مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان
سال سوم، شماره چهارم، بهار 1393، صفحه 91_102

بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی در دشت گرمسار

سید مهرداد طباطبائی‌فر[1*]، غلامرضا زهتابیان[2]، محمد رحیمی[3]، حسن خسروی[4]، شیما نیکو[5]

[1*] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان
پست الکترونیک نویسنده مسئول:
m.tabatabaei@alumni.ut.ac.ir
[2] استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[3] استادیار دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان
[4] استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
[5] استادیار دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

تاریخ دریافت: 92/5/15 تاریخ پذیرش: 92/12/6

چکیده:

منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب مورد نیاز برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت، از اهمیت زیادی برخوردار است که با خطرات متفاوتی نظیر افت سطح، کاهش میزان تغذیه به‌سبب نقصان بارندگی و آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی مواجه است. این پژوهش در دشت آبرفتی گرمسار، در استان سمنان صورت گرفته است. به‌منظور شناخت وضعیت کیفی آب شامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، نتایج آنالیز شیمیایی 52 چاه در 2 دوره زمانی 1381تا1388 و 1387_1390 مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اهداف تحقیق، روند و آثار تغییرات شاخص نوسان‌های سطح سفرهٔ آب زیرزمینی در 4 دوره زمانی 1373تا1375، 1375تا1381، 1381تا1388 و 1388تا1390 در 75 حلقه چاه، بررسی شد. برای پهنه‌بندی ویژگی‌های کمی آب، از روش IDW با توان‌های 1 تا 5 و دو روش زمین‌آماری (کریجینگ و کوکریجینگ) در نرم‌افزارهای ArcGIS و Surfer8 استفاده شد. برای بررسی روند و تغییرات شاخص نوسان‌های سطح سفره آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی معیار آب از کلاس‌بندی و امتیازات مدل بیابان‌زایی IMDPA استفاده شد. نتایج نشان داد که افت سطح آب زیرزمینی در دوره‌های 1373تا1375، 1375تا1381، 1381تا1388 و 1388تا1390 به‌ترتیب، برابر 1/05 متر، 8/2 متر، 4/27 و 5/34 متر بوده است و به‌طور متوسط، افت آب زیرزمینی در دشت گرمسار سالیانه معادل 0/99 سانتی‌متر یا به‌عبارتی معادل 1 متر است. همچنین به‌منظور تعیین رده و نوع کیفیت آب از تقسیم‌بندی ویل‌کوکس استفاده شد که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، نوع کیفیت آب برای کشاورزی «خیلی شور و مضر برای کشاورزی» است.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیرزمینی، پارامترهای کیفی، مدل IMDPA، دیاگرام ویل‌کوکس، پهنه‌بندی.

مقدمه

در کشور ایران، منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین نیاز آبی برای بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت از اهمیت زیادی برخوردار است. کشاورزی با اختصاص سهم 95 درصدی و برداشت بیش از 80 درصد نیاز آبی آن از منابع آب زیرزمینی، نقش عمده‌ای در تغییرات کمی و کیفی آبخوان‌ها دارد (احمدی و همکاران، 2007).

هوستون در سال 1977 گزارش کرد که بیش از 70 درصد از 300 هزار کیلومتر مربع زمین‌های تحت آبیاری در کشورهای مصر، ایران، عراق و پاکستان، از لحاظ شوری و زهدارشدن تحت خطر جدی قرار گرفته‌اند. نتایج تحقیق اسمیت و همکاران[1] (1987) در ایالت کالیفرنیا تأثیر اساسی نفوذ عمقی را روی کیفیت آب زیرزمینی نشان داد. ایشان گزارش کردند که غلظت زیاد نیترات در پایین‌دست نواحی فاریاب عمدتاً بر اثر آبیاری بوده است؛ به‌علاوه آلودگی گسترده در آب‌های زیرزمینی کم‌عمق دشت سن جوگین، بر اثر استفاده از آفت‌کش بوده است. داکس و همکاران[2] (2006) تحقیقی را دربارهٔ آثار کشاورزی بر روی کیفیت آب سطحی رودخانهٔ نوز در میانه دشت ساحلی کارولینای شمالی انجام دادند. نتایج نشان داد که غلظت مواد مغذی و رسوبات در طول مسیر جریان، در زمین‌های کشاورزی افزایش پیدا کرده است. دمیر و همکاران[3] (2009) تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه را بررسی کردند. ایشان در این تحقیق از داده‌های ماهانهٔ دورهٔ آماری 2003تا2004 در 60 چاه مشاهداتی استفاده کردند. در نهایت، نتایج تحقیق حاکی از این بود که قسمت شرقی محدودهٔ مورد مطالعه که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیشترین خطر برای شوری است.

عزیزی (1382) به‌منظور بررسی ارتباط بین خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین از داده‌های بارش و آب‌های زیرزمینی استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که خشکسالی در آب‌های زیرزمینی با دو تا سه ماه تأخیر، نسبت به خشکسالی‌های اقلیمی بروز می‌کند. شیرافروس (1384) در تحقیقی به بررسی آثار کشاورزی و روش‌های آبیاری و زهکشی بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی در دشت قزوین پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت نیترات در نقاط مورد مطالعه، بیشتر و غلظت فسفر و پتاسیم، کمتر از حد استاندارد سازمان محیط زیست جهانی است. تهدیدنشدن آب‌های زیرزمینی منطقه از ناحیهٔ آفت‌کش‌های شیمیایی و بیشتربودن میزان انتقال نیترات و فسفر در رواناب سطحی، در روش آبیاری نواری نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای، از دیگر نتایج این تحقیق بود. احمدی و همکاران (2007)، تغییرات زمانی و مکانی نوسان‌های ماهانهٔ سطح آب زیرزمینی دشت سگزی اصفهان را در 39 چاه پیزومتری در طول 12 سال (1993تا2004) بررسی کردند. در نهایت، به‌طور متوسط، حدود تغییرنما برای آنالیز مکانی و زمانی به‌ترتیب، 9/7 کیلومتر و 7/2 ماه مشخص شد. نورانی و همکاران (2008)، تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی را در دشت تبریز با استفاده از شبکه عصبی انجام دادند. ایشان از 6 نوع معماری و الگوریتم آموزشی در تعیین بهترین ساختار شبکه عصبی برای پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی پسخور با الگوریتم آموزشی لونبرگ- مارکوارت، بهترین پیش‌بینی‌ها را در بین انواع شبکه‌ها انجام می‌دهد. رزاق‌منش و همکاران (1385) به‌منظور بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز از مدل‌های PMWIN و MT3D استفاده کردند. در انجام این مطالعه، منطقهٔ مطالعاتی به چهار واحد آبیاری تقسیم شد. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که سطح آب زیرزمینی در ناحیهٔ آبیاری شمارهٔ 2 در طول 16 سال آینده، 2/6 متر کاهش خواهد یافت. نتایج تحقیق ایشان بیانگر این مطلب بود که افزایش برداشت در طولانی‌مدت، باعث افت سطح ایستابی تا حدود 5 متر خواهد شد و میزان شوری آب زیرزمینی در طولانی‌مدت، افزایش پیدا خواهد کرد. چیت‌سازان و همکاران (1388) به بررسی تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی دشت خویس در شمال خوزستان پرداختند.

1. Schmidt et.al
2. Dukes et.al
3. Demir et.al

ایشان برای تحلیل زمانی از هیدروگراف واحد دشت و برای تحلیل مکانی از سامانه اطلاعات جغرافیایی و برای بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی، از کموگراف دشت استفاده کردند. نتایج تحقیق ایشان مؤید تأثیر خشکسالی اخیر روی نزول سطح آب زیرزمینی و پایین‌آمدن کیفیت آبخوان مورد مطالعه بود.

محمدی و همکاران (1388)، تأثیر سد بارزو روی آبخوان دشت شیروان را به کمک تغییرات سطح آب در نقاط مختلف دشت و نتایج آنالیز شیمیایی بررسی کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که بخش مرکزی آبخوان که تحت تأثیر شبکهٔ آبیاری سد است، از لحاظ کیفی و کمّی، در وضعیت بهتری نسبت به بخش‌های غربی و شرقی آبخوان قرار دارد. فتاحی (1388) به بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های هیدرومتری و هواشناسی پرداخت. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که میزان افت سطح آب زیرزمینی در دشت قم، تا قبل از احداث سد 15 خرداد، به‌طور متوسط حدود 0/5 متر در سال بوده که بعد از احداث سد یادشده، به‌طور متوسط، به 1/4 متر در سال افزایش یافت؛ به‌علاوه، بیلان آب زیرزمینی نیز کاهش چشمگیری را نشان داده است. اکبری و همکاران (1388) افت سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت مشهد را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، بررسی کردند. به‌منظور انجام این پژوهش، آمار 70 حلقه چاه مشاهده‌ای طی 2 دورهٔ 10 ساله (1366تا1376 و 1377تا1387) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا 30 متر کاهش یافته است؛ یعنی به‌طور متوسط، هر ساله 60 سانتی‌متر سطح آب کاهش یافته است. تخریب اراضی تحت آبیاری، کیفیت پایین آب برگشتی و آب نفوذ عمقی، تخلیه و کاهش کیفیت آب زیرزمینی و تخریب شرایط زیست‌بومی از مهم‌ترین پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از سیستم‌های آبیاری و زهکشی است (فائو، 1995). خصوصیات کمی و کیفی منابع آبی (بارش، ورودی، خروجی و ذخیرهٔ آب‌های سطحی و زیرزمینی)، خصوصیات آبخوان (خصوصیات هیدرودینامیکی، ظرفیت تبادل یونی و شیمیایی، ضرایب اختلاط و انتشار، حجم و زمان نگه‌داشت)، خصوصیات خاک (ظرفیت تبادل یونی، مواد آلی، ساختار شیمیایی)، داده‌های سطح زمین (نوع کشت، نحوهٔ انتقال آب، مصارف کودها و آفت‌کش‌ها، مناطق تخلیه و تغذیه)، مهم‌ترین داده‌های لازم برای بررسی آثار کشاورزی روی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی هستند (سونان و همکاران، 1987).

بنابراین با توجه به آنچه ذکر شد، اهداف تحقیق حاضر عبارت‌اند از: 1. بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت گرمسار در دوره‌های مختلف؛ 2. مطالعهٔ تغییرات زمانی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی، 3. مطالعه و بررسی روند تغییرات کمی آب زیرزمینی دشت گرمسار در دوره‌های مختلف.

مواد و روش‌ها

الف. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه در این تحقیق، با وسعت حدود 86688 هکتار، مخروط‌افکنهٔ گرمسار در استان سمنان را در برگرفته است. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ´۵۳ °51 تا ´۵۵ °52 طول شرقی و ´۲۸ °34 تا ´۳۰ °35 عرض شمالی بوده که از شمال به شهرستان دماوند، از جنوب به شهرستان‌های اردستان و کاشان، از شرق به شهرستان سمنان و از غرب به شهرستان‌های ورامین و قم محدود می‌شود. قسمت جنوبی این منطقه، کویری است و ناحیهٔ شمالی شامل ارتفاعات جنوبی رشته کوه‌های البرز است. رژیم بارش در منطقه، مدیترانه‌ای و حداکثر بارندگی آن در اسفند ماه و مقدار بسیار ناچیزی از بارندگی در فصل تابستان است. براساس تحلیل آماری چند پارامتر اقلیمی در ایستگاه‌های سینوپتیک استان سمنان در تابستان 90 و مقایسهٔ آن با سال قبل آن و دورهٔ آماری بلندمدت گرمسار، به‌عنوان گرم‌ترین ایستگاه سینوپتیک با میانگین دمای 31/4 درجهٔ سانتی‌گراد معرفی شد. براساس آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک گرمسار برای یک دوره نسبتاً طولانی آماری (1365تا1390)، متوسط سالیانه دمای هوا 18/95 درجهٔ سانتی‌گراد است. بر همین اساس، تیرماه با متوسط 32/4 درجهٔ سانتی‌گراد، گرم‌ترین ماه سال و دی ماه با متوسط 5/08 درجهٔ سانتی‌گراد، سردترین ماه سال است.

شکل 1: محدودهٔ منطقهٔ مورد مطالعه به همراه موقعیت چاه‌های کمی و کیفی

ب. روش تحقیق

در این پژوهش، برای بررسی روند و آثار تغییرات پارامترهای کیفی آب شامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از اطلاعات مربوط به 52 نمونه چاه مشاهده‌ای دشت گرمسار در دو دوره آماری 1381تا1388 و 1388تا1390 استفاده شد. در ابتدا با توجه به اطلاعات موجود و بازدیدهای میدانی، موقعیت همهٔ چاه‌های موجود در منطقهٔ مطالعاتی ترسیم شد. سپس به‌منظور شناخت وضعیت کیفی آب در مناطق مختلف سفرهٔ آب زیرزمینی دشت گرمسار، نتایج آنالیز شیمیایی 52 چاه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی، شوری و مقدار سدیم موجود در آن است؛ زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه مؤثرند، بلکه درجهٔ تناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌کنند (علیزاده، 1363). با توجه به اهداف تحقیق، روند و اثر تغییرات شاخص نوسان‌های سطح سفرهٔ آب زیرزمینی در چهار دورهٔ زمانی 1373تا1375، 1375تا1381، 1381تا1388 و 1388تا1390 در 75 حلقه چاه، بررسی شد.

شایان ذکر است که مطالعات براساس چاه‌های پیزومتری موجود در منطقه انجام شد و داده‌های کمّی و کیفی آب از سال اول آماربرداری تا سال آخری که موجود بودند، اخذ شد. پس از

کنترل صحت و کیفیت داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری و نیز نرمال‌سازی داده‌ها اقدام به ترسیم واریوگرام (واریوگرام با استفاده از روش‌های زمین آماری، تجزیه و تحلیل الگوی تغییرات مکانی، فراوانی، یکنواختی، غنا و تنوع دادها و شاخص‌ها و در نهایت، تهیهٔ نقشه‌های پراکنش مکانی داده‌ها و شاخص‌ها را در راستای مدیریت و برنامه‌ریزی درست بررسی می‌کند) هر دوره گردید. به‌منظور انتخاب مدل مناسب برای برازش واریوگرام تجربی، از مقدار RMSE (یا خطای) کمتر استفاده شد. به‌منظور پهنه‌بندی ویژگی‌های کمی آب از روش IDW با توان‌های 1تا5 و دو روش زمین‌آماری (کریجینگ و کوکریجینگ) در نرم‌افزار ArcGIS و Surfer8 استفاده شد. به‌منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی، از روش اعتبارسنجی حذفی (MAE و MBE کم‌تر) استفاده شد و در نهایت، براساس بهترین روش میان‌یابی، اقدام به تهیهٔ نقشه‌های مورد نظر گردید. پس از رسم واریوگرام و برازش مدل مناسب، عملیات میان‌یابی به‌وسیلهٔ روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و تابع معکوس فاصله با توان‌های مختلف بررسی شد و پس از آن، با مقایسهٔ نقشه‌های این چهار دورهٔ آماری، تغییرات نوسان‌های آب زیرزمینی و مقایسهٔ نقشه‌های دو دوره برای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق، برای بررسی روند و تغییرات نوسان‌های سطح سفرهٔ آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی معیار آب شامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از کلاس‌بندی و امتیازات مدل بیابان‌زایی IMDPA[4] استفاده شد (جدول 1). مدل IMDPA که جدیدترین روش ارزیابی بیابان‌زایی در ایران است، در سال 1383 ارائه شد (احمدی، 1383). در مدل IMDPA با توجه به تجربیات و نظریات کارشناسی، 9 معیار شامل آب، خاک، پوشش گیاهی، ژئومرفولوژی و زمین‌شناسی، فرسایش، اقلیم، کشاورزی، توسعه تکنولوژی و اقتصادی‌اجتماعی به‌عنوان معیارهای بیابان‌زایی شناخته شده‌اند که به‌منظور کمّی‌نمودن آن‌ها، از شاخص‌های مربوط به هر معیار کمک گرفته می‌شود. با توجه به اینکه امتیازات پارامترهای کیفی مدل IMDPA در راستای طبقه‌بندی معروف ویلکوکس است، به‌منظور تعیین رده و نوع کیفیت آب، از تقسیم‌بندی ویل‌کوکس استفاده شده است (جدول 2). در دیاگرام ویلکوکس، S معرف SAR و C معرف EC آب است.

جدول 1: تعیین امتیاز شاخص‌های معیار آب در مدل IMDPA

شاخص ارزیابی	کلاس بیابان‌زایی	کم	متوسط	شدید	بسیار شدید
	امتیاز	1/00-1/50	1/51-2/50	2/51-3/5	3/51-4
افت (cm/year)		<20	20-30	30-50	>50
EC (µmhos/cm)		<750	750-2250	2250-5000	>5000
SAR (µmhos/cm)		<15	15-26	26-32	>32

جدول 2: رده‌های مختلف آب و نوع کیفیت براساس تقسیم‌بندی ویلکوکس

ردیف	رده آب	نوع کیفیت آب برای کشاورزی
1	C_1S_1	شیرین، اما برای کشاورزی بی‌ضرر
2	C_1S_2, C_2S_2, C_2S_1	کمی شور، برای کشاورزی تقریباً مناسب
3	C_1S_3, C_2S_3, C_3S_1, C_3S_2, C_3S_3	شور، برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم
4	C_1S_4, C_2S_4, C_3S_4, C_4S_4, C_4S_3, C_4S_1	خیلی شور، مضر برای کشاورزی

4. Iranian Model of Desertification Potential Assessment

نتایج

الف. نتایج حاصل از پارامترهای کیفی آب

در این مرحله، اطلاعات مربوط به هر یک از طبقات EC آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار در دورهٔ 1381تا1388 و 1388ـ1390 به‌دست آمد (جدول‌های 3و4) و نقشهٔ تغییرات و روند آن ترسیم شد (شکل‌های 2و3). براساس نتایج به‌دست‌آمده، متوسط وزنی EC در دورهٔ 1381تا1388 در منطقه مورد مطالعه برابر 4565/06 و حداقل و حداکثر EC در منطقه به‌ترتیب، برابر 1987 و 10902/14 است. متوسط وزنی EC در دوره‌های 1388تا1390 برابر 4648/07 و حداقل و حداکثر EC در منطقه به‌ترتیب، برابر 1576/6 و 14726/67 است. اطلاعات مربوط به هر یک از طبقات SAR آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار در دورهٔ 1381تا1388 و 1388تا1390 به‌دست آمد (جدول‌های 5و6) و نقشهٔ تغییرات و روند آن ترسیم شد (شکل‌های 4و5). متوسط وزنی SAR، در دورهٔ 1381تا1388 برابر 7/07 و حداقل و حداکثر SAR در منطقه به‌ترتیب، برابر 2/76 و 16/33 و متوسط وزنی SAR در دورهٔ 1388تا1390 برابر 7/54 و حداقل و حداکثر SAR در منطقه به‌ترتیب، برابر 3/28 و 20/42 است.

جدول 3: اطلاعات مربوط به طبقات EC در دورهٔ آماری 1381تا1388 در دشت گرمسار

دوره	محدوده EC (µmhos/cm)	مساحت (ha)	درصد مساحت
1381-88	2250-5000	50446	58/19
	> 5000	36242	41/81

جدول 4: اطلاعات مربوط به طبقات EC در دورهٔ آماری 1388تا1390 در دشت گرمسار

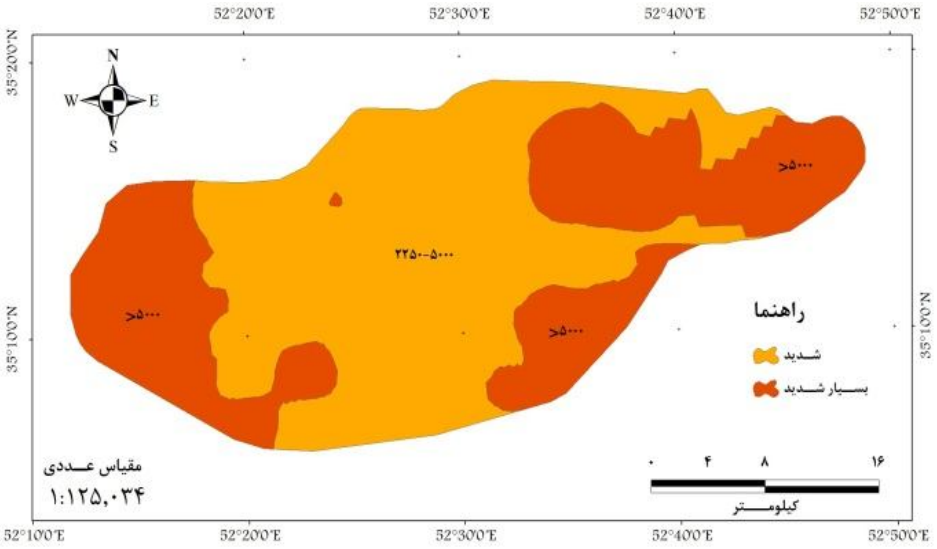
دوره	محدوده EC (µmhos/cm)	مساحت (ha)	درصد مساحت
1388-90	750-2250	814	0/94
	2250-5000	61940	71/45
	> 5000	23935	27/61

جدول 5: اطلاعات مربوط به طبقات SAR در دورهٔ آماری 1381تا1388 در دشت گرمسار

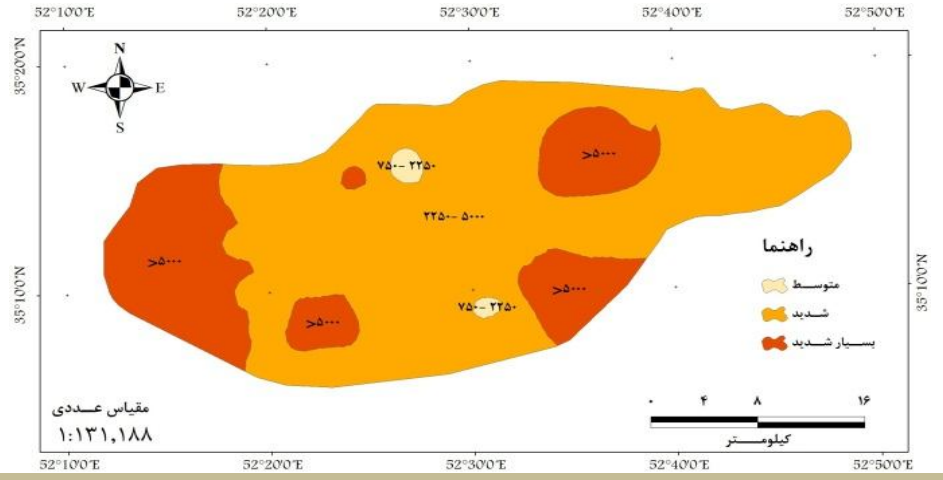
دوره	محدوده SAR (µmhos/cm)	مساحت (ha)	درصد مساحت
1381-88	<10	86226	99/46
	10-18	463	0/54

جدول 6: اطلاعات مربوط به طبقات SAR در دوره 1388تا1390 در دشت گرمسار

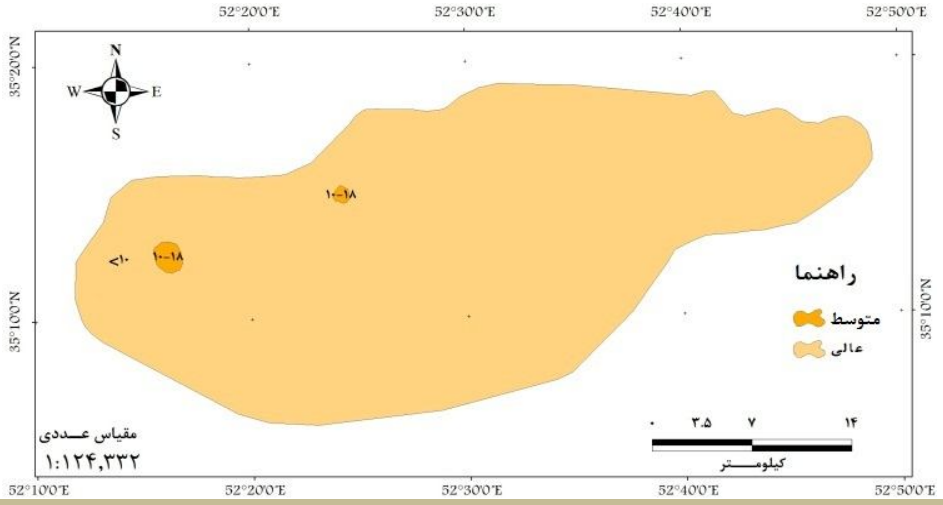
دوره	محدوده SAR (µmhos/cm)	مساحت (ha)	درصد مساحت
1388-90	<10	79288	91/46
	10-18	7400	8/54



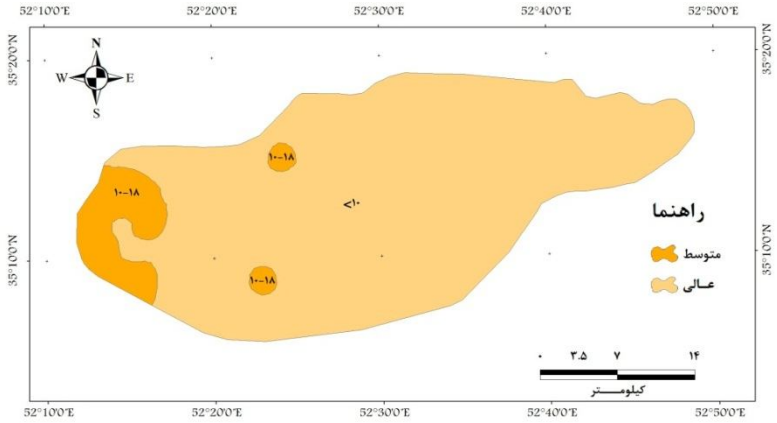
شکل 2: نقشهٔ تغییرات EC آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار (دورهٔ آماری 1381تا1388)



شکل 3: نقشهٔ تغییرات EC آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1388تا1390)



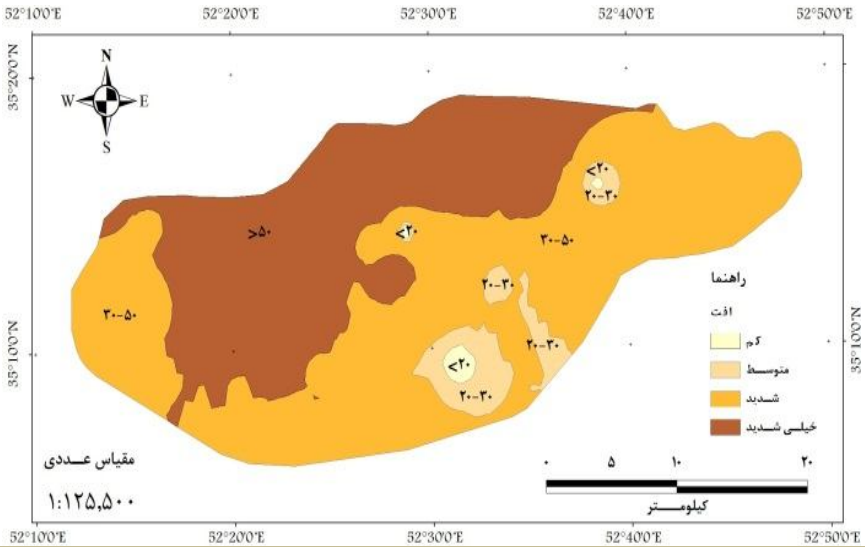
شکل 4: نقشهٔ تغییرات SAR آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1381تا1388)



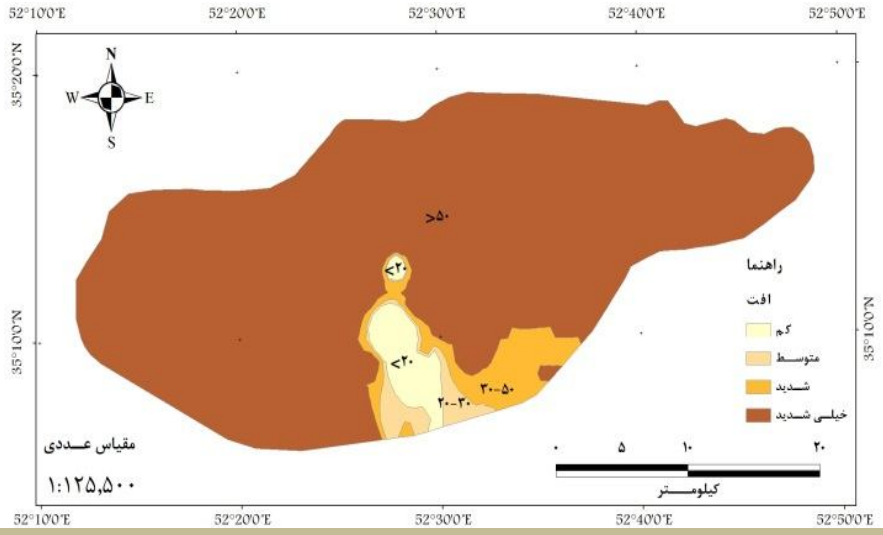
شکل 5: نقشهٔ تغییرات SAR آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1388تا1390)

ب. نتایج حاصل از نوسانات سطح آب زیرزمینی

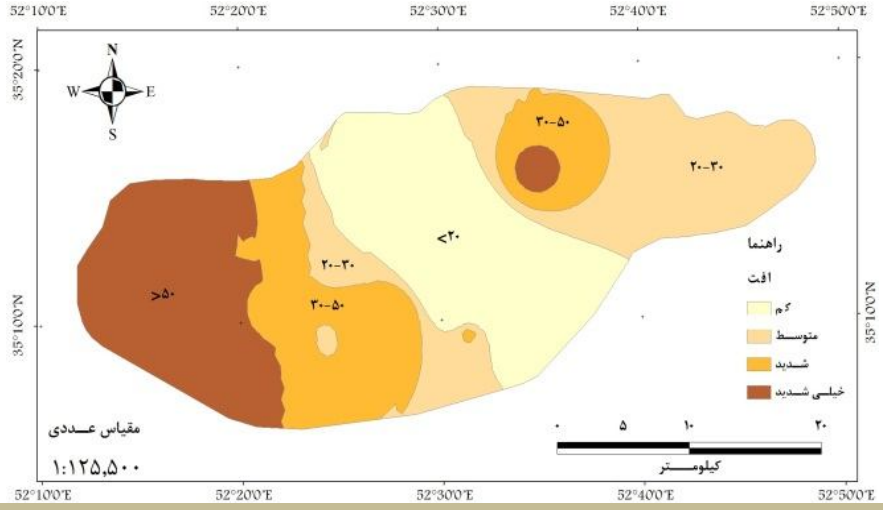
در این مرحله، روند و تغییرات نوسان‌های سطح سفرهٔ آب زیرزمینی در چهار دوره زمانی 1373تا1375، 1375تا1381، 1381تا1388 و 1388تا1390 مشخص شده است. در دورهٔ زمانی 1373تا1375 در نواحی شمالی دشت گرمسار، میزان افت به شدت بالا بوده و این میزان افت بسیار شدید، در حال حرکت به‌سمت قسمت‌های شرقی، غربی و جنوبی است و به‌ترتیب، 55 و 38/85 درصد از منطقه در وضعیت افت شدید و بسیار شدید قرار دارند (شکل 6). در دورهٔ زمانی 1375تا1381، میزان افت با وضعیت بسیار شدید در تمامی منطقهٔ مطالعاتی به‌جز قسمت کوچکی از نواحی جنوبی فراگیر شده و به‌ترتیب، 94/4 و 4/93 درصد از منطقه در وضعیت افت بسیار شدید و شدید قرار دارند (شکل 7). در دورهٔ زمانی 1381تا1388، میزان افت بسیار شدید در قسمت غربی منطقه فراگیر شده و به‌ترتیب، 23/33 و 22 درصد از منطقه در وضعیت بسیار شدید و شدید قرار دارند (شکل 8). شایان ذکر است که در دورهٔ زمانی 1381تا1388، با وجود بارندگی بیشتر نسبت به سایر دوره‌ها، به‌علت برداشت بیش از حد، بیش از 20 حلقه چاه در منطقهٔ مورد مطالعاتی خشک شدند که تأثیر بسیار زیادی را در منطقه داشته و در واقع، میزان افت در مقایسه با دو دورهٔ قبل، فقط از لحاظ عددی کم است؛ اما به لحاظ تحلیلی، به‌دلیل خشک‌شدن حدود 20 حلقه چاه، در این دوره میزان تخریب و خشکی بسیار بیشتر بوده است. در دورهٔ زمانی 1388تا1390، میزان افت باز هم در نواحی شمالی و مرکزی محدوده در وضعیت بسیار شدید قرار گرفت و به‌ترتیب، 45/4 و 21/63 درصد از منطقه در وضعیت بسیار شدید و شدید قرار دارند (شکل 9).



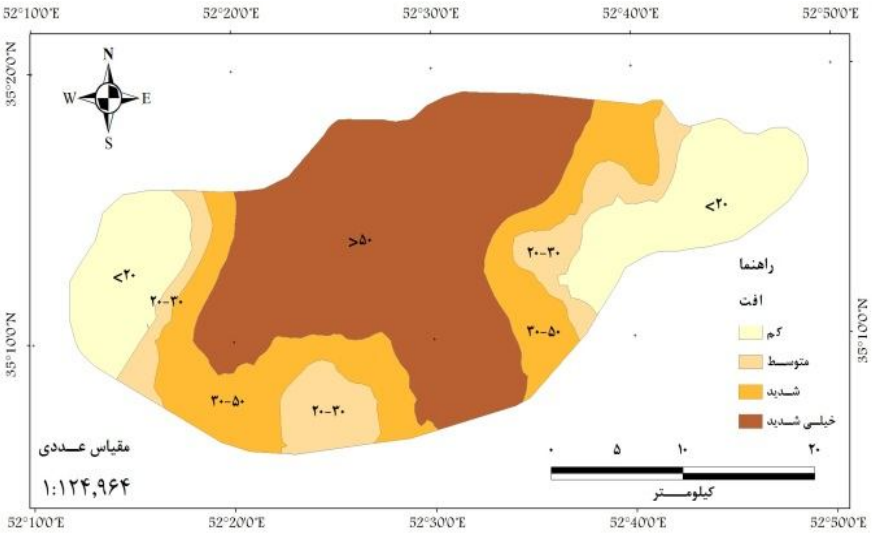
شکل 6: نقشهٔ روند افت آب زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1371تا1375)



شکل 7: نقشهٔ روند افت آب زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1375تا1381)



شکل 8: نقشهٔ روند افت آب زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1381تا1388)



شکل 9: نقشهٔ روند افت آب زیرزمینی دشت گرمسار (دوره آماری 1388تا1390)

بحث و نتیجه‌گیری

افت سطح آب زیرزمینی در منطقهٔ مورد مطالعه در دورهٔ زمانی 1373تا1375 برابر 1/05 متر، در دورهٔ زمانی 1375تا1381 برابر 8/2 متر، در دورهٔ زمانی 1381تا1388 برابر 4/27 و در دورهٔ زمانی 1388تا1390، برابر 5/34 متر بوده است. برخلاف تصور، میزان افت در دورهٔ زمانی 1381تا1388 نسبت به دورهٔ قبل کاهش پیدا کرد. به‌منظور بررسی علت کاهش افت، با تحلیلی که از ایستگاه‌های باران‌سنج ایوانکی، بنکوه، گرمسار، جنداب ایوانکی، تبخیرسنج ده‌نمک و ایستگاه سینوپتیک گرمسار صورت گرفت، نتایج نشان داد که در همه‌ی ایستگاه‌های موجود در منطقه، میزان بارندگی در دورهٔ زمانی 1381تا1388 نسبت به دوره‌های قبل بیشتر بوده و همین عامل، باعث کاهش افت و سبب تغذیهٔ چاه‌ها در این دوره شده است. متوسط بارندگی در ایستگاه سینوپتیک گرمسار در دورهٔ زمانی 1375تا1381، 108/08 میلی‌متر بوده؛ اما در دورهٔ زمانی 1381تا1388، 130 میلی‌متر بوده است. در نهایت، میزان افت آب زیرزمینی در دشت گرمسار، در طی سال‌های 1373تا1390 معادل 18/86 متر به‌دست آمد و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، افت آب زیرزمینی در چاه‌های دشت گرمسار به‌طور متوسط، سالیانه معادل 0/99 سانتی‌متر یا به‌عبارتی، معادل 1 متر است که با نتایج اکبری و همکاران (1388) مشابه است. اکبری و همکاران (1388) افت سطح آب‌های زیرزمینی آبخوان دشت مشهد را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند و آمار 70 حلقه چاه مشاهده‌ای در طی 2 دوره 10 ساله (1366تا1376 و 1377تا1387) مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان تا 30 متر کاهش داشته است؛ یعنی به‌طور متوسط، هر ساله 60 سانتی‌متر سطح آب کاهش یافته است، همچنین با نتایج فتاحی (1388) که میزان افت سطح آب زیرزمینی در دشت قم را تا قبل از احداث سد 15 خرداد به‌طور متوسط حدود 0/5 متر در سال بوده و بعد از احداث سد یادشده، به‌طور متوسط به 1/4 متر در سال گزارش کرده بود، مشابه است. این نتیجه بیانگر رشد روزافزون برداشت از منابع آب زیرزمینی دشت گرمسار و تخلیهٔ بیش از حد آب زیرمینی است. این افت بر اثر چند عامل مهم اتفاق افتاده است. اولین و مهم‌ترین دلیل، افزایش برداشت از آب رودخانهٔ حبله‌رود در بالادست (شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند) است که این منطقه را با بحران کمبود آب مواجه کرده است. دومین دلیل، افزایش برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و چاه‌های خود منطقه است. سومین دلیل، رخداد خشکسالی‌های اخیر و در نهایت، واقع‌شدن دشت گرمسار در منطقه‌ای خشک و کاهش نزولات جوی و تبخیر زیاد، بیانگر کم‌بودن و کمترشدن منابع تغذیه‌کنندهٔ آبخوان است. دشت گرمسار که بر روی مخروط‌افکنهٔ حبله‌رود قرار دارد و بادبزنی‌شکل است، نمونهٔ بارزی از مخروط‌افکنه‌های کلاسیک است. دشت آبرفتی گرمسار در منطقه‌ای خشک و کم‌باران قرار دارد و میزان نزولات جوی آن پایین است. منابع آب‌های سطحی منطقه به‌علت کمبود بارندگی محدود بوده و تنها یک رودخانهٔ دائمی در منطقه جریان دارد. رودخانهٔ حبله‌رود تنها منبع مطمئن تأمین آب دشت گرمسار محسوب می‌شود و تأثیر مهمی در اقتصاد و آبادانی منطقه دارد.

مدیریت منابع آب و حفظ و ارتقای کیفیت آن‌ها نیازمند وجود اطلاعات در زمینهٔ موقعیت و پراکنش فاکتورهای شیمیایی آب در یک منطقهٔ جغرافیایی معین است؛ علاوه بر آن، اتخاذ رویکردهای مدیریتی در زمینهٔ مبارزه با آلودگی محیطی و خطر شوری نه تنها نیازمند اطلاعات کمی در رابطه با میزان آلوده‌کننده مورد نظر است، بلکه دانستن احتمال و ریسک این خطر، کمک مؤثری در اتخاذ تدابیر مناسب می‌کند. پهنه‌بندی آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت، اولین قدم در شناسایی گسترهٔ جغرافیایی آلودگی‌ها به شمار می‌آید. نقشه‌های پراکنش خصوصیات شیمیایی، نقش ارزنده‌ای در فرایند تصمیم‌گیری ایفا می‌کند. دشت آبرفتی گرمسار در پایین‌دست حوزهٔ آبخیز حبله‌رود قرار گرفته است. این رودخانه در بالادست، از کیفیت خوبی برخوردار است؛ ولی قبل از ورود به دشت گرمسار، در فاصلهٔ بین ایستگاه‌های سیمین‌دشت تا بنکوه از سازندهای شور عبور می‌کند و شاخه‌های شوری نیز به آن می‌پیوندد که میزان املاح آن افزایش و در نتیجه، کیفیت آن به‌شدت کاهش می‌یابد. نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر کیفیت، آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار برای شاخص EC در دورهٔ 1381تا1388 در دو ردهٔ «نامناسب و بسیار بد» قرار گرفت. در دورهٔ 1388تا1390، 99/06 درصد از کل منطقه، از نظر کیفیت، در ردهٔ «نامناسب و بسیار بد» قرار گرفت و تنها 0/94 درصد از کل منطقه، در ردهٔ متوسط قرار گرفت؛ بنابراین، با توجه به

اینکه حد نهایی وضعیت نامناسب برای پارامتر EC، 2250 میکروموس بر سانتی‌متر است، چنانچه روند آلودگی و برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی منطقه وجود داشته باشد، در چند سال آینده با افزایش EC منطقه، وضعیت آب از نظر پارامتر EC به بحرانی‌ترین حد ممکن خواهد رسید. هرچند که وضعیت EC در منطقه، در حد بسیار بحرانی است، کنترل آن به هر طریقی الزامی است. براساس استانداردهای موجود، حداکثر مجاز مقدار SAR برای کشاورزی نباید بیشتر از 26 میلی‌گرم بر لیتر باشد (مهدوی، 1384 و حبیبی، 1385). براساس نتایج به‌دست‌آمده، متوسط SAR در منطقهٔ مورد مطالعه، در دوره‌های 1381تا1388 و 1388تا1390 به‌ترتیب، 7/07 و 7/54، حداکثر آن‌ها به‌ترتیب، 16/33 و 20/42 و حداقل آن‌ها 2/76 و 3/28 به‌دست آمد؛ بنابراین، هیچ‌گونه مشکلی از نظر SAR جهت کشاورزی وجود ندارد و آب‌های زیرزمینی منطقه فقط برای پارامتر SAR جهت کشاورزی مطلوب است؛ لذا کیفیت آب کل منطقه برای پارامتر SAR در دورهٔ 1381تا11388 و 1388تا1390 در دو ردهٔ «عالی و متوسط» قرار می‌گیرد. نکتهٔ درخور تأمل این است که برای پارامتر SAR در دورهٔ 1381تا1388، 463 هکتار از منطقه در وضعیت متوسط قرار داشته؛ اما در دورهٔ 1388تا1390 این وضعیت به 7400 هکتار افزایش یافته است (جدول 5 و 6)، چنانچه روند آلودگی و برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی و مهم‌تر از همه، ورود سازندهای شور از طریق رودخانهٔ حبله‌رود به این منطقه ادامه داشته باشد، در چند سال آینده با افزایش SAR منطقه، وضعیت آب همانند پارامتر EC به وضع بحرانی خواهد رسید. طی سال‌های اخیر، به‌دلیل برداشت بیش از حد از چاه‌های آب کشاورزی، ضمن پایین‌رفتن سطح آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب آن‌ها نیز تغییر کرده و بر میزان شوری و املاح آن‌ها افزوده شده است. این امر در کیفیت خاک زراعی نیز تأثیرگذار بوده است. املاح حاصل از آب چاه‌ها، به اضافهٔ کودهای شیمیایی و املاح رودخانهٔ حبله‌رود، باعث کاهش حاصل‌خیزی خاک‌های دشت گرمسار شده است که نتیجهٔ آن، تغییر تدریجی الگوی کشاورزی و کاهش سطح زیر کشت برخی از محصولات جالیزی همانند خربزه شده است. در نهایت، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار به لحاظ کشاورزی براساس دو پارامتر کیفی EC و SAR در ردهٔ C_4S_1 قرار می‌گیرد و نوع کیفیت آب برای کشاورزی «خیلی شور و مضر برای کشاورزی» است. با توجه به تحلیل‌های انجام‌شده، روند کمیت و کیفیت آب در حال کاهش است و طی سال‌های آتی، در صورت رعایت‌نکردن موارد مذکور، کیفیت آب به لحاظ کیفی و کشاورزی حتی به C_4S_4 هم خواهد رسید و از آنجاکه دشت گرمسار پتانسیل بسیار زیادی برای بیابانی‌شدن دارد، ادامهٔ این روند، منطقه را به‌سمت بیابانی‌شدن و خطری کاملاً جدی پیش خواهد برد.

پیشنهادات

الف- بخش تولید آب

- انتقال آب از حوزه‌های مجاور مانند نواحی کوه‌های البرز به داخل؛
- مهار حداکثر آب‌های سطحی از طریق احداث سازه‌ها؛
- اجرا و توسعهٔ طرح‌های آبخیزداری (مدیریت آب‌های سطحی)؛
- آبخوان‌داری (مدیریت آب‌های زیرزمینی).

ب. بخش توزیع آب

- اصلاح و نوسازی شبکه‌های انتقال آب؛
- جداسازی کامل آب شور و شیرین در منطقه؛
- اصلاح شبکه‌های آبرسانی از سرچشمه تا مزرعه (تغییر شیوهٔ سنتی به نوین در بخش کشاورزی)؛

ج. بخش مصرف آب

- آموزش و فرهنگ‌سازی عمومی برای استفادهٔ بهینه از آب؛
- استفاده از شیوه‌های آبیاری نوین در بخش کشاورزی؛
- تغییر در الگوی کشت؛
- استقرار صنایعی که به آب کمتری نیاز دارند.

منابع

1. احمدی، حسن و همکاران، 1383. گزارش نهایی طرح تدوین شرح خدمات جامع و متولوژی تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
2. اکبری، مرتضی، جرگه، محمدرضا، مدنی سادات، حمید، 1388. بررسی افت آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)؛ مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد 16، شماره 4، ص 78-63.
3. گزارش آماری آب‌های زیرزمینی دشت گرمسار، بخش آب‌های زیرزمینی دفتر بررسی‌های منابع آب، وزارت نیرو، بخش پهنه‌بندی اقلیمی استان سمنان، 1389. جلد 3، ص230.
4. چیت‌سازان، منوچهر، میرزایی، سید یحیی، بهزاد، حمیدرضا، شبان، مجتبی، 1388. تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی؛ مطالعهٔ موردی: دشت خویس در شمال خوزستان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریتی آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ص163-154.
5. حبیبی، مهدی و معصومی، ابوالفضل، 1385. کیفیت آب. انتشارات پژوهشکده حفاظت آب و خاک، ص 42-38.
6. رزاق‌منش، مصطفی، سالمی، تلما، سراج، مانی، 1385. بررسی کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی دشت تبریز. مجموعه مقالات اولین همایش ملی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز، ص138-128.
7. شیرافروس، علی، 1384. بررسی اثرات کشاورزی و روش‌های آبیاری و زهکشی بر کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی؛ مطالعه موردی: دشت قزوین. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشتهٔ آبیاری و زهکشی، دانشگاه تهران، 147 ص.
8. عزیزی، قاسم، 1382. ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره 46، ص143-131.
9. علیزاده، ا.، 1363. کیفیت آب در آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، آستان قدس رضوی، مشهد، ص79-75.
10. فتاحی، محمدمهدی، 1388. بررسی روند بیابان‌زایی در استان قم با استفاده از داده‌های سنجش از دور با تأکید بر تغییرات استفاده از اراضی و تغییرات کمی و کیفی منابع آب. فصلنامه علمی‌پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد 16، شماره 2، ص 253-234.
11. محمدی، اعظم، اردجانی، فرامرز، کرمی، غلامحسین، 1388. مطالعهٔ تأثیر سد بارزو بر آبخوان شیروان با تفسیر هیدروگراف چاه‌های منطقه و آنالیز کیفی نمونه‌های آب. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت منابع آب. دانشگاه صنعتی شاهرود، ص16-9.
12. مهدوی، محمد، 1384. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص131-125.
13. Ahmadi SH and Sedghamiz, A., 2007. Geostatisical analysis of spatial temporsal variation of groundwater level. Environ Monit Assess.129: 277-294.
14. Demir, Y. Sahin,S. Guler,M. Cemek,B. Gunal,H and Arsalan,H., 2009. Spatial of depth and salinity of groundwater under irrigated untifuvents in the Middle Black Sea Region of Turkey Environ Monit Assess.158: 279-294.
15. FAO, Environmental impact assessment of irrigation and drainage prijects. Irrigation Drainage Paper UK.FAO, NO.53.
16. Dukes, M.D and Evans, RO. (2006). Impact of agriculture on water quality in the North Carolina middle coastal plain. Journal of Irrigation and Drainage Engineering.132: 250-262.
17. Houston, CE.1977. Irrigation development in the world. Pp 425-432. In: Worthington EB (ed) Arid Land Irrigation in Developing Countries Environmental Problems and Effects. Pergamon Press.
18. Nourani, V. Asghari,M.A and Nadiri, A.O.,2008. An ANN-based model for spatiotmporal groundwater level forecasting. Hydrological Processes.22: 5054-5066.
19. Schmidt, KD and Sheman, I., 1987. Effect of irrigation on groundwater quality in California. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 113: 16-29.
20. Sonnen, MB. Thomas, J.L. and Guitjens, J.C., 1987. Irrigation effects in six western states. Journal Irrigation and Drainage Engineering. 113: 57-68.