

بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت فسا- فارس (سال های ۱۳۸۷ الی ۱۳۹۲)

عبدالرسول زارعی^۱، مهدی بهرامی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۸

چکیده

در این تحقیق روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی و همچنین روند تغییرات خشکسالی دشت فسا- فارس بعنوان یکی از مهم ترین مراکز جمعیتی این استان مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا از داده های کیفی ۵۲ حلقه چاه در دشت فسا طی دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ و همچنین داده های بارندگی ایستگاه فسا طی دوره زمانی ۱۹۶۷ الی ۲۰۱۳ استفاده گردید. به منظور ارزیابی داده ها و بررسی روند تغییرات زمانی آنها از نرم افزارهای آماری (R) و Aquachem استفاده شد. نتایج بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی در ۲ دهه اخیر حاکی از روند نزولی آن بود، به طوری که متوسط افت سطح ایستایی آب، حدود ۰/۹۵ متر در سال می باشد. نتایج حاصل از بررسی تغییرات کیفیت آب در دوره زمانی مورد بررسی نشان داد که تمام فاکتورهای کیفی دارای روند زیاد شونده می باشند. روند تغییرات زیاد شونده در فاکتورهای Ca و TH، Cl در سطح ۹۰ درصد در EC در سطح ۹۵ درصد معنی دار می باشد. این موضوع نشان دهنده روند نزولی در کیفیت آب زیرزمینی می باشد. بررسی روند تغییرات خشکسالی نشان داد، تکرار وقوع خشکسالی هواشناسی در دهه اخیر (۲۰۰۳ الی ۲۰۱۳) نسبت به چهار دهه گذشته (۱۹۶۷ الی ۲۰۰۳)، ۲/۵ برابر شده است.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، خشکسالی، دشت فسا، کمیت آب، کیفیت آب.

^۱استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه فسا، شهر فسا، ایران. تلفن: ۰۹۱۷۹۳۱۵۲۵۷، Ar_Zareiee@Fasau.ac.ir (مسئول مکاتبه)

^۲استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا، شهر فسا، ایران. ۰۹۱۷۶۰۹۶۵۶۱، bahrami@fasau.ac.ir

مقدمه

با افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و شرب و بهداشت، فشار زیادی به منابع آب زیر زمینی وارد شده است (علیزاده، ۱۳۸۵). این در حالی است که آب به عنوان یک منبع قابل تجدید همواره به عنوان یک رکن اصلی توسعه مطرح بوده است. مقایسه سرانه کل منابع آب شیرین قابل دسترسی در بین مناطق جهان متفاوت است، به طوری که بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان آب سالم ندارند و منشاء ۸۰ درصد بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه، آب ناسالم و بی کیفیت می باشد (Malakotian and Karami, 2004).

اهمیت آب برای بهداشت و توسعه به اندازه‌ای است که سازمان جهانی بهداشت (WHO) مهم‌ترین نارسایی قرن بیستم را عدم دسترسی همگان به آب آشامیدنی سالم و کافی عنوان کرده است (اکرامی و همکاران، ۱۳۹۰). وجود برخی از املاح در آب، برای سلامتی انسان ضروری است ولی مقدار بیش از حد مجاز برخی از آن‌ها سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد (سماعی و همکاران، ۱۳۸۶). به طور کلی کیفیت آب یک امر نسبی است و معرف ویژگی‌های آب است و از طریق ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست شناختی تعریف می‌شود، کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس‌های مکانی و زمانی عمل کرده و نمی‌توان خواص آن را در طول زمان و مکان ثابت فرض کرد (مظفری زاده و چیت سازان، ۱۳۸۶).

نتایج تحقیق در حوزه آرایه‌هازر کشور بنگلادش نشان داد که تغییرات زمانی شیمیایی آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق و کم عمق متفاوت است (Daniele et al., 2007). همچنین السی و همکاران با ارزیابی مکانی و زمانی شاخص کیفی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی آب در حوزه کارستیک در غرب ترکیه نشان دادند که فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، بر روی تغییرات مکانی، زمانی و پارامترهای کیفی تاثیرگذار می باشد (Elci et al., 2007). نتایج مطالعات منابع آب زیرزمینی در منطقه مین کوبین اوسیز، نشان

داد که شبیه سازی دینامیکی مکانی و زمانی خصوصیات آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار و تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) کاری شدنی و عملی است (Dhar et al., 2008). به طور کلی کمبود منابع آب یک تهدید بزرگ برای اقتصاد و سطح زندگی مردم محسوب شده و افزایش تقاضا بر روی منابع آب قابل دسترس، موجب تشدید رقابت بهره برداران بر روی منابع آبی می شود، که این مسئله باعث گسترش خشکسالی در حد شدید و خیلی شدید می شود (Hisdal and Tallaksen, 2003). در جهان خشکسالی را به انواع مختلفی طبقه بندی نموده اند، بر این اساس پدیده خشکسالی به چهار نوع اصلی، یعنی خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و خشکسالی اقتصادی - اجتماعی طبقه بندی شده است (Dracup et al., 1980).

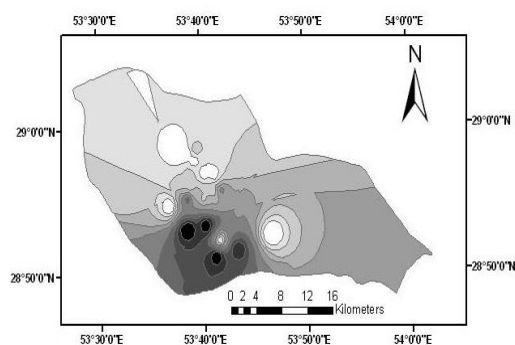
اکرامی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی بررسی روند تغییرات کمی و کیفی در منابع آب زیر زمینی دشت اردکان پرداختند، نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که تغییرات سطح آب زیرزمینی در ۴ دهه اخیر روند نزولی داشته و متوسط افت سطح ایستایی، حدود ۰/۵ متر در سال می باشد. هم چنین تغییرات کیفیت آب در دهه ۱۳۸۰ نشان داد که با افزایش تکرار خشکسالی و افت شدید سفره آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، خصوصا در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹، دارای روند نزولی بوده است (فرج الهی و هاتفی، ۱۳۹۰).

استان فارس (دشت فسا) به علت حاکم بودن شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک در آن، از جمله مناطقی است که همواره از شرایط بی آبی و کم آبی در رنج و سختی بوده است. همچنین وقوع خشکسالی‌های پی در پی و به دنبال آن برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی به عنوان مهم‌ترین منبع تأمین آب، موجب افت شدید سطح ایستایی و تغییر در کیفیت آب گردیده است. هدف اساسی از این تحقیق، مطالعه و بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی و کمی آب و تأثیر خشکسالی‌های

شدید در تغییر کیفیت آب زیر زمینی به منظور مدیریت منابع آب در دشت فسا می‌باشد.

روش بررسی

دشت فسا یکی از وسیع ترین و مهم ترین دشت‌های استان فارس است که چه از نظر جمعیت انسانی ساکن و همچنین سطح زیر کشت دارای اهمیت زیادی می‌باشد. شهرهای فسا، میانشهر، زاهد شهر، از جمله شهرهای اصلی این دشت می‌باشند. بارش در این منطقه اندک و نامنظم (متوسط بارش در سطح دشت ۲۸۷ میلی‌متر در سال) و میزان متوسط تبخیر آن ۲۵۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. مساحت دشت حدود ۹۲۰۸۸۷ هکتار می‌باشد (شکل ۱).



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه

سطح ایستایی در پاره‌ای از نواحی جنوبی دشت بیش از ۱۰۰ متر بوده و در نواحی شمالی به کمتر از ۱۰ متر می‌رسد. در این تحقیق با توجه به مساحت منطقه در نهایت ۵۲ حلقه چاه برای نمونه برداری و بررسی و انجام آزمایشات انتخاب گردید. بازدیدهای صحرائی و نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه نشان می‌دهد که با توجه به پراکندگی چاه‌ها در سطح دشت، نمونه‌ها به نحوی است که وضعیت آب‌های زیرزمینی منطقه را نشان می‌دهد. جهت بررسی تغییرات کیفی، از پارامترهای هدایت الکتریکی، سولفات، کلسیم، منیزیم، کلر، سدیم، TH، PH و SAR اندازه‌گیری شده در طول سال‌های مختلف استفاده شد و با استفاده از نرم‌افزارهای آماری

(براساس روش های زمین آمار در محیط نرم افزار GIS و نرم افزارهای کیفی آب (Aquachem) این داده‌ها ارزیابی و روند تغییرات زمانی آن‌ها بررسی شد. همچنین کیفیت منابع آب زیرزمینی بر اساس غلظت استاندارد شده و معمولی یون‌های اصلی تعیین گردید و به منظور بررسی و تحلیل آنالیز روند پارامترهای کیفی آب در چاه‌های بهره‌برداری از آزمون من کندال استفاده شد.

آزمون ناپارامتری من- کندال ابتدا توسط (Mann, 1945) ارائه گردید و سپس توسط (Kendall, 1975) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی فاقد هم‌خوانی با توزیع آماری خاصی اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

توجه به توانمندی‌هایی که این آزمون در آشکارسازی تغییرات رخ داده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی دارا می‌باشد، بسیار مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های مطالعاتی تغییر اقلیم بوده است.

آماره آزمون من کندال، S، با استفاده از روابط ۱ و ۲ به دست می‌آید و با میانگین صفر و پراش محاسبه شده در رابطه (۳) به‌طور مجانبی دارای توزیع به‌هنجار می‌باشد (Hirsh and Slack, 1984).

(۱)

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

سال ششم • شماره بیست و چهارم • تابستان ۱۳۹۵

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ بوده و بر پایه رتبه سری پیشرو و

پسرو داده‌های خام نمونه است که در حقیقت برای تعیین مشاهده تغییر روند با زمان می‌باشد. به بیان دیگر، در هر مرحله یک زیر نمونه z تایی ($j=2, \dots, n$) از کل نمونه n تایی در نظر گرفته می‌شود و سپس بر پایه رتبه‌ها در این سری جدید z تایی آماره آزمون بنا می‌شود. بنابراین آماره آزمون $n-1$ بار محاسبه می‌شود و سری پیشرو تشکیل می‌گردد. برای محاسبه U من-کندال دنباله ای مراحل زیر به کار برده می‌شوند:

بزرگی ($j=2, \dots, n$) و x_j با ($k=1, \dots, j-1$) و x_k مقایسه می‌شود. در هر مقایسه، تعداد دفعاتی که $x_j > x_k$ باشد با n_j نمایش داده می‌شود. آماره آزمون با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

(۵)

$$t_j = \sum_{i=2}^j n_i$$

$j=2, \dots, n$

این آماره دارای توزیع به‌هنگار با میانگین و پراش زیر می‌باشد:

(۶)

$$E(t_j) = \frac{j(j-1)}{4}$$

(۷)

$$VAR(t_j) = \frac{j(j-1)(2j+5)}{72}$$

که در آن:

$E(t_j)$: امید ریاضی

$VAR(t_j)$: واریانس داده‌ها می‌باشد.

مقادیر دنباله‌ای آماره $U(t)$ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

(۸)

$$U(t_j) = \frac{t_j - E(t_j)}{\sqrt{VAR(t_j)}}$$

$j=2, \dots, n$

دنباله $U(t)$ دنباله پیشرو می‌باشد. دنباله پسرو $U^+(t)$ با استفاده از مراحل بالا محاسبه می‌شود، با این

(۲)

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

(۳)

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n-5) - \sum t_m t_m (t_m - 1)(2t_m + 5)}{18}$$

t_m برای نمایش طول m امین گره در سری‌های زمانی داده‌ها استفاده می‌شود. گره موقعی ایجاد می‌شود که دو داده با مقدار مساوی پشت سرهم در سری زمانی وجود داشته باشند. طول گره برابر تعداد تکرار داده‌های مساوی می‌باشد. اگر اندازه نمونه بزرگ‌تر از ۱۰ باشد، آن‌گاه آماره آزمون در رابطه ی ۱ به صورت یک متغیر به‌هنگار معیار شده در رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

(۴)

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & \text{if } s > 0 \\ 0, & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & \text{if } s < 0 \end{cases}$$

بنابراین در آزمون روندیابی دو دامنه، اگر قدر مطلق آماره آزمون بزرگ‌تر از عدد جدول به‌هنگار ($Z > Z_{\alpha/2}$) در سطح معنی‌داری α باشد آن‌گاه فرض H_0 رد می‌شود. $Z_{\alpha/2}$ نقطه بحرانی توزیع به‌هنگار معیار می‌باشد که بالادست آن به میزان $\alpha/2$ احتمال وجود دارد. مقادیر S مثبت و منفی به ترتیب نشان دهنده روند افزایشی و کاهش‌ی در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. در آزمون من-کندال دنباله‌ای اندازه نمونه n متغیر در نظر گرفته می‌شود و آماره آزمون بر پایه رتبه‌های به دست آمده برای $n-1$ زیر نمونه در نظر گرفته می‌شود، که نمونه اول شامل x_1, x_2 نمونه دوم شامل x_1, x_2, x_3 نمونه سوم شامل x_1, x_2, x_3, x_4 و در نهایت نمونه آخر شامل کل نمونه یعنی $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ باشد. این آزمون دنباله‌ای برای ارزیابی و بررسی شروع یک روند در داخل نمونه

گاما است. تابع توزیع گاما به صورت تابع چگالی احتمال یا فراوانی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$g(x) = x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \quad (10)$$

که در آن:

X : برابر با میزان تجمعی بارش ماهانه
 α و β : برآورد پارامترهای توزیع گاما از روی داده‌ها می‌باشد که با روش حداکثر درست نمایی می‌توان مقادیر بهینه α و β را براساس معادلات زیر برآورد کرد:

(۱۱)

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (12)$$

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (13)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}$$

که در آن:

\bar{x} : میانگین سری داده ماهانه یا سالانه یا هر مقیاس مورد نظر می‌باشد.

با توجه به روابط زیر، میزان SPI برای احتمالات تجمعی به دست می‌آید.

(۱۴)

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (15)$$

$$t = \frac{x}{\beta}$$

اگر احتمال تجربی مقدار بارندگی صفر برابر با q باشد:

(۱۶)

$$H(x) = q + (1 + q)G(x)$$

تفاوت که نقطه شروع داده‌ها از آخر سری‌های زمانی در نظر گرفته شده و محاسبات از آخر سری‌های زمانی شروع می‌شود. به عبارت دیگر، در محاسبات بالا x_n به جای x_1 و x_{n-1} به جای x_2 و به همین ترتیب لحاظ می‌شود.

مقادیر مثبت و منفی $U(t)$ و $U(t)$ به ترتیب بیانگر یک روند مثبت یا منفی در داده‌ها می‌باشد. کاربرد مهم آزمون من-کندال دنباله‌ای برای یافتن تقریبی زمان شروع رخداد یک روند می‌باشد. این زمان رخداد نقطه تقاطع منحنی‌های پیشرو و پسرو آماره آزمون در نظر گرفته می‌شود. به منظور معنی داری در سطح خطای ۵ درصد آماره U مثبت یا منفی آزمون باید از عدد $\pm 1/96$ گذشته و در آن قسمت بماند.

جهت بررسی و تحلیل کمی خشکسالی هواشناسی (اقلیمی) از شاخص بارندگی استاندارد (SPI) استفاده گردید. در این روش داده‌های طولانی‌مدت ثبت‌شده با یک توزیع احتمالاتی برازش داده می‌شوند و سپس به یک توزیع نرمال تبدیل می‌گردند، به طوری که میانگین SPI برای هر منطقه یا دوره مورد نظر صفر است (Hayes et al, 1999). مقدار SPI مثبت بیانگر بارش بیشتر از متوسط و مقدار SPI منفی بیانگر بارش کمتر از مقدار متوسط می‌باشد. زمانی که مقدار SPI محاسبه‌شده منفی باشد، نشانه شروع خشکسالی است و هنگامی که این شاخص مثبت باشد، پایان خشکسالی را نوید می‌دهد. به طور کلی روش محاسبه SPI با توزیع گاما به صورت زیر است:

(۹)

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{Sd}$$

که در آن:

P_i : مقدار بارندگی

\bar{P} : متوسط بارندگی

Sd : انحراف از معیار بارندگی

شاخص SPI حاصل برازش توزیع آماری گاما بر سری بارندگی و محاسبات احتمالات توزیع تجمعی

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]} \quad (۹)$$

$$0.5 < H(x) < 1$$

که در روابط بالا ضرایب مربوطه برابرند با:

$$c_0 = 2.515517$$

$$d_1 = 1.432788$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$d_2 = 0.189269$$

$$c_3 = 0.010328$$

$$d_3 = 0.001308$$

طبقات مختلف SPI براساس نتایج مک کی و همکاران در جدول (۱) ارائه شده است.

$$Z = SPI = - \left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad (۱۷)$$

$$Z = SPI = + \left[t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad (۱۸)$$

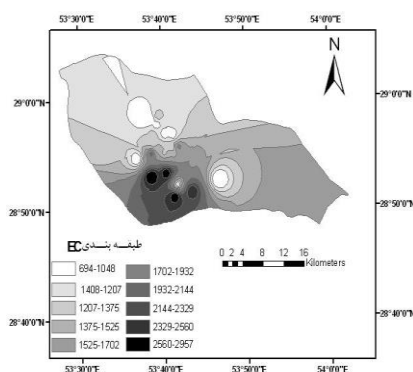
که در روابط بالا:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]} \quad (۱۹)$$

جدول (۱): طبقه بندی شدت شاخص SPI

مقادیر SPI	طبقه خشکسالی
> ۰	بدون خشکسالی
۰ تا -۰/۹۹	خشکسالی ملایم
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

جنگل و کچویه می باشد (شکل ۲). بر اساس بررسی های صورت گرفته بیشترین مساحت دشت در حال حاضر دارای متوسط هدایت الکتریکی ۱۲۰۷ الی ۱۴۰۸ دسی زیمنس بر متر می باشد که با توجه به روند معنی دار افزایش هدایت الکتریکی به سرعت روند افزایشی دارد (شکل ۳).

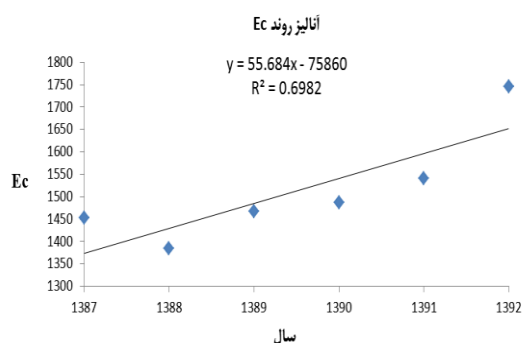
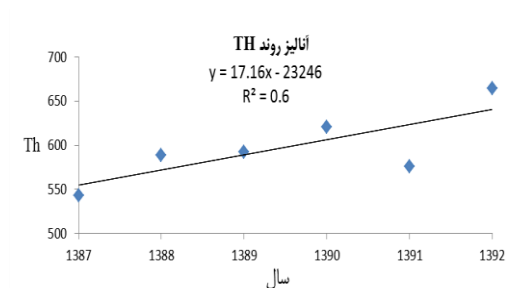


شکل (۲): توزیع مکانی متوسط هدایت الکتریکی در دشت

در این تحقیق روند تغییرات بارش در دوره آماری بلند مدت، مربوط به ایستگاه های هواشناسی موجود در محدوده مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی روند افت سطح آب زیرزمینی از هیدروگراف بلندمدت چاه های پیژومتری موجود در محدوده مورد مطالعه استفاده گردید.

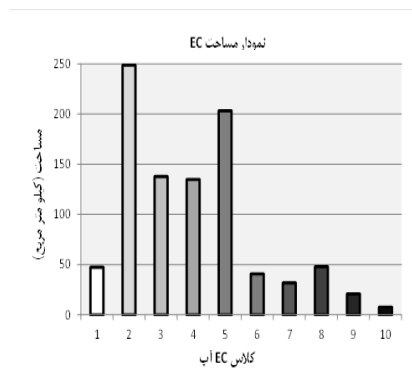
نتایج و بحث

نتایج آزمایشات مربوط به میانگین مقادیر اندازه گیری شده کیفیت شیمیایی آب چاه ها طی دوره ۷ ساله نشان می دهد که مقدار هدایت الکتریکی از حداکثر مجاز استانداردهای ایران فراتر رفته است (جدول ۲). بیشترین میزان هدایت الکتریکی مربوط به چاه های واقع در مناطق جنوبی و غربی دشت شامل میان شهر و زاهدشهر می باشد و کمترین میزان EC مربوط به مناطق شمالی دشت اعم از مناطق میان



شکل (۴): روند تغییرات برخی از پارامترهای کیفی آب (TH و EC) در بازه زمانی مورد بررسی در دشت فسا

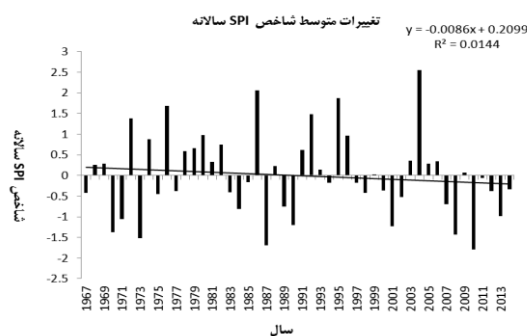
از نظر سابقه تاریخی وقوع خشکسالی در محدوده مورد مطالعه و مقایسه مقادیر شاخص SPI در خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها نشان می‌دهد که در طی ۴۸ سال اخیر وضعیت خشکسالی اقلیم بر ترسالی اقلیمی در منطقه مورد مطالعه حاکم بوده است. نتایج حاصل از بررسی روند بارش در محدوده مورد بررسی به طور کلی نشان‌دهنده روند نزولی در مقدار بارش در دوره بلند مدت ۴۸ ساله می‌باشد (شکل ۵). همچنین نتایج بررسی تراز سطح آب زیر زمینی در بازه زمانی ۱۳۷۳ لغایت ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در تمام چاه‌های مورد مطالعه افت داشته است (شکل ۶).



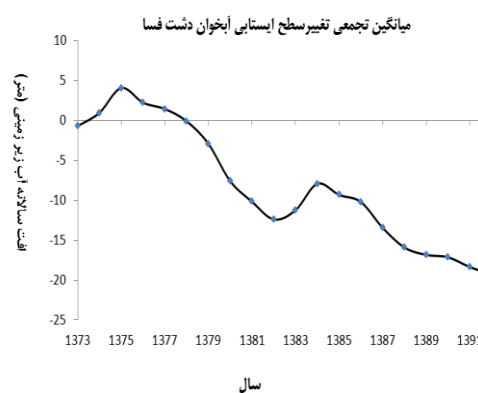
شکل (۳): توزیع مساحت دشت در کلاس‌های مختلف هدایت الکتریکی

نتایج حاصل از بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت فسا بوسیله تحلیل خوشه‌ای نشانگر وجود دو زون می‌باشد. زون‌هایی که دارای آب زیرزمینی با کیفیت نسبتاً مناسب هستند و تاکنون کیفیت نسبی خود را حفظ نموده که عموماً در طرف شمال، شمال غرب و مرکز دشت فسا، در واحد ژئومورفولوژی کوهستان و بعضاً واحد دشت سر شامل تیپ‌های ژئومورفولوژی دشت سر لخت و اپانداز قرار دارد که شامل منطقه کچویه، میان جنگل و ... می‌باشد. زون‌هایی که تحت تاثیر برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی و همچنین ارتباط هیدروشیمیایی قوی با تشکیلات نئوژن منطقه دچار تغییر در کیفیت آب شده‌اند این مناطق عمدتاً شامل قسمت‌های جنوبی و جنوب شرقی دشت فسا می‌باشد. این مناطق شامل منطقه شیبکوه، مرکزی و ... است. میانگین انواع پارامترها در آنالیز روند در محیط نرم افزار R ارزیابی گردید که نتایج نشان داد تمام پارامترها در طول دوره آماری مورد بررسی روند افزایشی داشته‌اند، اما این روند در TH، Cl و Ca در سطح ۹۰ درصد و در رابطه با EC در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. نتایج مربوط به روند تغییرات برخی از پارامترهای کیفی آب (TH و EC) در بازه زمانی مورد بررسی در دشت فسا در شکل (۴) به عنوان نمونه آمده است.

نتایج این بررسی نشانگر این است که با افزایش تکرار خشکسالی و افت شدید سفره آب زیرزمینی، کیفیت آب زیرزمینی، دارای روند نزولی بوده است. بیشترین میزان هدایت الکتریکی در چاه های واقع در مناطق جنوبی و غربی دشت شامل میانشهر و زاهدشهر می باشد که به علت اضافه برداشت منابع آب دشت، تغییراتی در کیفیت آب زیرزمینی ایجاد شده است. نتایج حاصل از مقایسه مقادیر پارامتر اندازه گیری کیفیت آب زیرزمینی در دشت فسا در فاصله زمانی (۹۲-۱۳۸۷) با توجه به شاخص میانگین پارامتر نشان می دهد که مقدار EC از حد مجاز استانداردهای موجود در ایران فراتر رفته است. لذا کاهش ذخیره منابع آب از نظر کمی و تغییر کیفیت آبها به سمت شوری باعث ناپایداری سفره های آب زیرزمینی گردیده است. در رابطه با شاخص TH نتایج نشان داد که متوسط مقدار آن از حداکثر مقدار مطلوب نیز فراتر رفته است. در رابطه با دیگر شاخصها مقدار میانگین در محدوده مجاز می باشد (جدول ۲).



شکل (۵): مقادیر شاخص SPI در دوره آماری مورد بررسی در دشت فسا



شکل (۶): روند تغییرات تراز آب زیرزمینی چاه های مورد مطالعه در دشت فسا

جدول (۲): میانگین سالانه مقدار پارامترهای کیفی آب زیر زمینی در دشت فسا

میانگین سالانه مقدار پارامترها										سال
EC	SAR	PH	Cl	Ca	Mg	So4	Na	TH	HCO3	
۱۴۵۳/۱۴	۱/۷۴	۷/۱۶	۴/۸۳	۵/۱۶	۵/۷۰	۵/۸۵	۴/۳۰	۵۴۲/۸۵	۴/۱۱	۱۳۸۷
۱۳۸۵/۲۸	۱/۷۹	۷/۴۹	۴/۵۸	۶/۲۲	۵/۵۵	۵/۸۶	۴/۲۵	۵۸۸/۳۳	۴/۸۵	۱۳۸۸
۱۴۶۷/۲۸	۱/۴۱	۷/۵۹	۵/۱۸	۶/۲۷	۵/۵۸	۴/۷۳	۳/۵۵	۵۹۲/۷۴	۵/۲۸	۱۳۸۹
۱۴۸۶/۱۴	۱/۱۲	۷/۴۷	۴/۹۴	۶/۶۹	۵/۷۱	۴/۵۷	۲/۷۷	۶۲۰/۲۴	۵/۷	۱۳۹۰
۱۵۴۰/۷۱	۱/۸۹	۷/۹۳	۵/۱۹	۶/۱۰	۵/۴۲	۶/۱۶	۴/۳۱	۵۷۶/۱۹	۴/۳۶	۱۳۹۱
۱۷۴۵/۹۰	۱/۹۶	۷/۲۷	۵/۲۷	۶/۹۲	۶/۲۸	۷/۲۷	۵/۱۶	۶۶۴/۷۶	۴/۸۱	۱۳۹۲
۲۰۰۰	*	۹/۲	۴۰۰	۲۵۰	۱۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۳۵۰	*	حداکثر مقدار مطلوب (استاندارد)
۱۵۰۰	*	۸/۵	۲۰۰	۷۵	۵۰	۲۰۰	۴۰۰	۵۰۰	*	حداکثر مقدار مجاز (استاندارد)

*حد استاندارد تعریف نشده است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در بازه ی زمانی (۱۳۷۳ تا ۱۳۹۲) نشانگر سیر نزولی و شیب خط منفی می باشد، هرچند تمامی چاه‌های یاد شده موید این امر می‌باشند، ولی در سه سال آخر منتهی به سال ۱۳۹۲ روند افت شدید تر بود و نمودار روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دارای شیب خط بیشتری می‌باشد، که این امر ناشی از برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی و کاهش تغذیه سفره می باشد. آنچه حائز اهمیت می‌باشد، اینکه تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی در هر سال برای چاه‌های پیژومتری مختلف متفاوت می باشد و این امر به دلیل اختلاف در نوع سازند، ضریب آبگذری، شیب هیدرولیکی و میزان برداشت متفاوت از سفره آب زیرزمینی در مناطق مختلف می باشد. قابل ذکر است که سطح آب سفره آب زیرزمینی از سال (۱۳۷۳ تا ۱۳۹۲) به طور متوسط در هر سال حدود ۹۵ سانتی‌متر افت داشته است و این امر حاکی از برداشت بی رویه و غیراصولی از سفره آب زیرزمینی می باشد. البته خشکسالی‌های شدید و پی در پی نیز باعث تشدید روند افت در منطقه شده است و متأسفانه وضعیت سفره را در حالت بحرانی قرار داده است. این نتایج با مطالعات و تحقیقات فرج الهی و هاتفی همسو می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که در حوزه دشت فسا در دوره بلند مدت آماری، پدیده خشکسالی نسبت به ترسالی غالب بوده و روند صعودی خشکسالی ها خصوصاً در دهه اخیر کاملاً مشهود است به طوری که تکرار این پدیده در دهه اخیر نسبت به چهار دهه گذشته، دو و نیم برابر گشته است، نتایج حاصل در این خصوص با مطالعات اکرمی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. آن‌ها به بررسی تغییرات کیفی آب زیر زمینی در دشت اردکان یزد پرداختند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در این دشت نیز روند تغییرات کیفیت آب به سمت کاهش کیفیت گرایش دارد.

با توجه به نتایج می توان گفت که، ماهیت پدیده‌های طبیعی هم چون خشکسالی به گونه‌ای است که حذف کامل آن شدنی نمی باشد. از این رو اصل اساسی در رویارویی با پدیده‌های طبیعی، کاهش آسیب‌پذیری یا به عبارتی دیگر کاهش ریسک این بلا می‌باشد. تنها راه اساسی و اصولی جهت جلوگیری از عواقب خطرناک افت سطح ایستایی و کاهش کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی، مصرف درست و قانونمند آب و جلوگیری از برداشت بی رویه آب های زیرزمینی می‌باشد.

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانم که از مسئولان محترم سازمان آب استان فارس و شهرستان فسا بدلیل در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

- اکرامی، م.، ذ. شریفی، ح. ملکی نژاد، م. اختصاصی. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب زیرزمینی دشت یزد. طلوع بهداشت. شماره ۱۰، ص ۹۱-۸۲.
- سماعی، م.، ا. ابراهیمی، م. احرام پوش. ۱۳۸۶، بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر یزد، طلوع بهداشت، شماره ۲، ص ۵۰-۵۷.
- علیزاده، ا. ۱۳۸۵، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی، ص ۸۰۸.
- فرج اللهی، ا. و ا. هاتفی. ۱۳۹۰. تحلیل خشکسالی هیدرولوژیک اب‌های زیرزمینی در منطقه سرخه، هفتمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه اصفهان.
- مظفری زاده، ج. و م. چیت سازان. ۱۳۸۶، بررسی تأثیر سازندهای زمین‌شناسی بر روی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت گتوند، اولین همایش زمین‌شناسی زیست‌محیطی و پزشکی، تهران.
- Daniele, V., P. D. Jean and L. Benoit. 2007. A spatial analysis of structural controls on karst groundwater geochemistry at a regional scale. *Journal of hydrology*. 244-255.
- Dhar, R, K, Y. Zheng and M. Stute. 2008. Temporal variability of groundwater chemistry in shallow and deep aquifers of Arai hazar, bangladesh. *Journal of contaminate hydrology*. 99(1-4):97- 111.
- Dracup, J. A., K. S. Lee and E. G. Paulson. 1980. On the definition of droughts. *Water Resources Research*. 16(2):297-302.
- Elci, A., O. Gunduz, C. Simsek and S. Celaltin. 2007. Spatial and temporal assessment of groundwater quality indicators and hydrogeological characterization of a karstic aquifer in western turkey. Available from: <http://kisi.deu.edu.ir>
- Hayes, M. J., M. D. Svoboda. D. A. Wilhite. and O. V. Vanyarkho. 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *BAMS* 80 429-438.
- Hirsh, R. M., and J. R. Slack. 1984. A non parametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*. 20.
- Hisdal, H., and L. M. Tallaksen. 2003. Estimation of regional meteorological and Hydrological Drought Characteristics: a case study for Denmark. *Journal of Hydrology*. 281: 230-247.
- Kendall, M. G. 1975. *Rank Correlation Methods*, 4th ed., Charles Griffin: London.
- Malakotian, M., and A. Karami. 2004. Chemical quality change of the underground water resources of Bam and Baravat plain between 1997-2003. *Hormozgan Medical Journal*. 8 (2):109-116.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend, *Econometrical* 13, 245-259.

Evaluation of quality and quantity changes of underground water in Fasa plain, Fars (2006 - 2013)

Abdol Rasoul Zarei¹, Mehdi Bahrami²

Abstract

In this research, changes trend of quantity and quality of underground water and also trend of changes in drought in Fasa plain- Fars that is one of the most important population centers in Fars province evaluated. In order to this, data of 52 wells from plain in period 2006 to 2013 and precipitation data of Fasa station from 1967 to 2013 was used. To evaluate of data and assessment of time trend of them Aquachem and R softwares were used. Results of evaluation of changes trend in groundwater level showed that groundwater level has had decreasing trend in the recent two decades. So that average annual decline of water table level is about 0.95 meters per year. Results of evaluation of water quality changes in study period showed that the all quality parameters have had an increasing trend. Increasing trend of changes in Cl, Ca and TH in 90% level and in EC in 95% level are significant. This reflects that the quality of underground water has a decreasing trend. Evaluation of changes trend of drought showed that repetition of meteorological drought occurrence in recent decade (2003-2013) compared to the past four decades (1967- 2003) has been 2.5 times.

Keywords: Drought, Fasa Plain, Underground water, Water quantity, Water quality.

¹ Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Fasa University. Iran. Email: Ar_Zareiee@Fasau.ac.ir.

² Assistant Professor, Department of water engineering, College of Agriculture, Fasa University, Fasa, Iran