت‌های قوی در عرصه کشاورزی و به ویژه در مدیریت آب و آبیاری شده است. دشت قزوین به عنوان یک منطقه مهم کشاورزی، اجتماعی، اقتصادی و صنعتی در ایران دارای اهمیت فراوانی است. از نظر کشاورزی، این دشت به دلیل ویژگی‌های اقلیمی و خاک مناسب، سهم بزرگی در تولید محصولات استراتژیک مانند گندم، جو و محصولات باغی دارد. این محصولات نه‌تنها تأمین‌کننده نیازهای داخلی کشور هستند بلکه در صادرات نیز نقش برجسته‌ای ایفا می‌کنند. از جنبه اجتماعی، کشاورزی در دشت قزوین به عنوان یک فعالیت اقتصادی اصلی، تأثیر قابل توجهی در ایجاد اشتغال مستقیم و غیرمستقیم دارد و این امر به تقویت اقتصاد منطقه و کاهش بیکاری کمک می‌کند. وجود جامعه‌های روستایی و شهرنشینی در این دشت، تعاملات اجتماعی را تقویت کرده و به حفظ فرهنگ محلی کمک می‌کند. از نظر صنعتی این استان و دشت شامل واحدهای صنعتی فراوان در شهرهای صنعتی البرز، بوئین زهرا و آبیک به مانند نیروگاه‌ها، کارخانه‌جات دولتی و کارگاه‌ها می باشد، از نظر اقتصادی، تولیدات کشاورزی و صنعتی دشت قزوین بخشی از تولید ناخالص ملی کشور را تشکیل داده و تأثیر بسزایی در اقتصاد ملی دارند. در بُعد سیاسی، دشت قزوین به دلیل موقعیت جغرافیایی استراتژیک خود و نزدیکی به پایتخت، نقش مهمی در ارتباطات بین شمال و جنوب کشور ایفا می‌کند. سیاست‌های توسعه پایدار در این دشت می‌توانند به تقویت امنیت غذایی و بهبود وضعیت معیشتی مردم کمک کند.به طور کلی، هدف از این مطالعه این بود که وضعیت تغییرات سطح و شوری آب زیرزمینی را در این دشت به منظور آشنایی با مشکلات برای مدیریت بهتر منابع آبی بررسی کنیم، اهمیت دشت قزوین از جنبه‌های مختلف آن را به محلی کلیدی برای تحلیل و بررسی تغییرات سطح آب و شوری تبدیل کرده و ضرورت این مطالعه را دوچندان می‌سازد. کیفیت آب زیرزمینی یکی از مسائل حیاتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون دشت قزوین است که در طی سال‌های اخیر با چالش‌های قابل توجهی مواجه بوده است. منابع آب زیرزمینی در این مناطق، نه تنها منبع اصلی تأمین آب شرب و کشاورزی هستند، بلکه نقش مهمی در پایداری اکوسیستم‌های طبیعی ایفا می‌کنند. با این حال، برداشت‌های بیش از حد، توسعه نامتناسب کشاورزی و صنعتی، منجر به افت کیفی منابع آب زیرزمینی، به‌ویژه از نظر شوری، شده‌اند. افزایش شوری آب نه تنها تهدیدی برای کشاورزی و صنعت است، بلکه می‌تواند موجب تخریب محیط زیست و کاهش بهره‌وری اقتصادی شود. بنابراین، پایش و ارزیابی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی، به‌ویژه در زمینه شوری، از اهمیت بالایی برخوردار است و این ضرورت ما را به بررسی دقیق و علمی در این زمینه ترغیب می‌کند. در این پژوهش، تلاش شده است تا با بررسی پارامتر شوری آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی دشت قزوین در طی دوره زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲، به تحلیل و ارزیابی روند تغییرات کیفیت آب پرداخته شود. برای این منظور، ابتدا نقشه‌های پهنه‌بندی شوری این دوره با استفاده از داده‌های موجود و بهره‌گیری از نرم‌افزارهای تخصصی نظیر آرک‌جی‌آی‌اس و به‌کارگیری روش

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources

کریجینگ[1] تهیه شد. روش کریجینگ به دلیل دقت بالایی که در مدل‌سازی مکانی دارد، انتخاب شد تا تغییرات شوری در سطح منطقه با وضوح بالایی نشان داده شود. پس از تهیه این نقشه‌ها، داده‌های به‌دست‌آمده از ۳۵ ایستگاه مشترک بین سال‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و اختلاف شوری بین سال‌های مورد مطالعه محاسبه شد. این اطلاعات سپس به منظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات شوری مورد استفاده قرار گرفت که به ما این امکان را می‌دهد که مناطق دارای بیشترین تغییرات و آسیب‌پذیری را شناسایی کنیم. علاوه بر بررسی شوری آب، سطح تراز آب زیرزمینی نیز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲ مورد مطالعه قرار گرفت. با استفاده از داده‌های موجود و تیسن‌بندی در نرم‌افزار آرک‌مپ، نقشه‌های پهنه‌بندی سطح تراز آب تهیه شد. این نقشه‌ها به ما کمک می‌کنند تا به درک بهتری از روند تغییرات سطح آب زیرزمینی دست یابیم. با تحلیل این نقشه‌ها و داده‌ها، مشخص شد که چگونه بهره‌برداری‌های غیرمجاز و تغییرات کاربری اراضی بر افت سطح آب و در نتیجه بر افزایش شوری آب زیرزمینی تأثیرگذار بوده‌اند. این تحلیل‌ها با کمک داده‌های مربوط به چاه‌های بهره‌برداری و همچنین نقشه‌های لندیوز انجام شد تا بتوانیم رابطه میان تغییرات کیفی آب و عوامل انسانی و طبیعی را بهتر درک کنیم. در نهایت، به منظور نمایش تصویری از تغییرات کیفی و کمی آب زیرزمینی، نمودارهای مختلفی برای بررسی تغییرات تراز آب و کیفیت آب زیرزمینی در نرم‌افزار اکسل تهیه شد. این نمودارها نشان‌دهنده ارتباط میان تغییرات سطح آب و کیفیت آن در طی زمان هستند. همچنین، با ترکیب این داده‌ها و تحلیل‌های به‌دست‌آمده، تلاش شد تا تأثیر فعالیت‌های انسانی نظیر صنایع و کشاورزی در منطقه بر افزایش شوری و کاهش کیفیت آب زیرزمینی شناسایی شود. به این ترتیب، این پژوهش گامی مهم در جهت شناخت بهتر از روندهای تغییر کیفیت آب زیرزمینی در دشت قزوین و ارائه پیشنهادهایی برای مدیریت پایدار منابع آب به شمار می‌رود.

۲. پیشینه تحقیق

زالیدیس[2] و همکاران (۲۰۰۲)، نشان داد که فعالیت‌های کشاورزی به ویژه در مناطق مدیترانه‌ای، به طور قابل توجهی بر کیفیت آب تأثیر منفی می‌گذارد. یکی از پیامدهای اصلی این فعالیت‌ها، فرسایش خاک است که به دلیل استفاده مکرر و نابجا از زمین‌های کشاورزی و عدم رعایت اصول مدیریت خاک رخ می‌دهد. فرسایش خاک می‌تواند منجر به کاهش حاصل‌خیزی زمین، از بین رفتن ساختار خاک و افزایش آلودگی منابع آب شود. رامیلین و همکاران (۲۰۰۸)[3] روند تغییرات سطح آب زیرزمینی را با داده‌های ماهواره GRACE طی دوره ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۶ در حوضه رودخانه آمازون بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده بیش برآوردی معادل ۴۰۰ میلی‌متر مثبت و منفی در داده‌های ماهواره گریس نسبت به داده‌های ایستگاهی بود. یاری و کوچک‌زاده(۲۰۰۸)، در مقاله‌ای به منظور مقایسه و بررسی روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری آب زیرزمینی نشان دادند که روش درون‌یابی معکوس

---

[1] Kriging
2 Zalidis
3 Ramillien

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources

فاصله (IDW) [1]با توان دو و نیم تغییرنمای مدل گوسی بهترین روش برای برآورد شوری آب‌زیرزمینی می‌باشد. همچنین تقی‌زاده و همکاران(۲۰۰۸)، در مقاله‌ای با هدف مطالعه تغییرات مکانی شوی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار و در مطالعه موردی دشت رفسنجان و پس از انتخاب مدل مناسب برای درون‌یابی مشخص کردند که برای پهنه‌بندی شوری آب روش کریجینگ بر روش درون‌یابی معکوس فاصله ارجعیت دارد. مویوو و همکاران (۲۰۱۲)، همبستگی بین تغییرات مقادیر آب زیرزمینی بهدست آمده با استفاده از داده‌های GRACE و مدل GLDASبا مقادیر مشاهداتی را در جیلین غربی در چین در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۹، مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، داده‌های نسخه چهارم سطح دو از مرکز تحقیقات فضایی آمریکا(CSR) از GRACE مورد استفاده قرار گرفت و از فیلتر گاوسی با شعاع ۲۰۰ کیلومتری برای فیلتر داده‌ها استفاده شده است. آنالیز عدم قطعیت نشان دهنده خطای میانگین کم‌تر از ۱۰ درصد بوده است. همچنین بررسی مقادیر به صورت ماهانه، فصلی و سالانه نشان دهنده بیش‌ترین همبستگی میان مقادیر فصلی وکم‌ترین همبستگی میان مقادیر ماهانه بوده است. هم چنین مطالعه چوی و همکاران(۲۰۱۲)[2]، با هدف تحلیل زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی در ارتباط با توسعه اراضی شهری و پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی در بخش واکشا[3] در ایالات متحده انجام شد. در این پژوهش تحلیل داده‌های برداشت آب زیرزمینی، تراز آب زیرزمینی پوشش زمین و بارش با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیون وزنی جغرافیایی، تحلیل تغییرات کاربری اراضی و هم پوشانی نقشه ها نشان داد که گسترش اراضی شهری در مناطق با پتانسیل تغذیه بالای آب زیرزمینی سریع تر از مناطق با پتانسیل کم یا متوسط بوده است. هم چنین در مطالعه دیگری میشر[4] و کومار[5](۲۰۱۵)، اثر تغییر کاربری اراضی بر تغذیه آب زیرزمینی در منطقه ای در هند ارزیابی شد. در این پژوهش گسترش اراضی شهری با استفاده از داده های ماهواره IRS برای سالهای ۱۹۷۲ ۱۹۸۰، ۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۱ بررسی شد. نتایج بیان‌گر آن بود که افزایش اراضی مسکونی و کاهش پوشش گیاهی به طور مستقیم بر کاهش سطح آب زیرزمینی اثر گذار بوده‌است. ولی‌پور و همکاران(۲۰۱۴)، در این تحقیق به ارزیابی تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در دشت نجف آباد پرداختند و نشان دادند که از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۲، سطح آب‌های زیرزمینی به طور متوسط ۲۴.۲۵ متر کاهش یافته است که سالانه ۱.۲۸ متر به ثبت رسیده است. بیش‌ترین کاهش در نواحی آبخوان میانی، با افتی تا ۸۵ متر، و عدم کاهش در حاشیه‌های زاینده‌رود مشاهده شد. همچنین، با تحلیل‌های فیزیکوشیمیایی ۱۵ چاه فعال، مشخص شد که بسیاری از نمونه‌ها نمی‌توانند به عنوان آب شرب ایمن در نظر گرفته شوند. نوع هیدروشیمیایی غالب در این منطقه بی‌کربنات و پروفیل سدیکی بوده و تنها ۶۶.۶ درصد آب‌ها برای مصارف کشاورزی مناسب هستند. این یافته‌ها نگرانی‌های جدی در مورد کاهش و کیفیت آب‌های

---

1 Inverse Distance Weighting
2 Choi
3 Waukesha
4 Mishra
5 Kumar

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources

زیرزمینی را نشان داده و تأکید بر مدیریت و پایش مؤثر این منابع حیاتی دارد. زینالی و همکاران (۲۰۱۵)[1] ، در مطالعات خود افت کیفیت آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر کاربری کشاورزی و مسکونی و افزایش برداشت از سطح سفره ها می‌دانند. چن و همکاران (۲۰۱۶)، بررسی داده‌های ماهواره GRACE طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ را انجام دادند. در این تحقیق از داده‌های مرکز پردازشGFX ، CSRو JPL استفاده شده بود و داده‌های ماهواره گریس با استفاده از فیلتر گوسی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰۰ کیلومتر اصلاح گردیده بود. مقایسه تغییرات ذخیره آب داده‌های اصلاح شده و اصلاح نشده ماهواره گریس، نشان‌دهنده بهبود روند تغییرات در داده‌های اصلاح شده بود. رفیع شریف آباد و همکاران (۲۰۱۶)، مطالعه ای درباره تأثیر روند تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد اردکان انجام دادند. در این مطالعه برای رسیدن به اهداف پژوهش از داده های آب‌های زیرزمینی و همچنین تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد بخش‌های جنوب منطقه بهترین کیفیت آب را برای مصارف کشاورزی دارند و با گذشت زمان از کیفیت آب کاسته و میزان آلودگی در قسمت شمالی و شرقی بیش‌تر شده است در مطالعه‌ای نارانی و همکاران (۲۰۱۷)[2]، تأثیر تغییرات کاربری اراضی را بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه‌ای در مالزی ارزیابی و غلظت نیترات را شاخص مناسبی برای بررسی این مسئله بیان کردند آنها دلیل اصلی تغییرات اکوسیستم را تبدیل جنگل‌ها و زمین‌های چمن به زمین زراعی و شهر دانستند. سپس در مطالعه تام و همکاران(۲۰۱۸)[3]، با استفاده از مدل عددی SWIM تغذیه آب زیرزمینی در پوشش‌های اراضی مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که تغذیه آب زیرزمینی به طور اساسی وابسته به الگوهای بارش و تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بوده است به نحوی که در مناطق جنگلی تغذیه آب زیرزمینی در مقایسه با اراضی زراعی و تخریب شده نسبتاً بالاتر است. یزدان‌پناهی و همکاران(۲۰۱۸)، مشخص کردند که روش کریجینگ معمولی با دارا بودن کم‌ترین میزانRMSE و بیش‌ترینR2 بهترین برآورد را در منطقه مورد مطالعه‌شان داشته و نتایج بررسی پارامترهای کیفیت آب نشان داد که هدایت الکتریکی(EC) و مجموع املاح محلول(TDS) در طی سال‌های مورد مطالعه افزایش چشم‌گیری داشته که باعث کاهش کیفیت آب طی این سال‌ها شده‌است، همچنین نتایج این پژوهش نشان دادکه علت اصلی کاهش کیفیت اب در دشت مشهد، وجود نواحی صنعتی و مسکونی و توسعه اراضی کشاورزی بوده‌است. اخیراً، نتایج پژوهش داگ و همکاران(۲۰۱۹)، در منطقه آتلانتیک میانی ایالات متحده نشان داد که کاهش کلی سطح آب زیرزمینی در بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶ برابر با ۰/۰۶ متر در سال بوده است. همچنین بیش‌ترین روند کاهشی سطح آب زیرزمینی به میزان ۴۸ درصد مربوط به مناطق دشت ساحلی است و بخش‌های زراعی متراکم بیش‌ترین مساحت افت آب زیرزمینی را داشته‌اند. ونگ و همکاران (۲۰۱۹)[4]، در مطالعه‌ای پایداری آب‌های زیرزمینی را در منطقه‌ای خشک در شمال شرقی چین با استفاده از داده‌های GRACE

1 Zeinali
2 Narany
3 Tom
4 Wang

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

ارزیابی کردند آن‌ها به برداشت آب‌های زیرزمینی در چند دهه اخیر به ویژه در مناطق خشک به دلیل کمبود آب‌های سطحی و افزایش آبادی و شهرنشینی اشاره و کم‌ترین میزان پایداری آب را در بخش مرکزی و شرقی منطقه شناسایی کردند. سوسی و همکاران (۲۰۲۰)[1] در مطالعه‌ای آب‌های زیرزمینی را در منطقه ای در ایتالیا بررسی کردند. این پژوهش‌گران فعالیت کشاورزی و محصولات محافظت کننده گیاهان را از عوامل مهم آلودگی آب‌های زیرزمینی به ویژه در مناطقی شیب دار عنوان کردند. گارگ و همکاران (۲۰۲۰)[2]، در مطالعه‌ای رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و آب‌های زیرزمینی را در منطقه‌ای در شمال هند بین سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۱ بررسی کردند. آن‌ها به وجود ناهماهنگی بین استفاده و تأمین منابع آب زیرزمینی پی برده و دلیل خالی شدن آب‌های زیرزمینی و کاهش ۳۳ درصدی آن را تغییرات کاربری اراضی از زمین‌های چمن به کاشت اکالیپتوس و برداشت‌های بی رویه از آب‌های زیرزمینی بیان کردند. سلمنس و همکاران (۲۰۲۰)[3]، نیز نفوذ فاضلاب تصفیه نشده به سفره‌های زیرزمینی را تحت تأثیر تغییرات کاربری اراضی مشکل بزرگی در برابر دسترسی انسان به آب شیرین مطرح کرده‌اند؛ به طوری که برخی پژوهش‌گران افت کیفیت آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیرکاربری کشاورزی و مسکونی و افزایش برداشت از سطح سفره‌ها می‌دانند. همچنین لی و همکاران(۲۰۲۴)[4]در مطالعه‌ای تغییرات منحنی رتبه‌بندی در بخش هوایوانکائو [5]و عوامل آلاینده آن‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و پیش‌بینی سطح آب را بر اساس این رابطه انجام دادند. نتایج نشان داد که در حالی که میانگین سالانه سطح آب طی ۲۰ سال گذشته روند کاهشی را نشان داده است، میانگین دبی سالانه الگوی ثابتی را نمایان می‌کند. پیشینه پژوهش حاضر حاکی از تأثیر بالای کاربری اراضی و تغییرات آن بر تخلیه و تغذیه آب زیرزمینی است. به طوری که در اکثر مطالعات انجام شده توسعه اراضی مسکونی و تبدیل اراضی مرتعی به زراعی موجب افت سطح آب زیرزمینی شده است. با توجه به مقوله های فوق الذکر توجه به منابع آب زیرزمینی و ارزیابی اثر تغییر کاربری‌های اراضی مختلف بر میزان منابع آب زیرزمینی ضرورت و اهمیت ویژه ای دارد. همچنین رضایی و همکاران(۲۰۲۱)، باکمک تصاویر ماهواره‌ای لندست اثبات کردند اراضی زراعت آبی و دیم و مناطق مسکونی شهری روندی افزایشی و اراضی مرتع روندی کاهشی داشته است.

در نتیجه ما با بررسی همه این پژوهش‌ها به این نتیجه رسیدیم که با بررسی مشترک عواملی مثل تراز و کیفیت آب زیرزمینی و همچنین بررسی نقشه کاربری اراضی به یک رابطه کیفی میان این عوامل دست یافته و سپس به علت تغییرات بوجود آمده از دیدگاهی نسبتاً خوب پی می‌بریم.

۳.مواد و روش‌ها

1 Suciu
2 Garg
3 Clemens
4 Li
5 Huayuankou (HYK)

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

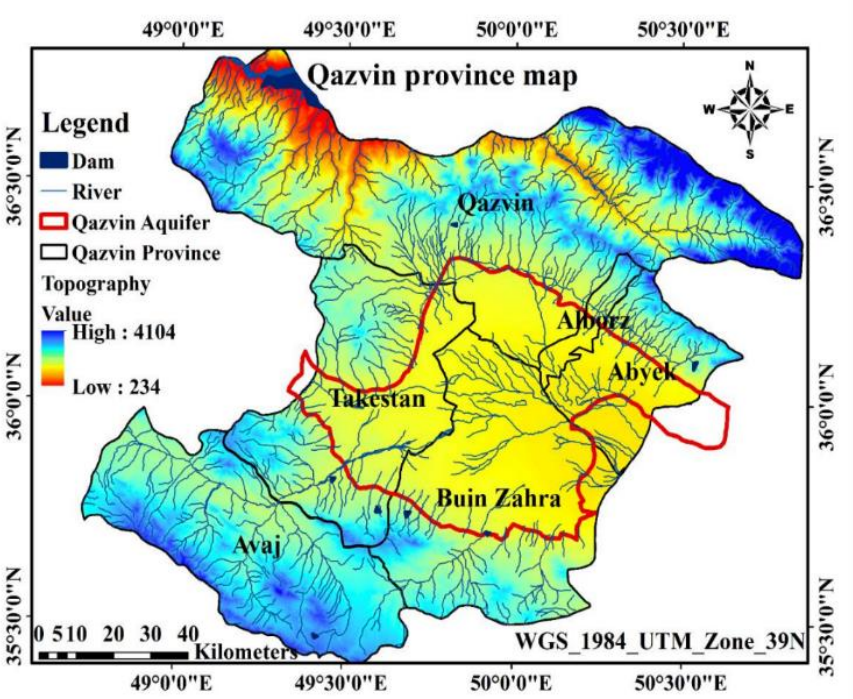
در این پژوهش برای بررسی تغییرات تراز آب و تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی از نرم افزارآرک مپ برای پهنه‌بندی و درون‌یابی بهره بردیم و همچنین از روش کریجینگ برای پهنه‌بندی‌ها استفاده کردیم.

۱.۳. منطقه مطالعاتی

این دشت، با مساحتی قابل توجه، در مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این موقعیت جغرافیایی موجب شده تا قزوین به یکی از مناطق مناسب برای کشت انواع محصولات زراعی و باغی تبدیل شود. تنوع اقلیمی این استان، به همراه منابع آبی کافی و وجود شبکه‌های آبیاری پیشرفته، شرایط را برای توسعه کشاورزی فراهم کرده است. از دیرباز، مردم استان قزوین با بهره‌گیری از تجربیات نیاکان خود، اقدام به ساخت و توسعه نظام‌های آبیاری کرده‌اند که این امر باعث افزایش بهره‌وری در کشت و کار شده است. ابزارهای مدرن مدیریت آب و اندازه‌گیری، همچون کنتورهای آب و سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و تحت فشار، به کشاورزان این امکان را می‌دهد که منابع آب را به بهترین شکل ممکن مدیریت کرده و به صرفه‌جویی در مصرف آب بپردازند. به طور کلی، استان قزوین نه‌تنها به عنوان یک قطب کشاورزی در ایران، بلکه به عنوان یک الگوی موفق در زمینه کشاورزی مدرن و پایدار در سطح جهانی شناخته می‌شود. این استان با تمرکز بر کشاورزی علمی و استفاده از تکنولوژی‌های نوین، در تلاش است تا موانع موجود را برطرف کرده و به تامین امنیت غذایی کشور کمک نماید.بیش‌ترین محصولات زراعی این استان شامل گندم، جو، برنج و انواع میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد که همگی نتیجه‌ی زحمات و تلاش‌های کشاورزان قزوینی و استفاده بهینه از منابع آبی و خاکی است. در نتیجه، استان قزوین به نمادی از کشاورزی پایدار و مدرن تبدیل شده که در رشد اقتصادی و تأمین نیازهای غذایی جامعه نقشی اساسی ایفا می‌کند.(شکل۱)

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

شکل۱- نقشه استان قزوین در ایران



شکل۲- نقشه استان قزوین و آبخوان مرکزی دشت قزوین

۲.۳. داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش ما ۳۵ چاه را برای بررسی شوری انتخاب کردیم، برای انجام این تحقیق از داده‌های اندازه‌گیری شده هدایت الکتریکی و تراز آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۴۰۲ استفاده شد. این داده‌ها شامل مختصات موقعیت مکانی به‌صورت یو تی ام و مقادیر هدایت الکتریکی است که از ایستگاه‌های مختلف برداشت شده‌اند. در این تحقیق از داده‌های زیر استفاده شده است:

۱. هدایت الکتریکی (EC): مقادیر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده در چاه‌های مختلف در طول دوره ۱۴۰۲-۱۳۸۰.

۲. تراز آب زیرزمینی (H): اطلاعات مربوط به تراز آب زیرزمینی در همان دوره.

۳. موقعیت مکانی (UTM): مختصات جغرافیایی (UTMX,UTMY) چاه‌ها به‌صورت سیستم مختصات جهانی.

۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۲.

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

که با کمک نرم افزارهای اکسل، آرک جی ای اس و گرافر به تحلیل و بررسی ومرتب‌سازی داده‌ها پرداختیم.

جدول ۱- نام محل و موقعیت مکانی چاه‌های اندازه‌گیری

محل	UTMX	UTMY
فارسجین	354746	3986834
رادکان	371284	3986225
اسپیك	377877	3963817
لوشکان	381186	3973806
تاکستان	385212	3994738
تاکستان۲	388745	3989845
دولت آباد	394787	4003142
علي آباد	395192	3969682
نوده	395548	3962584
عبدالرب آباد	396260	3980817
شیراصفهان	397869	4010658
محمودآبادنمونه	400009	4017886
قدیم آباد	406273	4004303
جمال آباد	410241	4007593
امیرآباد	410518	3955940
سگزآباد	411041	3962960
شیرین آباد	411665	3976268
محمدآبادخره	413461	3986215

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

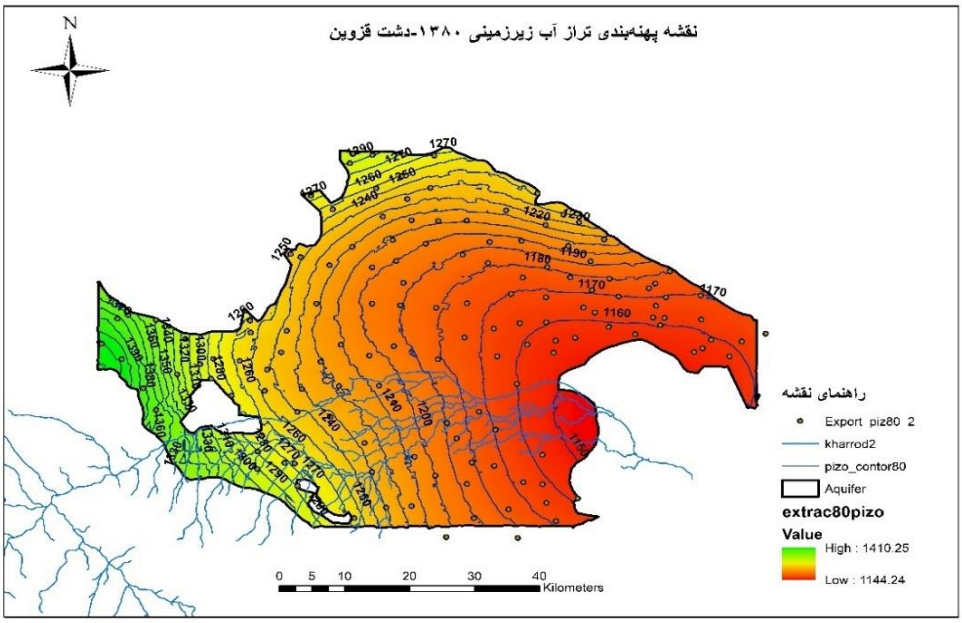
ادامه جدول ۱- نام محل و موقعیت مکانی چاه‌های اندازه‌گیری

محل	UTMX	UTMY
حسین آبادبوئین	415706	3962565
نجف آباد	416332	4014149
صالح آبادبوئین	416795	3957111
اله آباد	419062	3974653
پاپلي وسطي	419743	3978907
جهان آباد بوئین	421488	3958961
شهرستان	422354	3986926
شهرآباد	426019	3984227
حصار خروان	427480	4004111
زاغه	440320	3995536
قازانچال	441011	3990831
جزمه	446374	3993416
قشلاق	448082	3985162
آبيك	455562	3987647
نودهك	374499	3982205
كهك	387143	3999591
قميك	391378	4003801

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

۳.۳. بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی

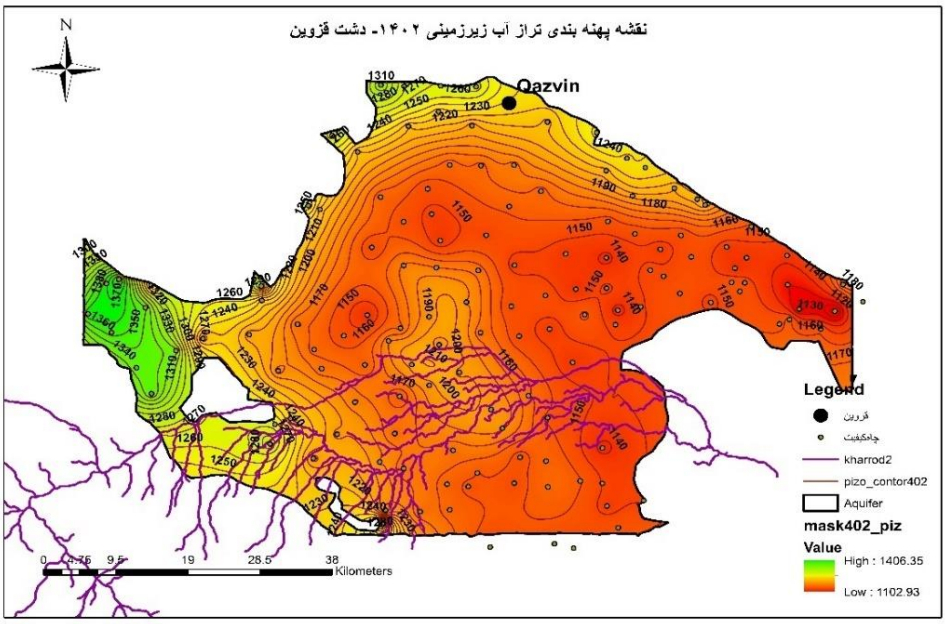
برای این‌کار ابتدا به پهنه‌بندی ابتدای دوره و انتهای دوره یعنی به ترتیب سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۴۰۲ بوسیله نرم‌افزار آرک مپ پرداخته و با روش کریجینگ، پهنه بندی تراز آب زیرزمینی برای هرسال را به صورت جداگانه محاسبه کرده وسپس با ابزار رستر کلکیولیتر در آرک مپ اختلاف پهنه بندی‌ها را محاسبه و بدست آوردیم.(شکل ۳-الف) در شکل ۳-ج، ملاحظه می‌شود که در طی ۲۲ سال بررسی در این پژوهش بیش‌ترین افت تراز آب زیرزمینی در مناطق دارای زراعت رخ داده است. همچنین این افت درآبیک و بوئین‌زهرا می‌باشد، هوای این مناطق به سبب دارا بودن واحدهای صنعتی و نیروگاهی زیاد دارای گازهای گلخانه‌ای زیاد از جمله گازهای CO_2،NO_2[2]،[1] و NOx می‌باشد. به‌خصوص، CO_2 به عنوان گاز گلخانه‌ای می‌تواند باعث افزایش دما و تغییر در الگوهای جوی شود. این تغییرات ممکن است موجب تبخیر بیشتر آب و کاهش بارندگی در مناطق مختلف شود. همچنین، دی‌اکسید نیتروژن و اکسیدهای نیتروژن می‌توانند به تشکیل ذرات معلق در جو کمک کنند که بر فرآیندهای تشکیل ابر و بارندگی تأثیر می‌گذارد و آن را کاهش داده و در نهایت باعث کاهش بارندگی و در صورت ادامه یافتن طولانی مدت سبب کاهش تراز آب زیرزمینی می‌گردد.



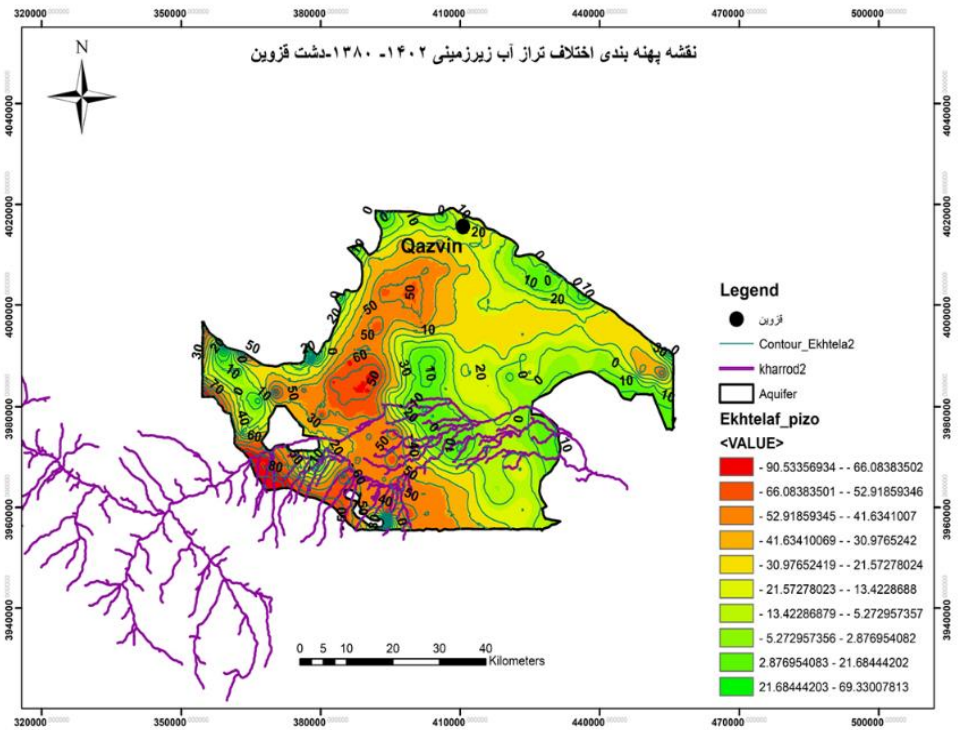
الف

[1] کربن دی اکسید
[2] نیتروژن دی اکسید

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان



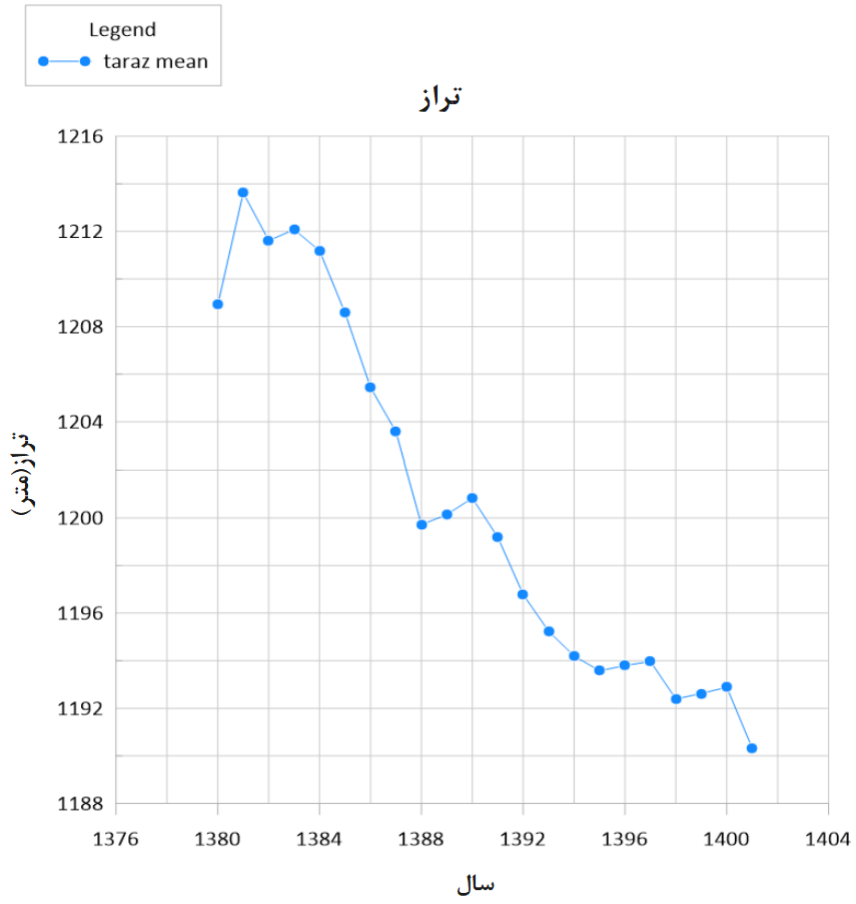
ب



University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

ج

شکل۳- الف- نقشه پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی سال ۱۳۸۰-ب- نقشه پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی سال ۱۴۰۲-ج- نقشه هم افت و هم خیز ترازسطح آب زیرزمینی – آبخوان دشت قزوین (۱۳۸۰-۱۴۰۲)



شکل۳-د- نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی دوره مطالعاتی- دشت قزوین

برای نمایش بهتر و ملموس‌تر این تغییرات در نرم‌افزار اکسل نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت قزوین را، این بار با بررسی تمام ۲۲ سال طول بازه مورد مطالعه بدست آورده و نشان دادیم.(شکل۳- د). در مرحله بعد، ابتدا با دریافت تراز آب زیرزمینی دشت قزوین تا سال ۱۴۰۲ از شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین به بررسی میزان تغییرات این تراز در طی دوره مورد مطالعه یعنی ۱۳۸۰-۱۴۰۲ پرداختیم. تراز آب زیرزمینی دشت قزوین با شیبی نسبتاً تند رو به کاهش می‌باشد و در دو بازه حدودی سال ۱۳۸۵ به بعد و سال ۱۳۹۰ به بعد شیب این کاهش بیش‌تر ملموس می‌باشد که به توضیح آن می‌پردازیم.

بازه ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۲

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

در این بازه، تراز آب زیرزمینی از حدود ۱۲۰۹ متر به ۱۲۱۲ متر افزایش یافته است. این افزایش به میزان ۳ متر در طی دو سال رخ داده است. دلیل این افزایش می‌تواند بارندگی مناسب یا کاهش برداشت باشد، که هر دو مورد با توجه به عدم توسعه یافتگی کشاورزی در آن زمان و عدم نیاز شدید به خوراک به سبب کم بودن جمعیت نسبت به حال و همچنین وضعیت بهتر آب و هوایی محتمل می‌باشند.

بازه ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵

در این دوره، تراز آب زیرزمینی از حدود ۱۲۱۲ متر به حدود ۱۲۰۸ متر کاهش یافته است. بنابراین، طی سه سال، یک کاهش حدود ۴ متری در تراز آب رخ داده است، یعنی حدوداً سالی ۱/۵ متر. این افت احتمالاً به دلیل افزایش برداشت و کاهش بارندگی بوده است.

بازه ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹

در این دوره، تراز آب از حدود ۱۲۰۸ متر به حدود ۱۲۰۰ متر کاهش یافته است. بنابراین، طی چهار سال، حدود ۸ متر(متوسط سالی ۲ متر) افت مشاهده می‌شود. این افت نسبتاً یکنواخت و پیوسته بوده و می‌تواند ناشی از خشکسالی و برداشت‌های بیش از حد از منابع زیرزمینی باشد.

بازه ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ (آستانه شروع دوره خشک‌سالی)،(۲۰۱۰-۲۰۱۱)

در این بازه که خشک‌سالی شدیدی نیز رخ داده است، درست است که تراز آب از حدود ۱۲۰۰ متر به ۱۲۰۱ متر افزایش یافته، یعنی ۱ متر صعود در طی یک سال، اما تغییرات تراز از سال ۱۳۹۰ به بعد موید این خشک‌سالی شدید می‌باشد. *فخار و کاویانی (۲۰۲۴)*، به بررسی میانگین میزان بارش بر اساس مجموعه داده CHIRPS[1] و شاخص ۱۲- SPIحاصل از این مجموعه داده پرداخته‌اند. نتایج به صورت میانگین دو دهه خروجی گرفته شده است. به این معنی که بررسی میانگین میزان بارش در طی سال های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ میانگین بارش و بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که خروجی های به دست آمده بیانگر این موضوع می‌باشد که در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ نواحی شمال و شمال غرب دشت دارای میانگین بارندگی به نسبت مناسبی بوده است که این میزان بارش سبب برآورد میزان میانگین شاخص ۱۲- SPIدر همین نواحی با میانگین بالاتر از یک شده است؛ که شامل نواحی بدون خشک‌سالی می‌شود اما در دهه دوم سال‌های بررسی شده نشان می‌دهد که از میزان بارندگی در دشت به شدت کاسته شده و حتی نواحی که در دهه ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ دارای مقدار بارندگی مناسبی بودند در دهه ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ با کاهش چشم‌گیر بارندگی روبرو شده اند که همین کاهش بارندگی در تعیین میزان شاخص SPI[2] نقش مؤثری داشته است، بنابراین یک خشک‌سالی از سال ۲۰۱۱ یا همان ۱۳۸۹-۱۳۹۰ شروع شده است.

بازه ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵(شروع خشک‌سالی)

در این دوره، تراز آب از ۱۲۰۱ متر به حدود ۱۱۹۳ متر کاهش یافته است، یعنی طی ۵ سال حدود ۸ متر افت در تراز آب مشاهده می‌شود. که این مقدار، کم‌ترین مقدار تراز اب زیرزمینی در ۲۰ سال گذشته آن زمان بوده است و نشان از تاثیرات شروع خشک‌سالی ذکر شده در بازه قبلی دارد.

---

1 Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station Data
2 Standardized Precipitation Index

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

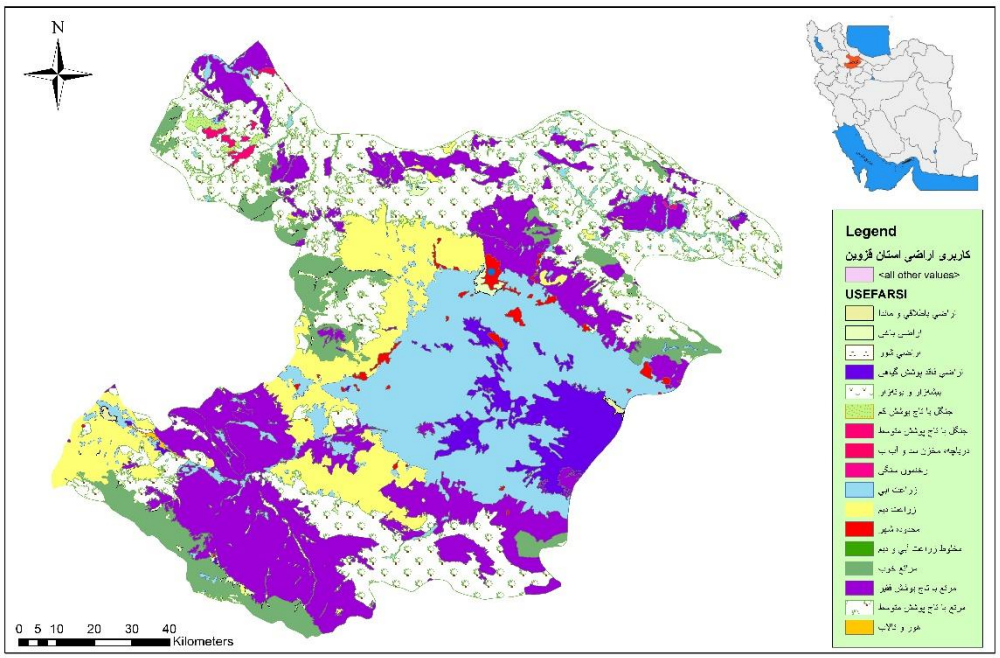
بازه ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰

تراز آب به حدود ۱۱۹۰ متر کاهش یافته است که نسبت به دوره‌های قبل، کاهش کم‌تری را نشان می‌دهد. این کاهش ملایم‌تر شاید نشانه‌ای از تلاش‌های محافظتی، کاهش برداشت‌ها یا اعمال سیاست‌های مدیریت منابع آب باشد. با این حال، ادامه کاهش تراز همچنان بیانگر فشار بر منابع آب زیرزمینی است.

بازه ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲

در این بازه، تراز آب از ۱۱۹۳ متر به حدود ۱۱۹۰ متر کاهش یافته است، یعنی ۳ متر افت در طی دو سال.

برای بررسی بهتر و جامع‌تر دلایل افت تراز آب زیرزمینی شکل‌های ۳-الف-ب-ج- باید به نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۲ استان قزوین برای یافتن برخی دلایل احتمالی نیازمندیم.



شکل۴- نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۰۲ قزوین

باتوجه به شکل ۳-د و شکل ۴ می‌توان دریافت که مناطقی که بیش‌ترین کاهش تراز افت آب زیرزمینی را داشته‌اند مناطق مرکزی آبخوان دشت قزوین و تاحدودی شمال دشت که نزدیک‌ترین نقطه به مناطق شهری ازجمله خود شهر قزوین می‌باشد رخ داده است. همچنین در مناطق مرکزی به سمت شرقی دشت وجود زمین‌های لم یزرع و بدون پوشش گیاهی این مهم را ثابت می‌کند که یا خاک این مناطق برای کشت و کار مناسب نمی‌باشد، ولی درست در نزدیک همین مناطق، زمین‌های زراعی به چشم می‌خورند که همگی از آب زیرزمینی برای آبیاری استفاده می‌کنند، بیش‌از ۸۰ درصد از آبیاری زمین‌های زراعی در دشت قزوین از طریق آب زیرزمینی می‌باشد و

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

توسعه بی‌رویه زمین‌های کشاورزی و تبدیل زمین‌ها به زمین کشاورزی در اثر افزایش جمعیت و در پی آن افزایش نیاز از دیگر دلایل افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی این منطقه و در پی آن افت تراز آب زیرزمینی می‌باشد. از عوامل تشدید کننده دیگر این افزایش افت خشک‌سالی‌های سال‌های اخیر می‌باشد، همان‌طور که فخار و کاویانی(۲۰۲۴) ، به بررسی و پایش خشک‌سالی در دشت قزوین با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند و از چندین شاخص مانند TCI (شاخص ترکیبی بارش)، VCI (شاخص پوشش گیاهی) و VHI (شاخص سلامت گیاهی) برای ارزیابی وضعیت خشک‌سالی استفاده کرده‌اند. آن‌ها نتایج به‌دست‌آمده را با شاخص SPI (شاخص بارش استاندارد) مقایسه کرده و نشان داده‌اند که در بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰، نواحی شمال و شمال غرب دشت قزوین بارندگی مناسبی داشته‌اند، اما در دهه دوم (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰) شاهد کاهش چشم‌گیری در میزان بارش و افزایش شدت خشکسالی بوده‌اند. آن‌ها شدت خشک‌سالی را به ۶ کلاس طبقه‌بندی کرده و مساحت هر کلاس در هر سال را تعیین کرده‌اند. آن‌ها همچنین بررسی همبستگی بین این شاخص‌ها را انجام داده و نتیجه‌گیری کرده‌اند که شاخص PDSI بالاترین همبستگی را با SPI دارد. از سال ۲۰۱۴ به بعد، نواحی شرق و جنوب شرقی دشت قزوین با افزایش روند خشک‌سالی مواجه شده و در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ شدت خشک‌سالی افزایش یافته است. آن‌ها تأکید کرده‌اند که درصدی از خشک‌سالی‌ها ناشی از کاهش بارندگی و افزایش دما در منطقه است. بنابراین این کاهش‌های بارندگی به طور غیرمستقیم فشار بیش‌تری به سیستم آب زیرزمینی وارد کرده و باعث افت تراز می‌گردد، همچنین در نواحی نزدیک به مناطق شهری، باتوجه به این‌که بیش‌تر برداشت‌ها از آب زیرزمینی ناشی از آب لازمه برای کشاورزی است، لذا افت تراز در مناطق شهری با توجه به افزایش روزافزون جمعیت در شهرها نیز ملاحظه می‌شود ولی به شدت مناطق زراعی نمی‌باشد، همچنین که بخش زیادی از این افت به علت وجود مناطق باغی در اطراف مناطق شهری، به‌خصوص خود شهر قزوین از دیگر دلایل احتمالی افت تراز آب در مناطق شهری می‌باشد. علاوه بر این‌ها طبق بررسی‌های ما که هم راستا با بررسی‌های *رضایی و همکاران(۲۰۲۰)* ، می باشد، اراضی زراعی، شهری، شوره‌زارها افزایش داشته و روند تغییراراضی مراتع کاهشی بوده است.

سیستم واحدهای استاندارد SI تنها سیستم قابل قبول طرح مسائل می‌باشد. در شرایط ویژه که بیان مسئله در سایر سیستم‌ها ضروری است، لازم است معادل‌های استاندارد SI آنها نیز ذکر گردند. توجه گردد که واحدها برای مقادیر ذکر شده در جداول و یا عناوین محورها در اشکال فراموش نشوند.

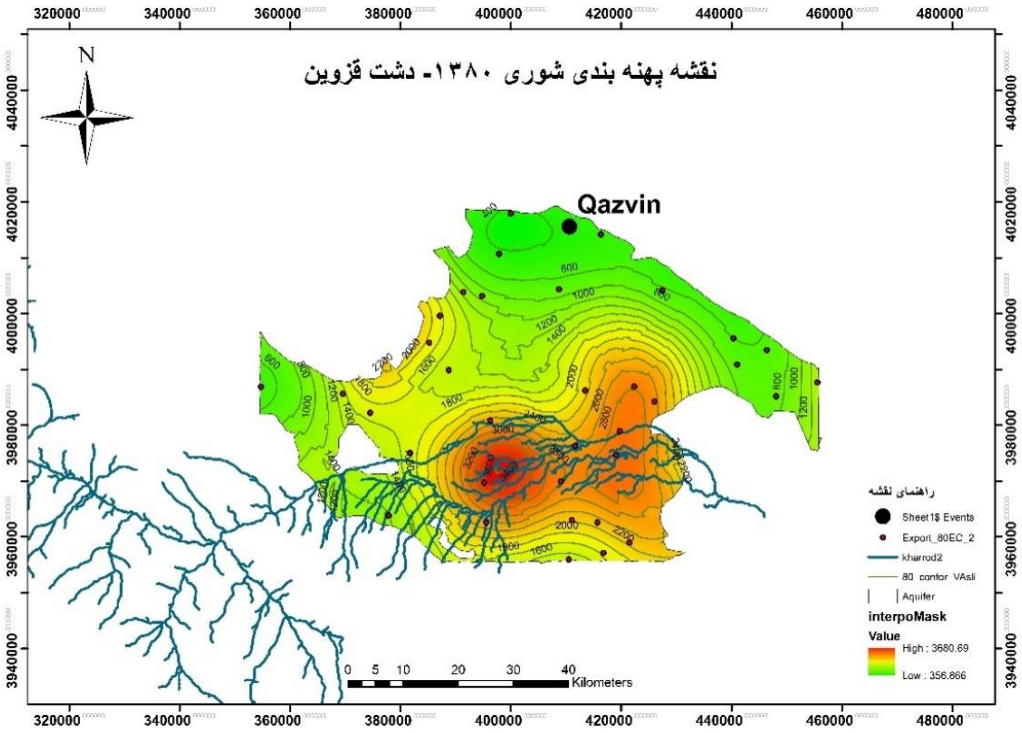
۴.۳. بررسی تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی

هدایت الکتریکی (EC) آب زیرزمینی یک ویژگی حیاتی است که به ما کمک می‌کند تا کیفیت آب و ترکیبات شیمیایی موجود در آن را ارزیابی کنیم. این ویژگی به عنوان شاخصی از غلظت یون‌های حل‌شده در آب عمل کرده و افزایش EC می‌تواند نشان‌دهنده آلودگی یا وجود نمک‌های بیشتری در آب باشد. از سوی دیگر، ECاطلاعات

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

ارزشمندی درباره رفتار هیدرولوژیکی منابع آب زیرزمینی ارائه می‌دهد که می‌تواند به پیش‌بینی تغییرات فصلی و اقلیمی و همچنین مدیریت منابع آب در برابر کمبود و آلودگی کمک کند.

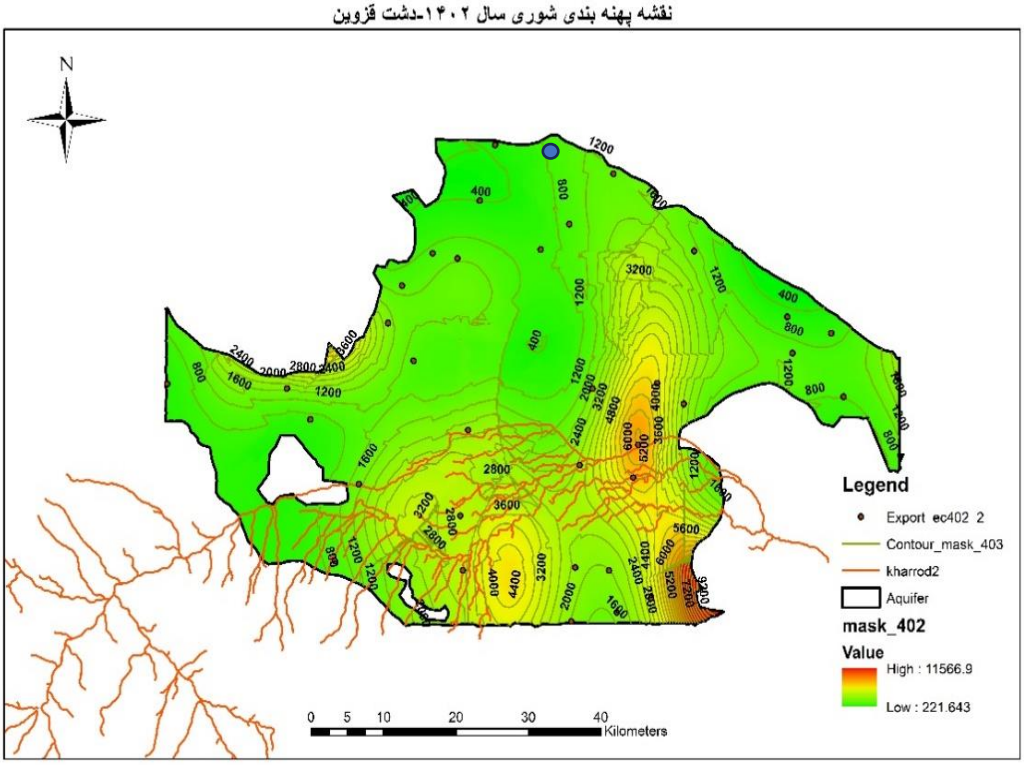
مقایسه تراز آب و EC در طول سال با محورهای دوگانه زمان و مکان می‌تواند اطلاعات مهمی را در اختیار ما قرار دهد. در محور زمان، تغییرات تراز آب و EC معمولاً در فصول بارانی مشاهده می‌شود؛ به‌طوری که تراز آب زیرزمینی افزایش و EC ممکن است کاهش یابد که این امر به دلیل ورود آب باران با خلوص بیشتر است. در محور مکان، بررسی نقاط مختلف یک منطقه می‌تواند نشان دهد که چگونه فعالیت‌های انسانی یا ویژگی‌های جغرافیایی تأثیرات متفاوتی بر کیفیت آب دارند. به طور مثال، نواحی نزدیک به مناطق صنعتی ممکن است EC بالاتری را تجربه کنند.در نهایت، تحلیل همزمان تراز و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی به ما این امکان را می‌دهد که درک عمیق‌تری از وضعیت کیفیت و قابلیت دسترسی به منابع آب پیدا کنیم و به این ترتیب اقدامات لازم برای حفظ و مدیریت بهینه این منابع را انجام دهیم.



ب

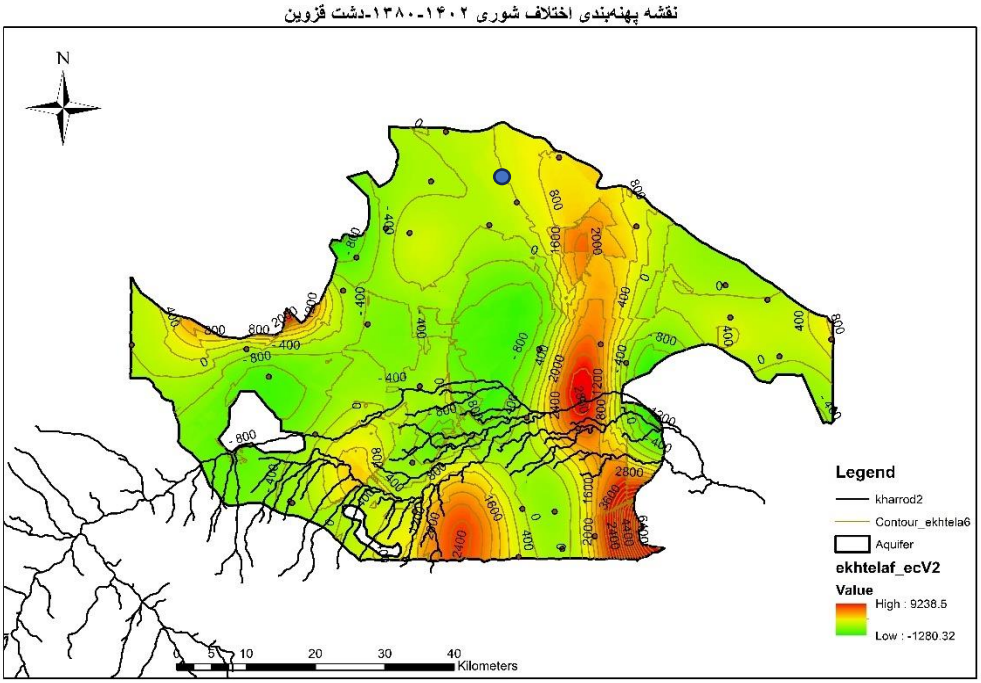
University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

نقشه پهنه بندی شوری سال ۱۴۰۲-دشت قزوین



ج

نقشه پهنه‌بندی اختلاف شوری ۱۴۰۲-۱۳۸۰-دشت قزوین



University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

د

شکل۴-ب) نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی (شوری)آب زیرزمینی در دوره ۱۳۸۰-ج) دوره ۱۴۰۲-د) کل دوره ۱۳۸۰-۱۴۰۲

باتوجه به نقشه کاربری اراضی و نقشه ۴-د مشاهده می‌شود از شمال، در اطراف مناطق شهری در طی دوره ۲۲ ساله کمی شاهد افزایش شوری آب زیرزمینی بوده‌ایم، مناطق شهری با افزایش جمعیت و توسعه زیرساخت‌ها، معمولاً با مشکلاتی نظیر آلودگی آب ناشی از فاضلاب‌های خانگی و صنعتی مواجه هستند. زباله‌ها و فاضلاب‌ها می‌توانند به منابع آب نزدیک شوند و باعث آلودگی آن‌ها شوند. علاوه براین‌ها می‌توان به افزایش جمعیت و مصرف بیش‌تر آب از آب زیرزمینی نیز اشاره کرد که موجب افزایش شوری آب گردیده است. همچنانی که باتوجه به نقشه کاربری اراضی در بخش قرمز رنگ مرکزی و جنوبی نیز بیش‌تر مناطق از کاربری زراعی برخوردار می‌باشند و در زمین‌های کشاورزی، استفاده از کودها و سموم شیمیایی به افزایش تولید محصولات کمک می‌کند، اما این مواد شیمیایی می‌توانند به آب‌های سطحی و زیرزمینی نفوذ کنند و به آلودگی آبخوان‌ها منجر شوند. این آلودگی می‌تواند شامل نیتروژن، فسفر و انواع سموم کشاورزی باشد . اما در بخش جنوبی دشت درست در جایی که زمین‌های لم یزرع و بدون پوشش گیاهی وجود دارند نیز ما شاهد مقدار زیاد شوری می‌باشیم، حال آن‌که هیچ زراعتی در این مناطق وجود ندارد، در مناطق لم یزرع یا بدون پوشش گیاهی، میزان شوری آب زیرزمینی معمولاً افزایش می‌یابد. یکی از دلایل اصلی این موضوع نبود پوشش گیاهی برای جذب و استفاده از آب باران یا رواناب‌های سطحی است؛ بنابراین، آب باران به راحتی در خاک نفوذ کرده و همراه با مواد محلول، از جمله نمک‌ها، به سفره‌های زیرزمینی منتقل می‌شود. علاوه بر این، نبود پوشش گیاهی باعث کاهش جذب رطوبت توسط ریشه‌ها و تبخیر مستقیم از سطح خاک می‌شود، که خود باعث افزایش تجمع نمک‌ها در لایه‌های بالایی خاک و در نهایت حرکت آن‌ها به سمت آب زیرزمینی می‌گردد. در شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک، این روند با تبخیر زیادتر و بارش کمتر تشدید شده و غلظت نمک در آب‌های زیرزمینی را بالا می‌برد.

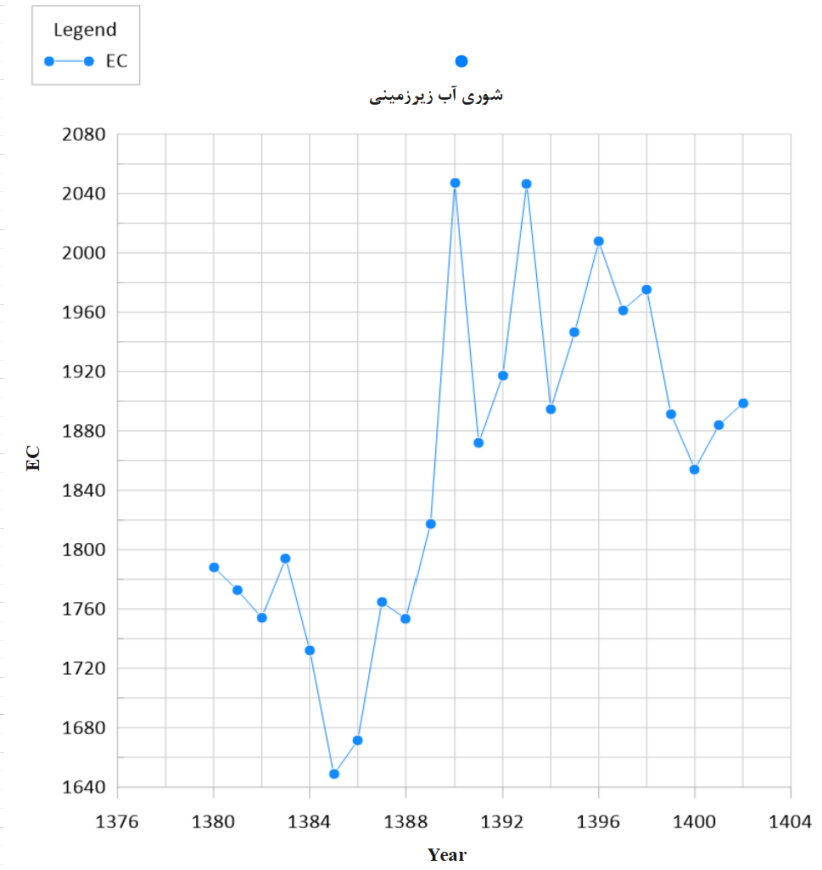
در مناطق بدون پوشش گیاهی، افزایش شوری آب‌های زیرزمینی به دلایل مختلف رخ می‌دهد. نبود گیاهان باعث افزایش تبخیر و تعرق مستقیم از سطح خاک می‌شود؛ در نتیجه، آب از خاک خارج می‌گردد اما املاح و نمک‌ها باقی می‌مانند و به‌تدریج به لایه‌های زیرین و سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ می‌کنند. این فرآیند به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک که نرخ تبخیر بالاست، تشدید می‌شود. همچنین بارش‌ها و رواناب‌ها در زمین‌های بدون پوشش گیاهی مستقیماً به خاک سطحی برخورد کرده و موجب شستشوی املاح سطحی و حرکت آن‌ها به عمق خاک و آب‌های زیرزمینی می‌شوند. گیاهان می‌توانند با تثبیت خاک سطحی از شستشوی این املاح جلوگیری کنند؛ اما در نبود آن‌ها، نمک‌ها و سایر املاح به‌راحتی به سمت آب‌های زیرزمینی حرکت می‌کنند. در زمین‌های کشاورزی بدون پوشش یا با مدیریت ضعیف آب نیز تجمع املاح بیشتر است. روش‌های آبیاری نامناسب و آبیاری بیش از حد می‌تواند موجب ورود بیش از حد نمک‌ها به سفره‌های زیرزمینی شود. در برخی مناطق، سفره‌های آب زیرزمینی شور و شیرین در نزدیکی هم قرار دارند؛

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

نبود گیاهان که از حرکت افقی آب و نمک‌ها جلوگیری کنند، موجب نفوذ املاح از سفره‌های شورتر به سفره‌های شیرین‌تر شده و شوری آب‌ها را افزایش می‌دهد. کاهش سطح ایستابی، ناشی از برداشت بی‌رویه یا کمبود بارش، نیز می‌تواند سبب شود که املاح از لایه‌های پایین‌تر به سمت سفره‌های آب زیرزمینی و لایه‌های نزدیک سطح خاک بالا بیایند. پوشش گیاهی با جلوگیری از کاهش سریع سطح ایستابی می‌تواند از افزایش شوری جلوگیری کند. در مجموع، مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی، شیمیایی و مدیریتی در زمین‌های بدون پوشش گیاهی به افزایش شوری آب زیرزمینی کمک می‌کنند و کیفیت آن را برای مصارف مختلف کاهش می‌دهند.

برای این منظور اطلاعات برداشت شده از چاه‌های اندازه‌گیری کیفیت آب زیرزمینی قزوین از اداره آب منطقه‌ای قزوین دریافت گردید و برای بازه ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲ نمودار این تغییرات به صورت میانگین‌گیری برای هرسال با کمک نرم‌افزار اکسل ترسیم گردید(شکل۴-الف).

همچنین با کمک نرم‌افزار آرک‌مپ یک نقشه‌پهنه‌بندی هم برای تغییرات هدایت الکتریکی دوره مورد بررسی با تفاضل‌گیری از مقادیر هدایت الکتریکی سال آخر دوره و سال ابتدایی دوره و درون یابی تهیه گردید(شکل۴-ب).



شکل۴-الف- نمودار تغییرات هدایت الکتریکی ۱۳۸۰-۱۴۰۲- دشت قزوین

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

۱.۴.۳.تحلیل روند تغییرات

تحلیل دقیق‌تر تغییرات شوری و تراز آب زیرزمینی در دشت قزوین، با توجه به نکات پیچیده‌ای که در مسائل آب زیرزمینی وجود دارد، به درک عمیق‌تر از تأثیرات کشاورزی و رفتار زهاب‌های کشاورزی بر کیفیت آب کمک می‌کند. برای تحلیل این پدیده، ابتدا به توضیح چند مکانیسم مهم در ارتباط بین کاهش و افزایش تراز آب زیرزمینی و تغییرات شوری پرداخته و سپس تحلیل بازه به بازه را ارائه می‌کنیم.

افزایش کشاورزی و ورود زهاب‌های حاوی نمک و کود به خاک: هنگامی که تراز آب زیرزمینی پایین می‌آید، ممکن است تماس آب زیرزمینی با نمک‌های انباشته در لایه‌های بالایی خاک کمتر شود و شوری کاهش یابد. با افزایش تراز، این آب می‌تواند با این لایه‌ها تماس پیدا کند و شوری را افزایش دهد.

پدیده شورکشی: با کاهش تراز آب زیرزمینی، تمرکز نمک‌ها ممکن است افزایش یابد زیرا میزان آب برای حل کردن این نمک‌ها کاهش یافته است. این پدیده می‌تواند توضیح‌دهنده افزایش شوری در برخی مناطق با کاهش تراز باشد.

نفوذ زهاب‌های کشاورزی: آب آبیاری و زهاب‌های حاصل از کشاورزی که حاوی نمک‌ها و کودهای شیمیایی هستند می‌توانند با ورود به لایه‌های بالایی خاک و سپس نفوذ به آب زیرزمینی، شوری را افزایش دهند.

دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴: در این بازه، تراز آب زیرزمینی روندی کاهشی دارد و شوری نیز به تدریج کاهش می‌یابد. این وضعیت می‌تواند به کاهش تماس آب زیرزمینی با لایه‌های نمک‌دار و زهاب‌های کشاورزی اشاره داشته باشد. این دوره می‌تواند نشان‌دهنده کم شدن منابع آب و کاهش تماس با منابع نمکی انباشته در خاک باشد.

دوره ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹: در این بازه زمانی، تراز آب زیرزمینی همچنان روند کاهشی دارد و شوری در ابتدا کاهش یافته و سپس به تدریج افزایش می‌یابد. این افزایش مجدد شوری می‌تواند ناشی از افزایش برداشت‌ها و کاهش بیشتر تراز باشد که منجر به شورکشی و افزایش غلظت نمک‌ها در آب زیرزمینی می‌شود. همچنین، فعالیت‌های کشاورزی در این دوره می‌توانند باعث افزایش شوری شوند.

پیک شوری در سال ۱۳۹۰ :در این سال یک جهش قابل توجه در EC دیده می‌شود و مقدار EC به حدود ۲۰۴۷ می‌رسد که بالاترین مقدار در نمودار است. اما این پیک افزایش شوری در سال ۱۳۹۰ یا ۲۰۱۱ میلادی به علت آن است که در سال ۲۰۱۰ یا ۱۳۸۹-۱۳۹۰ میلادی شروع خشک‌سالی ناگهانی و شدیدی است که قبل‌تر به آن پرداختیم، رخ داده است. در سال‌های قبل از خشک‌سالی، برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و زهاب‌های کشاورزی و صنعتی موجب افزایش شوری و تجمع نمک درلایه‌های ساختار خاک شده بود. همانطور که در تحلیل نمودار تغییرات تراز آب هم اشاره شد که روند نزولی تراز آب با روندی متوسط رخ داده است. اما در بازه سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ بارندگی افزایش یافته و نمک‌های ذخیره شده در لایه‌های خاک را شسته و به آب زیرزمینی انتقال داده است و علت این پیک افزایش شوری در سال ۱۳۹۰ نیز به احتمال زیاد همین می‌باشد، علاوه بر آن‌که زراعت بی رویه نیز مزید بر علت می‌باشد. کاهش بارش

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

در زمان خشک‌سالی به معنای ورودی کم‌تر آب شیرین به سفره‌های آب زیرزمینی است و این کاهش ورودی آب باعث می‌شود که شوری طبیعی آب‌ها، به ویژه در مناطق نیمه‌خشک و خشک، بیش‌تر نمایان شود. همچنین، با کاهش بارش، مقدار آب کم‌تری برای رقیق‌سازی نمک‌ها در آب‌های زیرزمینی وجود دارد که این موضوع سبب افزایش غلظت نمک‌ها و در نتیجه شوری آب می‌شود. در دوره‌های خشک‌سالی، کشاورزان و کاربران دیگر به دلیل کمبود آب سطحی، بیش‌تر به استخراج آب از منابع زیرزمینی متکی می‌شوند که این امر می‌تواند منجر به کاهش سطح آب زیرزمینی و افزایش غلظت نمک‌ها گردد. در زمان‌های کم‌آبی، به دلیل تبخیر بالای آب از سطح خاک، نمک‌ها به سطح آمده و در نهایت آب زیرزمینی را شورتر می‌کنند. این عوامل به‌طور جمعی سبب می‌شوند که خشک‌سالی نه تنها بر کمیت آب تأثیر بگذارد، بلکه کیفیت آن را نیز به شدت تحت تأثیر قرار دهد. در بررسی روند تغییرات شوری آب از سال ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲، در دوره اول نوسانات جزئی دیده می‌شود. سپس در سال ۱۳۹۰ یک پیک قابل توجه مشاهده می‌شود .

دوره ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳: این دوره با یک جهش در شوری (سال ۱۳۹۰) و افزایش تراز آب زیرزمینی همراه است. افزایش تراز ممکن است باعث تماس بیشتر آب با لایه‌های نمک‌دار شده باشد و شوری را به اوج خود برساند. پس از این افزایش، تراز آب کاهش یافته و شوری نیز کاهش می‌یابد. این الگوی نوسانی نشان می‌دهد که وقتی تراز افزایش یافته و به منابع نمکی تماس پیدا می‌کند، شوری افزایش می‌یابد و با کاهش تراز، تماس کمتر و شوری کاهش می‌یابد.

دوره ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹: در این بازه، تراز آب زیرزمینی کاهش می‌یابد و شوری با نوساناتی همراه است. شوری در سال ۱۳۹۶ به بالاترین مقدار خود می‌رسد و سپس کاهش می‌یابد. این وضعیت می‌تواند ناشی از افزایش برداشت‌ها و کاهش منابع آب باشد که منجر به غلیظ‌تر شدن آب و افزایش شوری شده است. همچنین، دوره‌هایی از شورکشی می‌تواند این الگو را توضیح دهد.

دوره ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲: تراز آب زیرزمینی در این دوره به پایین‌ترین مقدار خود می‌رسد و شوری به طور نسبی افزایش می‌یابد. این نشان می‌دهد که با کاهش تراز و کاهش میزان آب موجود، غلظت نمک‌ها افزایش یافته و شوری بالاتر می‌رود. در این دوره، تأثیرات کشاورزی و زهاب‌های آن می‌تواند به صورت تدریجی باعث افزایش شوری شده باشد.

۴. راه‌کارهای مدیریتی پیشنهادی

کنترل افت تراز و افزایش شوری آب‌های زیرزمینی در دشت قزوین مستلزم اجرای راهکارهای علمی و اصولی در مدیریت منابع آب و کاربری زمین است. بهبود روش‌های آبیاری و مدیریت مصرف آب کشاورزی، مانند استفاده از آبیاری تحت‌فشار از جمله روش‌های قطره‌ای و بارانی، استفاده از آبیاری هوشمند[1] می‌تواند مصرف آب را کاهش دهد و از ورود املاح اضافی به آب‌های زیرزمینی جلوگیری کند. همچنین، استفاده از آب‌های کم‌شور در آبیاری قطره‌ای می‌تواند میزان شوری را موقتاً کاهش دهد. احیای پوشش گیاهی و کشاورزی حفاظتی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. کاشت گیاهان مقاوم به شوری که تحمل بالاتری به

[1] Smart Irrigation

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

شرایط خشک دارند و کشت گیاهان پوششی در فصل‌های غیرکشت، به کاهش شوری کمک می‌کند. افزایش استفاده از آب‌های سطحی، در صورت وجود، به جای منابع آب زیرزمینی از دیگر راهکارهای کلیدی است. توسعه سدها و مخازن ذخیره آب سطحی برای ذخیره آب باران و رواناب‌ها، و استفاده از پساب تصفیه‌شده برای مصارف صنعتی و فضای سبز، فشار بر منابع آب زیرزمینی را کاهش می‌دهد.

مدیریت و کنترل برداشت آب زیرزمینی نیز نقش مهمی در حفظ تراز آب دارد. نصب کنتورهای هوشمند برای نظارت بر برداشت از چاه‌ها و تعیین سهمیه‌های برداشت سالانه، همراه با اعمال جریمه برای تجاوز از سهمیه، می‌تواند برداشت بی‌رویه را کاهش دهد. اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی نیز با ساخت استخرهای تغذیه‌ای و جمع‌آوری رواناب‌ها یا تزریق مستقیم آب به چاه‌های عمیق، سطح ایستابی را افزایش داده و ذخایر زیرزمینی را تجدید می‌کند. به‌کارگیری تکنیک‌های مدیریت شوری خاک، مانند استفاده از مواد اصلاح‌کننده همچون کودهای آلی و گچ، می‌تواند خاک را برای رشد گیاهان مناسب‌تر کرده و از تجمع املاح جلوگیری کند. همچنین، شستشوی خاک در مواقعی که تجمع نمک زیاد است، به کاهش شوری کمک می‌کند. پایش و مدل‌سازی دوره‌ای منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی، تغییرات تراز و شوری را شبیه‌سازی کرده و به برنامه‌ریزی بهتر کمک می‌کند. پایش مداوم کیفیت و تراز آب زیرزمینی و نصب سیستم‌های سنجش آنلاین نیز به ارزیابی کیفیت آب و بررسی اثرات اقدامات مدیریتی کمک می‌کند. اجرای یکپارچه و منظم این راهکارها می‌تواند افت تراز آب و شوری آب‌های زیرزمینی در دشت قزوین را کنترل کرده و به پایداری منابع آب برای نسل‌های آینده کمک کند.

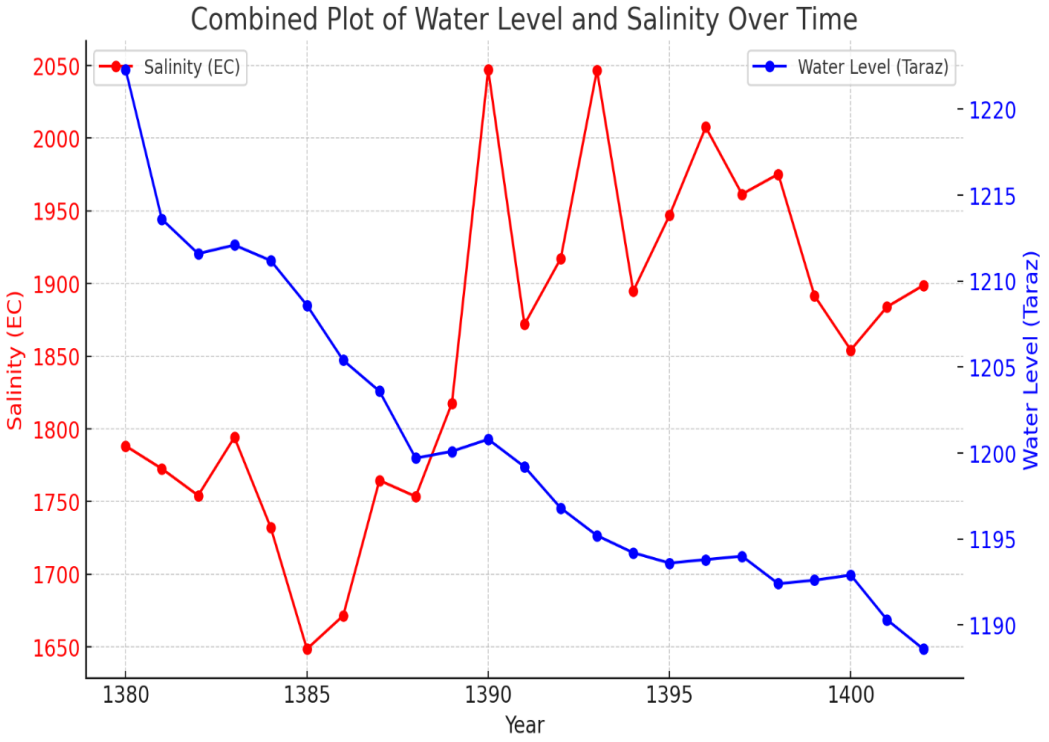
۵- نتیجه‌گیری

بررسی اثرات افت تراز آب بر تغییرات شوری دشت قزوین نشان داد که کاهش سطح آب زیرزمینی باعث افزایش شوری در آب و خاک منطقه می‌شود، ولی نه در تمام شرایط و این موضوع عمومیت ندارد و حتی گاهاً برعکس می‌باشد. افت تراز آب، باعث کاهش نفوذ آب شیرین به منابع زیرزمینی می‌شود و شرایطی ایجاد می‌کند که املاح و نمک‌های موجود در خاک بیش‌تر تجمع یابند. این امر به‌خصوص در مناطقی با کشاورزی متمرکز و برداشت بیش از حد آب زیرزمینی شدیدتر است و شوری خاک و آب در این مناطق بیش‌تر مشاهده می‌شود. همچنان که در باتوجه به نقشه کاربری اراضی متوجه می‌شویم که گاهاً این افت تراز و یا حتی افزایش شوری به دلیل نزدیکی به مناطق شهری می‌باشد، مناطق شهری که بدون فضای سبز و یا باغ در اطراف آن‌ها می‌باشند دارای کیفیت اب زیرزمینی نامناسبی از نظر شوری به دلیل ورود فاضلاب‌های بهداشتی، شهری و صنعتی به داخل سفره آب زیرزمینی می باشند. افزایش شوری باعث کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌شود و این مسئله اثرات منفی بر کشاورزی و اکوسیستم طبیعی دشت قزوین خواهد داشت. بنابراین، لازم است اقدامات مدیریت آب و حفاظت منابع به‌طور جدی‌تری در این منطقه دنبال شود تا علاوه بر کاهش شوری، بتوان از منابع آبی به‌صورت پایدار بهره‌برداری کرد.

برای درک بهتر رابطه میان شوری و تراز آب زیرزمینی در شکل ۴-ب نمودار ترکیب تغییرات تراز آب زیرزمینی و تغییرات شوری آب زیرزمینی در دوره ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲ نمایش داده شده است، قابل ملاحظه

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

است که این عمومیت وجود دارد که با افزایش افت سطح آب زیرزمینی در اکثر مناطق دشت قزوین میزان شوری نیز افزایش می‌یابد و همچنین که در مناطقی که فعالیت‌های صنعتی و شهری وجود دارند به دلیل مصرف آب‌زیرزمینی و سپس پساب حاصل از این فعالیت‌ها موجبات شوری بیش‌تر آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌سازند.



شکل۴-ب- ارزیابی توامان نمودارهای شوری و تراز سطح آب زیرزمینی[1]- دشت قزوین(۱۴۰۲-۱۳۸۰)

این روند نشان می‌دهد کاهش تراز آب زیرزمینی با اندکی فاصله زمانی باعث افزایش میزان شوری آب زیرزمینی به سبب برداشت‌های بی‌ورویه و عدم مهلت به آبخوان برای ترمیم خود، می‌شود. افت تراز آب زیرزمینی می‌تواند منجر به افزایش میزان شوری در آب زیرزمینی به دلایل مختلفی شود. یکی از عوامل محتمل، نفوذ آب‌های شور از لایه‌های زیرین یا مناطق مجاور است. با کاهش سطح آب زیرزمینی، فشار هیدرواستاتیک[2] در سازندهای آبی کاهش می‌یابد و این امر می‌تواند موجب حرکت آب‌های شور به سمت ناحیه‌های آب شیرین شود و در نتیجه ترکیب آب شور با آب زیرزمینی افزایش یابد، همچنین که در شرایط خاص افزایش سطح آب زیرزمینی نیز می‌تواند به دلیل شستشوی نمک‌های موجود در لایه‌های بالای خاک موجب شور شدن آب زیرزمینی شود، علاوه بر این، افت تراز آب زیرزمینی می‌تواند منجر به تبخیر بیش‌تر

---

[1] **شوی آب زیرزمینی برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر و تراز سطح آب زیرزمینی برحسب متر**

[2] فشار هیدرواستاتیکی به فشار ناشی از وزن آب در یک ستون آب گفته می‌شود و به عمق و چگالی آب بستگی دارد

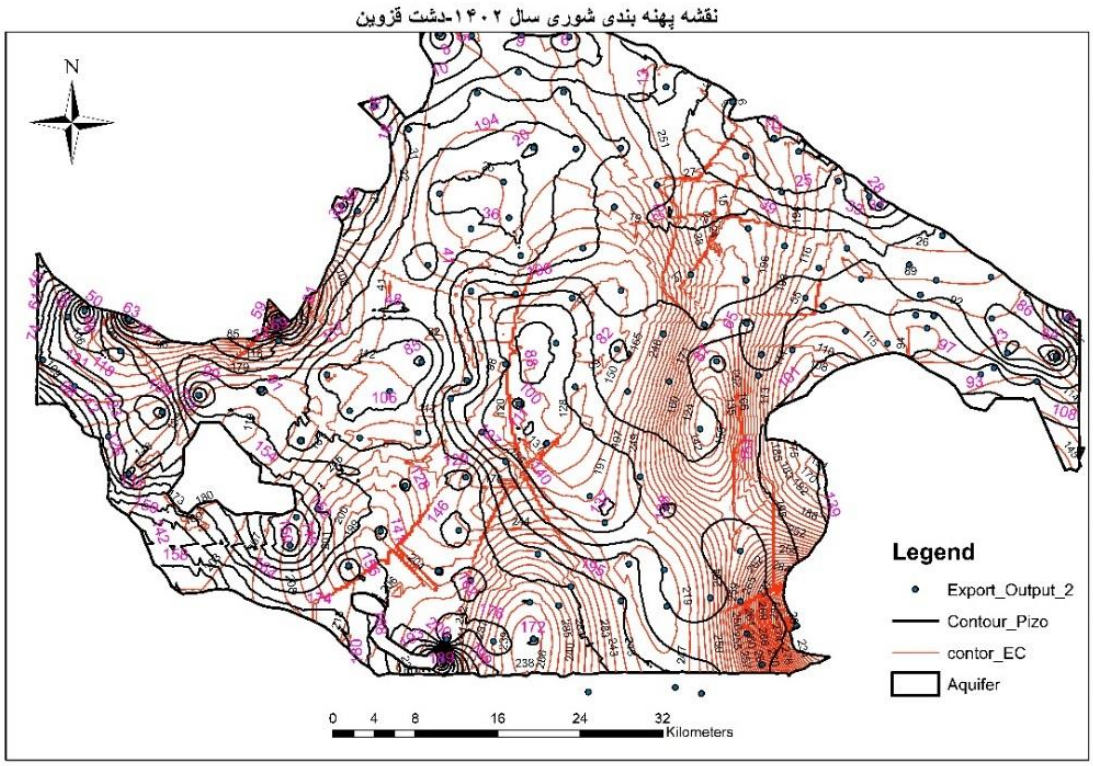
University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources

آب و تجمع املاح در خاک و آب زیرزمینی شود. در مناطقی که تبخیر بالا است، نمک‌ها و املاح از سطح خاک به شکل کانی‌های محلول در آب زیرزمینی وارد می‌شوند. با کاهش آب، غلظت املاح افزایش یافته و شوری آب زیرزمینی بیش‌تر می‌شود. در شرایطی که تراز آب زیرزمینی افت می‌کند، کشاورزان و صنایع برای جبران کمبود آب به برداشت بیش‌تر از منابع آب زیرزمینی روی می‌آورند. این افزایش برداشت می‌تواند به افت بیش‌تر تراز آب و در نتیجه ترکیب بیش‌تر آب شیرین با آب شور و املاح منجر شود، که در نهایت منجر به افزایش شوری آب زیرزمینی خواهد شد. علاوه بر این، افت تراز آب زیرزمینی می‌تواند به کاهش فشار هیدرواستاتیک در لایه‌های مختلف زمین منجر شود. این وضعیت می‌تواند موجب برهم‌خوردن توازن هیدرولیکی بین آب‌های شیرین و شور گردد و باعث شود که آب‌های شور به نواحی آب شیرین نفوذ کنند و اختلاط آب‌ها منجر به افزایش شوری آب زیرزمینی شود. حرکت عمودی آب و یا جابه‌جایی لایه‌های آب نیز می‌تواند یکی دیگر از اثرات افت تراز آب زیرزمینی باشد. در برخی نواحی، این تغییرات می‌تواند موجب جابه‌جایی آب شور به سمت مناطق آب شیرین شود. شرایط زمین‌شناسی و نوع سنگ‌ها و خاک‌ها نیز در افزایش شوری آب زیرزمینی تأثیرگذار است. سنگ‌های حاوی نمک می‌توانند در اثر آب زیرزمینی که کاهش یافته و غلظت نمک‌ها افزایش یافته، نسبت به قبل بیشتر در آب حل شوند. به طور کلی، افت تراز آب زیرزمینی به دلیل عوامل مختلفی از جمله نفوذ آب‌های شور، تجمع املاح، برداشت بیشتر، کاهش فشار هیدرواستاتیک و تغییرات زمین‌شناسی می‌تواند باعث افزایش شوری آب‌های زیرزمینی شود. این وضعیت تأثیرات قابل توجهی بر کیفیت آب و قابلیت استفاده از منابع آب زیرزمینی دارد و در نهایت نیاز به مدیریت دقیق منابع آب را افزایش می‌دهد.

پژوهش حاضر نشان‌دهنده اهمیت پایش و ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در دشت قزوین به دلیل چالش‌های موجود در زمینه شوری و افت سطح آب است. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های انجام شده بر روی داده‌های مربوط به شوری آب و سطح تراز آب زیرزمینی، اطلاعات ارزشمندی را درباره تأثیرات فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی و صنعتی، بر منابع آب زیرزمینی ارائه می‌دهد. این نتایج با یافته‌های دیگر مطالعات مشابه، مانند تحقیق دانگ و همکاران (۲۰۱۹)، هم‌راستاست که نشان می‌دهد تغییرات سطح آب و کیفیت آن در نواحی کشاورزی، تأثیرات قابل توجهی بر پایداری منابع آب دارد. در این مطالعه، استنتاج شد که برداشت‌های بیش از حد و تغییرات کاربری اراضی می‌توانند منجر به افزایش شوری و افت کیفیت آب زیرزمینی شوند. بنابراین، نتایج این پژوهش نه تنها به درک بهتر روندهای تغییر کیفیت آب در دشت قزوین کمک می‌کند، بلکه از اهمیت بالایی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع آب برخوردار است. در نتیجه، برای مقابله با چالش‌های موجود و بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های مدیریت آب به‌گونه‌ای طراحی شوند که شامل مدیریت بهینه برداشت آب، کنترل توسعه صنعتی و کشاورزی و حفظ اکوسیستم‌های طبیعی باشند. دستیابی به این هدف‌ها نیازمند همکاری میان نهادهای دولتی، محققان و جامعه محلی است تا منابع آب زیرزمینی حفظ و ارتقاء یابند. با توجه به روندهای آشکارشده در این پژوهش، توجه به مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی به عنوان یک اولویت اساسی در

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

دشت قزوین مورد تأکید است. برای دریافت بیش‌تر این رابطه بین افت تراز و شوری آب زیرزمینی در شکل۵ خطوط هم‌تراز تغییرات شوری آب زیرزمینی در بازه ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲ و تغییرات سطح آب زیرزمینی در همین بازه روی یکدیگر انداخته شده‌اند تا با بررسی آن و کمک از نقشه کاربری اراضی به این ارتباط بیش‌تر و دقیق‌تر پی ببریم.



شکل۵- خطوط هم‌تراز تغییرات شوری آب و تغییرات سطح آب زیرزمینی در بازه ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۲- دشت قزوین

برای بررسی دقیق‌تر ارتباط بین تراز آب زیرزمینی و شوری در این شکل، به چند نکته مهم توجه می‌کنیم. ابتدا باید به مقادیر خاص در مناطق مختلف نگاه کرده و ارتباط آن‌ها را با تغییرات تراز آب و شوری سنجیده‌شود.

بررسی نواحی با تراز آب بالا و شوری بالا : در مناطق جنوبی و جنوب شرقی نقشه، تراز آب بالایی (مثلاً بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ متر) با شوری نسبتاً بالایی دیده می‌شود. در این نواحی خطوط کنتور شوری به هم نزدیک هستند و مقادیر EC (هدایت الکتریکی) نیز بالا است (عددهایی مانند ۲۳۸ و ۱۷۲) این موضوع نشان‌دهنده آن است که این نواحی، با وجود تراز آب بالا، به شدت تحت تأثیر شوری قرار دارند. دلیل این امر ممکن است به خاطر وجود منابع آب شور در نزدیکی سطح یا تماس بیش‌تر با خاک‌های شور باشد، و یا شسته

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

شدن نمک‌های لایه‌های خاک، ناشی از فعالیت‌های انسانی، توسط این تراز بالا باشد. در این حالت، آب زیرزمینی با غلظت بالای نمک روبرو می‌شود و این می‌تواند به شوری بیش‌تر آب منجر شود.

نواحی با افت تراز آب و افزایش شوری: در بخش‌های مرکزی و غربی نقشه، خطوط کنتور تراز آب و شوری به شدت به هم نزدیک شده‌اند، که نشان‌دهنده تغییرات سریع و نوسانات تراز آب در این مناطق است. مقادیر تراز آب در این نواحی پایین‌تر از قسمت‌های جنوبی است (مقادیر حدود ۱۰۶ و ۱۰۸) و همزمان شوری نیز زیاد است. در این نواحی، کاهش تراز آب به دلیل استخراج زیاد(زراعت بی‌رویه) یا کاهش منابع ورودی می‌تواند باعث افزایش غلظت نمک شود. به این معنی که وقتی سطح آب کاهش می‌یابد، همان‌طور که از نقشه تغییرات اراضی مشخص می‌شود این مناطق با بیش‌ترین کشت و زراعت می‌باشند که در این موضوع دخیل می‌باشد، غلظت مواد محلول (شامل نمک) در اثر کاهش سطح آب، افزایش می‌یابد و شوری نیز بیش‌تر می‌شود. این اثر با نام تغلیظ نمک[1] شناخته می‌شود. نواحی با تراز آب نسبتاً بالا و شوری پایین : در مناطق شمالی و شمال‌شرقی نقشه، تراز آب نسبتاً بالاست و خطوط هم‌تراز با فاصله بیش‌تری از یک‌دیگر قرار دارند (مانند اعداد ۲۵، ۳۶، ۶۳). در این نواحی، شوری پایین‌تر از دیگر بخش‌هاست (مقادیر شوری زیر ۵۰). این وضعیت نشان می‌دهد که احتمالاً در این نواحی، آب زیرزمینی به نسبت خالص‌تر و کم‌تر شور است. ممکن است که در این بخش‌ها، آب از منابع شیرین (مثل رودخانه‌ها یا مناطق با نفوذ بیش‌تر باران) تأمین شود، که با توجه به نقشه توپوگرافی قزوین این مناطق دارای کوهستان‌های پر بارش می‌باشد، که منجر به کاهش شوری در این مناطق می‌شود. تراکم خطوط کنتور شوری و همبستگی آن با تراز آب : هر جا که خطوط کنتور شوری به شدت فشرده شده‌اند (مثلاً در نواحی مرکزی و جنوب‌شرقی)، تراز آب نیز تغییرات شدیدی دارد. این تراکم نشان‌دهنده تغییرات سریع در هدایت الکتریکی است که می‌تواند به دلیل افزایش نمک‌های محلول در آب باشد. همچنین، این مناطق ممکن است به شدت تحت تأثیر فرسایش خاک‌های شور و یا منابع آب شور زیرزمینی باشند. به عبارت دیگر، شوری بالا در این مناطق احتمالاً نشانه نفوذ آب‌های شور از طریق لایه‌های زمین است.

تحلیل روند کلی نقشه : به طور کلی، روند نقشه نشان می‌دهد که در نواحی جنوبی و مرکزی با کاهش تراز آب، شوری افزایش می‌یابد. ، مناطق شمالی با تراز آب ثابت‌تر و شوری کم‌تر نشان می‌دهند که نفوذ آب‌های شیرین و احتمالاً تبادل کم‌تر با منابع آب شور باعث شده تا شوری در این مناطق پایین بماند

در جمع‌بندی نهایی با توجه به نقشه، می‌توان نتیجه گرفت که هر جا تراز آب کاهش می‌یابد و تراکم خطوط شوری بیش‌تر است، احتمال افزایش شوری به دلیل تغلیظ نمک و ورود آب شور بالاست. در مقابل، در نواحی با تراز آب پایدار و شوری پایین، منابع آب شیرین به طور مداوم تغذیه‌کننده آب زیرزمینی هستند.

[1] Salt Concentration

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources

۶.قدردانی

در نهایت صمیمانه از جناب آقای دکتر جواد فرهودی، استاد گروه مهندسی آبیاری و ابادانی دانشگاه تهران، تشکر و قدردانی می گردد.

۷. مراجع و منابع

Chen, Q., Shen, Y., Chen, W., Zhang, X., & Hsu, H. (2016). An improved GRACE monthly gravity field solution by modeling the non-conservative acceleration and attitude observation errors. Journal of Geodesy, 90, 503-523.

Choi, W., Galasinski, U., Cho, S. J., & Hwang, C. S. (2012). A spatiotemporal analysis of groundwater level changes in relation to urban growth and groundwater recharge potential for Waukesha County, Wisconsin. *Geographical Analysis*, *44*(3), 219-234.

Clemens, M., Khurelbaatar, G., Merz, R., Siebert, C., van Afferden, M., & Rödiger, T. (2020). Groundwater protection under water scarcity; from regional risk assessment to local wastewater treatment solutions in Jordan. Science of the Total Environment, 706, 136066.

Dong, Y., Jiang, C., Suri, M. R., Pee, D., Meng, L., & Goldstein, R. E. R. (2019). Groundwater level changes with a focus on agricultural areas in the Mid-Atlantic region of the United States, 2002–2016. *Environmental research*, *171*, 193-203.

Fakhar, M., & Kaviani, A. (2024). Evaluation and Monitoring of Drought in Qazvin Plain Using MODIS Based Indicators in Google Earth Engine. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 17(6), 1089-1103.

Garg, K. K., Anantha, K. H., Nune, R., Akuraju, V. R., Singh, P., Gumma, M. K., ... & Ragab, R. (2020). Impact of land use changes and management practices on groundwater resources in Kolar district, Southern India. Journal of Hydrology: Regional Studies, 31, 100732.

Janbaz Fotamy, M., Kholghi, M., Abdeh Kolahchi, A., & Roostaei, M. (2023). The Performance of the Evidence Weighting in GIS for Determining the Effective Factors on the Land Subsidence in Qazvin Plain. Iran-Water Resources Research, 19(3), 118-135.

Li, M., Zheng, Z., Niu, C., Quan, L., Liu, C., Li, X., ... & Hu, C. (2024). Prediction of water level at Huayuankou station based on rating curve. Scientific Reports, 14(1), 20890.

Moghaddam, N. (2024). Managing water resources to mitigate drought impacts due to climate change in the United States with a focus on the state of California. *Iran-Water Resources Research*, *20*(2), 194-217. doi: 10.22034/iwrr.2024.448106.2748

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

Moiwo, J. P., Tao, F., & Lu, W. (2013). Analysis of satellite-based and in situ hydro-climatic data depicts water storage depletion in North China Region. Hydrological Processes, 27(7), 1011-1020.

Mishra, N., & Kumar, S. (2015, December). Impact of land use change on groundwater recharge in Haridwar District. In *20th international conference on hydraulics, water resources and river engineering*.

Pour, H. V., Sayari, M., Bayat, N., & Forutan, F. (2014). Qualitative and quantitative evaluation of groundwater in Isfahan Najaf Abad Study Area. Middle East Appl. Sci. Technol.(JMEAST), 16, 523-530.

Ramillien, G., Famiglietti, J. S., & Wahr, J. (2008). Detection of continental hydrology and glaciology signals from GRACE: a review. Surveys in Geophysics, 29, 361-374.

Rafei Sharifabad, J., Nohegar, A., Zehtabian, G., Khosravi, H., & Gholami, H. (2017). An assessment of the impacts of land-use changes on groundwater quality in Yazd-Ardakan plain. Geography (Regional Planning), 6(25), 189-199.

Rezaee, R., Qodusi, J., Hasani, A., Arjmandi, R., & Vafaeinejad, A. (2021). Classification and Assessment of the land use changes using Landsat satellite imagery (Case Study: Qazvin plan's Aquifer). Geographic Space, 20(72), 185-204.

Suciu, N., Farolfi, C., Marsala, R. Z., Russo, E., De Crema, M., Peroncini, E., ... & Capri, E. (2020). Evaluation of groundwater contamination sources by plant protection products in hilly vineyards of Northern Italy. Science of the Total Environment, 749, 141495.

Tahoora Sheikhy Narany, T. S. N., Ahmad Zaharin Aris, A. Z. A., Anuar Sefie, A. S., & Saskia Keesstra, S. K. (2017). Detecting and predicting the impact of land use changes on groundwater quality, a case study in Northern Kelantan, Malaysia.

Tam, V. T., and Nga, T. T. V. (2018). Assessment of urbanization impact on groundwater resources in Hanoi, Vietnam. Journal of environmental management, 227, 107-116.

Wang, S., Liu, H., Yu, Y., Zhao, W., Yang, Q., & Liu, J. (2020). Evaluation of groundwater sustainability in the arid Hexi Corridor of Northwestern China, using GRACE, GLDAS and measured groundwater data products. Science of the Total Environment, 705, 135829.

Yari, R., & Kochakzadeh, M. (2008). Comparison of geostatistical methods for predicting the spatial distribution of groundwater salinity. In Proceedings of the Third Conference on Water Resources Management, Tabriz. https://civilica.com/doc/50202/.

Yazdanpanah, A., Akbari, M., & Bahramian, K. (2018). Investigation of temporal-spatial changes in quantitative and qualitative parameters of groundwater using geostatistical methods in the Mashhad plain. Journal of Water and Soil Conservation, 6(20), 1-12.

Zeinali, B., Faridpour, M., & Asghari, S. S. (2017). Investigate the effect meteorological and hydrological drought on groundwater quantity and quality (Case study: Marand Plain).

University of Tehran
نشریه علمی ترویجی آبخوان
JOURNAL OF AQUIFER
Scientific-promotional journal
Karaj, IRAN
www.abkhansj.ut.ac.ir
University of Tehran College of Agriculture and Natural Resources
نشریه علمی ترویجی (حرفه‌ای) آبخوان

Zalidis, G., Stamatiadis, S., Takavakoglou, V., Eskridge, K., & Misopolinos, N. (2002). Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. Agriculture, Ecosystems & Environment, 88(2), 137-146.