طبقه‌بندی هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه

زکریا قادری[1*]، اردشیر هزارخانی[2]

کارشناس ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه امیر کبیر ؛
zakaria.gh@gmail.com
استاد دانشکده مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه امیر کبیر؛
ardehez@aut.ac.ir

چکیده

در این مطالعه کیفیت هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه در غرب ایران بررسی شده است. 66 نمونه در منطقه‌ای به وسعت 340 کیلومتر مربع گرفته شد و آزمایش تعیین غلظت یونهای اصلی، هدایت الکتریک (EC) و pH انجام شد. نقشه توزیع مکانی غلظت آنیونها و کاتیونها و به طبع آن هدایت الکتریکی (EC) نشان داده که تمرکز یونها در مرکز دشت بیشتر است. آب زیرزمینی دشت چهاردولی به علت غلظت بالای یونها در محدوده مناسبی برای شرب قرار نمی گیرد. از آب زیرزمینی منطقه برای کشاورزی استفاده می¬شود. لذا شاخص های مختلفی برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی جهت کشاورزی استفاده شد. دیاگرام USSL نشان داد که به جز 7 چاه بقیه چاه ها از کیفیت قابل قبولی برای مصارف کشاورزی برخوردار هستند. نوع غالب آب منطقه $Ca-HCO_3$ است که رایج ترین نوع آب شیرین در ایران است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت، آب زیرزمینی،شاخص، USSL، EC

مقدمه

تمرکز بالای نمک‌های محلول در آب زیرزمینی عمدتاً ناشی از هوازدگی سنگ‌هاست((5)،Haines & Field). توسعه صنعتی همراه با رشد جمعیت و افزایش میزان مصرف باعث آلودگی منابع طبیعی می‌شود((9)، N. Mehrdadi et al). منبع آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌تواند شامل نفوذ آب شور، زباله‌ها، تراوش از مخازن زیرزمینی، فعالیت شدید کشاورزی و استفاده از نمک جهت کنترل برف در جاده‌ها باشد((8)،Miroslave & Bashkin).

کاهش معنی‌دار کیفیت آب زیرزمینی در کشورهای توسعه یافته بعلت شستشوی نمک‌های کود در زمین‌های کشاورزی، آلودگی شهری، نفوذ آب دریا مشاهده شده است ((7)،McDonald & Kay). شستشوی نمک‌های کود از زمین‌های کشاورزی مخصوصاً باعث آلودگی نیترات می‌شود ((2)،Bajwa et al).

پتانسیل آلودگی در مناطق کشاورزی بستگی به بهره‌وری از زمین، کودهای مورد استفاده، موقعیت نسبت به رودخانه و سطح ایستابی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط آب و هوایی منطقه دارد((11)، Rogowski).

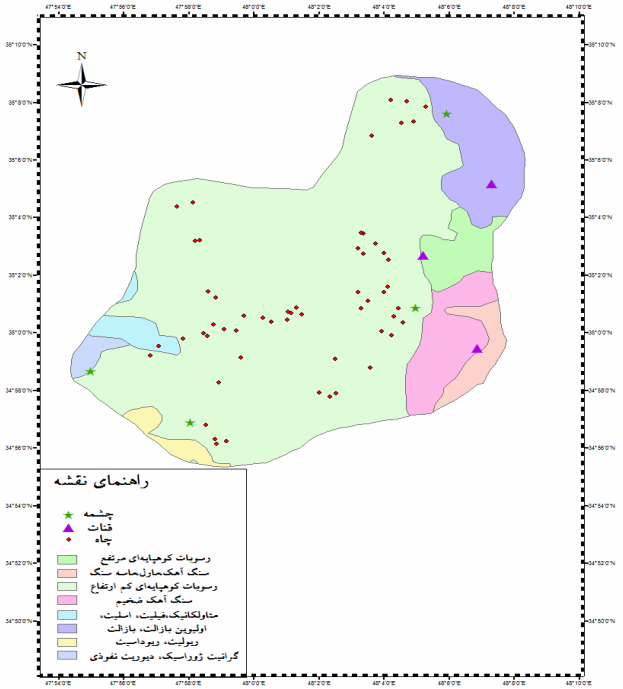
آدرس نویسنده مسؤول: سقز، بلوار کردستان، خیابان امام شافعی، کوچه فرج، پ15- کدپستی: 6681766473- صندوق پستی: 54454532
* دریافت:آبان، 1390 و پذیرش: بهمن، 1391

مطالعات مختلفی در زمینه کیفیت آب زیرزمینی و تاثیر عوامل مختلف بر روی آن صورت پذیرفته است. R. J. Gumtang (10) تاثیر کودهای نیتراته در کیفیت آب زیرزمینی زمین‌های کشاورزی را بررسی نمود. M.Aslam (6) آلودگی آب زیرزمینی به آرسنیک را در پاکستان مورد بررسی قرار داد. S.Mark (12) طبقه‌بندی هیدروشیمی آب زیرزمینی جنوب غنا را با آمار چندمتغیره انجام داد. A.Baghvand (1) کیفیت آب زیرزمینی را در آبخوان کاشان در کویر مرکزی ایران برای مصارف کشاورزی بررسی نمود.

در مطالعه دشت چهاردولی قروه از چند شاخص جهت تعیین کیفیت آب زیرزمینی جهت کشاورزی استفاده شده و کارائی آنها مورد سنجش قرار گرفته و نقشه کیفیت آب زیرزمینی تهیه گشته است. آنالیز خوشه‌ای بر اساس EC و TDS نتایج مشابه با دیاگرام USSL را نشان داده است.

منطقه مورد مطالعه

دشت چهاردولی قروه در سیستم UTM دو زون 38 و 39 شمالی واقع شده است، برای مشخص نمودن نقاط نمونه‌برداری سیستم UTM به طول و عرض جغرافیایی تبدیل شد. منطقه مورد مطالعه در طول‌های جغرافیایی '52 °47 و '12 °48 و عرض‌های جغرافیایی '52 °34 و '12 °35 در غرب ایران واقع شده است. محدوده مطالعه شده حدود 340 کیلومتر مربع وسعت دارد. شرق و جنوب‌غرب دشت را کوهستان احاطه کرده است که بیشترین ارتفاع در مناطق بلند تا 2200 متر و کمترین ارتفاع در دشت حدود 1800 متر از سطح دریا است. دشت از رسوبات کوهپایه‌ای کواترنری تشکیل شده است. اکثر چاه‌های حفر شده در دشت عمیق بوده و چشمه‌ها و قنات‌ها در نواحی مرتفع واقع شده است. نقشه زمین‌شناسی همراه با نقاط نمونه‌برداری در شکل(1) نشان داده شده است.



شکل1- نقشه زمین‌شناسی دشت چهاردولی قروه به‌همراه نقاط نمونه‌برداری

مواد و روش‌ها

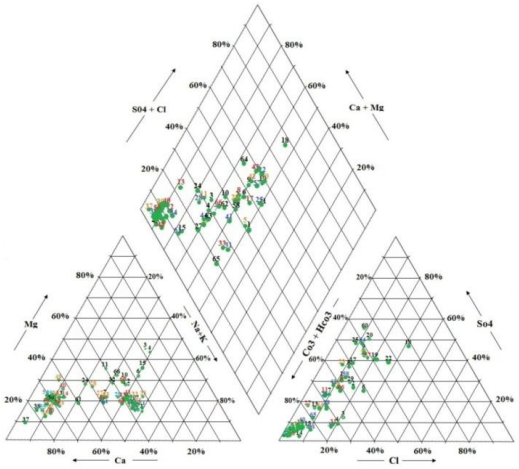
جهت بررسی کیفیت آب منطقه 66 نمونه‌گیری صورت گرفته است. پارامترهای pH، هدایت الکتریکی(EC)، باقیمانده خشک (TDS)، سختی و کاتیون‌های(Mg^{+}، Ca^{2+}، K^{+}، Na^{+}) و آنیون‌ها(CO_3^{2-}، HCO_3^{-}، Cl^{-}، SO_4^{2-}، NO_3^{-}) اندازه‌گیری شده‌اند. نمونه‌ها در ظرف‌های پلی اتیلن 1 لیتری جمع‌آوری شد. پارامترهای EC، دما و pH به هنگام نمونه‌برداری با دستگاه‌های دیجیتال اندازه گرفته شد. اندازه‌گیری دیگر پارامترها در آزمایشگاه آب منطقه‌ای استان کردستان انجام گرفت.

مقدار غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب (meq/L) ارائه شد. آبخوان یکپارچه و یک لایه می‌باشد و جنس آن از رسوبات آبرفتی کوهپایه‌ایست. نقشه‌های هم‌غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها به روش کریجینگ تهیه شده است.

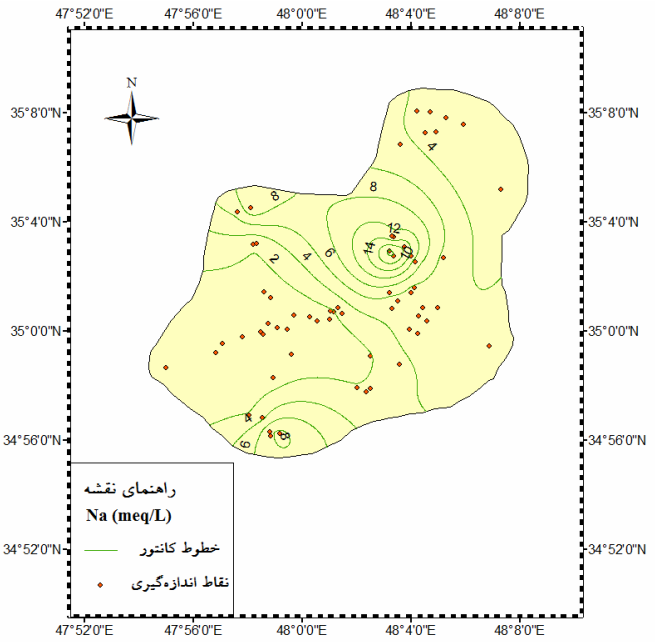
نتایج

نتایج آزمایش هیدروشیمیایی نشان داد که یون‌های Ca^{2+} و HCO_3^{-} یون‌های غالب هستند. با توجه به جدول استاندارد سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS Water-Supply Paper, 1964) که در آن میزان غلظت مجاز یون‌ها در آب شرب مشخص شده است، مقادیر یون‌ها بیشتر از مقادیر استاندارد جهت آشامیدن می‌باشد. هر چند که برای بررسی کیفیت آب جهت آشامیدن باید آزمایشات دیگری صورت گیرد، اما با تکیه بر نتایج همین آزمایش، آب شرایط لازم را ندارد. آب زیرزمینی شور به آب زیرزمینی که بیشتر از 1000 mg/l TDS داشته باشد، گفته می‌شود((3)D.todd & W.Mays). با توجه به نتایج آزمایش، 9 چاه TDS بالاتر از 1000 mg/l داشته و بقیه آب شیرین تلقی می‌شوند. با توجه به جدول طبقه‌بندی سختی آب،((13)Sawyer&MacCarty) آب جزء کلاس سخت و خیلی سخت است. جهت تعیین نوع غالب آب، همه نمونه‌ها در دیاگرام Piper آورده شدند(شکل2). همانطور که از دیاگرام Piper مشخص است نوع غالب آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه $Ca-HCO_3$ است که رایج‌ترین نوع آب شیرین در ایران است. جهت تفسیر توزیع مکانی یون‌ها مقادیر غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها در Arcmap به روش کریجینگ به نقشه درآمد که به جز NO_3^{-} که از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند، بقیه یون‌ها در مرکز دشت تمرکز بیشتری دارد.

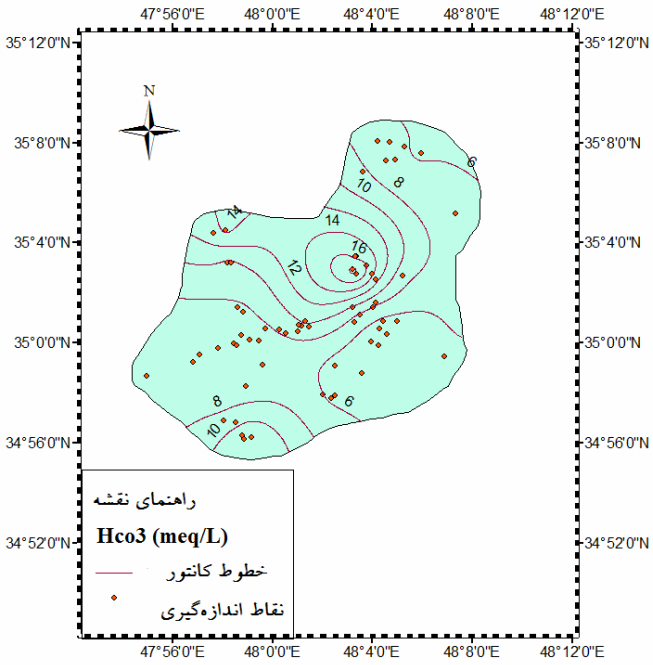
این وضعیت در نقشه EC نیز مشاهده می‌شود. شکل(3 تا 5) توزیع مکانی غلظت Na^{+}، HCO_3^{-} و EC را نشان می‌دهد.



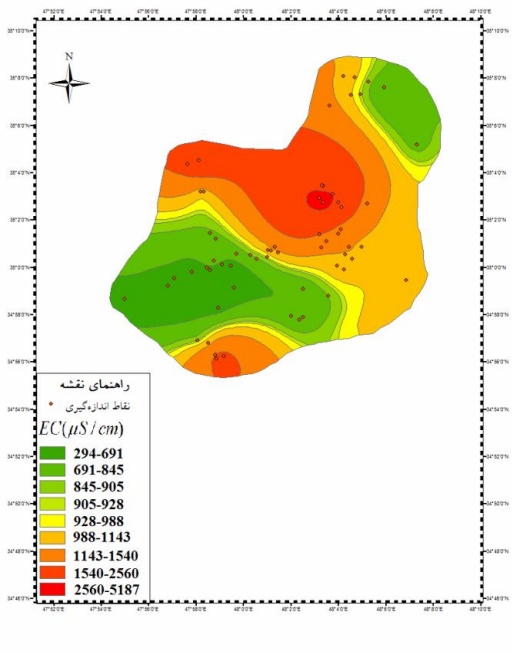
شکل2- دیاگرام Piper نمونه‌های آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه



شکل3- توزیع مکانی غلظت Na^{+} در دشت چهاردولی قروه به روش کریجینگ



شکل4- توزیع مکانی غلظت HCO_3^{-} در دشت چهاردولی قروه به روش کریجینگ



شکل(5) نقشه EC دشت چهاردولی قروه به روش کریجینگ

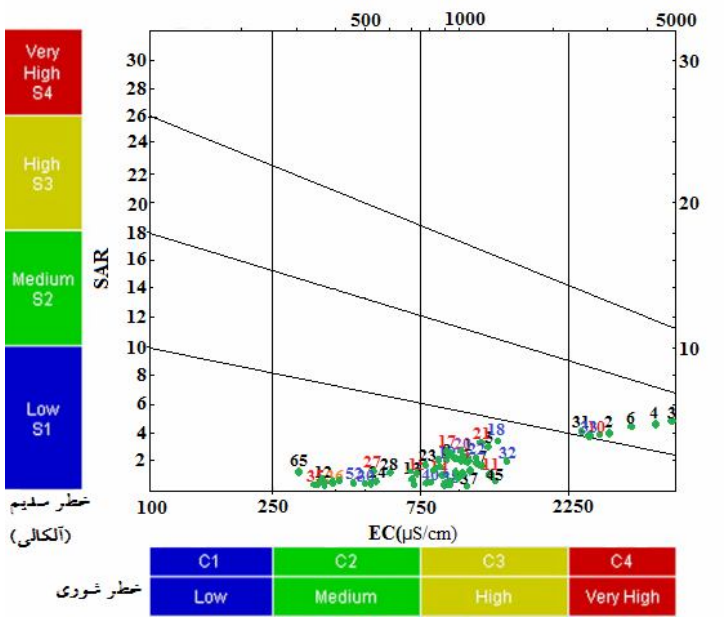
بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای کشاورزی

کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی با شاخص‌های مختلفی سنجیده می‌شود. دیاگرام USSL[1] (1954) نسبت جذب سدیم، SAR ، بخشی از سدیم را که در ارتباط با غلظت‌های کلسیم و منیزیم است بهمراه شوری حاصل از سنجش EC بکار می‌گیرد. هنگامی که آب با سدیم بالا در ارتباط با تمرکز کلسیم و منیزیم برای آبیاری استفاده شود، خاک را در این ویژگی‌ها سهیم نموده و در مشخصه‌های کشاورزی تاثیر می‌گذارد. SAR از رابطه زیر محاسبه شده و مقادیر غلظت بر حسب meq/l است:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \qquad (1)$$

در شکل(6) نمونه‌ها در دیاگرام (USSL)آورده شده‌اند. حدود 89% درصد از نمونه‌ها در کلاس S1 ، مقدار SAR کم و شوری متوسط C2، تا شوری زیاد C3 قرار می‌گیرند. و این نمونه‌ها عموماً بدون خطر تاثیر سدیم در نفوذپذیری خاک، برای آبیاری قابل قبول‌اند. 7 چاه در محدوده شوری خیلی زیاد C4، و SAR متوسط S2، قرار می‌گیرد که آب این چاه‌ها منجر به تجمع حجم زیادی از یون‌ها در خاک شده و برای کشاورزی مناسب نیست.

[1] United States Salinity Laboratory's diagram



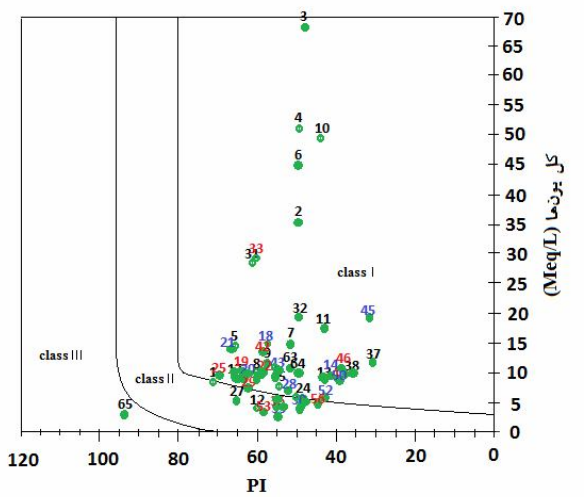
شکل 6- طبقه‌بندی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه جهت کشاورزی

شاخص نفوذپذیری(PI) دیگر شاخص محاسبه شده برای تعیین کیفیت آب است. داده‌ها در نمودار Doneen مشخص شده‌اند (4) (Domenico & Schwartz). شاخص نفوذپذیری نمونه‌های آب از معادله(2) بدست می‌آید و نمایانگر تاثیر احتمالی آب بر روی نفوذپذیری خاک است هنگامی که برای آبیاری استفاده می‌شود.

$$PI = \frac{(Na + \sqrt{(HCO_3)}}{(Na + Ca + Mg)} \times 100 \qquad (2)$$

مقادیر غلظت بر حسب meq/l است. شاخص محاسبه شده برای نمونه‌ها در چارت Doneen در شکل(7) آورده شده‌اند. کلاس I بهترین نوع آب برای آبیاری است. کلاس II کیفیت متوسط دارد و با احتیاط می‌تواند جهت آبیاری استفاده شود. کلاسIII کیفیت قابل قبولی برای کشاورزی ندارد. با توجه به شکل(7) حدود 80% نمونه‌ها در کلاس I و 18% از نمونه‌ها در کلاسII و تنها نمونه 65 در کلاس III قرار دارد. در حالی که نمونه 65 در دیاگرام USSL در کلاس C2 و S1 قرار می‌گیرد که با توجه به دیاگرام USSL از کیفیت خوبی برخوردار است. و 7 نمونه‌ای که در کلاس C4 و S2 هستند.

با توجه به دیاگرام USSL جهت آبیاری مناسب نیستند، اما در دیاگرام Doneen در کلاس I قرار دارند. چرا که در دیاگرام USSL، EC که با مقادیر غلظت یون‌ها رابطه مستقیم دارد، به عنوان عاملی منفی در کیفیت آب در نظر گرفته می‌شود لذا 7 نمونه‌ای که EC بالایی دارند نامناسب تشخیص داده شده است. در مورد نمونه 65 نیز نتایج آنالیز بر حسب meq/l جهت بررسی بیشتر در جدول(1) آورده شده است.



شکل7- طبقه‌بندی آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه در نمودار Doneen

جدول(1) مقادیر غلظت یون‌ها در نمونه 65

شماره نمونه	Co_3	HCO_3	Cl	SO_4	No_3	Ca	Mg	Na	K	سختی کل
65	0	2/28	0/22	0/38	0/27	1/15	0/51	1/3	0/08	83

با توجه به مقادیر جدول(1) مشخص است که نمونه 65 به علت بالا بودن غلظت HCO_3 و پایین بودن غلظت کل یون‌ها در کلاسIII قرار گرفته در کل می‌توان گفت که پایین بودن غلظت کل یون‌ها تاثیر منفی در طبقه‌بندی کیفی آب در نمودار Doneen دارد. شاخص دیگری که مورد استفاده قرار گرفته شاخص RSC (کربنات سدیم باقی‌مانده) است (معادله(3)). مجموع غلظت کربنات و بیکربنات منهای مجموع غلظت منیزیم و کلسیم مقیاسی از غلظت کربنات سدیم و پتاسیم در آب فراهم می‌کند. آب با مقدار RSC بالا تاثیر بدی بر رشد گیاه داشته و برای کشاورزی مناسب نیست (Sandow,2010(12)). آب با RSC<1/25 بهترین کیفیت را جهت آبیاری داراست و می‌تواند بدون خطر کربنات سدیم باقیمانده برای آبیاری همه نوع محصولی استفاده شود. آب با مقادیر RSC بالاتر از 2/5 جهت آبیاری مناسب نیست. اگر

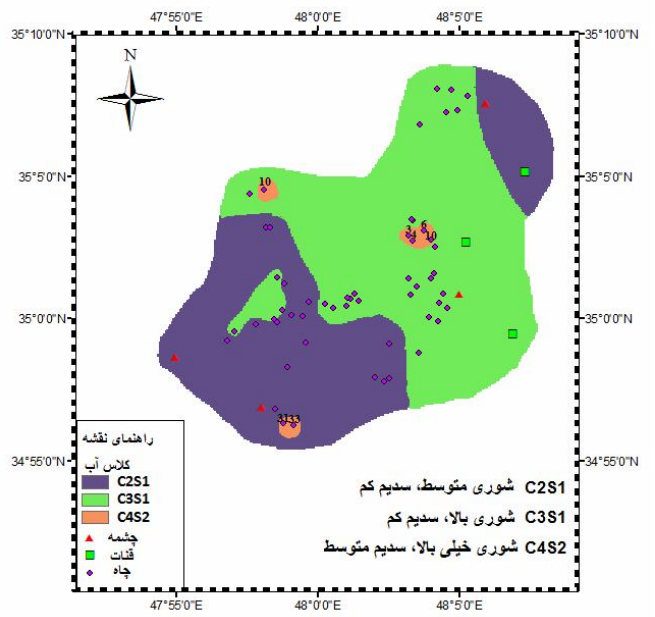
و بر اساس دیاگرام USSL کیفیت مناسبی برای آبیاری ندارند(گروه B) و بقیه که کیفیت مناسبی دارند(گروه A).

RSC میان 1/25 و2/5 باشد کیفیت آب جهت آبیاری قابل قبول است. غلظت یون‌ها در معادله(3) بر حسب meq/l است.

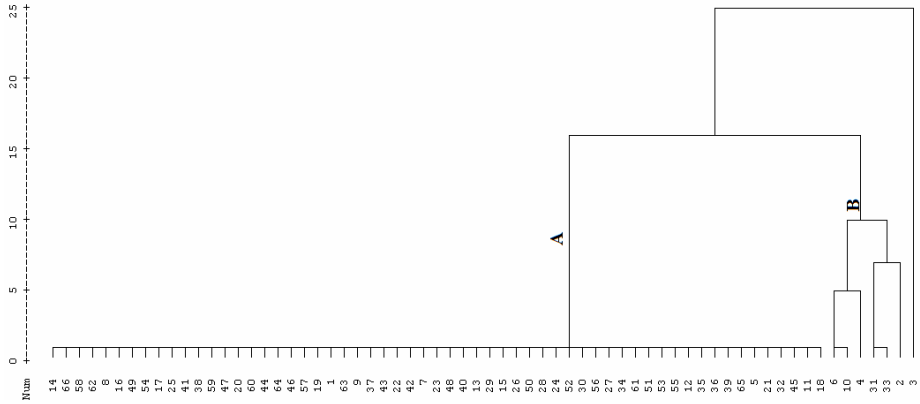
$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Mg + Ca) \qquad (3)$$

حدود 94% از نمونه‌ها RSC کمتر از 1/25 دارند و بهترین کیفیت را دارند، نمونه‌های 4 ، 31 و33 دارای RSC بالاتر از 2/5 بوده و جهت آبیاری مناسب نیستند و نمونه3 با RSC 2/09 کیفیت قابل قبول دارد. نمونه‌های 4، 31، 33، 3، همراه با نمونه‌های 2 ،6 و10در دیاگرام USSL دارای کیفیت نامناسب تشخیص داده شده‌اند(شکل8).

نتایج شاخص RSC با دیاگرام USSL مطابقت بیشتری دارد. در آنالیز خوشه‌ای در شکل(9) نمونه‌ها بر اساس EC و TDS دو گروه تشخیص داده شد که با دیاگرام USSL مطابقت دارد. گروهی که غلظت یون‌هایشان بالاست



شکل8- نقشه کیفیت آب زیرزمینی بر اساس طبقه‌بندیUSSL به روش IDW



شکل9- دندوگرام آنالیز خوشه‌ای بر اساس غلظت یون‌ها در دشت چهاردولی قروه

بحث

نوع غالب آب زیرزمینی دشت چهاردولی قروه $Ca-HCO_3$ تشخیص داده شد که رایج‌ترین نوع آب شیرین در ایران است. توزیع مکانی آنیون‌ها و کاتیون‌ها و به تبع آن هدایت الکتریکی(EC) نشان داده که تمرکز یون‌ها در مرکز دشت بیشتر است. شاخص‌های مختلف بکار گرفته شده جهت سنجش کیفیت آب زیرزمینی حکایت از کیفیت مناسب بیشتر نمونه‌ها جهت مصارف کشاورزی است.

مقایسه شاخص‌ها نشان داد که نتایج دیاگرام USSL وRSC با هم مطابقت بیشتر داشته و با واقعیت هیدروشیمیایی آب منطقه مورد مطالعه سازگارتر می‌باشد. آنالیز خوشه‌ای بر اساس غلظت یون‌ها نیز نتایج مشابه ارائه نمود. و در کل 7 چاه، جهت کشاورزی کیفیت نامناسبی دارند و بقیه کیفیت مناسبی دارند.

منابع مورد استفاده:

1) _A.Baghvand et al . 2010. Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. *Desalination* 260 :264–275.
2) Bajwa, M. S., Singh, B. & Singh, P. 1993. Nitrate pollution of groundwater under different systems of land management in the Punjab. In First Agricultural Science Congress. New Delhi, India. 1992 Proceedings, 223–230
3) David keith todd & Larry W.Mays. 2005. Groundwater Hydrology. third edition. John Wiley & sons. New York.
4) Domenico, P.A & Schwartz, F.W. 1990. Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley & sons. New York. pp. 410–420.
5) Field, F.W. & Haines, P. J. 2000. Environmental Analytical Chemistry. Blackwell Science Ltd., USA.
6) M. Aslam Malana. 2010. Groundwater pollution with special focus on arsenic, Dera Ghazi Khan-Pakistan. *Journal of Saudi Chemical Society*. Article in press. under responsibility of King Saud University
7) McDonald, A. T. & Kay, D. 1988. Water Resources: Issues and Strategies. Longman Scientific and Technical. Harlow, UK
8) Miroslave, R & Bashkin, V.N. 1999. Practical Environmental Analysis169, 248.
9) N. Mehrdadi et al. 2009. Monitoring the arsenic concentration in groundwater resources, case study: Ghezelozan Water Basin, Kurdistan, Iran, *Asian Journal of Chemistry* 21: 446–450.
10) R. J. Gumtang. 1997. groundwater dynamics and quality under intensive cropping systems. *Expl Agric* 35: 153–166.
11) Rogowski, A. S. 1990. Estimation of the groundwater pollution potential on an agricultural watershed. *Agricultural Water Management* 18:209–230.
12) Sandow Mark Yidana. 2010. Groundwater classification using multivariate statistical methods: Southern Ghana. *Journal of African Earth Sciences* 57:455–469.
13) Sawyer,C.N & P.L.MacCarty.1967. chemistry for sanitary engineers,2 nd ed., McGraw-Hil, New York, 518PP.
14) USSL, 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA, Handbook 60 , p147.