کنگره استحصال آب و آبخیزداری
Water Harvesting and Watershed Management Congres
سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

# طبقه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت سربیشه

**پروین علی‌اکبری[۱]، علی شهیدی[۲]**

**۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه بیرجند**

**۲-استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند**

**چکیده**

کیفیت آب از مهم‌ترین عوامل مشخص‌کننده به منظور کاربرد آن در مصارف آب به شمار می رود. در این تحقیق، که به تقسیم بندی کیفی آب بر اساس نمودار ویلکاکس، جهت طبقه بندی آب کشاورزی و از لحاظ سختی برای مصارف صنعتی و همچنین طبقه‌بندی آب آشامیدنی به روش شولرصورت گرفته است. کیفیت آب زیرزمینی دشت سربیشه بررسی گردیده است. بدین منظور اطلاعات مورد نیاز از مرکز تحقیقات آب اخذ گردید و پس از پردازش و مطابقت با استانداردها و شاخص‌های بین‌المللی و معتبربه‌نام شولر، ویلکاکس، نرم افزار Excel chemistry مشاهده گردید که کیفیت آب کشاورزی در گروه C3S2 و C4S2 C4S3 قرار دارد که شامل آب‌های متوسط وآب‌های نامناسب بوده، و از لحاظ کیفیت شرب، متوسط تا نامناسب می‌باشد و از لحاظ صنعت رسوب‌گذار می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی**: سربیشه، شولر، مصارف آب، ویلکاکس، GIS، Excel chemistry.

# Qualitative Classification of the Groundwater of Sarbishe Plain

**P.Ali Akbari[1*],A.shahidi[2]**

**1-Msc student of water resource management, University of Birjand**
**2- Assist. Proff. Water engineering, University of Birjand.**

**Abstract**

Water quality is one of the most effective factors in water consumption. In this research, we pay attention to the qualitative classification of water based on Wilcox diagrams in order to categorize the agricultural water and water difficulty for industrial consumptions and also classify water with Schuler method. The quality of hypogeal water in Sarbishe plains would be checked. Thus, we attain the essential information from the water research center and after processing and conforming to the standards and international indices in Schuler and Wilcox methods and Excel chemistry software. It is observed that quality of agricultural water is in C3s2 and C3s3 groups which include the moderate and low quality water, and its quality for drinking is moderate to unsuitable and in industrial regard, it is sedimentary.

**Keywords:** Sarbishe, Schuler, water consumption, Wilcox, GIS, Excel chemistry.

* Corresponding Author's E-mail (p_aliakbari89@yahoo.com)

## الف- مقدمه

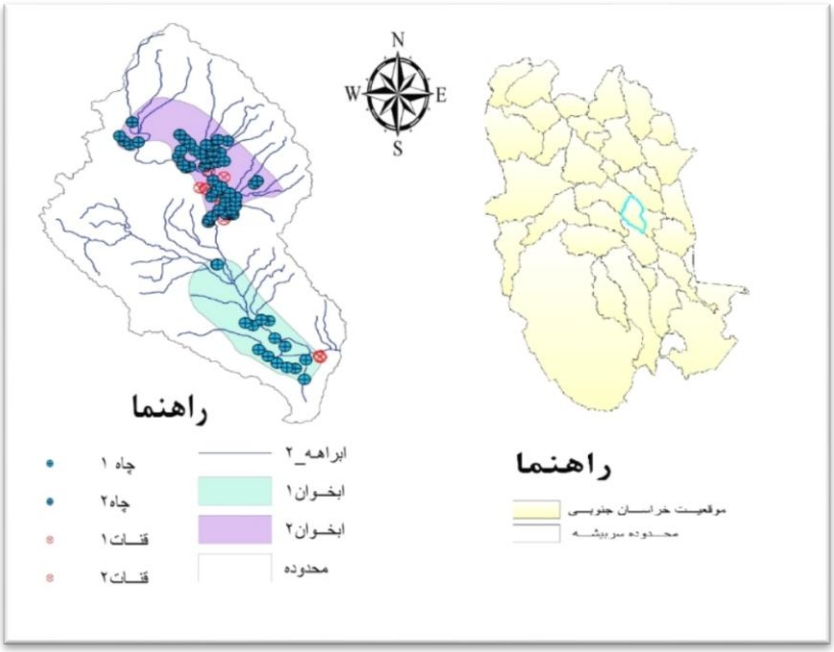
با توجه به این‌که ایران از مناطق بیابانی و کم آب به شمار می‌رود به همین دلیل مدیریت منابع آب در کشور از اهمیت بسزایی برخوردار است. آب‌های زیرزمینی به واسطه مجموعه ای از ویژگی‌های منحصر به فرد در مقایسه با منابع آب‌های سطحی، از قدیم به عنوان یکی از اساسی‌ترین منابع تامین آب مصرفی مورد نیاز در بسیاری از کشورها از جمله ایران، مورد توجه قرار گرفته است. آن‌چه در پژوهش بدان پرداخته شده است، بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت سربیشه برای مصارف مختلف می‌باشد. پروانه خواه طهران (۱۳۹۰)، به مقایسه کیفی منابع آب زیرزمینی از نظر شوری برای مصارف مختلف در شرق و غرب آبخوان ساحلی حوضه رودخانه‌های تالار - بابل - هراز پرداخته و به این نتیجه رسید که میزان شوری در قسمت شرقی بیشتر از نواحی غرب منطقه بوده و آب شور دریای خزر نیز بیش از ۱۰ کیلومتر در آبخوان مناطق شرقی، به سمت ساحل پیشروی نموده و کیفیت آب در این نواحی برای مصارف مختلف نامناسب است. همچنین وی جهت کنترل تداخل آب شور و شیرین به واسطه پدیده بالا آمدگی مخروطی آب شور زیر چاه‌های پمپاژ و همچنین پدیده پیشروی کامل آب شور در مناطق این حوضه، راه کارهایی عملی را پیشنهاد نموده است. میزان کیفیت شیمیایی آب، در مصارف مختلف، بسیارحائز اهمیت است. دانیالی (۱۳۸۸)، بر این اساس مطالعات بسیاری در حوضه‌ها و دشت‌های مختلف ایران انجام داده است. به عنوان نمونه، نائیجی(۱۳۸۳)، در دشت نیسان (طبس) فیاضی و نخعی(Fayazi & Nakhaei2007) ،در دریاچه مهارلو کیفیت آب‌ها را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که تغییر کیفیت شیمیایی آب بیشتر تحت تأثیر زمین شناسی منطقه می‌باشد.

قره محمدلو و همکاران ( ۱۳۸۳)، ضمن معرفی پارامترهای موثر در شعاع حفاظتی و نحوه پراکنش قابلیت هدایت الکتریکی، کلر، نیترات و سولفات در زون‌های حفاظتی، حریم بهداشتی چاه‌های آب شرب شهر ساری را تعیین نمودند. محمدی و همکاران (۱۳۸۳)، از طریق مطالعات صحرایی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی و با توجه به نتایج آنالیز یون‌هایی نظیرسدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، کلر، بی کربنات، نیترات، نیتریت و فسفات نمونه‌های آب برداشتی از آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه رامسر، ضمن طبقه بندی آب‌ها با استفاده از نمودارهای شولر، پایپر و ویلکوکس، منحنی‌های هم یون عناصر آلوده کننده آب‌های زیرزمینی را رسم نموده و نقاط و محدوده‌های آلوده منطقه را مشخص کردند. در این تحقیق پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت سربیشه با تاکید بر مصرف شرب با استفاده از نمودار شولر وکشاورزی با استفاده از ویلکاکس و مصارف صنعتی با نرم افزار Excel chemistry مورد بررسی قرار گرفت.

## ب- مواد و روش‌ها

### ۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان سربیشه با مساحتی معادل ۸۲۵۱ کیلومتر مربع در شرق ایران،درطول جغرافیایی۵۹ درجه و ۴۸ دقیقه وعرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه می‌باشد. حاشیه شمال شرقی دشت لوت و در جنوب شرقی شهرستان بیرجند و در محور بین‌المللی بیرجند-زاهدان واقع گردیده است که از شمال و غرب به شهرستان بیرجند و از جنوب به شهرستان نهبندان و از شرق به کشور افغانستان محدود بوده و طول مرز مشترک آن با کشور افغانستان حدود ۱۱۰ کیلومتر می‌باشد. شهر سربیشه در فاصله ۶۶ کیلومتری بیرجند، مرکز استان خراسان جنوبی و ۵۳۳ کیلومتری مشهد، مرکز استان خراسان رضوی و ۳۹۵ کیلومتری زاهدان مرکز استان سیستان و بلوچستان واقع گردیده است.




شکل ۱- موقعیت دشت سربیشه

### ۲- روش‌های گرافیکی

روش‌های گرافیکی برای نمایش آنالیز کیفیت آب دو هدف عمده دارند. اول تصویر نمودن داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل و دوم کشف رابطه و نظام موجود بین داده‌هاست (هانسلو۱۹۹۵)،ودراین تحقیق از نمودار شولر و ویلکاکس و نرم افزار Excel chemistry استفاده گردید. در نمودار، ویلکاکس محور افقی به شوری آب و هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر

و محور عمودی به نسبت جذب سدیم، اختصاص دارد. دیاگرام شولر با استفاده از پارامترهای سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، سختی کل، کلر، باقی‌مانده خشک جهت تعیین کیفیت شرب استفاده می‌گردد.

یازده پارامتر جهت ارزیابی تیپ و کیفیت شیمیایی آب منطقه انتخاب شده‌اند. آنالیزهای شیمیایی بر روی مقدار میانگین غلظت یون‌های اصلی و پارامترهای شیمیایی نمونه‌های آب جمع‌آوری شده از ایستگاه‌های مختلف انجام شده است. این پارامترها عبارتند از:

کاتیون‌ها: سدیم (Na)، پتاسیم (K)، منیزیم (Mg)، کلسیم (Ca)

آنیون‌ها: سولفات (SO4)، کلراید (Cl)، بی‌کربنات (HCO3)، باقی‌مانده خشک (TDS) و هدایت الکتریکی (EC)

جدول ۱ پارامترهای کیفی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول۱- پارامترهای کیفیت شیمیایی آب سربیشه

| ایستگاه | EC | TH | TDS | pH | Cl | $SO_4$ | $HCO_3$ | K | Ca | Mg | Na |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | ۲۲۹۰ | ۱۱۲۵ | ۱۴۶۵ | ۶/۴ | ۵/۰ | ۴/۸ | ۱۳/۱ | ۰/۰۲ | ۴/۲ | ۱۸/۳ | ۰/۴ |
| Q۱ | ۲۰۹۰ | ۳۵۵ | ۱۳۳۵ | ۸/۱ | ۱۲/۸ | ۱/۹ | ۶/۱ | ۰/۰۲ | ۴/۲ | ۲/۹ | ۱۳/۸ |
| Q۲ | ۲۸۶۰ | ۷۱۰ | ۱۸۳۰ | ۷/۵ | ۱۶/۷ | ۳/۵ | ۸/۴ | ۰/۰۳ | ۵/۸ | ۸/۴ | ۱۴/۴ |
| W۱ | ۶۷۷۰ | ۱۷۰۰ | ۴۳۹۱ | ۷/۵ | ۶۰/۰ | ۳/۷ | ۵/۰ | ۰/۰۷ | ۲۵/۰ | ۹/۰ | ۳۴/۶ |
| W۲ | ۷۲۹۰ | ۲۸۰۰ | ۴۶۶۳ | ۷/۵ | ۵۶/۵ | ۹/۰ | ۷/۴ | ۰/۰۷ | ۲۵/۴ | ۳۰/۶ | ۱۶/۸ |
| W۳ | ۵۵۰۰ | ۱۰۵۰ | ۳۵۱۸ | ۷/۶ | ۴۳/۰ | ۷/۰ | ۵/۰ | ۰/۰۵ | ۱۰/۰ | ۱۱/۰ | ۳۴ |
| W۴ | ۵۵۹۰ | ۱۲۵۰ | ۳۵۷۵ | ۷/۴ | ۴۳/۰ | ۷/۹ | ۵/۰ | ۰/۰۵ | ۱۲/۰ | ۱۳/۰ | ۳۰/۸ |
| W۵ | ۶۶۷۰ | ۱۸۲۰ | ۴۲۶۵ | ۷/۵ | ۶۰/۲ | ۳/۳ | ۳/۲ | ۰/۰۷ | ۱۶/۴ | ۲۰/۰ | ۳۰/۲ |
| W۶ | ۳۰۰۰ | ۴۸۵ | ۱۹۱۸ | ۷/۶ | ۱۵/۹ | ۹/۷ | ۴/۴ | ۰/۰۳ | ۶/۹ | ۲/۸ | ۲۰/۳ |
| W۷ | ۲۲۲۰ | ۳۵۰ | ۱۴۲۰ | ۷/۸ | ۱۳/۱ | ۴/۱ | ۵/۰ | ۰/۰۲ | ۵/۰ | ۲/۰ | ۱۵/۲ |
| W۸ | ۲۸۴۰ | ۴۹۵ | ۱۸۱۵ | ۷/۹ | ۱۷/۵ | ۴/۰ | ۶/۹ | ۰/۰۳ | ۷/۰ | ۲/۹ | ۱۸/۵ |
| W۹ | ۳۱۴۰ | ۵۴۰ | ۲۰۰۵ | ۷/۶ | ۱۹/۰ | ۸/۴ | ۴/۰ | ۰/۰۳ | ۶/۹ | ۳/۹ | ۲۰/۶ |
| W۱۰ | ۲۶۵۰ | ۴۲۰ | ۱۶۹۲ | ۷/۷ | ۱۷/۰ | ۴/۱ | ۵/۴ | ۰/۰۲ | ۵/۰ | ۳/۴ | ۱۸/۱ |
| w۱۱ | ۳۴۹۰ | ۵۵۰ | ۲۲۳۱ | ۷/۸ | ۲۲/۵ | ۹/۲ | ۳/۲ | ۰/۰۳ | ۷/۶ | ۳/۴ | ۲۳/۹ |
| w۱۲ | ۴۲۷۰ | ۷۰۰ | ۲۷۳۰ | ۷/۶ | ۳۶/۰ | ۲/۸ | ۳/۹ | ۰/۰۴ | ۸/۰ | ۶/۰ | ۲۸/۷ |
| w۱۳ | ۸۹۷۰ | ۲۴۲۰ | ۵۷۴۶ | ۷/۴ | ۷۶/۰ | ۹/۰ | ۴/۸ | ۰/۱ | ۲۱/۶ | ۲۶/۸ | ۴۱/۳ |
| w۱۴ | ۵۶۲۰ | ۲۰۴۰ | ۳۵۹۵ | ۷/۹ | ۳۲/۰ | ۱۶/۸ | ۷/۴ | ۰/۰۵ | ۲۲/۶ | ۱۸/۲ | ۱۵/۳ |

## ج- نتایج وبحث

### ۱- طبقه‌بندی کیفی مصرف آب آبیاری در کشاورزی

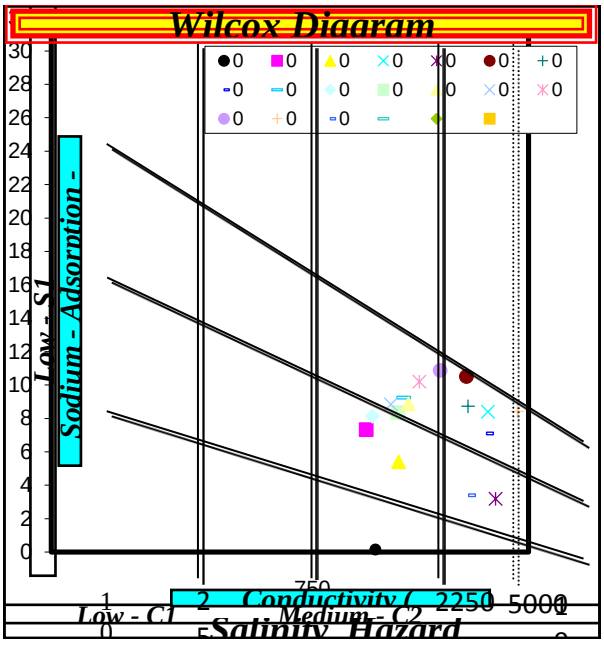
با توجه به این که در بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی، معیارهای شوری و قلیائیت به طور توام باید در نظر گرفته شود، نمودار ویلکاکس که در زیر قابل مشاهده است، کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب در مطالعات کیفی آب آبیاری محسوب می شود. مختصات مربوط به هر آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حروف S از نظر شوری و C از نظر قلیائیت مشخص می-گردد. همچنین، مقادیر۱.۲.۳.۴به ترتیب بیانگر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است.

الف) آب‌هایی که در منطقه C1S1 قرار می‌گیرد در ردیف‌های آب‌های خیلی خوب قرار دارند.

ب) آب‌هایی که در محدوده C1S2, C2S2, C2S1 قرار می‌گیرند، از نوع آب‌های خوب به شمار می روند.

ج)آب‌های قرار گرفته در محدوده C1S3, C2S3, C3S3, C3S1, C3S2 آب‌های متوسط بوده و فقط در شرایطی که خاک سبک بافت و قابلیت نفوذ آب در آن زیاد باشد، قابل استفاده هستند.

د) آب‌هایی که در مناطق C1S4, C2S4, C3S4, C4S4, C4S3, C4S2, C4S1 آب‌های نامناسب بوده و برای گیاهان ویژه و در شرایط خاص قابل استفاده‌اند. شکل (۲) طبقه‌بندی آب کشاورزی منطقه مطالعاتی بر اساس ویلکاکس را نشان می‌دهد.




شکل ۲)طبقه بندی آب کشاورزی منطقه مطالعاتی بر اساس ویلکاکس

که طبق این دیاگرام کیفیت آب کشاورزی در گروه C3S2 ، C4S3 وC4S2 قرار دارد که شامل آب‌های متوسط وآب‌های نامناسب می‌باشد.

## ۲- طبقه بندی کیفی آب در مصارف صنعتی

در طبقه بندی یا مصارف صنعتی آب، شوری، درجه سختی و محیط واکنش آن بسیار حائز اهمیت است. به طور مثال، آب‌های سنگین با رسوب گذاری و بستن مجاری هدایت آب، اثر مهمی در کاهش بازده حرارتی دستگاه‌های گرم کننده و شبکه‌های حرارتی دارند. همچنین قلیائیت زیاد آب در دستگاه‌های حرارتی تحت فشار زیاد، سبب انحلال قشر محافظ اکسید آهن و از طرف دیگر کف کردن آب می‌شود. کیفیت آب‌های ایران اغلب برای صنعت مناسب نمی‌باشد و بیشتر آب های سطحی و زیرزمینی بدون تصفیه از لحاظ سختی، در صنعت قابل استفاده نیست، برای بررسی و ارزیابی آب جهت استفاده‌های صنعتی بیشتر به سختی آب واسیدیته آن توجه می‌شود. باتوجه به نتایج آزمایشگاهی و استفاده از نرم افزار Chemistry در محیط Excel کیفیت آب نمونه‌های برداشت شده در جدول شماره۳ درج شده است.که PH مقدار واقعی آب ، PHs سیتم تعادلی اشباع، ضریب c هدایت الکتریکی آب می‌باشد. طبق (PHs-PH<0)، تمایل به رسوب‌گذاری آن بیشتر است واگر(PHs-PH>0)،خورنده می‌باشد. غلظت Ca وقلیائیت کل عوامل موثر برخوردگی آب می‌باشد. بنابراین قنات‌ها وچاه‌ها ازلحاظ صنعت رسوب‌گذار فقط چشمه آن خورنده می‌باشد.

جدول۳- طبقه بندی کیفی آب در مصارف صنعتی

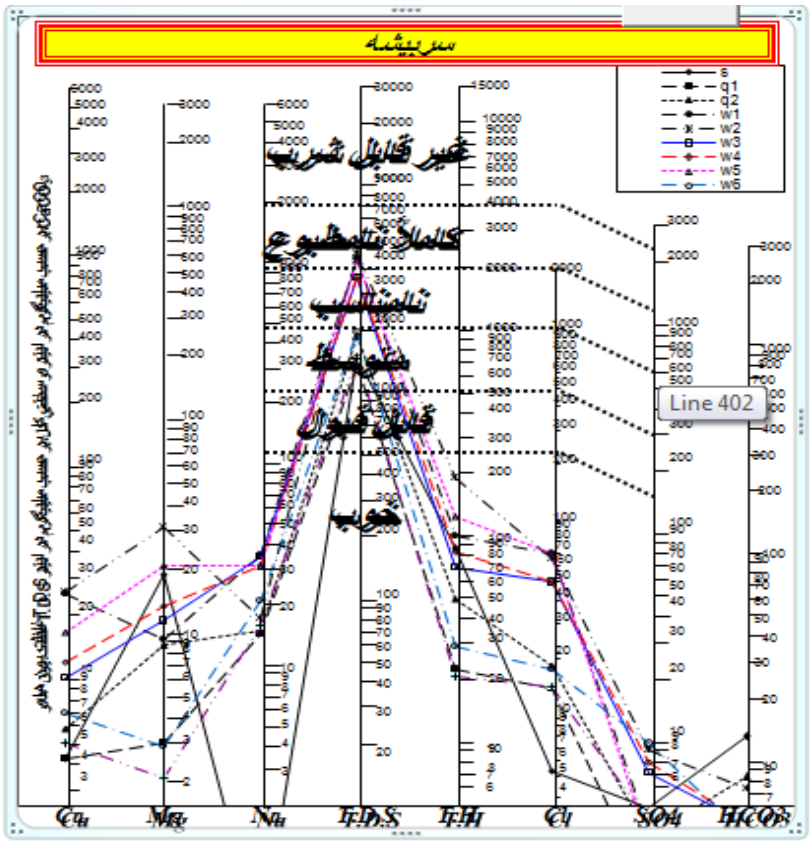
| ردیف | محل نمونه‌برداری | قلیائیت بر حسب CaO | Ca (mg/l) | ضریب C | PHs | PH | PHs-PH | کیفیت آب برای مصارف صنعتی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | S | ۹/۹۸ | ۸۴ | ۱۱/۳۲ | ۸/۴ | ۶/۴۷ | ۱/۹۳ | خورنده |
| ۲ | Q۱ | ۳۱۸/۱۸ | ۸۴ | ۱۱/۳۲ | ۶/۹ | ۸/۱۸ | -۱/۲۸ | رسوبگذار |
| ۳ | Q۲ | ۳۳۲/۳۷ | ۱۱۶ | ۱۱/۳۲ | ۶/۷ | ۷/۵۱ | -۰/۸۱ | رسوبگذار |
| ۴ | W۱ | ۷۹۸/۵۳ | ۵۰۰ | ۱۱/۳۴ | ۵/۷ | ۷/۵۲ | -۱/۸۲ | رسوبگذار |
| ۵ | W۲ | ۳۸۹/۱۳ | ۵۰۸ | ۱۱/۳۵ | ۶/۱ | ۷/۵۴ | -۱/۴۴ | رسوبگذار |
| ۶ | W۳ | ۷۸۳/۹۵ | ۲۰۰ | ۱۱/۳۴ | ۶/۱ | ۷/۶۶ | -۱/۵۶ | رسوبگذار |
| ۷ | W۴ | ۷۱۰/۳۵ | ۲۴۰ | ۱۱/۳۴ | ۶/۱ | ۷/۴۶ | -۱/۳۶ | رسوبگذار |
| ۸ | W۵ | ۶۹۷/۳۳ | ۳۲۸ | ۱۱/۳۴ | ۶ | ۷/۵۵ | -۱/۵۵ | رسوبگذار |
| ۹ | W۶ | ۴۶۸/۰۷ | ۱۳۸ | ۱۱/۳۲ | ۶/۵ | ۷/۶۴ | -۱/۱۴ | رسوبگذار |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رسوبگذار | -۱/۰۲ | ۷/۸۲ | ۶/۸ | ۱۱/۳۲ | ۱۰۰ | ۳۵۰/۳۸ | W۷ | ۱۰ |
| رسوبگذار | -۱/۴۵ | ۷/۹۵ | ۶/۵ | ۱۱/۳۲ | ۱۴۰ | ۴۲۶/۶۷ | W۸ | ۱۱ |
| رسوبگذار | -۱/۱۷ | ۷/۶۷ | ۶/۵ | ۱۱/۳۳ | ۱۳۸ | ۴۷۴/۹۷ | W۹ | ۱۲ |
| رسوبگذار | -۱/۰ | ۷/۷ | ۶/۷ | ۱۱/۳۲ | ۱۰۰ | ۴۱۷/۰۸ | W۱۰ | ۱۳ |
| رسوبگذار | -۱/۴۱ | ۷/۸۱ | ۶/۴ | ۱۱/۳۳ | ۱۵۲ | ۵۵۰/۸۷ | w۱۱ | ۱۴ |
| رسوبگذار | -۱/۳۷ | ۷/۶۷ | ۶/۳ | ۱۱/۳۳ | ۱۶۰ | ۶۶۱/۶۶ | w۱۲ | ۱۵ |
| رسوبگذار | -۱/۷۱ | ۷/۴۱ | ۵/۷ | ۱۱/۳۵ | ۴۳۲ | ۹۵۳/۸ | w۱۳ | ۱۶ |
| رسوبگذار | -۱/۸ | ۷/۹ | ۶/۱ | ۱۱/۳۴ | ۴۵۲ | ۳۵۳/۸۵ | w۱۴ | ۱۷ |

## ۳- طبقه بندی کیفی آب شرب

### ۳-۱- روش شولر

روش شولر با اینکه روشی سنتی است، پارامترها را بصورت جداگانه بررسی می‌کند و کیفیت نهایی بر اساس بدترین کیفیت موجود تعیین می‌شود. پارامترهای مورد بررسی در روش شولر همواره ثابت می‌باشد. البته نباید فراموش کرد که روش شولر محدودیت تعداد پارامتر را دارد و پارامترهای مهمی مانند نیترات و... در رده بندی آن لحاظ نشده است. در گزارش‌های هیدرولوژی برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب معمولاً از نمودار شولر استفاده می‌شود. در این مطالعه نیز از این نمودارجهت ارزیابی کیفیت آب از نظر شرب استفاده شده است. بر این اساس نمونه‌ها از نظر شرب در طبقه متوسط تا نامناسب قرار می-گیرند.




شکل ۳- گروه بندی آب آشامیدنی منطقه مطالعاتی طبق نظر شولر

## د- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه بندی کشاورزی، شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد. زیرا این دو نه تنها بر رشد گیاه موثرند، بلکه درجه تناسب آب را ازنظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند از نظرخصوصیات فیزیکی و شیمیایی می‌توان آب‌های مختلف برای شرب انسان را با اندازه گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها و استفاده از دیاگرام شولر طبقه بندی کرد. بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از طبقه بندی آب زیرزمینی در دشت سربیشه مشاهده گردیدکه کیفیت آب کشاورزی در گروه C3S2 ، C4S3 وC4S2 قرار دارد که شامل آب‌های متوسط وآب‌های نامناسب بوده و فقط در شرایطی که خاک سبک بافت و قابلیت نفوذ آب در آن زیاد باشد، قابل استفاده هستند، و از لحاظ کیفیت شرب، متوسط تا نامناسب و کاملا نامطبوع می‌باشد و از لحاظ صنعت رسوب‌گذار فقط چشمه ی آن خورنده می‌باشد.

## ۵- منابع

پروانه خواه طهران، ر.۱۳۹۰ مقایسه کیفی منابع آب زیرزمینی از نظر شوری برای مصارف مختلف در شرق و غرب آبخوان ساحلی حوضه رودخانه های تالار -بابل-هراز. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.

دانیالی، س ک. ۱۳۸۸. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد خمیران اصفهان جهت شرب. فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ۴۷، ۵۹- ۴۹.

قره محمدلو، م.؛ ناصری، ح.؛ اسپندار، ر.۱۳۸۳. تعیین حریم بهداشتی چاههای آب شرب شهر ساری.
پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آب شناسی هیدروژئولوژی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

محمدی، ی.؛ حقیقت، ر.؛ ناصری، ح.؛ مشکوری نجفی، ن.۱۳۸۳. هیدروژئولوژی، هیدروژئوشیمی و آلودگی آبهای زیرزمینی منطقه رامسر. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی - آبشناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده
علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

نائیجی، ع .غ. ۱۳۸۳. هیدرولوژی و هیدروژئوشیمی آب هایزیرزمینی دشت نیسان طبس. پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی،دانشگاه شهید بهشتی، صفحه ۲۲۹.

Fayazi, F. & Nakhaei, M., 2007,"Hydrogeocheistry and brine evolution of Maharlou Saline Lake", Southwest of

Iran, Carbonates and Evaporites, Vol .22 (1): 33-42.

Hounslow, A. W. 1995, Water quality data: Analysis and interpretation. Lewis publishers, 83:89-96.