

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۵، تابستان ۱۳۹۷، صص ۳۵-۱۷

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۱۹ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۰۵

پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی دشت مرند بر اساس پتانسیل‌های موجود

مهدی دینی^۱

ابراهیم محمدی آیدینلو^۲

چکیده

سطح و کیفیت آب‌های زیر زمینی در ارتباط با متغیرهای مختلف تغییر می‌کند. هدف از این تحقیق، تخمین تغییرات زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی دشت مرند می‌باشد. برای این منظور، محاسبات بیلان آبی در نرم‌افزار Excel و پهنه‌بندی مکانی تغییرات در ArcGIS انجام شد. نتایج بررسی‌ها در وضعیت موجود نشان می‌دهد که در دوره‌ی آماری ۳۲ ساله تراز آب زیرزمینی دشت به طور متوسط با افتی معادل ۵۲ سانتی‌متر در سال و در ۱۰ سال اخیر به طور متوسط با افتی معادل ۴۸ سانتی‌متر در سال روبرو شده است. برای بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت در سال‌های آتی، ابتدا آبخوان دشت مرند به چهار پهنه‌ی مختلف تقسیم و سپس سه سناریو به صورت، (۱) تأمین همه‌ی مصارف از منابع آب زیرزمینی، (۲) تأمین مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس، (۳) تأمین مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و اعمال مدیریت مصرف بهینه تعریف شد و در نهایت برای هر یک از سناریوها، تراز آب زیرزمینی دشت در شهریور ۱۳۹۳ و ۱۳۹۸ پهنه‌بندی گردید. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سناریوی اول، با تشدید افت سطح آب زیرزمینی در تمامی پهنه‌ها، وضعیت آبخوان بحرانی‌تر شده و افت تراز آب زیرزمینی در برخی نواحی به ۲/۶ متر می‌رسد. با اعمال سناریوی دوم، تراز آب زیرزمینی دشت حداقل ۱/۶۷ و حداکثر ۱/۹۳ متر افزایش می‌یابد و با ادامه این روند بعد از ۱۴ سال آبخوان به وضعیت سال ۱۳۸۴ برمی‌گردد. همچنین با اعمال

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران (نویسنده مسئول).

E-mail:m.dini@azaruniv.ac.ir

۲- کارشناس ارشد مدیریت منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، تبریز، ایران.

سناریوی سوم تراز آب دشت، حداقل ۴/۷۸ متر و حداکثر ۵/۲۹ متر افزایش می‌یابد که با ادامه این روند بعد از ۵ سال آبخوان به وضعیت سال ۱۳۸۴ برمی‌گردد.

کلمات کلیدی: آبخوان، پهنه‌بندی، تراز آب زیرزمینی، دشت مرند، ArcGIS.

مقدمه

دشت مرند از سال ۱۳۷۰ به دلیل افت شدید سطح آب زیرزمینی و کاهش ذخیره مخزن، ممنوعه اعلام شده است. از سال آبی ۷۴-۷۳ علی‌رغم ممنوعه بودن دشت، سطح آب زیرزمینی سال به سال افت نموده است، که در نتیجه آن تعداد زیادی از چاه‌ها و قنات خشک و یا آبدهی آنها کم‌شده، که این امر مشکلات زیادی برای بهره‌برداران به وجود آورده است. در سال‌های اخیر در راستای کمک به مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی تحقیقات زیادی در این ارتباط انجام شده است. تعدادی از محققان (خاشعی سلوکی و سربازی، ۱۳۹۳: ۹۳، بیدست و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۹۷، کلاهدوزان و همکاران، ۱۳۹۴: ولیزاده کامران و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۷؛ دلبری و همکاران، ۱۳۹۵: ، دهاناسکاراپاندیان و همکاران^۱، ۲۰۱۶: ۲۷۰) پارامترهای کیفی و روند تغییرات آنها در منابع آب زیرزمینی را در آبخوان‌های مختلف بررسی کرده‌اند که تمرکز آنها بر بررسی وضعیت موجود برای مصارف مختلف و تخمین وضعیت در سال‌های آتی می‌باشد. هاور و همکاران^۲، ۲۰۱۴: ۵۵، ابزاری را در قالب ArcGISIMS^۳ برای ارزیابی کیفی منابع آب زیرزمینی توسعه دادند. این ابزار امکان پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی به صورت دینامیک را فراهم می‌کند. فخری و همکاران ۱۳۹۴: ۶۶، غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت مرند را با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و SPSS انجام دادند. پهنه‌بندی دشت بر اساس غلظت نیترات نشان می‌داد که در برخی نواحی دشت میزان نیترات آب بیشتر از مقادیر استاندارد آب شرب می‌باشد که به علت نفوذ فاضلاب خانگی و کشاورزی ایجاد شده

1- Dhanasekarapandian et al.,

2- Hoover et al.,

3- ArcGIS Internet Map Server

است. وینود و همکاران^۱ ۲۰۱۵: ۱۰۴۷، میزان نیترات شسته شده در منابع آب زیرزمینی در ایالت کارناتاکا^۲ هند را با استفاده از GIS بررسی کردند. در این تحقیق مدل مبتنی بر GIS برای تخمین میزان نیترات شسته شده از منابع کشاورزی و فاضلاب بکار برده شد. نتایج نشان داد که میزان نیترات شسته شده از منابع کشاورزی بسیار بیشتر از منابع فاضلاب شهری است، به طوری که این نسبت بین ۸۷ تا ۱۳۸ برابر تغییر می‌کند.

برخی دیگر از محققان، روند تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی را مورد توجه قرار داده‌اند. در این ارتباط آل‌شیخ و همکاران، ۱۳۸۳: ۹۹ کاربرد GIS در بیان آبی زیرزمینی دشت تالش را بررسی کردند. در این تحقیق با تهیه نقشه‌های بیان آبخوان، نقاط بحرانی برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی مشخص شده و مقادیر مجاز برداشت از آبخوان در مناطق مختلف محاسبه شده است. زارع‌ایبانه و همکاران ۱۳۹۱: ۱۷۳، با بکارگیری روش‌های آزمون آماری به بررسی نوسان سطح آب زیرزمینی در دشت ملایر پرداختند. نتایج بررسی‌های آنها نشان داد که در مجموع در بیشتر نقاط آبخوان روند تغییرات در جهت افت عمق آب زیرزمینی می‌باشد. رضانی چرمهینه و ذونعمت کرمانی، ۱۳۹۴: ۹۷، ماشین بردار پشتیبان^۳ را برای پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت شهرکرد بکار بردند و نتایج آن را با تحلیل خطی و تحلیل درجه‌ی دوم مقایسه کردند، نتایج نشان داد که ماشین بردار پشتیبان با داشتن کمترین میانگین خطای نسبی نسبت به دو روش دیگر برتری دارد. حبیبی و همکاران (۱۳۹۴: ۸۵)، مدل ترکیبی ژنتیک-کریجینگ را برای پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت هادی‌شهر بکار بردند. در این مقاله روش برنامه‌ریزی ژنتیک و نروفازی برای پیش‌بینی زمانی نوسانات سطح آب بکار برده شدند و با توجه به جواب بهتر روش برنامه‌ریزی ژنتیک نسبت به روش نروفازی، ترکیب روش ژنتیک-کریجینگ برای پیش‌بینی زمانی و مکانی نوسانات آب بکار برده شد. نتایج نشان دهنده عملکرد قابل

1- Vinod et al.,

2- Karnataka

3- Support Vector Machine

قبول مدل ترکیبی بود. رجائی و پوراصلان (۱۳۹۴: ۱)، پیش‌بینی زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی در دشت داورزن خراسان رضوی را با استفاده از مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی و کریجینک انجام داده‌اند. نتایج نشان‌دهنده‌ی کارایی مناسب مدل‌ها در تخمین تراز آب زیرزمینی در یک ماه آینده و نقاط تعیین شده آبخوان بود. ندیری و همکاران (۱۳۹۵: ۱۱۵)، پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل منطق فازی مرکب نظارت شده در دشت مشگین‌شهر را مورد توجه قرار داده‌اند. در این تحقیق آنها مدل فازی ممدانی، لارسن و سوگنو را به صورت منفرد و ترکیب غیرخطی آنها را در پوشش شبکه‌ی عصبی مصنوعی به صورت مدل فازی مرکب نظارت شده بکار بردند. بررسی‌ها نشان داد که مدل مرکب نظارت شده، نتایج بهتری را نسبت به مدل‌های منفرد ارائه کرده است. چلیک^۱ (۲۰۱۵: ۱۳۴) تغییرات زمانی تراز آب زیرزمینی در بالادست حوضه‌ی آبریز دجله در دیاربکر ترکیه را با استفاده از GIS بررسی و دلایل احتمالی تغییرات آب زیرزمینی را مورد توجه قرار داد. در این بین تغییر اقلیم و به طور مشخص افزایش دما و کاهش بارندگی‌ها در چند دهه گذشته عامل مهمی در تغییرات شدید سطح آب زیرزمینی بوده است.

در این تحقیق، برای بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت مرند و مدیریت این آبخوان، سه سناریو به صورت سناریوی اول تأمین مصارف از منابع آب زیرزمینی سناریوی دوم تأمین مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و سناریوی سوم تأمین مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و اعمال مدیریت مصرف بهینه در نظر گرفته شد. برای برقراری ارتباط بین مقادیر ورودی، خروجی و ذخیره در آبخوان دشت، معادله بیلان آب بکار برده شد و با توجه به داده‌های موجود از ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت برآورد شد. سپس پهنه‌بندی دشت با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS برای انتهای پنج سال آتی (شهریور ۱۳۹۸) انجام و نتایج با پهنه‌بندی دشت در شهریور ماه سال ۱۳۹۳ مقایسه گردید. مدل‌سازی گزینه‌های مختلف پیش‌روی مدیران برای

1- Celik

بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت و پیش‌بینی وضعیت آینده دشت در این شرایط در طول ۵ سال آتی از نوآوری‌های این تحقیق می‌باشد. بکارگیری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای این منظور کمک می‌کند تا نقاط بحرانی دشت بهتر شناسایی شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی ارس در استان آذربایجان شرقی و در دشت مرند انجام شده است. موقعیت کلی منطقه در شکل (۱) نشان داده شده است. دشت مرند در حد فاصله مختصات $45^{\circ} 14' 45''$ تا $45^{\circ} 11' 11''$ و $38^{\circ} 03' 46''$ طول شرقی (521500 تا 591500) و $38^{\circ} 18' 28''$ تا $38^{\circ} 45' 14''$ عرض شمالی (4240000 تا 4290000) واقع شده است. وسعت کل محدوده‌ی مطالعاتی مرند $1878/5$ کیلومتر مربع است که $562/22$ کیلومتر مربع آن را دشت مرند تشکیل می‌دهد که حدود 30 درصد کل محدوده‌ی مطالعاتی مرند را شامل می‌شود. آبخوان دشت مرند در سال 1370 به دلیل افت سطح آب زیرزمینی، ممنوعه اعلام شده است (وزارت نیرو شرکت مدیریت منابع آب ایران، $1387:90$). این محدوده در شمال غربی ایران قرار گرفته که بلندترین ارتفاع حوضه در جنوب دشت (کوه میشو) به بلندی 3155 متر و پست‌ترین منطقه نسبت به تراز متوسط دریا 1050 متر در غرب دشت می‌باشد. بررسی پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژی دشت مرند در یک دوره‌ی آماری 31 ساله (از سال آبی $61-62$ تا سال آبی $92-93$) نشان می‌دهد که متوسط بلندمدت بارندگی سالانه ایستگاه‌های باران‌سنجی 283 میلی‌متر، متوسط سالانه دمای دشت در درازمدت $12/8$ درجه سانتی‌گراد و متوسط سالانه درازمدت تبخیر از تشتک تبخیر در منطقه‌ی 104 میلی‌متر است (گزارش دفتر مطالعات پایه منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی $1393:144$).

در این تحقیق برای تحلیل و آنالیز نتایج و برقراری رابطه‌ی بیلان بین ورودی‌ها، خروجی‌ها و ذخیره در آبخوان از نرم‌افزار Excel و برای پهنه‌بندی تغییرات تراز آب

زیرزمینی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. بررسی آماری دشت مرند بر اساس آمار و اطلاعات ۵۰ چاه مشاهده‌ای در فاصله‌ی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ انجام شده است. در این بازه‌ی زمانی با توجه به اطلاعات موجود تراز چاه‌ها، پارامترهای آبخوان از جمله میزان افت سطح آب بر اساس میزان برداشت از آبخوان تعیین شد. سپس سناریوهای مختلفی در راستای بررسی وضعیت و مدیریت آبخوان تعریف شد که شامل سه سناریو به صورت موارد زیر می‌باشد.

سناریوی اول: در سناریوی اول فرض بر آن است که در طول ۵ سال آبی تغذیه آبخوان ثابت بوده و مصارف مختلف دشت شامل شرب، صنعت و کشاورزی از منابع آب زیرزمینی تأمین شود.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

سناریوی دوم: در سناریوی دوم فرض بر آن است که در طول ۵ سال آبی مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و کشاورزی از منابع آب زیرزمینی تأمین شود.

سناریوی سوم: در سناریوی سوم فرض بر آن است که در طول ۵ سال آبی مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و سایر مصارف از منابع آب زیرزمینی تأمین شود.

این شرط که با بکارگیری و نصب کنتورهای هوشمند آب و برق میزان مصارف در بخش کشاورزی کنترل و با استفاده از روش‌های مدرن آبیاری این مصارف بهینه شود.

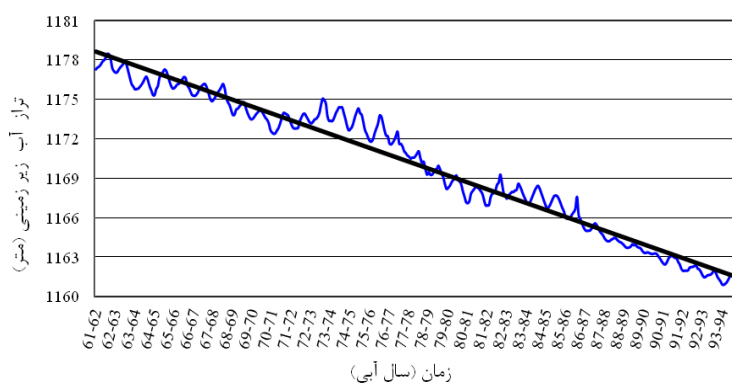
بحث و نتایج

پهنه‌بندی تراز آب زیرزمین دشت مرنند در وضعیت موجود

بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت مرنند در وضعیت موجود نشان می‌دهد که در دوره‌ی آماری ۳۱ ساله (از سال آبی ۶۲-۶۱ تا سال آبی ۹۳-۹۲)، متوسط تراز آب زیرزمینی دشت با افتی معادل ۱۶/۵۶ متر روبرو شده است که این مسئله در شکل (۲) نشان داده شده است. بطور کلی متوسط افت سالانه تراز آب زیرزمینی دشت در حدود ۵۲ سانتی‌متر می‌باشد. مقایسه‌ی خط روند افت تراز آب زیرزمینی با منحنی تغییرات تراز اندازه‌گیری شده در شکل (۲) نشان می‌دهد که در بازه‌ی سال‌های ۶۱ تا ۷۱ و ۸۶ تا ۹۲ شیب تغییرات تقریباً ۵۲ سانتی‌متر در سال، در بازه‌ی سال‌های ۷۱ تا ۷۶ و ۸۰ تا ۸۶ کمتر از ۵۲ سانتی‌متر در سال و در بازه‌ی سال‌های ۷۶ تا ۸۰ بیشتر از ۵۲ سانتی‌متر در سال می‌باشد. در مجموع در تمامی این سال‌ها همواره مصرف از آبخوان بیشتر از مقادیر متوسط تغذیه بوده و تنها در برخی سال‌ها ۷۱ تا ۷۶ و ۸۰ تا ۸۶ به دلیل سال‌های ترآبی، افت سطح آب کمی کندتر شده است. برآورد حجم منابع آب در آبخوان دشت مرنند نشان می‌دهد که حجم آب آبخوان ۵۳۴/۹۶ میلیون مترمکعب و به طور متوسط معادل ۱۶/۲۲ میلیون مترمکعب در سال کاهش یافته است (گزارش دفتر مطالعات پایه‌ی منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی ۱۳۹۳: ۱۴۴).

برای بررسی تغییرات مکانی تراز آب زیرزمینی در آبخوان دشت مرنند از نتایج تراز آب زیرزمینی ماه‌های حداکثر و حداقل سال آبی ۹۳-۹۲ استفاده شده است. پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی دشت با جانمایی ۵۰ حلقه چاه مشاهده‌ای بر اساس مختصات جغرافیایی آنها انجام شده است. کد ارتفاعی از سطح دریا در بالای هر کدام از چاه‌های مشاهده‌ای مشخص است و با قرائت سطح آب زیرزمینی ماهانه از طریق عمق‌یاب تراز

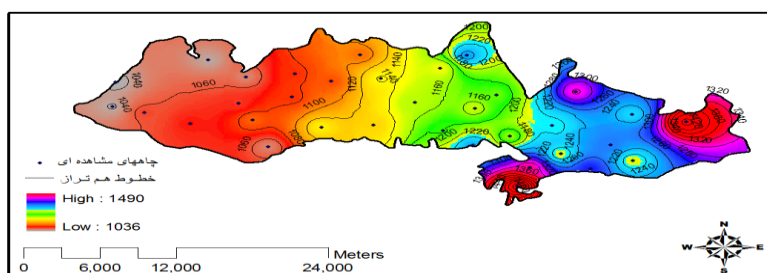
آب زیرزمینی نسبت به سطح دریا تعیین و در نهایت با استفاده از نرم افزار ArcGIS و تابع درون‌یابی IDW نقشه‌های DEM و پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی دشت تهیه شده است.



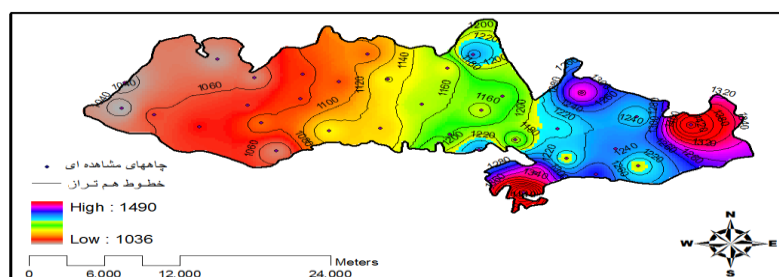
شکل (۲) نمودار تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت مرند در دوره‌ی آماری ۳۱ ساله

نتایج پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی دشت برای خرداد ماه در شکل (۳) و شهریور ماه در شکل (۴) نشان داده شده است. الگوی تغییرات تراز در نقشه‌های تهیه شده تقریباً یکسان بوده و نشان‌دهنده این است که به دلیل عملکرد همگون عوامل تغذیه و تخلیه، تغییرات اساسی در توزیع پتانسیل آب زیرزمینی دشت اتفاق نمی‌افتد. حداکثر تراز آب زیرزمینی در ضلع جنوب شرقی دشت و در حدود ۱۴۸۰ متر می‌باشد. به طور کلی تراز آب در کناره‌های شرقی، شمالی و جنوبی بالا بوده و بتدریج به سمت مرکز و غرب دشت از میزان آن کاسته می‌شود که در خروجی غربی دشت تراز حداقل ۱۰۴۰ متر و در حوالی مرند ۱۲۶۰ متر، در حوالی شهر کشکسرای ۱۱۲۰ متر و در حوالی شهر یامچی حدود ۱۱۴۰ متر می‌باشد. مقایسه تغییرات تراز آب زیرزمینی در شهریور ماه سال ۹۳ در مقایسه با خرداد ماه سال ۹۳ نشان می‌دهد که افت سطح آب زیرزمینی در قسمت‌های غربی دشت در شهریور ماه تشدید شده است به طوری که محدوده‌ی تحت پوشش تراز حداقل یعنی ۱۰۴۰ متر از خرداد تا شهریور ماه سال ۱۳۹۳ افزایش یافته

است. این مسئله ناشی از فشار مضاعف مصارف کشاورزی به منابع آب زیرزمینی در فاصله‌ی ماه‌های خرداد تا شهریور می‌باشد.



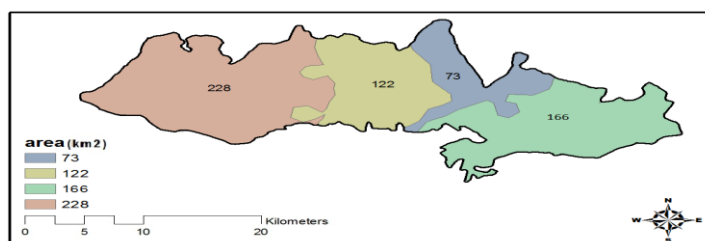
شکل (۳) پهنه‌بندی و خطوط هم تراز آب زیرزمینی در آخر خرداد ماه ۱۳۹۳



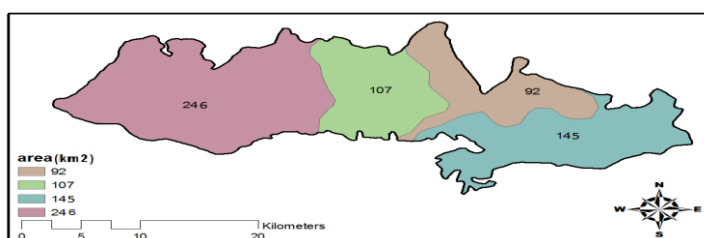
شکل (۴) خطوط هم تراز آب زیرزمینی در آخر شهریور ماه ۱۳۹۳

به‌منظور ایجاد شناخت دقیق از وضعیت دشت و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر آن به منظور جلوگیری از تشدید شرایط بحرانی، نسبت به بررسی آماری و پهنه‌بندی دشت مرنند بر اساس آمار و اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای در شهریور ماه سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ پرداخته شده است. بررسی نتایج نشان می‌دهد که متوسط افت سالانه تراز آب زیرزمینی دشت در ۱۰ سال اخیر ۴۸ سانتی‌متر و به تبع آن، کاهش حجم ذخیره‌ی مخزن معادل ۱۵/۶۴ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد (گزارش دفتر مطالعات پایه‌ی منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی ۱۳۹۳:۱۴۴). در شکل‌های ۵ و ۶ بر اساس تغییرات تراز آب زیرزمینی آبخوان، پهنه‌بندی دشت برای سال‌های ۱۳۸۴ و

۱۳۹۳ انجام شده است. با توجه به اینکه تراز آب زیرزمینی از شرق به غرب کاهش می‌یابد، از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ مساحت پهنه‌ی غربی از ۲۲۸ به ۲۴۶ کیلومتر مربع افزایش و مساحت پهنه‌ی شرقی از ۱۶۶ به ۱۴۵ کیلومتر مربع کاهش یافته است که نشان‌دهنده‌ی این است که در سال ۱۳۹۳ در مقایسه با سال ۱۳۸۴ پهنه‌ی بزرگ‌تری از دشت دچار افت تراز آب زیرزمینی شده است و افت سطح آب از قسمت‌های شرقی دشت به طرف قسمت‌های غربی پیشروی نموده است.



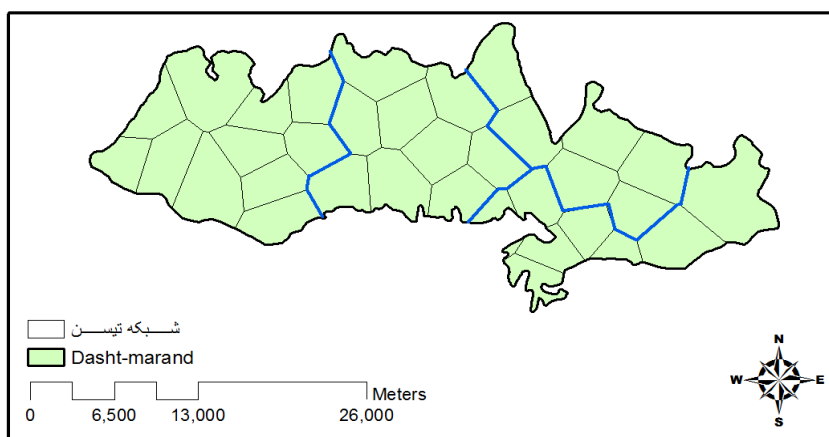
شکل (۵) پهنه‌بندی دشت بر اساس تراز آب زیرزمینی در آخر شهریور ۱۳۸۴



شکل (۶) پهنه‌بندی دشت بر اساس تراز آب زیرزمینی در آخر شهریور ۱۳۹۳

با توجه به گستردگی دشت، برای برآورد دقیق‌تر پارامترهای آبخوان از نظر تغییرات تراز آب زیرزمینی، سطح دشت بر اساس تغییرات تراز آب زیرزمینی چاه‌های فعال موجود و به روش تیسن‌بندی به چهار پهنه تقسیم شد. موقعیت پهنه‌ها در شکل (۷) و روند تغییرات متوسط تراز آب برای دوره‌ی آماری ۱۰ ساله در شکل (۸) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده، افت متوسط سالانه‌ی پهنه‌ی یک $۰/۴۷$ متر، پهنه‌ی دو $۰/۴۵$ متر، پهنه‌ی سه $۰/۵۲$ متر و پهنه‌ی چهار $۰/۴۹$ متر می‌باشد. در مجموع افت متوسط سالانه‌ی پهنه‌های یک تا چهار $۰/۴۸$ متر می‌باشد. علت تغییرات در پهنه‌های مختلف مربوط به میزان مصارف شرب، صنعت و کشاورزی در آنها می‌باشد، در پهنه‌ی سه به دلیل تمرکز چاه‌ها و فشار مصارف کشاورزی در دو منطقه‌ی یامچی و کشکسرای، برداشت آب از منابع آب زیرزمینی بالا بوده و سطح آب زیرزمینی افت شدیدتری را نشان می‌دهد.



شکل (۷) نقشه‌ی شبکه‌ی تیسین دشت مرند با تقسیم‌بندی پهنه‌ها

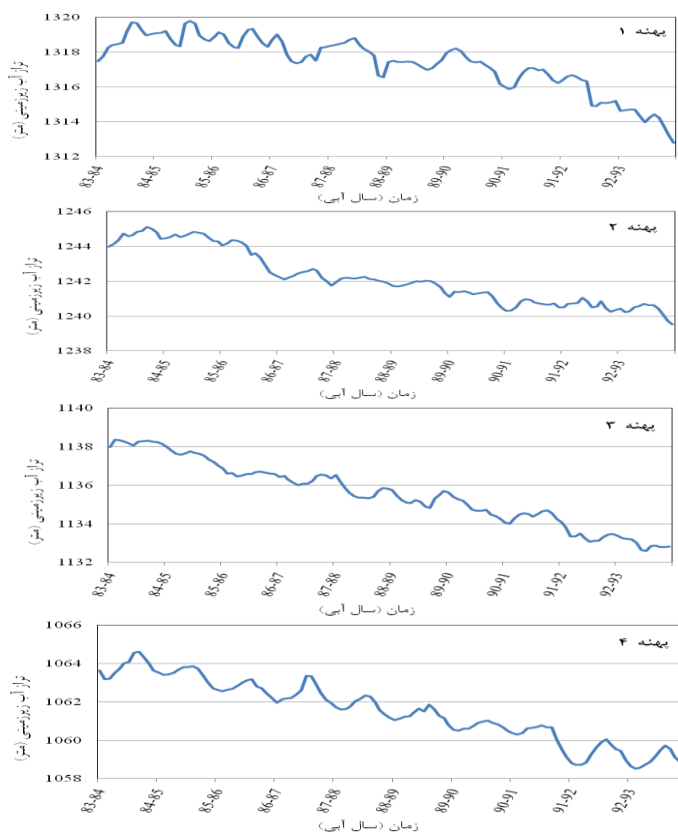
پهنه‌بندی تراز آب زیرزمین دشت مرند در سناریوی اول

در سناریوی اول فرض بر آن است که در طول ۵ سال آتی تغذیه آبخوان ثابت بوده و مصارف مختلف دشت شامل مصارف شرب، صنعت و کشاورزی از منابع آب زیرزمینی تأمین شود. با برقراری رابطه‌ی بیلان بین مقادیر ورودی، خروجی و ذخیره‌ی آبخوان در پنج سال آتی، مقدار افت تراز آب زیرزمینی در پهنه‌ی یک $۲/۳۵$ متر، در پهنه‌ی دو $۲/۲۵$ متر، در پهنه‌ی سه $۲/۶$ متر و در پهنه‌ی چهار $۲/۴۵$ متر خواهد بود. نقشه‌ی پهنه‌بندی دشت بر اساس تراز آب زیرزمینی و سطح مقطع تحت پوشش در شکل (۹)

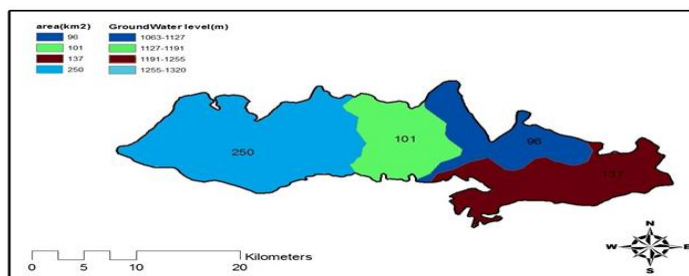
نشان داده شده است. مقایسه نتایج با وضعیت موجود (شکل ۶) نشان می‌دهد که در اثر تشدید افت سطح آب زیرزمینی، پهنه‌های دشت تحت تأثیر قرار گرفته و سطح محدوده‌های آسیب‌پذیر در غرب دشت توسعه یافته و با شرایط حادثری مواجه شده است به طوری کلی در سال ۱۳۹۸ نسبت به سال ۱۳۹۳ سطح آبخوان واقع در محدوده‌ی تراز ۱۰۶۳ تا ۱۱۲۷ در پهنه‌ی ۴ از ۲۴۶ کیلومتر مربع به ۲۵۲ کیلومتر مربع افزایش یافته است که نشان‌دهنده‌ی افت بیشتر تراز آب در محدوده‌ی بزرگی از سطح دشت می‌باشد. به عبارت دیگر ادامه شرایط موجود در سال‌های آتی، مشکلات بیشتری را در منابع آب زیرزمینی دشت ایجاد خواهد کرد.

پهنه‌بندی تراز آب زیرزمینی دشت مرنند در سناریوی دوم

در سناریوی دوم فرض بر آن است که در طول ۵ سال آتی مصارف شرب و صنعت مورد نیاز شهرستان مرنند و شهرهای تابعه از رودخانه‌ی ارس تأمین شود تنها برای مصارف کشاورزی از منابع آب زیرزمینی استفاده شود. با عملیاتی شدن سناریوی دوم، به میزان ۱۶/۹ میلیون مترمکعب آب از میزان تخلیه‌ی فعلی سفره کاسته خواهد شد. علاوه بر آن با توجه به وضعیت منطقه و وجود چاه‌های جاذب برای جمع‌آوری پساب‌های خانگی در بیش از ۷۵ درصد منازل مسکونی و تجاری شهرستان، حدود ۶۰ درصد آب مصرفی (۰/۷۵*۱۰/۸۰) نیز مجدداً به سفره آب زیرزمینی باز خواهد گشت که سالانه در حدود ۱۰/۱۴ میلیون مترمکعب می‌باشد و در مجموع سالانه ۲۷/۰۴ میلیون مترمکعب خواهد بوده با در نظر گرفتن بیلان آبی بین ورودی‌ها، خروجی‌ها و ذخیره در سفره به صورت تغییرات تراز آب زیرزمینی، در پهنه‌های چهارگانه دشت مقادیر تراز آب زیرزمینی در انتهای سال ۱۳۹۸ محاسبه و نقشه‌های پهنه‌بندی دشت رسم شده است.

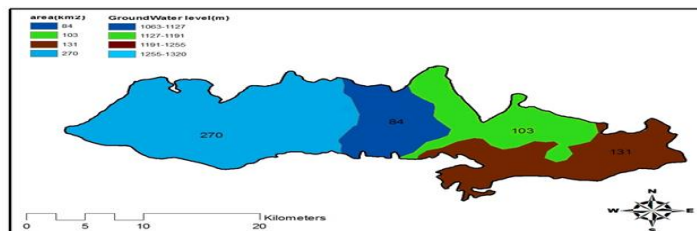


شکل (۸) هیدروگراف تراز آب زیرزمینی دشت مرند برای پهنه‌های مختلف



شکل (۹) پهنه‌بندی دشت مرند بر اساس سناریوی اول در شهریور ماه سال ۱۳۹۸

روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت و مساحت تحت پوشش آنها در سال ۱۳۹۸ در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با مقایسه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی دشت در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۳ (شکل ۶) می‌توان به این نتیجه رسید که با اعمال سناریوی دوم، در پنج سال‌آتی وضعیت سفره‌ی آب زیرزمینی بهبود می‌یابد. به طوری که در این حالت مساحت پهنه‌غربی دشت یعنی پهنه‌ی ۴ از ۲۴۳ به ۲۳۸ کیلومتر مربع کاهش و مساحت پهنه‌شرقی دشت یعنی پهنه‌ی ۱ از ۱۴۲ به ۱۴۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است. همچنین محاسبات تغییرات تراز آب زیرزمینی آبخوان نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی دشت در سال ۱۳۹۸، در پهنه‌ی یک ۱/۷۴ متر، در پهنه‌ی دو ۱/۶۷ متر، در پهنه‌ی سه ۱/۹۳ متر و در پهنه‌ی چهار ۱/۸۲ متر افزایش می‌یابد و با ادامه این روند تراز آب زیرزمینی بعد از ۱۴ سال به وضعیت ده سال قبل (سال ۱۳۸۳) و ۴۶ سال بعد به وضعیت ۳۲ سال قبل (سال ۱۳۶۱) برمی‌گردد.

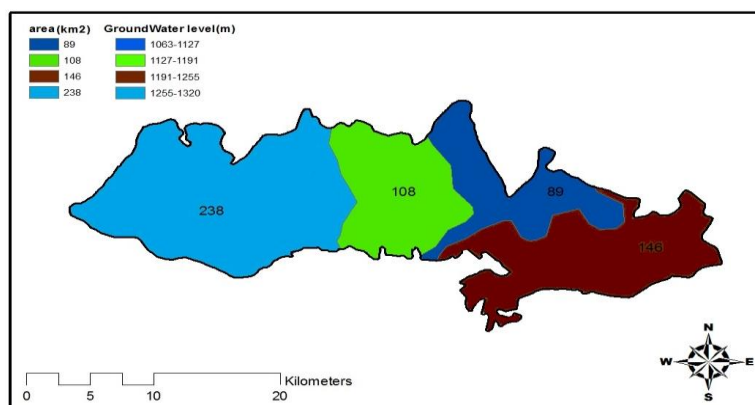


شکل (۱۰) پهنه‌بندی دشت مرنده بر اساس سناریوی دوم در شهریور ماه سال ۱۳۹۸

پهنه‌بندی تراز آب زیرزمین دشت مرنده در سناریوی سوم

در سناریوی سوم فرض بر آن است که در طول ۵ سال آتی تغذیه‌ی آبخوان ثابت بوده و مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و مصارف کشاورزی از منابع آب زیرزمینی تأمین شود. با این شرط که با بکارگیری و نصب کنتورهای هوشمند آب و برق میزان مصارف در بخش کشاورزی کنترل و با استفاده از روش‌های مدرن آبیاری این مصارف بهینه شود. با تأمین آب شرب و صنعت از ارس، سالانه ۲۷/۰۴ میلیون متر مکعب و با

اعمال مدیریت مصرف، سالانه ۲۰/۲ میلیون متر مکعب بر ذخایر سفره‌ی آب زیرزمینی اضافه خواهد شد، با اعمال بیلان آبی بین ورودی‌ها، خروجی‌ها و ذخیره در سفره به صورت تغییرات تراز آب زیرزمینی، میزان افزایش تراز سالانه در هر پهنه و در انتهای دوره محاسبه می‌شود. پهنه‌بندی تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت و مساحت تحت پوشش هر پهنه در شکل (۱۲) نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص است که مساحت پهنه‌ی ۴ با محدوده‌ی تراز ۱۱۲۷-۱۰۶۳ از ۲۴۶ به ۲۲۲ کیلومترمربع کاهش و مساحت پهنه‌ی ۱ با محدوده‌ی تراز ۱۳۲۰-۱۲۵۵ از ۱۴۵ به ۱۷۰ کیلومترمربع افزایش یافته است که به ترتیب بهبود ۱۰ و ۱۷ درصدی وضعیت پهنه‌ی چهار و یک را نشان می‌دهد. همچنین محاسبات تغییرات تراز آب زیرزمینی آبخوان نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی پنج سال بعد، در پهنه‌ی یک ۴/۷۸ متر، در پهنه‌ی دو ۴/۵۸ متر، در پهنه‌ی سه ۵/۲۹ متر و در پهنه‌ی چهار ۴/۹۹ متر افزایش می‌یابد و با ادامه این روند تراز آب زیرزمینی بعد از ۵ سال به وضعیت ده سال قبل (سال ۱۳۸۳) و ۱۷ سال بعد به وضعیت ۳۲ سال قبل (سال ۱۳۶۱) بر می‌گردد.



شکل (۱۱) پهنه‌بندی دشت مرنند بر اساس سناریوی سوم در شهریور ماه سال ۱۳۹۸

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، هدف بررسی زمانی و مکانی تغییرات آب زیرزمینی دشت مرند در وضعیت موجود و پیش‌بینی روند تغییرات در سال‌های آتی می‌باشد. برای این منظور از معادله بیلان آبخوان در محیط نرم‌افزار Excel و از پهنه‌بندی هندسی دشت در محیط نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. نتایج بررسی در وضعیت موجود نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۳، سالانه به‌طور متوسط، ۴۸ سانتی‌متر افت کرده است به طوری که افت متوسط سالانه در پهنه‌ی یک ۰/۴۷ متر، پهنه‌ی دو ۰/۴۵ متر، پهنه‌ی سه ۰/۵۲ متر و پهنه‌ی چهار ۰/۴۹ متر می‌باشد. برای بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت در سال‌های آتی، سه سناریو شامل تأمین مصارف از منابع آب زیرزمینی با تغذیه ثابت (سناریوی اول)، تأمین مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس (سناریوی دوم) و تأمین مصارف شرب و صنعت از رودخانه‌ی ارس و اعمال مدیریت مصرف بهینه (سناریوی سوم) در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که با اعمال سناریوی اول تراز آب زیرزمینی پنج سال بعد، در پهنه‌ی یک، ۲/۳۵ متر، در پهنه‌ی دو، ۲/۲۵ متر، در پهنه‌ی سه، ۲/۶ متر و در پهنه‌ی چهار، ۲/۴۵ متر کاهش می‌یابد و با اعمال سناریوی دوم تراز آب زیرزمینی پنج سال بعد، در پهنه‌ی یک، ۱/۷۴ متر، در پهنه‌ی دو، ۱/۶۷ متر، در پهنه‌ی سه، ۱/۹۳ متر و در پهنه‌ی چهار، ۱/۸۲ متر افزایش می‌یابد که با ادامه این روند، تراز آب زیرزمینی ۱۴ سال بعد به وضعیت سال ۱۳۸۴ برمی‌گردد. همچنین با اعمال سناریوی سوم تراز آب زیرزمینی پنج سال بعد، در پهنه‌ی یک، ۴/۷۸ متر، در پهنه‌ی دو، ۴/۵۸ متر، در پهنه‌ی سه، ۵/۲۹ متر و در پهنه‌ی چهار، ۴/۹۹ متر افزایش می‌یابد که با ادامه این روند، تراز آب زیرزمینی ۵ سال بعد به وضعیت سال ۱۳۸۴ برمی‌گردد و آبخوان با روند تندتری در مسیر احیا قرار می‌گیرد.

منابع

- آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ همراه، مجید؛ هلالی، حسین و علی فاتحی (۱۳۸۳)، کاربرد GIS در
بیان منابع آب زیرزمینی دشت تالش، نشریه علوم جغرافیایی، جلد ۳، شماره ۳ و
۴، صص ۹۹-۱۱۸.
- بیدست، سولماز؛ فاخری‌فرد، احمد؛ فرقانی اکبر و محمود شهابی (۱۳۹۴)، تحلیل و تفسیر
تغییرات مکانی و زمانی برخی متغیرهای کیفی آب زیرزمینی (مطالعه‌ی موردی: آبخوان
دشت تبریز)، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۲، صص ۳۲۰-۲۹۷.
- خاشعی سلوکی، عباس و محبوبه سربازی (۱۳۹۴)، بررسی توزیع مکانی کیفیت آب
زیرزمینی با استفاده از مدل‌های MLP، LS_SVM و زمین آماری، مجله آب و
فاضلاب، جلد ۹۴، شماره ۳، صص ۱۰۳-۹۳.
- دلبری، معصومه، امینی‌رکان، امین، صادقی‌مرشت، مجتبی، (۱۳۹۵)، پیش‌بینی الگوی
پراکنش مکانی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی استان گلستان برای مصارف کشاورزی با
استفاده از زمین‌آمار GIST، نشریه هیدروژئولوژی، سال ۱، شماره ۱، صص ۱۰۷-
۱۲۳.
- رضانی چرمهینه، عبدالله و محمد ذونعمت کرمانی (۱۳۹۴)، ارزیابی روش‌های ماشین‌بردار،
تحلیل تفکیک خطی و درجه‌ی دوم در شبیه‌سازی نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت
شهرکرد، مجله تحقیقات منابع آب، جلد ۱۱، شماره ۲، صص ۱۰۵-۹۷.
- رجایی، طاهر و فاطمه پوراصلان (۱۳۹۴)، پیش‌بینی زمانی و مکانی تراز آب زیرزمینی دشت
داورزن، مجله هیدروژئومورفولوژی، جلد ۴، شماره ۳، صص ۱۹-۱.
- زارع‌ابیانه، حمید، بیات‌ورکشی، مریم و صفر معروفی (۱۳۹۱)، بررسی نوسانات عمق آب
زیرزمینی در دشت ملایر، نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۲، صص ۱۹۰-
۱۷۳.

- کلاهدوزان، علی، دین پژوه، یعقوب، عباسپور، داریوش، قربانیان، محمد، (۱۳۹۴)، بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت میاندوآب با استفاده از روش مان-کندال، نشریه‌ی دانش آب و خاک، جلد ۲۵، شماره ۲، صص ۲۳۵-۲۲۱.
- فخری، میرسجاد؛ اصغری مقدم، اصغر؛ نجیب، مرتضی و رحیم برزگر (۱۳۹۴)، بررسی غلظت نیترات در منابع آب زیرزمینی دشت مرند و ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی با روش‌های GODS و AVI، نشریه‌ی محیط‌شناسی، جلد ۴۱، شماره ۱، صص ۴۹-۶۶.
- ولیزاده کامران، خلیل؛ روستایی، شهرام؛ رحیم‌پور، توحید و مهسا نخستین‌روچی (۱۳۹۵)، تعیین مناسب‌ترین روش زمین آمار در تهیه‌ی نقشه‌ی تغییرات شوری آب‌های زیرزمینی (مطالعه‌ی موردی: دشت شیرامین استان آذربایجان شرقی)، مجله‌ی هیدروژئومورفولوژی، جلد ۶، شماره ۱، صص ۳۲-۱۷.
- وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران (۱۳۸۷)، پیش‌نویس دستورالعمل و ضوابط تعیین تکلیف آبخوان‌های آبرفتی دشت‌های آزاد، ممنوعه و بحرانی، نشریه‌ی شماره ۳۲۲، صص ۹۰-۱.
- ندیری، عطاالله؛ واحدی، فاطمه و اصغر اصغری مقدم (۱۳۹۴)، پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی با استفاده از مدل منطق فازی مرکب نظارت شده (مطالعه‌ی موردی: دشت مشگین‌شهر)، مجله‌ی هیدروژئومورفولوژی، جلد ۶، شماره ۱، صص ۱۳۴-۱۱۵.
- Dhanasekarapandian, M., Chandran, S., Saranya Devi, D., Kumar, V. (2016), **Spatial and temporal variation of groundwater quality and its suitability for irrigation and drinking purpose using GIS and WQI in an urban fringe**, Journal of African Earth Sciences, 124, PP. 270-288.
- Hoover, Joseph. H., Sutton Paul.C., Anderson, Sharolyn. J., Keller, Arturo. C., (2014), **Designing and evaluating a groundwater quality Internet GIS**, Applied Geography, 53, PP. 55-65.
- Vinod P.N., Chandramouli P.N., Manfred. K, (2015), **Designing and evaluating a groundwater quality Internet GIS**, Applied Geography, 53, PP. 1047-1053.

- Celik, Recep (2015), **Temporal changes in the groundwater level in the Upper Tigris Basin, Turkey, determined by a GIS technique**, Journal of African Earth Sciences, 107, PP. 134-143.
- Oikonomidis, D., Dimogianni, S., Kazakis, N., Voudouris, K., (2015), **A GIS/Remote Sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece**, Journal of Hydrology, 525, PP. 197–208.