



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کوز

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



1226P-NWWCE

## بررسی و ارزیابی تغییرات کیفیت آب آشامیدنی روستاهای شهرستان نهبندان

طی سال‌های (۱۳۹۳-۱۳۹۴) با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS

محسن عزیزی<sup>۱</sup>، سید رضا هاشمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه بیرجند، رئیس اداره آب بدون درآمد

و مدیریت مصرف شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

m\_azizi3863@yahoo.com

### خلاصه

بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی مستلزم شناخت کمیت و به‌ویژه کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان‌ها است. با تعیین کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی می‌توان برآوردی از وضعیت هیدروشیمی منابع آبی به دست آورد و سپس با توجه به نتایج حاصله به طبقه‌بندی آب منطقه از نظر شیمیایی اقدام نمود و با این روش می‌توان کیفیت آب مورد استفاده از لحاظ شرب را مشخص کرد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یکی از بهترین تکنولوژی‌هایی است که تجزیه و تحلیل و دسترسی به اطلاعات زیاد و متنوع را آسان‌تر می‌کند، و به این ترتیب به مدیران جهت تصمیم‌گیری بهینه کمک می‌کند. GIS کاربردهای متنوعی دارد که از جمله آن می‌توان به پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی از لحاظ شرب اشاره نمود. هدف از ارائه این مقاله، استفاده از GIS در پهنه‌بندی تغییرات کیفیت آب آشامیدنی روستاهای شهرستان نهبندان طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴ می‌باشد. با وارد کردن پارامترهای کیفی منابع آب شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی در محیط GIS، لایه‌های مورد نیاز با روش درون‌یابی تهیه گردید، سپس همپوشانی مناسب لایه‌های مذکور به صورت نقشه پهنه‌بندی ترسیم گردید. با استفاده از این نقشه به راحتی می‌توان مکان‌های مناسب از لحاظ شرب را تشخیص داد و با به روز کردن اطلاعات، مدیریت بهتری را بر روی کیفیت آب منطقه اعمال کرد و در هر زمان از وضعیت کیفی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان مطلع شد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، کیفیت آب آشامیدنی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

### ۱. مقدمه

رشد جمعیت، صنعتی شدن جوامع و بالا رفتن استانداردهای زندگی باعث افزایش نیاز به منابع آب شده است [1]. آب‌های زیرزمینی یک منبع بسیار خوب و مناسب برای شرب می‌باشند. این آب‌ها در حین عبور از لایه‌های خاک به‌طور طبیعی تصفیه شده در نتیجه بی‌رنگ و عاری از هر گونه مواد معلق و اغلب فاقد آلودگی‌های میکروبی بوده و کمترین نیاز به تصفیه را دارد. همچنین این منابع به دلیل پتانسیل آلودگی کمتر و ظرفیت ذخیره زیاد نسبت به آب‌های سطحی به‌عنوان یک منبع مهم مورد توجه قرار دارند [2].

بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی، شاخص مناسبی برای تعیین قابلیت مصرف گوناگون از جمله آبیاری، شرب و صنعت است. برای استفاده از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان آب شرب لازم است، مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک در محدوده مناسبی باشد [3]. پیشرفت تکنولوژی و توسعه کشورها و افزایش اطلاعات در زمینه‌های مختلف، باعث شده است که بشر به فکر ایجاد سیستم‌هایی باشد تا بتواند دسترسی به اطلاعات زیاد و متنوع، تجزیه و تحلیل آن‌ها را آسان‌تر و سریع‌تر نماید و مدیران را جهت تصمیم‌گیری بهینه کمک کند [4]. سنجش از دور و GIS ابزارهایی مؤثر در زمینه مطالعات هیدروژئولوژی و توسعه منابع آب می‌باشند. سیستم اطلاعات جغرافیایی، سیستم اطلاعاتی است که برای کار با داده‌های که وابستگی مکانی و جغرافیایی دارند طراحی شده است [5].

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

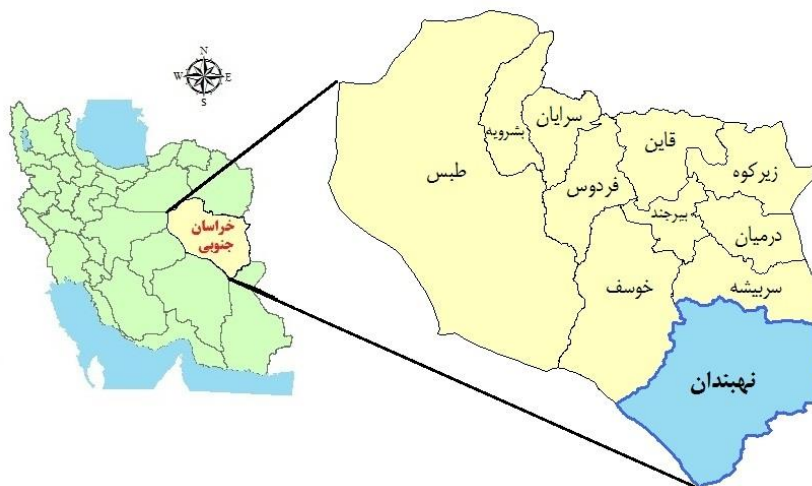
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است که از سال ۱۹۶۰ در آمریکا و کانادا توسعه یافت [6]. اغلب این سیستم‌های جغرافیایی بر مبنای داده‌های روی نقشه‌های موجود و یا داده‌هایی که به راحتی قابل تبدیل به نقشه بوده اند بنا شده اند [7]. سیستم GIS این توانایی را دارد که بر روی داده‌های ورودی شامل عوارض و با خصوصیات و توصیفات مختلف تحلیل‌های ویژه ای نظیر روی هم اندازی، همسایگی و درون‌یابی را انجام داده و خروجی‌های مناسب را از آن تهیه و نمایش دهد [8]. با توجه به قابلیت‌های بسیار زیاد GIS در زمینه انجام مطالعات منابع آب و همچنین تجزیه و تحلیل سریع و آسان، در این تحقیق جهت پهنه‌بندی کیفی آب شرب از آن استفاده شده است.

### ۲. مواد و روشها

#### ۱.۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان نهبندان با برخورداری از وسعتی معادل ۲۶۰۰۰ کیلومتر مربع (حدود ۱۷ درصد مساحت کل استان)، در جنوب غربی استان خراسان جنوبی قرار دارد. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری این شهرستان دارای ۲ بخش، ۲ شهر، ۵ دهستان می‌باشد. طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ در سطح شهرستان نهبندان در مجموع ۲۹۸ آبادی دارای سکنه گزارش شده است که از این تعداد ۱۸۰ روستای کمتر از ۲۰ خانوار و ۱۱۸ روستای بالای ۲۰ خانوار در استان وجود دارد، که از این تعداد ۷۹ روستا دارای شبکه‌های آبرسانی با ضریب بهره‌وری بیش از ۷۰٪ (سطح یک)، ۱۱ روستا دارای شبکه آبرسانی با ضریب بهره‌وری بین ۳۰ تا ۷۰٪ (سطح دو) و ۴ روستا راکد و ۲۴ روستا فاقد شبکه آبرسانی می‌باشد. به‌طور کلی سهم برخورداری روستاهای شهرستان از آبرسانی ۸۹٫۳۶ درصد می‌باشد ولی متوسط سطح بهره‌وری شهرستان ۸۵٫۰۱ درصد گزارش شده است، این در حالیست که متوسط سطح بهره‌وری جمعیت از شبکه‌های آب روستایی استان ۷۲٫۳۹ درصد می‌باشد. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهرستان نهبندان را در استان خراسان جنوبی نشان می‌دهد.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

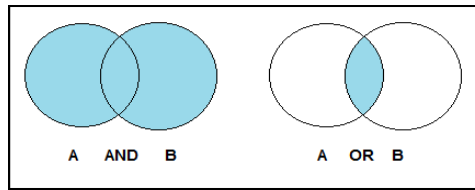
#### ۲.۲. روش تحقیق

به منظور پهنه‌بندی آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب از تحلیل‌های GIS نظیر بولین می‌توان استفاده کرد. منطق بولین یکی از ساده‌ترین و سریع‌ترین روش‌های تحلیلی GIS برای ارزیابی‌های چند معیاره و دسترسی به نتایج لازم می‌باشد. در این روش هر یک از فاکتورها و معیارها به صورت محدودیت عمل می‌کنند. در این روش به معیارهای خوب ارزش یک و به معیارهای نامناسب ارزش صفر داده می‌شود. در این منطق از عملگرهایی نظیر NOT, XOR, OR, AND ... استفاده می‌شود. در مطالعه منطقه مورد مطالعه از عملگر AND و OR استفاده شده است. این عملگرها به خوبی به کمک نمودارهای ون در شکل ۲ توصیف می‌شوند.

## کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



شکل ۲- عملگرهای بولین (نمودارهای ون)

در عملگر AND اگر و فقط اگر شرایط حاصل باشد (هر دو ورودی مثبت باشد)، خروجی مثبت می آید، بنابراین در صورتی که یکی از ورودی ها یا هر دو ورودی، منفی باشد، خروجی منفی خواهد بود. در عملگر OR کافی است که فقط یکی از ورودی ها، مثبت باشد، در این صورت خروجی مثبت خواهد شد.

تهیه نقشه پهنه بندی کیفی آب زیرزمینی بر اساس اطلاعات فیزیکی و شیمیایی منابع آب شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی در شهرستان نهبندان صورت گرفت. برای تهیه نقشه های پهنه بندی، ابتدا نقشه های مربوطه با استفاده از نرم افزار ArcGIS9.3 و بر اساس اطلاعات موجود رسم گردید. با استفاده از این نرم افزار لایه های مورد نیاز با روش درون یابی (IDW) تهیه شد و پس از هم پوشانی مناسب لایه های مذکور و ویرایش آنها، لایه های مربوطه به صورت نقشه های مجزا ترسیم گردید.

روش درون یابی IDW یا همان Inverse distance weighting یکی از روش های معمول و پر کاربرد درون یابی است. روش درون یابی IDW بر این فرض استوار است که تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می یابد به بیانی دیگر پدیده پیوسته در نقاط اندازه گیری نشده، بیشترین شباهت را به نزدیکترین نقاط برداشت شده دارد، لذا برای تخمین نقاط مجهول، نمونه های اطراف باید مشارکت بیشتری نسبت به آنهایی که در فاصله دورتر قرار دارند، داشته باشند. در این مدل از فاصله به عنوان وزن متغیر معلوم در پیش بینی نقاط اندازه گیری نشده استفاده می شود زیرا نقش متغیر پیوسته در تأثیر گذاری با فاصله از مکان نقطه مجهول کاهش می یابد. بنابراین هر چه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش می یابد، لازم است وزنها بر اساس فاصله کاهش یابد، بنابراین فاصله ها معکوس می شود به بیان دیگر از معکوس فاصله به عنوان وزن نقاط اندازه گیری شده در پیش بینی نقاط مجهول استفاده می شود به همین دلیل است که این مدل Inverse Distance weighting نام گرفته است از طرف دیگر تأثیر شدت وابستگی مکانی در داده ها را با استفاده از توان در معکوس فاصله می توان اعمال نمود. توان دوم معکوس فاصله از این مدل به طور مکرر توسط پژوهشگران استفاده شده است.

## ۳. بحث و نتیجه گیری

نتیجه نهایی و کاربردی بسیاری از مطالعات هیدروژئوشیمیایی، تعیین کیفیت منبع آب به خصوص از لحاظ شرب می باشد. کیفیت امری نسبی است و تنها از طریق استانداردهای موجود می توان آب های با کیفیت خوب را از آب های دارای کیفیت بد متمایز کرد. در این پژوهش جهت مشخص کردن کیفیت آب های زیرزمینی (مناسب بودن یا نبودن برای شرب) از طبقه بندی شولر که یکی از مهمترین طبقه بندی ها برای تعیین کیفیت آب شرب است، مطابق جدول ۱ استفاده شد.

جدول ۱- معیارهای طبقه بندی آب از لحاظ شرب

So <sub>4</sub> (mg/l)	Cl(mg/l)	Na(mg/l)	TH(mg/l)	TDS(mg/l)	کیفیت آب
<۱۴۵	<۱۷۵	<۱۱۵	<۲۵۰	<۵۰۰	خوب
۱۴۵-۲۸۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۱۵-۲۳۰	۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	قابل قبول
۲۸۰-۵۸۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۳۰-۴۶۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	نامناسب
۵۸۰-۱۱۵۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۴۶۰-۹۲۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	بد
۱۱۵۰-۲۲۴۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۹۲۰-۱۸۴۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۸۰۰۰	موقتا قابل شرب
>۲۲۴۰	>۲۸۰۰	>۱۸۴۰	>۴۰۰۰	>۸۰۰۰	غیر قابل شرب

نتایج اندازه گیری عوامل شیمیایی مورد نظر در نمونه های منابع آب روستاهای شهرستان نهبندان در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در جدول ۲ ارائه

شده است.

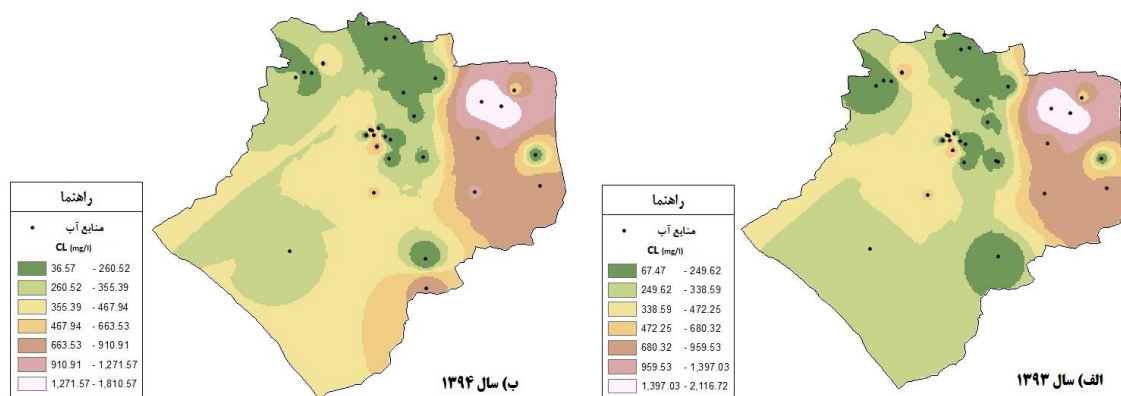
جدول ۲- توصیف عوامل کیفیت شیمیایی اندازه گیری شده در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

پارامتر	واحد	سال ۱۳۹۳			سال ۱۳۹۴		
		حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر
TDS	mg/l	۲۹۳,۵۴	۱۱۰,۷۲,۲۴	۱۸۶۰,۱۴	۲۹۷,۶۳	۹۱۸۲,۶۸	۱۸۷۴,۴۷
TH	mg/l	۱۰۹,۶	۲۱۲۹,۹۲	۴۵۵,۸۳	۶۲,۲۸	۱۹۸۰,۱۲	۴۵۰,۵۱
Na	mg/l	۴۸,۶۷	۳۰۸۳,۲۱	۴۹۴,۰۳	۳۶,۵۲	۲۵۵۱,۳۰	۴۹۹,۶۶
Cl	mg/l	۳۴,۲۱	۳۱۸۳,۵۶	۴۸۴,۶۵	۳۵,۲۰	۲۵۶۳,۲۰	۴۹۰,۴۳
So <sub>4</sub>	mg/l	۶۸,۸۲	۳۹۴۹,۷۱	۵۸۳,۴۳	۵۱,۲۵	۳۲۵۳,۲۵	۵۸۴,۲۳

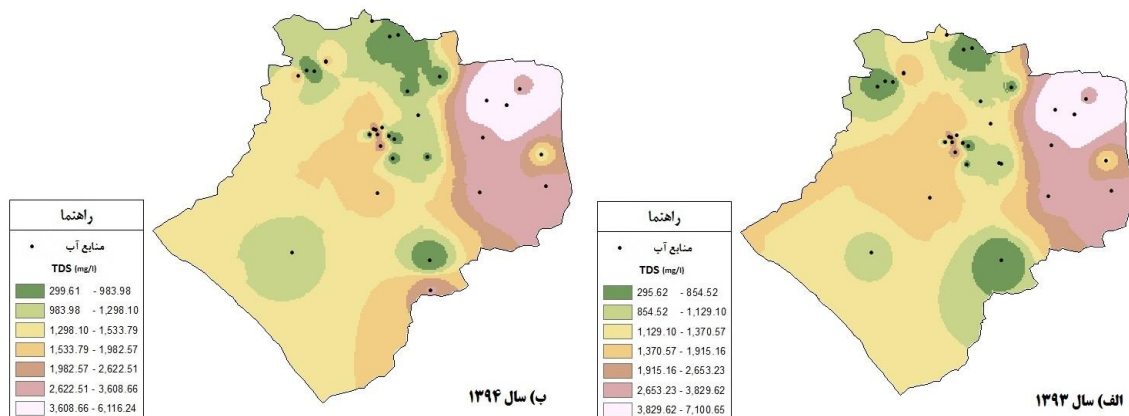
به منظور پهنه بندی کیفی آب زیرزمینی از لحاظ شرب ابتدا اطلاعات به محیط ArcGIS9.3 وارد و در این محیط لایه های Na, TH, TDS

و Cl از طریق درون یابی IDW آماده گردید. اشکال ۳ الی ۷ به ترتیب تغییرات پارامترهای CL, TDS, Na, So<sub>4</sub> و TH را در سال های ۱۳۹۳

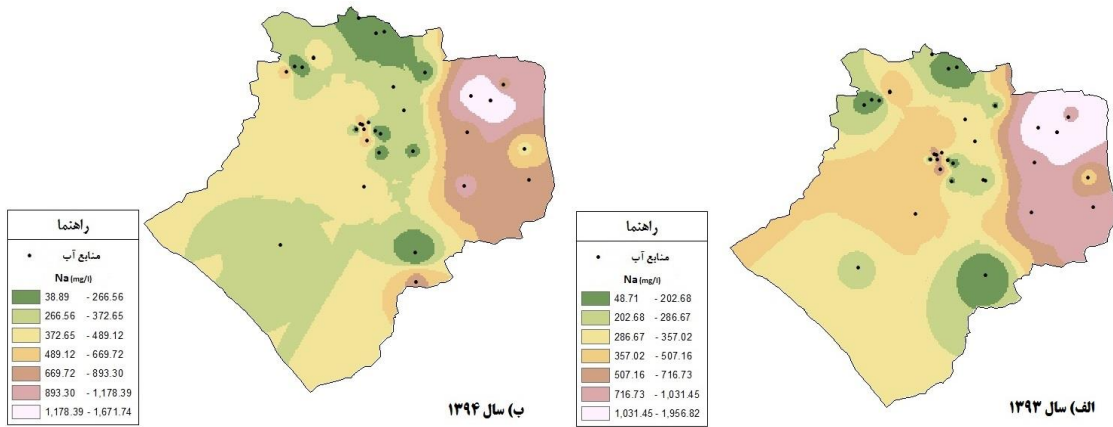
و ۱۳۹۴ را نشان می دهد.



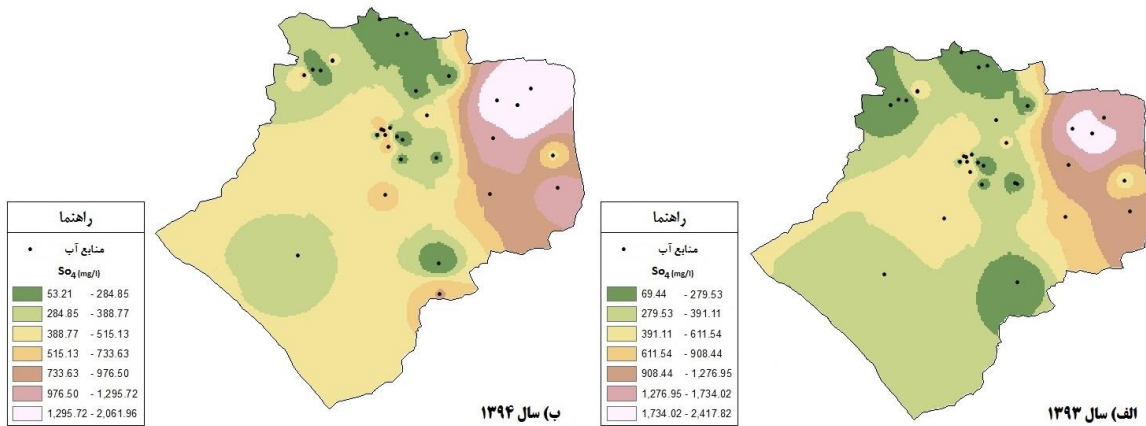
شکل ۳- تغییرات CL در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴



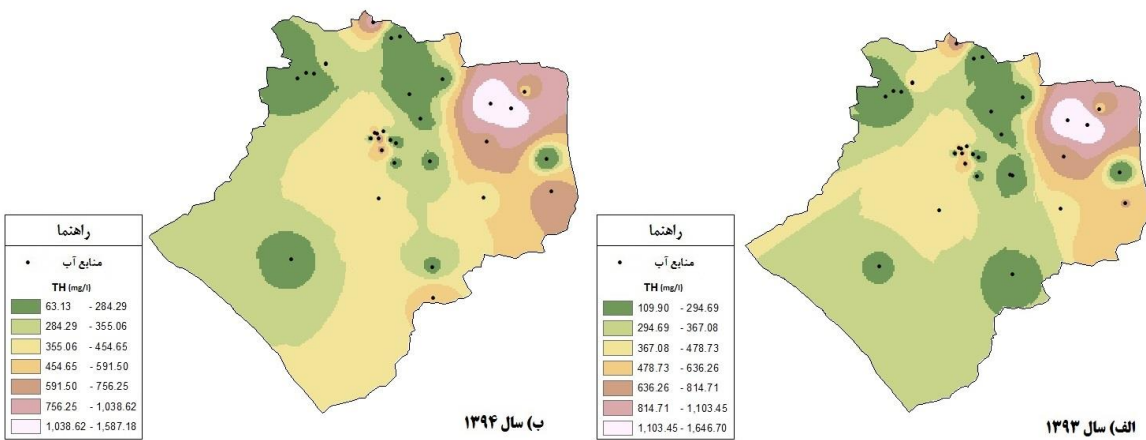
شکل ۴- تغییرات TDS در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴



شکل ۵ - تغییرات Na در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

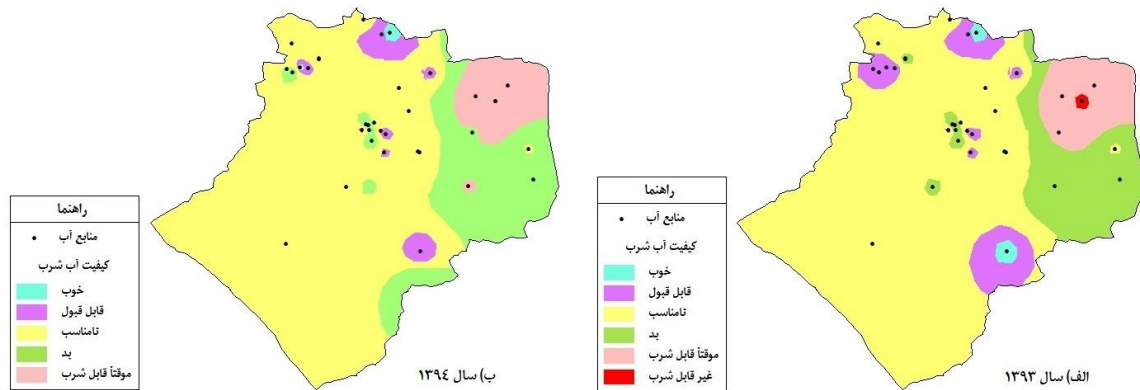


شکل ۶ - تغییرات SO4 در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴



شکل ۷ - تغییرات TH در سال های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

پس از تهیه لایه‌ها بر اساس طبقه‌بندی ویلکوکس بر طبق منطق بولین، لایه‌های مربوط به پهنه‌بندی با استفاده از Raster Calculator که یکی از توابع Saptial Analyst می‌باشد، ایجاد گردد. در نهایت پس از همپوشانی لایه‌های ایجاد شده یک نقشه نهایی پهنه‌بندی کیفی شرب به مطابق شکل ۸ ایجاد گردید.



شکل ۸- پهنه‌بندی آب زیرزمینی از لحاظ مصارف شرب (سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

طبق این نقشه، در سال ۱۳۹۳ بخش اندکی از شمال شرق منطقه، کیفیت آب زیرزمینی آن غیر قابل شرب بوده و در سال ۱۳۹۴ شاهد آن کیفیت نامطلوب نمی‌باشیم. طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ از کیفیت آب زیرزمینی منطقه جهت مصارف شرب کاسته شده و بخش اعظمی از آب زیرزمینی برای مصارف شرب نامناسب می‌باشد. شرح بیشتر تغییرات کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- تغییرات کیفیت آب شرب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

کیفیت آب شرب	سال ۱۳۹۳		سال ۱۳۹۴	
	مساحت (Km <sup>2</sup> )	مساحت (%)	مساحت (Km <sup>2</sup> )	مساحت (%)
خوب	۱۷۰	۰,۷	۶۶	۰,۳
قابل قبول	۱۵۷۷	۶,۵	۷۴۱	۳
نامناسب	۱۷۱۲۵	۷۰	۱۷۳۰۷	۷۰,۸
بد	۳۵۷۶	۱۴,۶	۴۵۲۱	۱۸,۵
موقتاً قابل شرب	۱۹۶۱	۸	۱۸۱۶	۷,۴
غیر قابل شرب	۴۲	۰,۲	۰	۰

#### ۴. پیشنهادها

- سیستم اطلاعات جغرافیایی، یک تکنولوژی مناسب جهت مطالعه آب‌های زیرزمینی است. استفاده از این سیستم صرفه جویی در وقت، هزینه و همچنین افزایش دقت در نتایج حاصله می‌شود.
- با وارد کردن داده‌ها در محیط GIS می‌توان نقشه‌های کیفی را با دقت و سرعت بالا تهیه کرد و می‌توان با به روز کردن اطلاعات به راحتی از وضعیت آبخوان در زمانهای مختلف مطلع شد و در نتیجه مدیریت صحیحی بر نحوه بهره‌برداری از آن اعمال نمود.
- با تهیه لایه‌های مورد نیاز در محیط GIS به روش درونبایی و هم پوشانی مناسب آنها می‌توان نقشه‌های کیفی آب زیرزمینی را تهیه نمود.
- با توجه به نقشه پهنه‌بندی آب از نظر شرب، می‌توان به راحتی بهترین و مناسب ترین مناطق را از این لحاظ تعیین نمود.
- از سال ۱۳۹۳ تا سال ۱۳۹۴ از کیفیت آب زیرزمینی جهت شرب کاسته شده و و بخش اعظمی از آب زیرزمینی برای مصارف شرب نامناسب می‌باشد.



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



## ۵. قدردانی

نویسندگان مقاله از شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان جنوبی و مرکز تحقیقات و ارتباط با صنعت شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور بابت حمایت مالی نهایت تشکر و قدردانی را می نمایند.

## ۶. مراجع

۱. عبادی کوپایی، ج. قره شیخلو، ا.ح. خسروی شیرینی، ز. (۱۳۸۷)، بررسی تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی مورد مصرف فضای سبز شهر اصفهان در مدت یک دهه، دومین همایش ملی آب و فاضلاب با رویکرد بهره‌بردار، دانشگاه صنعت آب و برق، تهران.
۲. شمعیان، غ. رقیمی، م. یخشکی، ا. (۱۳۸۵)، هیدروژئوشیمی آب‌های زیرزمینی در دشت گرگان: راهکاری برای حساسیت سنجی آلودگی آب‌های زیرزمینی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد سیزدهم، شماره چهارم مهر - آبان ۱۳۸۵.
۳. بدیعی نژاد، ا. فرزاد کیا، م. غلامی، م. جنیدی جعفری، ا. (۱۳۹۳)، بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب شرب زیرزمینی دشت شیراز با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دو ماهنامه طب جنوب، پژوهشکده زیست - پزشکی خلیج فارس، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی بوشهر، سال هفدهم، شماره ۳، صص ۳۶۷-۳۵۸.
۴. آل یاسین، ا. (۱۳۷۹)، کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، وزارت نیرو - کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۵۰ص.
۵. ثنایی نژاد، ح. (۱۳۷۷)، مقدمه ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۵۰ص.

6. Aronoff, S., (1989), Geographic Information System, Management Perspective, WDL Publication, Ottawa, Canada, 230pp.
7. Shelton, R.L. and Estes, J.E. (1979), *Integration of Remote Sensing and Geographic Information system, Proceeding, 13th International Symposium on remote sensing of environment*, Ann Arbor, Michigan. Environmental research institute of Michigan, pp 675-692.
8. Heywood, I. Cornelius, S. and Carver, S. (1998), *An Introduction to Geographical Information system*, Manchester. Metropolitan university press, 362 pp.