



Factors Affecting the Groundwater Drawdown in Mehran Plain, Ilam Province

Tahereh Zamani¹, Haji Karimi^{2*}, Mohsen Tavakoli³, Sadegh Alimoradi⁴

Abstract

Groundwater resources management has a special importance in the arid and semi-arid regions. Natural and anthropogenic factors caused critical condition and groundwater drawdown in recent decades all over the country including Mehran plain, Ilam province. The purpose of this study was to investigate the factors influencing the decline of water table in the Mehran Plain. To this end, the water levels of 23 wells were used in the area over a period of 20 years (1995-2015). After analyzing the data using ArcGIS software through Ordinary Kriging method, water table drawdown map was prepared. The groundwater unit hydrograph was obtained for the plain. The results showed that the groundwater levels decreased in the area. The Iso-drawdown map also showed that water level of the aquifer decreased between 1 to 32 meters in different parts of the plain and the district with more decline of water table coincided with the area in which the pumping wells had been concentrated. Groundwater Hydrograph also showed that the water table was dropped 16.2 meters during 18 years at a rate of 90 cm per year. The increase of groundwater exploitation and the impact of successive droughts and consequently the decrease in aquifer recharge were the main factors affecting groundwater drawdown in Mehran Plain.

Keywords: Ilam Province, Groundwater Drawdown, Overexploitation, Mehran Plain, Hydrograph

Received: 2016/06/27
Accepted: 2016/11/02

عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی دشت مهران، استان ایلام

طاهره زمانی^۱، حاجی کریمی^{۲*}، محسن توکلی^۳، صادق علی مرادی^۴

چکیده

مدیریت منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی، در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت خاصی برخوردار است. عوامل مختلف طبیعی و انسانی در چند دهه اخیر باعث ایجاد شرایط بحرانی و افت سطح آب‌های زیرزمینی در بیشتر مناطق کشور از جمله دشت مهران استان ایلام شده است. هدف از این مطالعه بررسی عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی در دشت مهران است. برای این منظور، از آمار سطح آب ۲۳ حلقه پیزومتر موجود در منطقه طی یک دوره ۲۰ ساله (۹۴-۱۳۷۴) استفاده شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS با روش Kriging Ordinary (کریجینگ معمولی)، نقشه‌ی هم‌افت برای منطقه ترسیم شد. هیدروگراف واحد آب زیرزمینی نیز برای محدوده دشت به دست آمد. نتایج نشان داد که سطح آب زیرزمینی در منطقه کاهش داشته است. نقشه‌ی هم‌افت بیانگر این بود که بخش‌های مختلف دشت اقی بین ۱ تا ۳۲ متر داشته‌اند و مناطق با افت بیشتر منطبق بر منطقه‌ی تمرکز چاه‌های بهره‌برداری است. هیدروگراف تراز آب زیرزمینی نیز نشان داد که در طی ۱۸ سال به میزان ۱۶/۲ متر یعنی به طور متوسط هر ساله ۹۰ سانتیمتر سطح آب کاهش یافته است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی در دشت مهران افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری (برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی) و تأثیر خشک‌سالی‌های متوالی و در نتیجه کاهش تغذیه آبخوان تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: استان ایلام، افت آب زیرزمینی، برداشت بی‌رویه، دشت مهران، هیدروگراف

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۰۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۲

1-M.Sc. of combat to desertification, Ilam University, Ilam, Iran.
2-Associate professor, Ilam University, Ilam, Iran.
3-Assistant professor, Ilam University, Ilam, Iran.
4-Ilam Water Organizations
*- Corresponding Author: E-mail: h.karimi@mail.ilam.ac.ir

۱- کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۴- کارشناس ارشد سازمان آب منطقه‌ای ایلام

* _ نویسنده مسئول

مقدمه

آب‌های زیرزمینی از مهم‌ترین منابع طبیعی در جهان است که بیشترین نقش را در تأمین آب شرب به عهده دارد. آب زیرزمینی بعد از یخچال‌ها، بزرگ‌ترین ذخیره آب شیرین محسوب می‌شود. قابل توجه است که آب زیرزمینی فقط ۶ درصد آب‌های موجود کره زمین را تشکیل می‌دهد، حال آن‌که این حجم بسیار ناچیز، ۹۸٪ آب شیرین قابل استفاده بشر را تأمین می‌کند (توده، ۲۰۰۵). علاوه بر افت شدید سطح آب در آبخوان‌ها، فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری، آلاینده‌های مختلفی را به سفره آب زیرزمینی تحمیل می‌کنند (تاکی و خیاط خلقی، ۱۳۸۴). آبخوان‌ها به دلیل افت تراز آبی، کاهش کیفیت، تأثیرپذیری از تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی و تغییر نظام بارش و رخداد خشک‌سالی‌های ممتد و متوالی، از چالش‌های مهم توسعه هستند (وارد، ۱۹۹۵). افزایش جمعیت و افزایش بهره‌برداری از این منابع باعث کاهش کمیت آبخوان‌ها به‌خصوص در مناطق خشک شده است که این مسئله اهمیت مدیریت منابع آب به‌ویژه آب‌های زیرزمینی را در این مناطق بیش از پیش ضروری می‌نماید. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افت و خیزهای تراز سطح آب زیرزمینی می‌توان به بارش، دما، خشک‌سالی‌ها و برداشت بی‌رویه از آبخوان‌ها اشاره کرد. از زمانی که در سده هفدهم میلادی پیر پرالت (۱۶۸۰-۱۶۰۸) دانشمند فرانسوی منشأ آب‌های زیرزمینی را بارندگی‌ها ثابت نمود، ارتباط بارش و سطح سفره‌های زیرزمینی مورد مطالعه دقیق‌تر قرار گرفت (کردوانی، ۱۳۷۴).

در دهه‌های اخیر، افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی برای مصارف انسانی و کشاورزی به افت قابل توجه سطح آب زیرزمینی در قسمت‌های وسیعی از جهان انجامیده، به‌طوری که افت منطقه‌ای منابع آب زیرزمینی به یک مسئله جهانی تبدیل شده است. افت سطح آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های کشور رایج است. آمار ارائه شده در منابع جهانی وضع دشوار روند افت سالانه را نشان می‌دهد.

عزیزی (۱۳۸۲) به‌منظور بررسی ارتباط بین خشک‌سالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین از داده‌های بارش و آب‌های زیرزمینی استفاده نمود. نتایج تحقیق نشان داد که خشک‌سالی در آب‌های زیرزمینی با دو الی سه ماه تأخیر نسبت به خشک‌سالی‌های اقلیمی بروز می‌کند. رزاق منش (۱۳۸۵) در

تحقیقی با بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تبریز نشان داد که در ۱۶ سال آینده سطح آب زیرزمینی ۲/۶ متر پایین خواهد رفت. خواجه الدین (۱۳۸۶) در دشت رفسنجان در استان کرمان بر اثر پمپاژ، عمق چاه‌های آب از ۵۰ متر به ۳۰۰ متر افزایش یافته و در دشت‌های اطراف اصفهان به بیش از ۱۰۰ متر رسیده است.

اکبری و همکاران (۱۳۸۸) افت سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت مشهد را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا ۳۰ متر افت داشته است؛ یعنی به‌طور متوسط هر ساله ۶۰ سانتی‌متر سطح آب افت داشته است. افزایش میزان بهره‌برداری و افزایش میزان چاه‌ها از عوامل کاهش سطح آب زیرزمینی می‌باشد.

عباس نژاد (۱۳۹۲) در بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه به این نتیجه رسید که سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت در سال‌های گذشته سیر نزولی داشته و از سال ۸۰ تا ۸۶ متوسط افت سالانه حدود ۸۰ سانتی‌متر بوده است.

نجاتی جهرمی و همکاران (۱۳۸۸) تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت عقیلی واقع در استان خوزستان را مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان دهنده وجود افت در بیشتر قسمت‌های آبخوان است که در این میان قسمت‌های شرق و جنوب غربی منطقه شرایط بحرانی‌تری نسبت به سایر قسمت‌ها دارند. کرمی و خطیبی (۱۳۸۸) تأثیر وقوع خشک‌سالی‌ها در افت منابع آب زیرزمینی دشت سراب را ارزیابی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد، افت سطح آب‌های زیرزمینی دشت سراب مابین ۵/۹۴-۰/۲۴ متر بوده است.

جهانبخش و کرمی (۱۳۸۸) ارتباط خشک‌سالی و منابع آب زیرزمینی دشت تبریز را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که تراز آب زیرزمینی دشت دارای روند منفی بوده و دشت تبریز در دوره آماری مورد مطالعه در حدود ۳/۹۴ متر افت داشته است.

هو و همکاران (۲۰۰۵) به ارزیابی تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی پرداختند. در این مطالعه نتایج نشان داد که متوسط سطح آب زیرزمینی ۹/۸۱ متر است که نسبت به سال ۱۹۹۰، ۶ متر کاهش داشته است. پندا و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی

دشت مهران ۱۵۰ متر از سطح دریا بوده که در فاصله حدود ۹۰ کیلومتری جنوب شهر ایلام واقع شده است. از لحاظ شرایط اقلیمی این منطقه جزء مناطق نیمه خشک معتدل محسوب می شود و بر اساس داده های آماری ایستگاه سینوپتیک مهران، میانگین بارش و دمای سالیانه دشت مهران برابر ۲۰۷ و ۲۳/۵ درجه سانتی گراد می باشد. در سطح دشت مهران دو رودخانه گوی و کنجانچم به ترتیب با دبی های متوسط سالانه حدود ۰/۲۷۷ و ۶/۱۷ مترمکعب در ثانیه در جریان می باشند که روند عمومی آن ها به تبعیت از شیب دشت از شرق و شمال شرق به طرف غرب و جنوب غرب می باشد که این دو رودخانه در ۳ کیلومتری غرب شهر مهران به هم می پیوندند و پس از طی مسافتی از مرز غربی کشور خارج و وارد عراق می شوند.

در این دشت به لحاظ وجود اراضی کشاورزی فراوان، حفر چاه های عمیق و نیمه عمیق رواج چشمگیری دارد با توجه به این عوامل و همچنین هموار بودن دشت و تراکم جمعیت در سطح دشت، مطالعه آب های زیرزمینی که به عنوان اصلی ترین منبع آب در کل دشت محسوب می شود، ضروری به نظر می رسد.

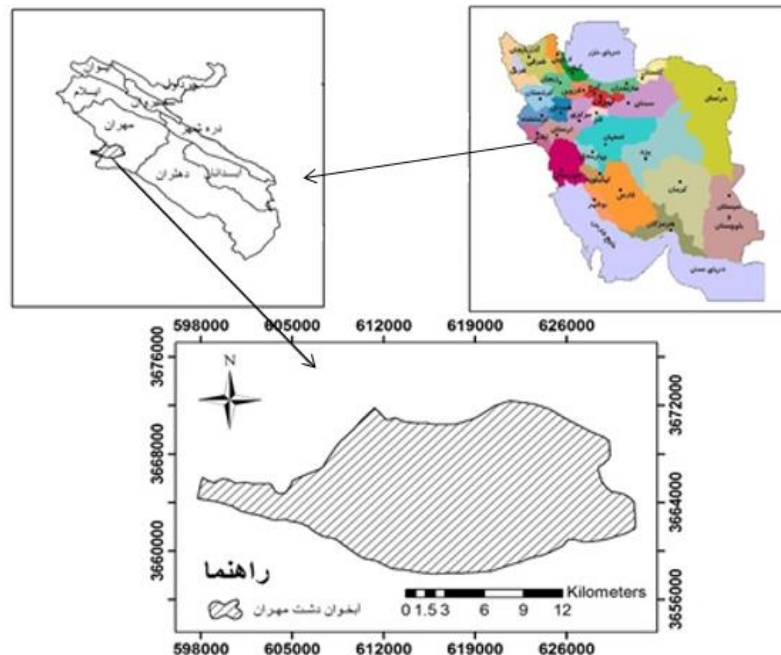
کشور ایران از نظر وضعیت آب نسبت به متوسط جهانی در شرایط بحرانی تری قرار داشته و جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان است؛ به طوری که سهم ایران از کل منابع آب تجدید شونده جهان تنها ۰/۳۶ درصد است. بر این اساس تنها راه ممکن برای مقابله با مشکل کمبود آب استفاده بهینه از منابع آب موجود است (سلیمانی نژاد و همکاران، ۱۳۷۵).

اثرات خشک سالی بر روی تراز آب زیرزمینی در اریسا پرداختند. آن ها در این بررسی دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۴ را مورد آنالیز قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افت آب زیرزمینی در طول سال های خشک، ناشی از کمبود بارش، درجه حرارت بالا و رشد و تکامل زندگی بشری بوده که این کمبود آب زیرزمینی در سال های مرطوب قابل جبران نمی باشد. زیامینگ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی مکانی تراز آب زیرزمینی و بعضی پارامترهای شیمیایی مربوط به ۱۳۰ حلقه چاه واقع در دشت بهای در شمال چین پرداختند. نتایج نشان داد که تراز آب زیرزمینی از غرب به سمت شرق دشت دارای افت بوده است. شمسی پور و حبیبی (۱۳۸۷) در بررسی دشت های شمال همدان، علت کاهش سطح آب های زیرزمینی را تأثیر پارامترهای اقلیمی و خشک سالی در مدت ۱۷ سال آمار (۷۹-۱۳۶۳) با ضریب همبستگی ۴۲ درصد معرفی نمودند. رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) با مطالعه بر روی دشت نیریز استان فارس علت افت آب های زیرزمینی را برداشت زیاد و کاهش بارندگی اعلام کردند. با توجه به اینکه در دشت مهران سطح آب زیرزمینی به طور مرتب در حال افت می باشد، هدف از این مطالعه بررسی عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی می باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

دشت مهران با وسعت حدود ۳۰۰ کیلومتر مربع یکی از وسیع ترین دشت های استان ایلام می باشد (شکل ۱). ارتفاع



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت مهران در کشور.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از آمار ۲۳ حلقه چاه مشاهده‌ای، داده‌های برداشت آب زیرزمینی و داده بارش ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مهران در محدوده زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ (سازمان آب منطقه‌ای ایلام، ۱۳۹۴) استفاده شد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی افت آب از میان‌یابی با روش Ordinary Kriging در نرم‌افزار Arc GIS 9.3 استفاده گردید. لازم به ذکر است نقشه‌های تهیه شده با روش چشمی و دستی و همین‌طور با بازدیدهای صحرائی نیز کنترل گردیده‌اند و در واقع صحت نقشه‌های تهیه شده را نشان می‌دهد. بازدیدهای صحرائی و نقشه‌های جغرافیایی، زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه نشان داد که با توجه به پراکندگی چاه‌ها در سطح دشت، نمونه‌های انتخابی به نحوی است که وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه را مشخص می‌کند.

بررسی افت سطح آب زیرزمینی

در این مطالعه تجزیه و تحلیل داده‌های آب زیرزمینی با استفاده از آمار برداشت شده از ۲۳ حلقه چاه مشاهده‌ای موجود در منطقه صورت گرفت. موقعیت سطح ایستابی و افت آبخوان در خلال سال‌های آبی ۱۳۷۴-۱۳۹۴ برای ۲۳ چاه در محدوده

اصلی آبخوان به شکل هیدروگراف معرف آبخوان محاسبه شد. هدف از ترسیم هیدروگراف آبخوان به دست آوردن دید کلی از روند تغییرات سطح آب زیرزمینی بود. به دلیل آن که چاه‌های پیژومتری موجود نمی‌توانند تمامی سطح آبخوان را پوشش دهند، در این پژوهش روش میان‌یابی Ordinary Kriging مورد استفاده قرار گرفت که نقشه‌های منحنی هم افت و پهنه‌بندی افت سطح آب زیرزمینی تهیه گردید. هیدروگراف‌های تراز آب و برداشت آب زیرزمینی نیز در محیط نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شدند.

روش‌های پایش خشک‌سالی

از جمله مهم‌ترین مراحل ارزیابی وضعیت خشک‌سالی در هر منطقه تعیین شاخص‌های خشک‌سالی به‌منظور تحلیل میزان شدت و تداوم خشک‌سالی در آن منطقه است. شاخص خشک‌سالی به‌صورت شاخص مربوط به بعضی اثرات تجمعی طولانی مدت و غیرطبیعی کاهش رطوبت می‌باشد. بارندگی به‌عنوان بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که تغییرات آن به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل، بارش اولین عاملی است که می‌تواند در بررسی خشک‌سالی به‌ویژه خشک‌سالی هواشناسی مورد توجه قرار

شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI)

در این پژوهش، جهت بررسی تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی دشت از شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) در مقیاس سالیانه استفاده گردید که به منظور پایش خشک‌سالی هیدروژئولوژیکی به کار می‌رود. با توجه به اینکه آغاز آماربرداری از تراز آب‌های زیرزمینی از سال ۷۵-۱۳۷۴ بوده، به همین دلیل شاخص GRI از سال مذکور به بعد مورد محاسبه قرار گرفت. شاخص GRI طبق معادله [۲] محاسبه می‌شود:

$$\text{GRI} = (D y, m - \mu D, m) / \sigma D, m \quad [2]$$

که در آن $D y, m$ مقادیر ارتفاع سطح آب زیرزمینی در سال y و ماه m و پارامترهای $\mu D, m$ و $\sigma D, m$ نیز به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر ارتفاع سطح آب زیرزمینی در ماه m می‌باشند (مندیسینو^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). طبقات این شاخص مانند شاخص SPI است و طبق جدول ۳-۲ می‌باشد.

جدول ۲- طبقات مختلف شاخص منبع آب زیرزمینی.

مقادیر GRI	طبقه خشک‌سالی
+۲ و بیشتر	بی‌اندازه مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک به نرمال
۱/۴۹ تا -۱	خشک ملایم
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشک شدید
-۲ و کمتر	خشک بسیار شدید

نتایج

جهت بررسی مقادیر بارش و نوسانات سطح آب زیرزمینی و تأثیر آن بر افت آب‌های زیرزمینی، نمودارهای مقادیر بارش و نوسانات سطح ایستایی نسبت به زمان به طور نمونه در دشت مهران در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

گردد. در این پژوهش به منظور پایش خشک‌سالی در دشت مهران از داده‌های ماهانه بارش ۳۰ ساله (۹۱-۱۳۶۰) و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) استفاده گردید. مقادیر شاخص SPI در مقیاس سالانه محاسبه گردید و طبقه‌ی خشک‌سالی در هر سال تعیین شده و نهایتاً نتایج حاصل در طول دوره آماری مذکور در قالب یک جدول ارائه گردید که در آن مقدار عددی شاخص بارش استاندارد شده و توصیف وضعیت و شدت خشک‌سالی در هر سال مشخص شده است. معادله SPI به صورت معادله [۱] می‌باشد:

$$\text{SPI} = (P_i - \bar{P}) / SD \quad [1]$$

که در آن SPI شاخص بارش استاندارد شده، P_i میزان بارش هر ماه در دوره آماری، \bar{P} میانگین بارندگی بلند مدت و SD انحراف معیار مقادیر بارش، می‌باشد (خوشحال و همکاران، ۱۳۹۱).

علاوه بر شاخص SPI، به منظور بررسی دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی، از روش میانگین متحرک به دلیل دقت بالا و عملکرد مناسب استفاده شده است.

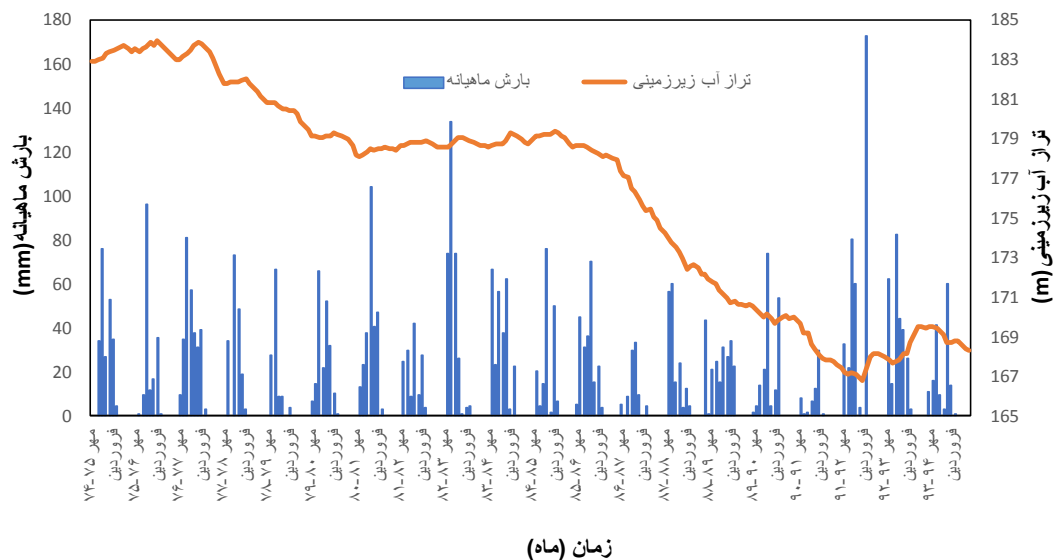
جدول ۱- طبقات مختلف شاخص بارش استاندارد شده.

مقادیر SPI	طبقه خشک‌سالی
+۲ و بیشتر	بی‌اندازه مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	خیلی مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	مرطوب متوسط
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱/۴۹ تا -۱	خشک ملایم
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشک شدید
-۲ و کمتر	بی‌اندازه خشک

¹- Mendicino



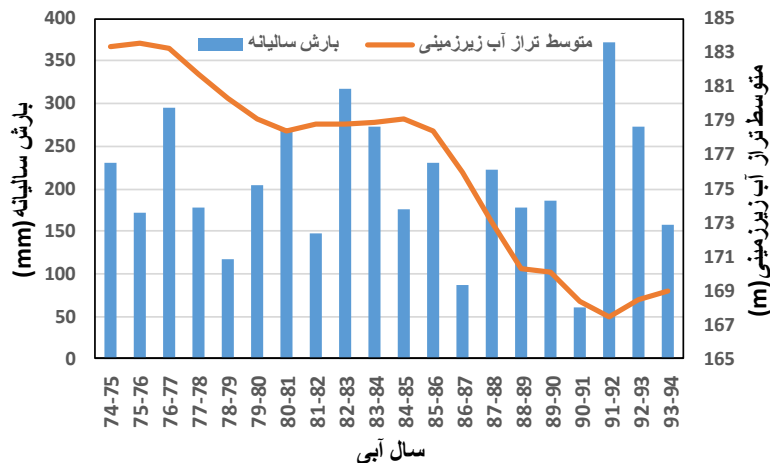
شکل ۲- مقادیر بارش سالانه در طول دوره آماری مورد نظر.



شکل ۳- هیدروگراف واحد درازمدت آبخوان دشت مهران سال‌های آبی ۷۴-۷۵ تا ۹۴-۹۳.

سال‌های آبی ۷۶-۷۷، ۸۰-۸۱، ۸۵-۸۶، ۸۷-۸۸ و ۹۱-۹۲ علیرغم افزایش بارش سالیانه، متوسط تراز آب‌های زیرزمینی با افت مواجه بوده است که احتمالاً بارش‌هایی با پراکنش نامناسب و شدت زیاد در دشت اتفاق افتاده باشد که فرصت تغذیه را از آبخوان گرفته است. به همین علت، علیرغم افزایش بارش در بعضی سال‌ها، آبخوان با افت مواجه بوده است. اما با توجه به شدت افت در سال‌های مذکور، علاوه بر شدت و پراکنش بارش، قطعاً عوامل دیگری نیز مزید بر علت شده و بر نوسانات تراز آب‌های زیرزمینی دشت تأثیر می‌گذارند.

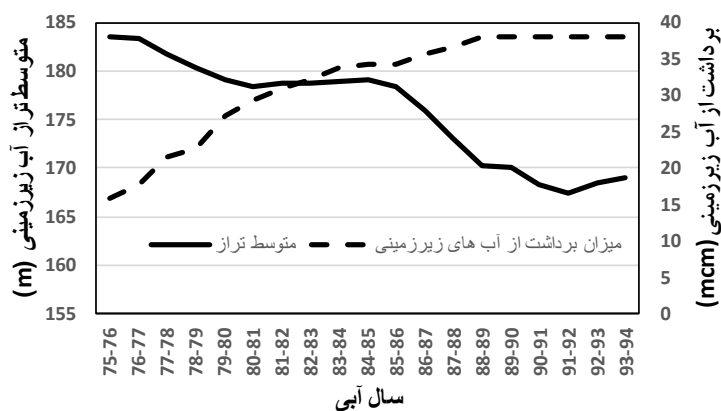
تغییرات تراز آب زیرزمینی که به صورت داده ماهیانه طی سال آبی ۷۴-۷۵ تا ۹۴-۹۳ در دشت مهران بررسی شد، سطح تراز آب زیرزمینی چاه‌های منطقه مورد نظر از مهرماه سال آبی ۷۴-۷۵ تا فروردین ۹۱-۹۲ روندی نزولی و پس از آن مقداری افزایش در تراز سطح آب زیرزمینی اتفاق افتاده است. انتظار می‌رود در سال‌هایی که بارش افزایش پیدا می‌کند سطح آب زیرزمینی نیز افزایش پیدا کند اما بررسی آمارهای سطح آب زیرزمینی منطقه شکل ۴ نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در منطقه روند کاهشی داشته است به‌عنوان مثال در



شکل ۴- تغییرات همزمان بارش سالیانه و متوسط تراز آب‌های زیرزمینی دشت مهران طی سال‌های ۷۵-۷۴ تا ۹۴-۹۳.

دلایل اصلی افت سطح آب زیرزمینی برداشت بیش از حد از آبخوان می‌باشد. قابل ذکر است پس از سال ۸۹-۸۸ با توجه به ممنوعه بودن دشت مهران، برداشت آب زیرزمینی صورت نگرفته و برداشت از آبخوان ثابت مانده است. در انتهای دوره مطالعه تا سال ۱۳۹۴ و ثابت شدن برداشت از آبخوان یک دوره خشک‌سالی بر منطقه حاکم شده و باعث تداوم افت سطح آب زیرزمینی در منطقه گردیده است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که تلفیقی از برداشت بیش از حد از آبخوان و همچنین خشک‌سالی‌های حاکم بر منطقه به‌تنهایی یا با اثر توأمان در افت سطح آب زیرزمینی منطقه مؤثر بوده‌اند.

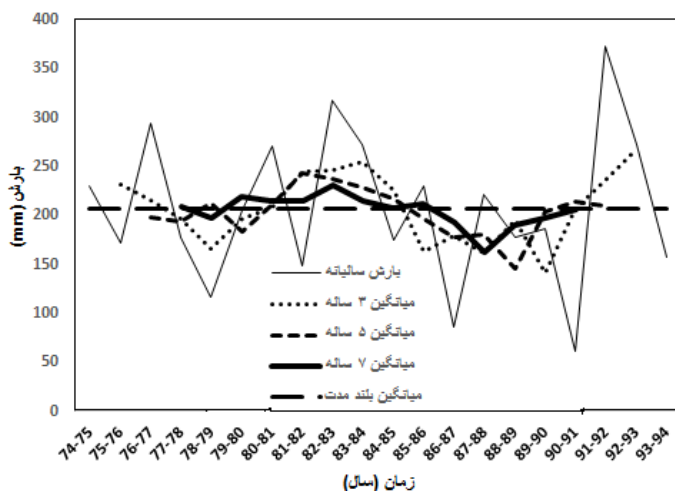
بررسی میزان برداشت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی تغییرات همزمان میزان برداشت از چاه‌های دشت مهران و متوسط تراز آب زیرزمینی طی سال آبی ۷۶-۷۵ تا ۹۴-۹۳ شکل ۵ بررسی شد که متوسط تراز آب زیرزمینی از سال آبی ۷۶-۷۵ تا ۹۱-۹۲ روند نزولی و پس از آن مقداری افزایش در تراز سطح آب زیرزمینی اتفاق افتاده است. بررسی میزان برداشت آب از سفره آب زیرزمینی نشان می‌دهد که یک روند افزایشی در برداشت آب از آبخوان وجود داشته، به‌طوری که میزان آن از حدود ۱۵ میلیون مترمکعب در سال ۷۶-۷۵ به بیش از ۳۶ میلیون مترمکعب در سال ۸۹-۸۸ رسیده است شکل ۵ که نشان از افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری در منطقه و برداشت بی‌رویه از آبخوان می‌باشد، بنابراین یکی از



شکل ۵- تغییرات همزمان میزان برداشت از چاه‌های دشت مهران و متوسط تراز آب زیرزمینی.

بارش شکل ۶، در سال‌های آبی ۷۵-۷۴، ۷۶-۷۵، ۷۷-۷۶، ۷۸-۷۷، ۷۹-۷۸، ۸۱-۸۲، ۸۳-۸۲، ۸۴-۸۳، ۸۶-۸۷، ۹۰-۹۱ دشت مهران دارای بارشی کمتر از مقدار متوسط درازمدت منطقه بوده است؛ بنابراین بر اساس این روش می‌توان گفت در سال‌های مذکور خشک‌سالی رخ داده است.

محاسبه میانگین متحرک ۳، ۵ و ۷ ساله بارش طی سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۹۴ به‌منظور بررسی تأثیر بارش بر سطح آب زیرزمینی و تعیین دوره ترسالی و خشک‌سالی از روش میانگین متحرک استفاده شده است. با توجه به نمودار میانگین متحرک ۳، ۵ و ۷ ساله



شکل ۶- نمودار میانگین متحرک ۳، ۵ و ۷ ساله بارش دشت مهران طی سال‌های ۱۳۷۴-۹۳.

جدول ۳- ادامه: نتایج احتساب شاخص SPI در دشت مهران.

سال آبی	SPI	طبقات تغییرات شاخص
۸۵-۸۶	۰/۱	مرطوب متوسط
۸۶-۸۷	-۱/۵۸	خشکی شدید
۸۷-۸۸	-۰/۰۸	نزدیک نرمال
۸۸-۸۹	-۰/۵۷	نزدیک نرمال
۸۹-۹۰	-۰/۴۷	نزدیک نرمال
۹۰-۹۱	-۱/۸۷	خشکی شدید
۹۱-۹۲	۱/۵۹	خیلی مرطوب
۹۲-۹۳	۴۴/۰	نزدیک به نرمال
۹۳-۹۴	۴۵/۰	نزدیک به نرمال

ارائه شده است که بر اساس آن و جدول ۲ طبقات ارائه شده توسط مندیسینو و همکاران، (۲۰۰۸)، از سال ۸۷-۸۸ تا ۹۴-۹۳ خشک‌سالی هیدروژئولوژیکی رخ داده و سال ۹۱-۹۲، خشک‌سالی شدید به وقوع پیوسته است.

بررسی ارتباط خشک‌سالی با تغییر تراز آب‌های زیرزمینی به‌منظور بررسی ارتباط خشک‌سالی و آب‌های زیرزمینی از آزمون همبستگی بین شاخص‌های SPI و GRI استفاده گردید.

در این پژوهش، جهت بررسی تغییرات تراز آب‌های زیرزمینی دشت از شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI)^۲ در مقیاس سالیانه استفاده گردید. با توجه به اینکه آغاز آماربرداری از تراز آب‌های زیرزمینی در دشت مهران از سال ۷۵-۱۳۷۴ بوده، به همین دلیل شاخص GRI از سال مذکور به بعد مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج محاسبه‌ی این شاخص در جدول ۴

²- Groundwater Resource Index

اما نتیجه آزمون نشان داد مقدار رگرسیون پایین است و بین دو متغیر همبستگی وجود ندارد اما این بدان معنی نیست که این دو متغیر هیچ تأثیری بر هم نداشته باشند. با توجه به هیدروگراف واحد آبخوان شکل ۳ و بررسی میانگین متحرک شکل ۶ نشان داده شده که در سال‌هایی، مقدار بارش کمتر از مقدار متوسط درازمدت منطقه بوده است. بنابراین بر اساس این روش می‌توان گفت خشک‌سالی رخ داده است و با توجه به برداشت از چاه‌های دشت مهران (شکل ۵)، در سال‌هایی نیز برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی صورت گرفته است که همراه با آن‌ها تراز آب زیرزمینی نیز تغییر کرده است.

جدول ۴- نتایج محاسبه شاخص GRI در دشت مهران.

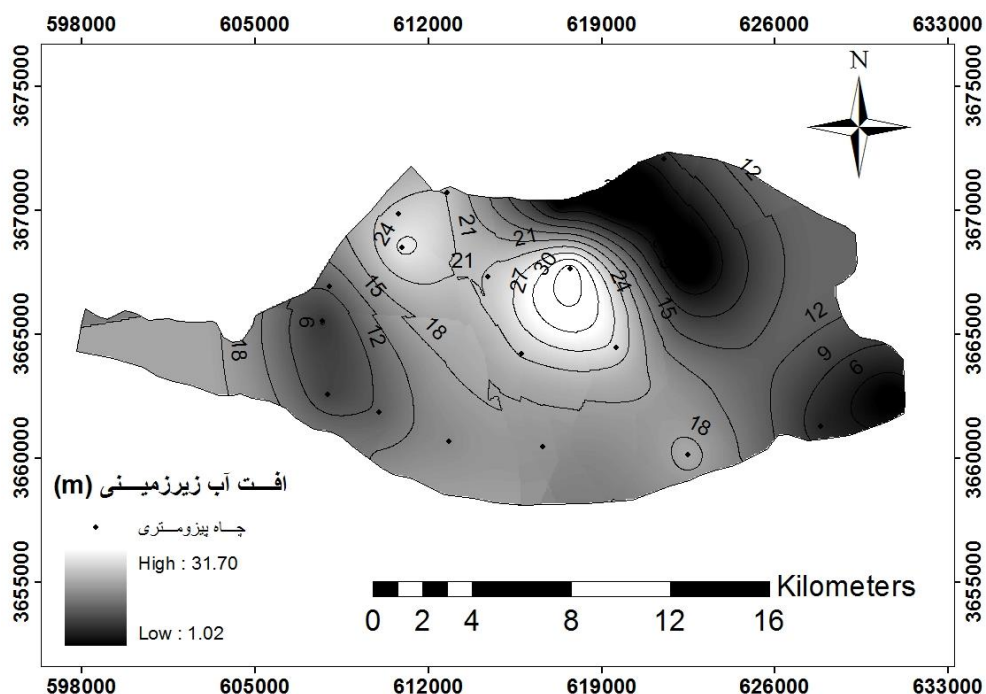
سال آبی	GRI	طبقات تغییرات شاخص
۷۴- ۷۵	۱/۲۷	مرطوب متوسط
۷۵- ۷۶	۱/۳۱	مرطوب متوسط
۷۶- ۷۷	۱/۲۶	مرطوب متوسط
۷۷- ۷۸	۰/۹۷	نزدیک به نرمال
۷۸- ۷۹	۰/۷۳	نزدیک به نرمال
۷۹- ۸۰	۰/۵	نزدیک به نرمال
۸۰- ۸۱	۰/۳۷	نزدیک به نرمال
۸۱- ۸۲	۰/۴۴	نزدیک به نرمال
۸۲- ۸۳	۰/۴۵	نزدیک به نرمال
۸۳- ۸۴	۰/۴۶	نزدیک به نرمال
۸۴- ۸۵	۰/۵	نزدیک به نرمال
۸۵- ۸۶	۰/۳۶	نزدیک به نرمال
۸۶- ۸۷	-۰/۰۶	نزدیک به نرمال
۸۷- ۸۸	۰/۵۸	نزدیک به نرمال
۸۸- ۸۹	-۱/۰۹	خشک ملایم
۸۹- ۹۰	-۱/۱۳	خشک ملایم
۹۰- ۹۱	-۱/۴۳	خشک ملایم
۹۱-۹۲	-۱/۵۹	خشکی شدید
۹۲-۹۳	-۱/۴۱	خشک ملایم
۹۳-۹۴	-۱/۳۲	خشک ملایم

بررسی نقشه‌ی هم‌افت آب زیرزمینی

در تغذیه آبخوان می‌باشد. مناطقی که خط هم‌افت مثبت دارند نشان دهنده صعود تراز آب زیرزمینی می‌باشند. بر اساس نقشه‌ی هم‌افت آب‌های زیرزمینی شکل ۶، آبخوان دشت مهران در طی سال‌های ۱۳۷۴ لغایت ۱۳۹۲ در کل دشت با افت مواجه بوده است و افتی بین ۱ تا ۳۲ متر را در بخش‌های مختلف آبخوان نشان می‌دهد. در چهار پیژومتر رضآباد، شمال شرق مهران، بغل کانال و گاوی و کمربندی که در قسمت مرکزی و شمالی دشت واقع شده‌اند افت نسبت به سایر چاه‌های پیژومتری بیشتر بوده است و در وضعیت بحرانی

با استفاده از نقشه هم‌افت رسم شده با روش Kriging Ordinary می‌توان مناطقی از آبخوان که آب زیرزمینی افت یا صعود داشته را مشخص نمود و مناطق حساس به کاهش یا افزایش تغذیه را نشان داد. نقاطی که دارای خط هم‌افت صفر هستند بیان‌گر آن است که در طی دوره هیچ‌گونه تغییر در تراز آب رخ نداده است و تغییرات بیلان آب زیرزمینی در این نقاط صفر می‌باشد. مناطقی که خطوط هم‌افت منفی دارند نشان دهنده افت تراز در اثر اضافه برداشت از آب زیرزمینی یا کاهش

قرار دارند. این افت مزاد به دلیل تمرکز چاه‌های بهره‌برداری در محدوده پیژومترها می‌باشد.



شکل ۷- نقشه هم افت آب زیرزمینی طی سال‌های ۹۲-۷۴.

نتیجه‌گیری

می‌رود تراز آب‌های زیرزمینی کاهش یابد. احتمال می‌رود این مسئله به پراکنش بارش مربوط شود؛ به این صورت که در سال‌های کم بارش، بارندگی از پراکنش و شدت مناسبی برخوردار بوده و از طریق افزایش حجم جریانات سطحی و به طور مستقیم با نفوذ در آبخوان، فرصت تغذیه را به سفره آب زیرزمینی دشت داده است. بهره‌برداری از دشت مهران اساساً توسط چاه‌های بهره‌برداری برای کشاورزی صورت می‌گیرد. میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی در طی سال‌های ۸۸-۱۳۷۵ افزایش پیدا کرده است، به نحوی که در این بازه زمانی، حجم برداشت از ۱۵/۷۵ به ۳۶/۳۷ میلیون مترمکعب افزایش یافته است. مشخص است که تأثیر برداشت و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی بسیار بیشتر از تأثیر خشک‌سالی بر این منابع بوده و شدت افت آب‌ها، معلول بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی است. با توجه به ممنوعه اعلام شدن دشت از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ بهره‌برداری تاکنون تغییری نداشته، اما تراز آب زیرزمینی همچنان کاهش یافته که علت این امر، علاوه بر برداشت بی‌رویه از آبخوان، وقوع خشک‌سالی‌ها در سال‌های اخیر و کاهش میزان تغذیه آبخوان از بارندگی است. کاهش تراز

هدف از این تحقیق بررسی عوامل مؤثر بر افت آب زیرزمینی دشت مهران بوده است. با محاسبه شاخص SPI، مشخص گردید که در سال‌های ۷۹-۷۸، ۸۸-۸۷ و ۹۱-۹۰ در دشت مهران خشک‌سالی هواشناسی رخ داده است. همچنین، با استفاده از روش میانگین متحرک مشخص شد که در سال‌های ۷۵-۷۴، ۷۶-۷۵، ۷۷-۷۸، ۷۹-۷۸، ۸۲-۸۱، ۸۵-۸۴ و ۹۱-۹۰ دشت مهران دارای بارشی کمتر از مقدار متوسط درازمدت منطقه بوده است و در سال‌های مذکور به طور مستمر، خشک‌سالی رخ داده است. با توجه به اینکه بین شاخص خشک‌سالی هواشناسی (SPI) و شاخص خشک‌سالی هیدرولوژیکی (GRI)، ارتباط مثبت و همبستگی معناداری وجود ندارد. با این وجود نمی‌توان نتیجه‌گیری کرد که دو متغیر خشک‌سالی هواشناسی و خشک‌سالی هیدرولوژیکی به هم وابسته نیستند و هیچ تأثیری بر هم ندارند. در سال‌های ۷۶-۷۵، ۸۲-۸۱ و ۸۵-۸۴، با وجود کاهش بارش، مقداری افزایش در تراز آب‌های زیرزمینی دشت رخ داده است که با توجه به افزایش پیوسته بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی انتظار

آب زیرزمینی تنها به برداشت بی‌رویه مربوط نمی‌شود بلکه با توجه به آمار بارندگی منطقه مورد نظر، خشک‌سالی‌های مداوم و کاهش بارندگی نیز باعث افت تراز و کاهش سفره آب‌های زیرزمینی در منطقه شده است. این نتایج با مطالعات و تحقیقات حمیدیان پور (۱۳۸۴) و اربابی و بیات (۱۳۸۴)، شهید و هزاریکا (۲۰۰۹) و لورنزو و همکاران (۲۰۱۰) که وقوع خشک‌سالی و افزایش برداشت از آب‌های زیرزمینی را عاملین تشدید کننده افت سطح آب زیرزمینی را معرفی کردند مطابقت دارد. بر اساس هیدروگراف واحد، آبخوان دشت مهران از سال ۷۴-۷۵ تا سال ۹۱-۹۲، ۱۶/۲ متر افت داشته است. میزان افت آب سالانه تراز آب زیرزمینی دشت به‌طور متوسط ۹۰ سانتیمتر در سال که در وضعیت بحرانی بوده و در نقشه هم افت آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد که در بعضی قسمت‌های دشت تا بیش از ۳۰ متر نیز افت سطح آب زیرزمینی اتفاق افتاده است. همچنین، مطابق با نقشه‌ی هم افت آب‌های زیرزمینی، آبخوان دشت مهران در کل دشت با افت مواجه بوده و بیشترین افت مربوط به قسمت‌های شمالی و مرکزی دشت می‌باشد. شروع افت شدید از سال ۸۷-۸۶ آغاز و بیشترین افت در سال‌های ۹۱-۹۲ بوده است که به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی جهت تأمین نیازهای آبی منطقه خصوصاً کشاورزی و همچنین کاهش نزولات جوی و خشک‌سالی‌ها در سال‌های گذشته، متوسط سطح تراز آب زیرزمینی با افت مواجه بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌گردد که بهره‌برداری از آب زیرزمینی دشت مهران در قالب بیلان صورت گیرد و جهت افزایش تغذیه آبخوان، طرح‌های تغذیه‌ای مصنوعی اجرا شود و جهت بهره‌برداری بهینه از روش‌های نوین آبیاری با رعایت اصول مربوطه صورت پذیرد.

مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره ۴: ۷۸-۶۳.

تاکلی، ر.، خیاط خلقی، م.، (۱۳۸۴). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت قزوین)، همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی.

جهانبخش، س.، کرمی، ف.، ۱۳۸۸. ارتباط خشک‌سالی و منابع آب زیرزمینی دشت تبریز، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

حمیدیان‌پور، م.، ۱۳۸۴. تحلیل دوره‌های خشک‌سالی دشت مشهد و میزان تأثیر آن بر منابع آب، پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

خواجه الدین، س.ج.، ۱۳۸۶. روند بیابان‌زایی در ایران، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۴: ۴۵-۴۲.

رزاق منش، م.، سالمی، ت.، سراج، م.، ۱۳۸۵. بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

رحمانی، م.، درندی، ح.، نجفی نژاد، ا.، ۱۳۸۸. ارزیابی تأثیر آب زیرزمینی در ایجاد خندق‌ها در دشت نیریز استان فارس، پنجمین کنفرانس در حوزه مدیریت آبخیزداری (مخاطرات طبیعی مدیریت پایدار)، گرگان، ایران.

سلیمانی نژاد، م.، رهنمایی، م.، ۱۳۷۵. بررسی کیفیت آب رودخانه سیمره با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، همایش دستاوردهای پژوهشی سازمان حفاظت محیط زیست در برنامه دوم توسعه.

شمسی‌پور، ا.، حبیبی، ک.، ۱۳۸۷. بررسی اثر خشک‌سالی بر آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت شمال همدان)، مجموعه مقالات کنفرانس خشکی در استان چهارمحال و بختیاری دانشگاه شهرکرد.

عزیزی، ق.، ۱۳۸۲. ارتباط خشک‌سالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶: ۱۴۳-۱۳۱.

عباس نژاد، ا.، شاهی دشت، ع.، ۱۳۹۲. بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه، مجله جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، شماره ۷: ۹۶-۸۵.

کردوانی، پ.، ۱۳۷۴. ژئوهیدرولوژی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

کرمی، ف.، بیاتی، خطیبی، م.، ۱۳۸۸. تأثیر خشک‌سالی در افت منابع آب زیرزمینی دشت سراب، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره ۴: ۷۸-۶۳.

تاکلی، ر.، خیاط خلقی، م.، (۱۳۸۴). کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت قزوین)، همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی.

جهانبخش، س.، کرمی، ف.، ۱۳۸۸. ارتباط خشک‌سالی و منابع آب زیرزمینی دشت تبریز، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

حمیدیان‌پور، م.، ۱۳۸۴. تحلیل دوره‌های خشک‌سالی دشت مشهد و میزان تأثیر آن بر منابع آب، پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

خواجه الدین، س.ج.، ۱۳۸۶. روند بیابان‌زایی در ایران، فصلنامه جنگل و مرتع، شماره ۷۴: ۴۵-۴۲.

رزاق منش، م.، سالمی، ت.، سراج، م.، ۱۳۸۵. بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

رحمانی، م.، درندی، ح.، نجفی نژاد، ا.، ۱۳۸۸. ارزیابی تأثیر آب زیرزمینی در ایجاد خندق‌ها در دشت نیریز استان فارس، پنجمین کنفرانس در حوزه مدیریت آبخیزداری (مخاطرات طبیعی مدیریت پایدار)، گرگان، ایران.

سلیمانی نژاد، م.، رهنمایی، م.، ۱۳۷۵. بررسی کیفیت آب رودخانه سیمره با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، همایش دستاوردهای پژوهشی سازمان حفاظت محیط زیست در برنامه دوم توسعه.

شمسی‌پور، ا.، حبیبی، ک.، ۱۳۸۷. بررسی اثر خشک‌سالی بر آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت شمال همدان)، مجموعه مقالات کنفرانس خشکی در استان چهارمحال و بختیاری دانشگاه شهرکرد.

عزیزی، ق.، ۱۳۸۲. ارتباط خشک‌سالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶: ۱۴۳-۱۳۱.

عباس نژاد، ا.، شاهی دشت، ع.، ۱۳۹۲. بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه، مجله جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، شماره ۷: ۹۶-۸۵.

کردوانی، پ.، ۱۳۷۴. ژئوهیدرولوژی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

کرمی، ف.، بیاتی، خطیبی، م.، ۱۳۸۸. تأثیر خشک‌سالی در افت منابع آب زیرزمینی دشت سراب، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، دانشگاه تبریز.

منابع

اربابی، آ.، بیات، م.، ۱۳۸۴. بررسی تأثیر خشک‌سالی بر آب‌های زیرزمینی منطقه دماوند، نشریه فضای جغرافیایی، شماره ۱۴: ۱۷۴-۱۵۹.

اکبری، م.، جرگه، م.، مدنی سادات، ح.، ۱۳۸۸. بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی

- Mendicino, G., Senatore, A., Versace, P., 2008. A Groundwater Resource Index for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. *Journal of Hydrology*. 357: 282-302.
- Panda, D.K., Mishra, A., Jena, S.K., James, B.K., Kumar, A., 2007. the influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of hydrology*. 343: 140-153.
- Shahid, S., Hazarika, M.K., 2009. Ground Water Drought in the Northwestern Districts of Bangladesh, *Water Resource Manage.* 24: 1989-2006.
- Todd, D.K., 2005. *Groundwater Hydrology*. New York, John Wiley & sons, Inc.
- Ward, A.D., & Elliot, W.J., 1995. *Environmental hydrology*, 2nd Edition, New York, Lewis Publishers.
- Zaiming, Z., Guanghui, Z., Mingjiang, Y., and Jinzhe, W., 2012. Spatial variability of the shallow groundwater level and its chemistry characteristics in the low plain around the Bohai Sea, North China. *Environmental Monitoring and Assessment*. 184(6): 3697-3710.
- نجاتی جهرمی. ز، چیت‌سازان. م، میرزایی. ی، عبودی. ط، ۱۳۸۸. تأثیر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی دشت عقیلی، ۱۰۹-۱۰۲. دومین همایش ملی اثرات خشک‌سالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان.
- Hu, K., Huang, Y., Li H., Li B., Chen, D., White, R.E., 2005. Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. *Environ Int.* 31 (6): 896-903.
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.I., Begueria, S., Garcia-Ruiz, J.M., Cuadrat, J.M. 2010. The Impact of Droughts and Water Management on Various Hydrological Systems in the Headwaters of the Tagus River Central Spain, *Springer*, No. 98, 13-26.
- McKee, T. B.; Doesken, N. J.; 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim, CA, America Meteorological Society, 179.