



دانشگاه گوارز و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و یکم، شماره اول، ۱۳۹۳

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## بررسی تغییرات زمانی و تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نترات آب زیرزمینی در چاه‌های آب شرب (مطالعه موردی: شهر گرگان و حومه)

\* سارا تمدنی‌کناری<sup>۱</sup>، موسی حسام<sup>۲</sup>، امیراحمد دهقانی<sup>۳</sup> و مهدی مفتاح‌هلقی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آدانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۵

### چکیده

اثرات خشک‌سالی تنها به نواحی خشک و نیمه‌خشک محدود نبوده و می‌تواند اثرات زیان‌آوری بر منابع آب زیرزمینی هر منطقه داشته باشد. پدیده خشک‌سالی باعث کاهش شدید منابع آب‌های سطحی در کشور می‌گردد و بنابراین استفاده از آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است، این امر علاوه بر افت شدید سطح آب در سفره‌های آب زیرزمینی موجب تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی و افزایش استفاده از این منابع برای مصارف آب شرب شده است. نترات شایع‌ترین آلاینده آب‌های زیرزمینی برای مصارف شرب محسوب می‌شود. در این مطالعه ابتدا تغییرات زمانی غلظت نترات در چاه‌های آب شرب منطقه در دوره آماری ۱۳۸۳-۸۹ بررسی و سپس براساس مقادیر بارندگی ماهانه، شاخص استاندارد شده بارش (SPI) توسط نرم‌افزار DIP به صورت فصلی تعیین شد و تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نترات آب زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین تغییرات سطح ایستابی ترسیم و تأثیر تغییرات سطح ایستابی بر نوسانات غلظت نترات بررسی شد. نتایج نشان داد که خشک‌سالی و تغییرات سطح ایستابی ارتباط مشخصی بر غلظت نترات در این منطقه ندارد. بنابراین می‌توان فاضلاب‌های خانگی را به عنوان منشأ عمده نترات آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت.

**واژه‌های کلیدی:** آب شرب، خشک‌سالی، غلظت نترات، شاخص SPI

\* مسئول مکاتبه: [saratamadoni@gmail.com](mailto:saratamadoni@gmail.com)

## مقدمه

در سال‌های اخیر پدیده خشک‌سالی باعث کاهش شدید منابع آب‌های سطحی در کشور شده و بنابراین استفاده از آب‌های زیرزمینی افزایش یافته است، این امر علاوه بر افت شدید سطح آب در سفره‌های آب زیرزمینی موجب تغییر کیفیت منابع آب زیرزمینی و افزایش استفاده از این منابع برای مصارف آب شرب شده است (سیادت‌ی و انصاری، ۲۰۰۰)

با توجه به این‌که شهر گرگان در مرکز استان واقع شده و جمعیت آن رو به افزایش است همواره نیاز به کمی آب نیز افزایش پیدا می‌کند (مقدار بهره‌برداری از آب زیرزمینی از حدود ۱۹ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۳ به بیش از ۲۴ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۸۹ رسیده است) و منابع تأمین آب از نظر کیفیت در معرض خطر می‌باشند، هم‌چنین افزایش جمعیت سبب تخلیه حجم عظیمی از فاضلاب و افزایش مصرف کودهای شیمیایی به منطقه می‌شود که از عوامل اصلی ورود نیترات به آبخوان‌ها می‌باشند.

نیترات شایع‌ترین آلاینده آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود، غلظت نیترات به‌طور طبیعی در منابع آب سطحی و زیرزمینی کم است اما در نتیجه آب‌شویی، رواناب کشاورزی و یا آلودگی به‌دست آمده از فاضلاب انسانی و یا حیوانی غلظت این عنصر افزایش می‌یابد (ناس و برکتای، ۲۰۱۰)، وجود غلظت بالای نیترات سبب بیماری متهموگلوبینمی<sup>۱</sup> در کودکان می‌گردد و به‌عنوان عامل خطر در بروز سرطان گوارشی می‌باشد (رقیمی و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین بررسی تغییرات زمانی غلظت نیترات در منطقه برای مدیریت منابع آب، دارای اهمیت فراوان می‌باشد.

از مطالعاتی که در زمینه بررسی تغییرات زمانی آلودگی آب زیرزمینی و تأثیر خشک‌سالی بر کیفیت آب زیرزمینی انجام شده است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

خان و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی وضعیت خشک‌سالی یکی از حوضه‌های استرالیا با سطح آب زیرزمینی دریافتند ارتباط قوی بین شاخص SPI و سطح آب زیرزمینی وجود دارد.

لاله زاری و همکاران (۲۰۰۹) تغییرات ماهانه در آب زیرزمینی دشت شهرکرد و پهنه‌بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج اندازه‌گیری غلظت نیترات در ۱۲۰ نمونه جمع‌آوری شده از ۱۰ حلقه چاه قرار گرفته در این دشت نشان داد که بخش‌های میانی دشت در مقایسه با شمال و جنوب، از غلظت نیترات پایین‌تری برخوردار است و تغییرات کم‌تری در

1- Methemo Globinemia

طول فصل‌های مختلف سال را می‌توان مشاهده کرد. هم‌چنین ایشان بیان نمودند غلظت نترات به دلیل برداشت زیاد و برگشت آن از فعالیت‌های کشاورزی در فصل تابستان بیش‌تر است و در پاییز و زمستان در مجموع غلظت نترات رو به کاهش می‌رود. علاوه‌بر این نتایج نشان‌دهنده حلالیت بالای نترات و در ادامه شسته شدن آن در اثر آبیاری و نیز نقش فعالیت‌های کشاورزی در تأمین نشدن سلامت آب را نشان می‌دهد.

رهنما (۲۰۰۹) در مطالعه خود به بررسی روند تغییرات کیفی و کمی منابع آب‌های زیرزمینی در دشت جوین خراسان‌رضوی پرداخته است. ایشان در این مطالعه نوسانات کیفی آب‌های زیرزمینی در فصل‌های مختلف سال را با استفاده از روش کریجینگ و نرم‌افزار  $GS^+$  ارزیابی نموده است. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب زیرزمینی در طی سال‌های اخیر می‌باشد.

رستمی و همکاران (۲۰۱۰) به مطالعه تغییرات نیتريت و نترات در منابع آب شرب شهر هفشجان در خلال سال‌های ۸۸-۱۳۸۶ پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که چاه‌های مستقر در مناطق مسکونی و کشاورزی به دلیل امکان نفوذ آلاینده‌ها به چاه دارای شرایط مناسب‌تری برای نفوذ آلاینده‌های موردنظر می‌باشند که نیازمند سنجش مستمر آلاینده‌های نام برده می‌باشند. هم‌چنین عسگری و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مطالعه تأثیر تغییرات اقلیمی ناشی از ۱۲ سال خشک‌سالی بر کیفیت آب زیرزمینی دشت بیرجند پرداختند. آن‌ها با استفاده از توصیف آماری پارامترهای کیفی و دیاگرام ویلکاکس به بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی و اقلیمی دوره ۱۲ ساله خشک‌سالی بر کیفیت شیمیایی آب این منبع پرداخته است در نهایت افزایش مقادیر متوسط  $EC$ ،  $TDS$  و کلر و کاهش مقادیر نسبت جذب سدیم  $SAR$  به‌عنوان پیامد کاهش حجم مخزن، سطح ایستابی و کاهش میزان انحلال سدیم در ارتباط با خشک‌سالی شناخته شده است.

هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات زمانی نترات در مقیاس فصلی، سالانه و نیز بررسی ارتباط بین کاهش بارندگی و پدیده خشک‌سالی با تغییرات غلظت نترات در چاه‌های آب شرب شهر گرگان و حومه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

**محدوده مورد مطالعه:** در این مطالعه محدوده انتخابی، شهر گرگان، نواحی شرقی، غربی و شمالی شهر گرگان می‌باشد برای بررسی چگونگی تغییرات غلظت نترات آب زیرزمینی چاه‌های آب شرب

منطقه از آمار فصلی غلظت نیترا ت مربوط به سال‌های ۸۹-۱۳۸۳ استفاده شده است. منابع آماری مربوط به این پژوهش متعلق به اداره آب و فاضلاب شهرستان گرگان می‌باشد. مساحت محدوده انتخابی حدود ۱۸۴/۹ کیلومترمربع و محیط منطقه حدود ۸۰ کیلومتر می‌باشد.

**بررسی تغییرات زمانی غلظت نیترا ت:** برای نشان دادن تصویر کلی از روند تغییرات زمانی غلظت نیترا ت آب زیرزمینی در سال‌های ۸۹-۱۳۸۳، منطقه مورد بررسی به ۴ دسته تقسیم شد. سپس با استفاده از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها آمار چاه‌های ناقص تکمیل گردید و پس از آن با ترسیم نمودارهای تغییرات زمانی، روند تغییرات غلظت نیترا ت در دوره آماری بررسی شد. در روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها از رابطه ۱ برای تکمیل داده‌های ناقص استفاده می‌شود. در این روش یک ایستگاه که دارای آمار کامل و مورد اطمینان می‌باشد به‌عنوان ایستگاه مبنا انتخاب شده و براساس آمار این ایستگاه، داده‌های ناقص ایستگاه‌های مجاور تکمیل می‌گردد.

$$(1) \quad \text{میانگین کل در B} \times \frac{\text{میانگین سال‌های مشترک آماری در A}}{\text{میانگین سال‌های مشترک آماری در B}} = \text{میانگین کل در A}$$

که در آن، A: چاه دارای آمار ناقص و B: چاه مبنا می‌باشد.

**بررسی تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نیترا ت آب زیرزمینی:** برای بیان کمی خشک‌سالی از شاخص‌های خشک‌سالی استفاده می‌شود. با استفاده از این شاخص‌ها اطلاعات لازم درباره شروع، پایان و شدت خشک‌سالی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف فراهم می‌شود (نیکنام و همکاران، ۲۰۱۰). شاخص‌های مختلفی برای بررسی اثر خشک‌سالی وجود دارند که از جمله می‌توان به شاخص شدت خشک‌سالی پالمر<sup>۱</sup>، منابع آب‌های سطحی<sup>۲</sup>، درصدی از نرمال<sup>۳</sup>، دهک‌ها<sup>۴</sup>، بارش استاندارد<sup>۵</sup>، رطوبت محصول<sup>۶</sup>، خشک‌سالی رطوبت خاک<sup>۷</sup>، خشک‌سالی محصول ویژه<sup>۸</sup>، بارش سراسری<sup>۹</sup>

- 1- Palmer Drought Severity Index (PDSI)
- 2- Surface water Supply Index (SWSI)
- 3- Percent of Normal Index
- 4- Deciles Index
- 5- Standardized Precipitation Index (SPI)
- 6- Crop Moisture Index (CMI)
- 7- Soil Moisture Drought Index (SMDI)
- 8- Crop Specific Drought Index (CSDI)
- 9- National Rain Fall Index (RI)

ناهنجاری بارش<sup>۱</sup>، خشک‌سالی احیایی<sup>۲</sup> و بارش مؤثر<sup>۳</sup> (ERI) اشاره نمود. در این میان، شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد از شاخص‌های تقریباً جدید می‌باشد که موارد استفاده متعددی از آن در کشورهای مختلف به‌ویژه ایالت متحده آمریکا دیده شده است (عظیمی‌حسینی و بهبهانی، ۲۰۰۹). در این پژوهش نیز از شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد استفاده شده است.

**شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد:** این شاخص توسط مک‌کی و همکاران از دانشگاه ایالت کلرادو در سال ۱۹۹۳ تدوین شده است و یکی از مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های پیشنهاد شده برای مطالعه خشک‌سالی و ترسالی است که امروزه در سطح گسترده‌ای در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد و مورد پذیرش بسیاری از جوامع علمی قرار گرفته است. این شاخص به‌علت سادگی محاسبه‌ها، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌های متفاوت زمانی و همچنین مقیاس‌های مکانی مختلف، به‌عنوان شاخص مناسب به‌منظور تحلیل خشک‌سالی از مقبولیت جهانی برخوردار می‌باشد.

از آن‌جایی که کمبود بارش در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت بر روی رطوبت خاک و در مقیاس زمانی بلندمدت بر روی رودخانه‌ها، مخازن آب و آب‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد، شاخص بارش استاندارد به محاسبه کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی متفاوت ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه می‌پردازد (استینمن، ۲۰۰۳). شاخص بارش استاندارد برای هر منطقه براساس ثبت بارندگی‌های طولانی‌مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلندمدت بارندگی‌ها برازش داده شده (مک‌کی و همکاران توزیع آماری گاما را مناسب‌ترین توزیع برای برازش داده‌های بارندگی نشان دادند)، سپس تابع جمععی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد، به‌طوری‌که استاندارد شده و متوسط آن برای هر منطقه و دوره موردنظر صفر شود (ادوارد و مک‌کی، ۱۹۹۷) طبق این روش دوره خشک‌سالی هنگامی اتفاق می‌افتد که این شاخص به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کم‌تر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که این شاخص مثبت گردد (اختری و همکاران، ۲۰۰۶). در رابطه ۲ تابع توزیع گاما به‌صورت تابع چگالی احتمال یا فراوانی به‌صورت زیر تعریف شده است:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (2)$$

- 
- 1- Rain Fall Anomaly Index (RAI)
  - 2- Reclamation Drought Index (RDI)
  - 3- Effective Rain Fall Index (ERI)

در این جا  $\alpha > 0$  پارامتر شکل،  $\beta > 0$  پارامتر مقیاس و  $x > 0$  مقادیر بارندگی و  $\Gamma(a)$  تابع گاما می‌باشد. مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  براساس روش حداکثر درست‌نمایی به صورت رابطه‌های ۳ تا ۵ محاسبه می‌شوند:

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

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (4)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (5)$$

که در آن،  $N$ : تعداد مشاهده‌های بارندگی است.

در نهایت با انتقال هم احتمال توزیع تجمعی گاما به توزیع نرمال مقادیر SPI حاصل می‌شود. ساده‌ترین روش برای محاسبه مقادیر SPI استفاده از تقریب آبراموتیز و استوگان است.

$$SPI = - \left[ t - \frac{c_1 + c_2 t + c_3 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad 0.5 \leq H(x) \leq 0.95 \quad (6)$$

$$SPI = + \left[ t - \frac{c_1 + c_2 t + c_3 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad 0.05 \leq H(x) \leq 0.5 \quad (7)$$

جایی که:

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{-(H(x))^2} \right]} \quad 0.5 \leq H(x) \leq 0.95 \quad (8)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{1 - (H(x))^2} \right]} \quad 0.05 \leq H(x) \leq 0.5 \quad (9)$$

$$c_1 = 2/0.15517$$

$$d_1 = 1/432788$$

$$c_2 = 0.802853$$

$$d_2 = 0.189269$$

$$c_3 = 0.10328$$

$$d_3 = 0.0013008$$

طبقه‌بندی خشک‌سالی و ترسالی ارایه شده توسط مک‌کی بر حسب مقادیر شاخص SPI مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- تعیین درجه خشک‌سالی و ترسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده.

مقادیر شاخص بارش استاندارد	
+۲ و بالاتر	فوق‌العاده مرطوب
۱/۹۹ تا ۱/۵	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
+۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشک ملایم
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشک شدید
-۲ و کم‌تر	فوق‌العاده خشک

**نرم‌افزار DIP:** این نرم‌افزار تعدادی از شاخص‌های خشک‌سالی را در خود جای داده است و سری‌های زمانی آن‌ها را در مقیاس روزانه، ماهیانه و سالانه بستگی به نوع شاخص و نیاز کاربر محاسبه می‌نماید (مرید و همکاران، ۲۰۰۷). این نرم‌افزار تاکنون برای مطالعات زیادی در خصوص خشک‌سالی مورد استفاده قرار گرفته است که کاظمی (۲۰۰۷) و حیدری و همکاران (۲۰۰۹) از آن جمله هستند.

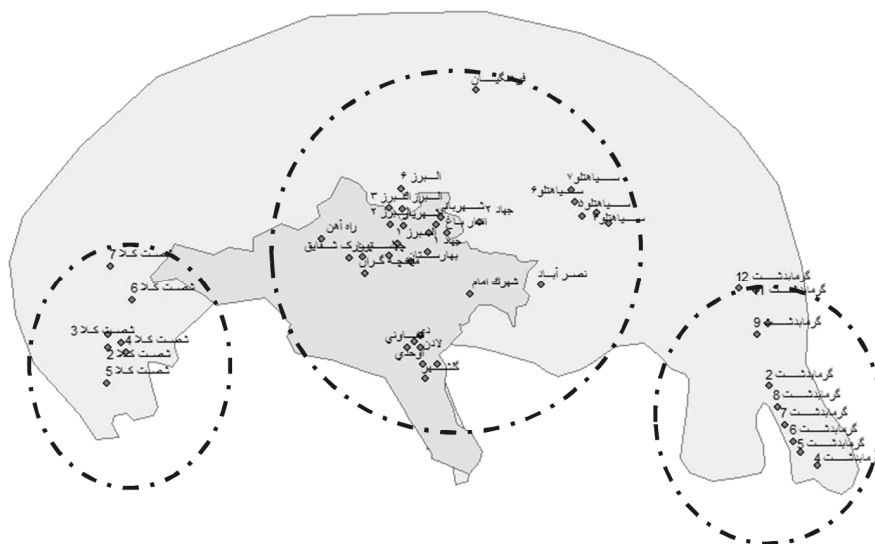
**تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نیترات آب زیرزمینی:** خشک‌سالی پدیده‌ای طبیعی و تکرارشده است که در اثر کاهش میزان بارندگی در یک دوره زمانی مشخص اتفاق می‌افتد و همانند مطالعات آب و هوایی دیگر، مستلزم وجود آمار در مدت برای تحلیل است و هر اندازه آمارهای مورد استفاده سال‌های بیش‌تری را در بر بگیرد، تحلیل‌های صورت گرفته بیش‌تر به واقعیت منطبق خواهند بود. گزارش سازمان هواشناسی جهانی حداقل سال‌های آماری مورد نیاز برای این گونه بررسی‌ها را ۳۰ سال عنوان می‌کند. به این منظور از هر قسمت منطقه یک ایستگاه که دارای آمار بارندگی ۳۰ ساله بوده است، انتخاب شد. به‌علت وجود داده‌های فصلی نیترات شاخص SPI فصلی برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین و سپس برای نشان دادن تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی دشت مورد مطالعه نمودار سه محوره با محورهای SPI، نیترات و فصل ترسیم گردید.

## 1- Drought Indices Package

## نتایج و بحث

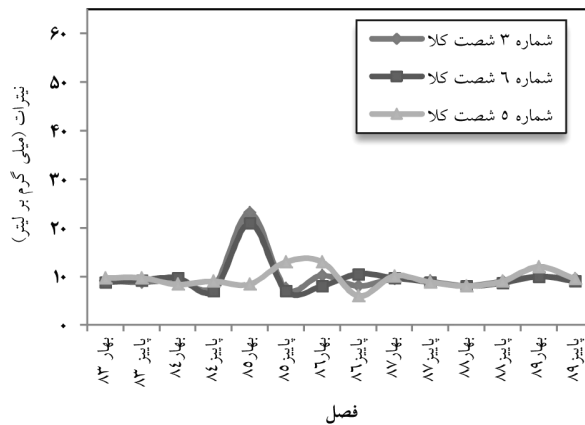
بازسازی داده‌ها و بررسی روند تغییرات زمانی مقادیر غلظت نیترات در منطقه: برای نشان دادن تصویر کلی از روند تغییرات زمانی نیترات آب زیرزمینی در سال‌های ۸۹-۱۳۸۳، چاه‌های مورد بررسی به ۳ دسته تقسیم شدند. چاه‌های منطقه گرمابدشت، شصت‌کلا و چاه‌های قرار گرفته در داخل شهر گرگان و همچنین علاوه بر چاه‌های نام برده چاه‌های زیارت و باباطاهر که در مسیر ناهارخوران قرار دارند نیز مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، که شکل ۱ تقسیم‌بندی منطقه را نشان می‌دهد. مرز شهر گرگان نیز بر روی شکل مشخص شده است.

به منظور بازسازی آمار ابتدا در هر قسمت از منطقه مورد مطالعه، کامل‌ترین چاه از نظر داده‌های آماری انتخاب و به عنوان چاه‌های مبنا در نظر گرفته شدند، سپس آمار چاه‌هایی که دارای نقص آماری بودند با استفاده از روش تفاضل‌ها، نسبت‌ها و به کمک آمار چاه‌های مبنا تکمیل گردیدند. در نهایت نمودارهای تغییرات زمانی غلظت نیترات مطابق شکل‌های ۲ تا ۹ ترسیم شده و مورد بررسی قرار گرفتند. پس از آن با ترسیم نمودارهای روند میانگین تغییرات غلظت نیترات به بررسی روند این عنصر در دوره آماری مورد نظر پرداخته شد.

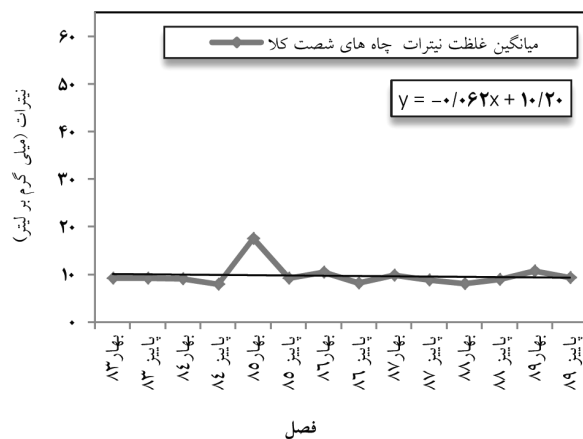


شکل ۱- تقسیم‌بندی منطقه برای بررسی روند تغییرات غلظت نیترات.



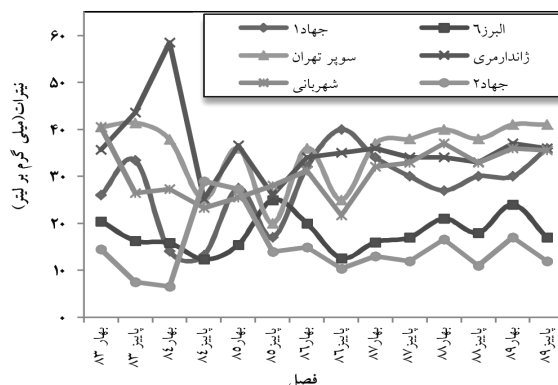


شکل ۲- روند تغییرات زمانی غلظت نیترات در منطقه شصت کلا.

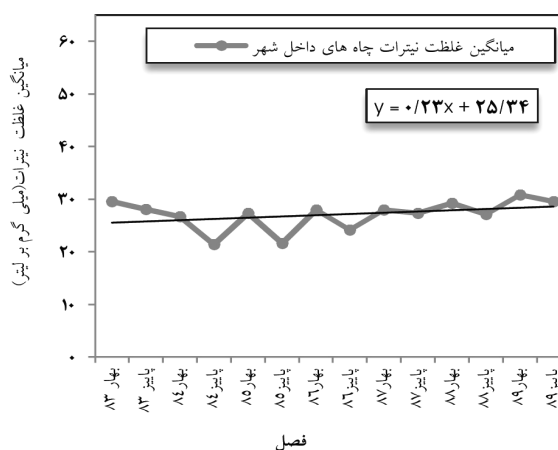


شکل ۳- بررسی روند تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در منطقه شصت کلا.

بررسی روند تغییرات زمانی غلظت نیترات در منطقه شصت کلا نشان می‌دهد دامنه تغییرات مقادیر غلظت نیترات بین ۱-۲۳ تا ۶ میلی‌گرم بر لیتر است، هم‌چنین غلظت نیترات در سال ۱۳۸۵ دارای افزایش قابل‌توجهی بوده اما این افزایش در حد مجاز بوده و از حد استاندارد (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) تجاوز نکرده است. بعد از آن تا سال ۱۳۸۹ مقادیر نیترات تقریباً روند ثابتی را دنبال می‌کند. ترسیم روند تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در دوره آماری موردنظر در شکل ۳ نیز بیانگر روند کاهشی غلظت نیترات در این سال‌ها بوده است.

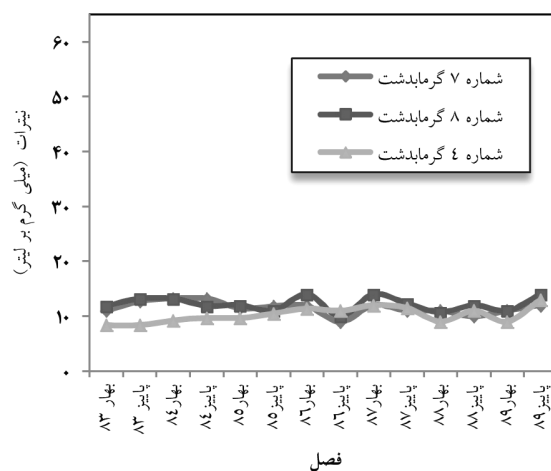


شکل ۴- روند تغییرات زمانی غلظت نیترات در داخل شهر گرگان.

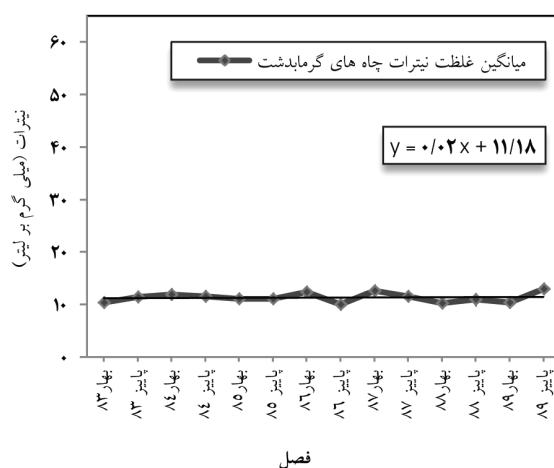


شکل ۵- بررسی روند تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در داخل شهر گرگان.

شکل ۴ نشان می‌دهد مقدار نیترات در قسمت مرکزی منطقه (داخل شهر) نوسانات زیادی در این سال‌ها داشته است به‌گونه‌ای که دامنه تغییرات بالای غلظت نیترات این منطقه (بین ۶/۶ و ۵۸/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر) نیز گویای این مطلب است. غلظت نیترات در این چاه‌ها علاوه بر تغییرات بیش‌تر در طول سال، میانگین بالاتری را نیز نسبت به مناطق خارج از شهر از آن خود کرده است، به‌گونه‌ای که غلظت نیترات در چاه ژاندارماری به مقداری بالاتر از حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی رسیده است. نمودار تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در شکل ۵ نشان داد که غلظت نیترات در منطقه شهر گرگان و حومه از سال ۱۳۸۳-۸۹ با شیب ۰/۲۳ روند افزایشی داشته است.

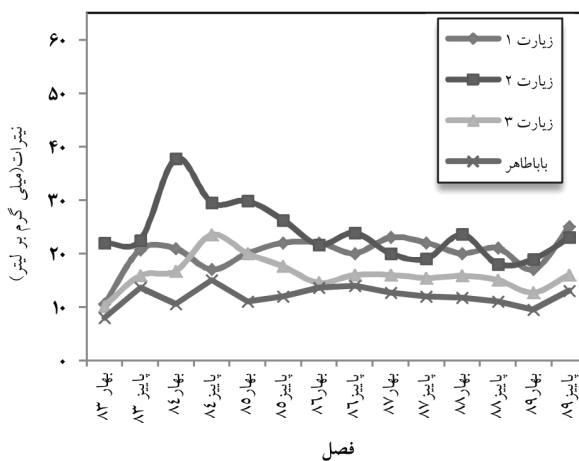


شکل ۶- روند تغییرات زمانی غلظت نیترات در منطقه گرمادشت.

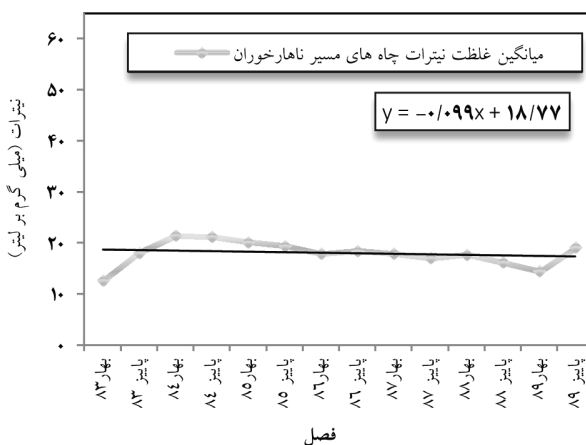


شکل ۷- بررسی روند تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در منطقه گرمادشت.

همان‌طور که در شکل ۶ قابل مشاهده می‌باشد، نمودار تغییرات زمانی در منطقه گرمادشت در این سال‌ها نشان می‌دهد که دامنه تغییرات در این منطقه بین ۸-۱۳ میلی‌گرم بر لیتر بوده (زیر حد استاندارد) و میانگین تغییرات غلظت نیترات در شکل ۷ نیز نشان‌دهنده روند افزایشی غلظت نیترات اما با شیب کم در این سال‌ها بوده است.



شکل ۸- روند تغییرات زمانی غلظت نیترات در مسیر ناهارخوران.



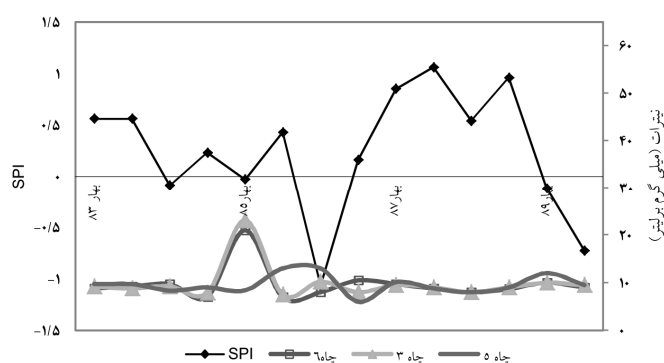
شکل ۹- بررسی روند تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در مسیر ناهارخوران.

در چاه‌های مسیر ناهارخوران نیز هر چند در برخی ماه‌ها افزایش یا کاهش جزئی در نمودار تغییرات زمانی دیده می‌شود، اما همواره مقدار نیترات در این منطقه در زیر حد استاندارد (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) بوده است و دامنه تغییرات غلظت نیترات بین ۳۷/۷۶-۹/۴۵ بوده است. روند تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در چاه‌های مسیر ناهارخوران در شکل ۹ روند کاهشی را در طول دوره آماری نشان می‌دهد.

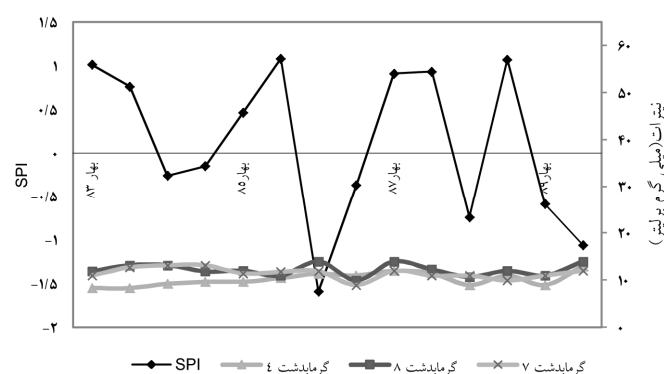
تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نیترات آب زیرزمینی: همان‌طور که در مواد و روش‌ها توضیح داده شد برای بررسی تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نیترات از هر منطقه یک ایستگاه انتخاب شد که مشخصات آن‌ها در جدول ۲ ذکر شده است و همچنین نمودارهای سه‌محوره با محورهای SPI، نیترات و زمان در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ اثر خشک‌سالی بر مقادیر غلظت نیترات در هر یک از ایستگاه‌های منتخب بررسی شده است.

جدول ۲- ایستگاه‌های مورد استفاده در محاسبه شاخص خشک‌سالی SPI.

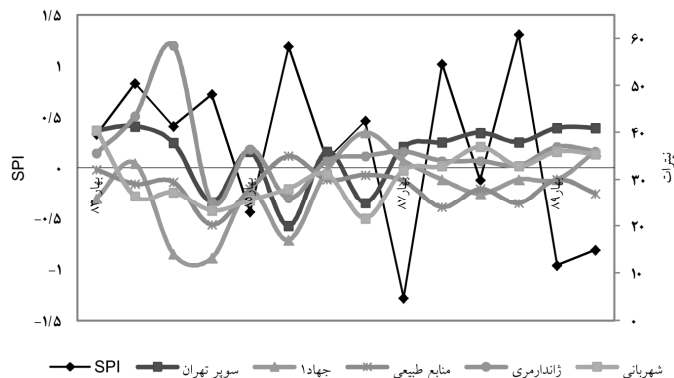
نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه شصت‌کلا	باران‌سنجی	۲۶۴۸۱۰	۴۰۷۴۰۸۰
پل اردوگاه	باران‌سنجی	۲۸۴۳۵۵	۴۰۷۳۴۰۷
ایستگاه هاشم‌آباد	سینوپتیک	۲۵۶۲۹۵	۴۰۸۱۷۲۰



شکل ۱۰- بررسی اثر خشک‌سالی بر نیترات آب زیرزمینی در ایستگاه شصت‌کلا.



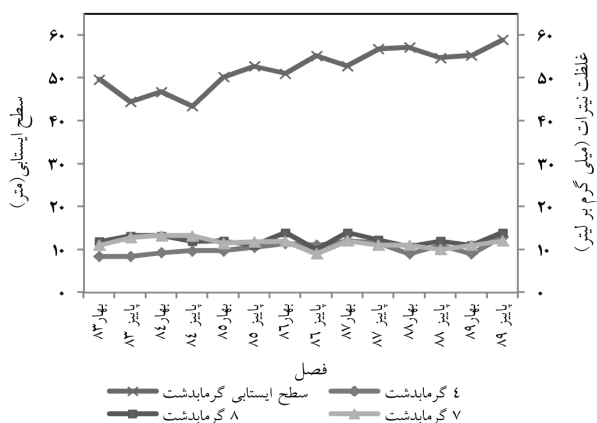
شکل ۱۱- بررسی اثر خشک‌سالی بر نیترات آب زیرزمینی در ایستگاه پل اردوگاه.



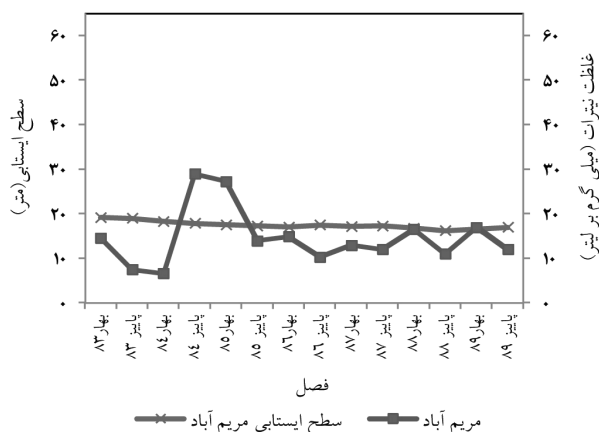
شکل ۱۲- بررسی اثر خشک‌سالی بر نیترات آب زیرزمینی در ایستگاه هاشم‌آباد.

با توجه به نمودارهای ترسیم شده نمی‌توان ارتباط مشخصی را میان خشک‌سالی، افزایش و یا کاهش نیترات پیدا کرد، حتی در مواقعی که زمان پرآبی بوده مقدار غلظت نیترات در زمان‌هایی بالا و یا گاهی پایین بوده است، با توجه به آن‌که برای محاسبه شاخص SPI از داده‌های بارندگی استفاده می‌شود و هم‌چنین به دلیل تأثیر بیش‌تر بارندگی بر آب‌های سطحی نسبت به آب‌های زیرزمینی لازم است تغییرات سطح ایستابی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به در دست داشتن مقادیر سطح ایستابی دو چاه گرمابدشت و مریم‌آباد، تغییرات سطح ایستابی از سال ۸۹-۱۳۸۳ به صورت فصلی ترسیم گردید که نتایج آن به ترتیب در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ آمده است.



شکل ۱۳- بررسی تغییرات سطح ایستابی چاه گرمابدشت بر غلظت نیترات در منطقه گرمابدشت.



شکل ۱۴- بررسی تغییرات سطح ایستابی چاه مریم آباد بر غلظت نیترات شهر گرگان و حومه.

مطابق شکل ۱۴ تغییرات سطح ایستابی چاه مریم آباد که در قسمت مرکزی منطقه و در حومه شهر گرگان واقع شده است در این سالها روند ثابتی را از خود نشان می‌دهد. بنابراین با توجه به نوسانات زیاد مقادیر غلظت نیترات در منطقه داخل شهر می‌توان گفت افزایش یا کاهش سطح ایستابی در منطقه تأثیر به‌سزایی در مقدار غلظت نیترات نداشته است. هم‌چنین شکل ۱۳ نشان‌دهنده افزایش سطح ایستابی در منطقه گرمابدشت در طی این سالها می‌باشد که نشان می‌دهد ارتباط مشخصی نیز بین نوسانات سطح ایستابی و تغییرات غلظت نیترات در چاه گرمابدشت نیز وجود ندارد.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌منظور بررسی تغییرات زمانی مقادیر غلظت نیترات، منطقه به ۴ قسمت تقسیم شد و در هر قسمت تغییرات زمانی غلظت نیترات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج گویای آن بوده است که در مناطق شصت‌کلا، گرمابدشت و چاه‌های مسیر ناهارخوران اگرچه غلظت نیترات دارای نوساناتی در این سالها بوده اما این تغییرات در حد مجاز می‌باشد و حتی روند تغییرات میانگین غلظت نیترات در منطقه شصت‌کلا و چاه‌های مسیر ناهارخوران دارای شیب منفی بوده و روند کاهشی را از خود نشان می‌دهد و در منطقه گرمابدشت شاهد روند افزایشی غلظت نیترات اما با شیب بسیار کم هستیم. بررسی روند تغییرات زمانی غلظت نیترات در منطقه شهری گرگان بر این مطلب تأکید دارد که غلظت نیترات

در این منطقه از میانگین بالاتری برخوردار بوده و نوسانات بیش‌تری را در این سال‌ها داشته است، هم‌چنین تغییرات زمانی میانگین غلظت نیترات در این منطقه نشان‌دهنده روند افزایشی با شیب ۰/۲۳ می‌باشد که ادامه این روند در سال‌های آتی می‌تواند نگران‌کننده باشد که دلیل آن را می‌توان به علت تراکم مناطق مسکونی و افزایش تولید فاضلاب در این منطقه نسبت داد. این امر می‌تواند به‌طور عمده ناشی از نشت پساب فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و قابلیت نفوذپذیری به‌نسبت خوب زمین‌های دریافت‌کننده فاضلاب باشد که این نتایج با پژوهش‌های صابری (۲۰۱۰) و رقیمی و همکاران (۲۰۰۸) هم‌خوانی دارد. البته در این مناطق اگرچه در برخی موارد حداکثر غلظت نیترات موجود از حد مجاز برای آب آشامیدنی در یک چاه بیش‌تر بوده است ولی چون آب چاه‌های مختلف در مخازن جمع‌آوری و سپس برای آب آشامیدنی توزیع می‌گردند، غلظت نیترات در مخازن و آب جاری در شبکه ملاک می‌باشد که خوبخانه‌گزارشی مبنی بر بالا بودن مقادیر غلظت نیترات در دست نیست.

بررسی روند تأثیر خشک‌سالی بر غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که رابطه مشخصی بین خشک‌سالی، افزایش و یا کاهش غلظت نیترات وجود ندارد به‌گونه‌ای که حتی در مواقع پرآبی نیز مقدار نیترات در زمان‌هایی بالا و یا گاهی پایین بوده است، که می‌تواند به‌دلیل تأثیر بیش‌تر سایر عوامل (سایر عناصر کیفی) در مقدار غلظت نیترات باشد.

هم‌چنین با توجه به روند ثابت تغییرات سطح ایستابی مشاهده شده در چاه مریم‌آباد که در حومه شهر واقع شده است و روند افزایشی سطح ایستابی در چاه گرمابدشت؛ با توجه به نوساناتی که در مقادیر نیترات وجود دارد، نمی‌توان افزایش و یا کاهش مقدار نیترات را ناشی از تغییرات سطح ایستابی در این منطقه دانست و می‌توان گفت که رابطه مشخصی بین سطح ایستابی و مقدار نیترات وجود ندارد.

با توجه به این‌که نمی‌توان رابطه مشخصی بین غلظت نیترات، خشک‌سالی و تغییرات سطح ایستابی یافت شاید بتوان وجود نیترات در آب‌های زیرزمینی شهر گرگان را به‌دلیل وجود چاه‌های جذبی فاضلاب‌های خانگی و هم‌چنین نفوذ شیرابه زباله‌ها به آب‌های زیرزمینی نسبت داد. از میان آب‌خوان‌های موجود منابع تأمین آب آشامیدنی، پایین بودن میزان غلظت نیترات در آب‌خوان‌های شصت‌کلا و گرمابدشت با وجود قرارگیری این آب‌خوان‌ها در محدوده اراضی کشاورزی، نشانه نبود تأثیر یا اثر ناچیز کودهای شیمیایی بر آلودگی آب‌های شرب این دو آب‌خوان می‌باشد. بنابراین منشأ آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه را منابعی غیر از کودهای شیمیایی تشکیل می‌دهند و می‌توان فاضلاب‌های خانگی را به‌عنوان منشأ عمده نیترات آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در نظر



گرفت. فاضلابها در جهت شیب موجود در شهر حرکت می‌کنند و باعث بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در منطقه می‌شوند. با توجه به قرارگیری شهر گرگان در دامنه شیب‌دار، خود می‌تواند عاملی برای آلودگی آب‌های زیرزمینی باشد.

#### منابع

1. Akhtari, R., Mahdian, M.H., and Morid, S. 2006. Spatial analysis of SPI and EDI drought index in Tehran. *J. Water Resour. Res.* 2: 3. 27-38. (In Persian)
2. Asgari, M.S., Ariaifar, A., and Zia, H. 2011. Study effects of climate change caused by 12 years of drought on groundwater quality of plains Birjand. National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and Environment, Research Center for Agriculture and Natural Resources West Azerbaijan Province. Pp: 9461-9466. (In Persian)
3. Azimi Hoseini, M., and Behbahani, M. 2009. Application of GIS in drought classification-a case study of Lorestan province. Geomatics Conference and Exhibition 88. National Cartographic Center, Department of Geomatics Engineering College of Engineering Faculty of Tehran University. Pp: 1-11. (In Persian)
4. Edwards, D.C., and Mckee, T.B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the united state at multiple time scales. Department of atmospheric science Colorado state university. 634: 1-155.
5. Ghare Mohamadlo, M., Raghimi, M., Tahmasbi, A., Mohamadi, A., and Jandaghi, N. 2008. Study of factors affecting the chemical quality of water resources in Gorgan (project report). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Pp: 1-69. (In Persian)
6. Heidari, M., Farokhi, E., and Tanyan, S. 2009. Meteorological drought analysis (using software DIP) and hydrological case: Oromie and Khoy. Watershed of the Fifth National Conference on Science and Engineering. Tehran-Iran's Watershed Society. 10p. (In Persian)
7. Kazemi, A. 2007. Evaluation land Indices and drought in Climate conditions in the Hamadan province, MS thesis, Faculty of Agriculture, University of Hamedan. Pp: 40-50. (In Persian)
8. Khan, S., Gabriel, H.F., and Rana, T. 2008. Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. *Irrig. Drain. Syst.* 22: 159-177.
9. Lalezari, R., Tabatabae, H., and Yarali, N. 2009. Monthly changes of nitrate in groundwater Shahrekord plain zoning using GIS. *J. Water Res.* 3: 4. 9-17. (In Persian)

10. Morid, S., Moghadasi, M., Arshad, S., and Omid, M. 2007. Drought Monitoring System Design in Tehran (Drought index package). Iran Water Resources Management Company, the Department of Energy. Tarbiat Modarres University. Pp: 1-196. (In Persian)
11. Niknam, H., Azhdari Moghadam, M., and Khosravi, M. 2010. Using of fuzzy-neural models for predicting drought telecommunications cases study Zahedan. Fourth International Congress of the Islamic World Geographers, University of Sistan and Baluchestan. Pp: 1-16.
12. Raghimi, M., Ramezani Mojaveri, M., Rahimi Pakdel, A., Ghare Mohamadlo, M., and Seyedkhademi, M. 2008. Evaluation of nitrate in Gorgan groundwater. Report of Research Project, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Department of Geology. Pp: 1-26. (In Persian)
13. Rahnama, H. 2009. Investigation qualitative and quantitative changes of groundwater resources (Case study: Jovin plain Khorasan). M.Sc. Thesis, College of Agriculture and Natural Resources, University of Mazandaran. 145p. (In Persian)
14. Rostami, A., Mahmadian, M.H., NAjafi, M., and Izanlo, H. 2010. Investigation Changes in nitrite and nitrate in drinking water sources in Hafshjan During 2007 to 2009. National Conference on Clean Water, Power and Water University of Technology Tehran (Shahid Abbaspour). 6p. (In Persian)
15. Saberi, N. 2010. Gorgan groundwater quality assessment using kriging and of its relationship with the land surface, M.Sc. Thesis, Department of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 212p. (In Persian)
16. Steinmann, A. 2003. Drought Indicators and Triggers: A Stochastic Approach to Evaluation. J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA), 39: 5. 1217-1233.
17. Syadati, B., and Ansari, Zh. 2000. Effects of drought phenomena on Groundwater Quality Case Study: Arak Plain-Markazi Province. First national study ways to deal with water shortage and drought, Shahid Bahonar University of Kerman. Pp: 736-741. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(1), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Investigation of temporal variation of drought and its impacts on groundwater nitrate concentrations in drinking water wells (Case Study: Gorgan city and vicinity)**

**\*S. Tamadoni Kenari<sup>1</sup>, M. Hesam<sup>2</sup>, A.A. Dehghani<sup>3</sup>  
and M. Meftah Halaghi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduated, Dept. of Water Resources Engineering, Gorgan University of  
Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Water Engineering,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>3</sup>Associate Prof., Dept.  
of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 12/11/2012; Accepted: 07/06/2013

### **Abstract**

Effects of drought is not limited only to arid and semiarid regions and can have a harmful effect on groundwater resources. Occurrence of severe drought is resulted in reduction of surface water resources in the country and use of groundwater increased. In addition to this severe drop in water levels in groundwater aquifers' changing in groundwater quality and increasing use of these resources for consuming a drinking water are other problems. Nitrate is a common contaminant of drinking groundwater. In this study, temporal variation of the concentration of nitrate in drinking water wells were reviewed in the region in the period of 1383 to 1389. In addition, based on the monthly rainfall amounts, standardized precipitation index (SPI) has been analyzed by software DIP to determine seasonally and drought effects on groundwater nitrate concentrations. Also the water table changes were drawn and the effect of changes in water table was determined based on the fluctuations of nitrate concentrations. The results showed that the drought and water table changes did not have clear relationship with the nitrate concentration in this region. Therefore, domestic sewage could be a major source of groundwater nitrate in the study area.

**Keywords:** Drinking water, Drought, Nitrate concentration, SPI index

---

\* Corresponding Author; Email: saratamadoni@gmail.com

