نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال یازدهم. شماره چهل و یکم. پاییز۱۳۹۹

بررسی تغییرات زمانی- مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بروجرد- دورود

یاسر سبزواری[۱]، علی حیدر نصرالهی*[۲]، حجت‌الله یونسی[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۷/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۳/۰۴

مقاله پژوهشی

چکیده

منابع آب زیرزمینی بزرگ‌ترین ذخیره‌ی قابل‌دسترس آب شیرین زمین هستند و مدیریت این منابع و کنترل کیفی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی ازنظر مصارف شرب و کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی شولر و ویلکاکس در دشت بروجرد- دورود است. در پژوهش حاضر از پارامترهای کیفی ازجمله هدایت الکتریکی، نسبت جذبی سدیم، اسیدیته، کلسیم، کلر، منیزیم، سدیم و سولفات از ۵۵ منبع در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ استفاده شد. برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از روش‌های زمین‌آمار که روش درون‌یابی کریجینگ مناسب‌تر بود، استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که اکثر مناطق دشت در سال‌های ۱۳۸۰ حدود ۵۹/۷۸ درصد منابع در وضعیت مطلوب قرار دارند که در سال ۱۳۹۵ به ۹۵/۷۹ درصد بهبودیافته است. در طبقه‌بندی کشاورزی در سال ۱۳۸۰ بیش از ۷۴/۰۸ درصد منطقه دارای کیفیت خوب و قابل‌قبول بوده است که در سال ۱۳۹۵ به حدود ۸۵/۹۴ درصد افزایش‌یافته است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دیاگرام شولر، دیاگرام ویلکاکس، کریجینگ،کیفیت

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران، ۰۹۳۵۷۳۴۱۵۱۱
yasersabzevari1511@gmail.com

[۲] استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران، ۰۹۱۶۶۲۹۲۳۱۴
nasrolahi.a@lu.ac.ir (نویسنده مسئول)*

[۳] استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران، ۰۹۱۶۶۶۱۳۴۰۸
yonesi.h@lu.ac.ir

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت و رشد روزافزون نیاز به مواد غذایی و آب آشامیدنی، بررسی و شناخت بیشتر عوامل تولید به‌خصوص منابع آب امری ضروری است (رحمان‌سالاری و امیدواری، ۱۳۹۵). روش‌های زمین-آماری با توجه به توانمندی‌هایی چون کاهش تعدادنمونه‌برداری‌ها، کاربرد توأم و ارائه برآوردهای دقیق‌تر از وضعیت مکانی متغیرها، می‌توانند باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت برآوردها شوند. از دیدگاه زمین‌آمار، هر نمونه تا فاصله معینی با نمونه اطراف خود در ارتباط است و احتمالاً میزان همبستگی بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیک‌تر بیشتر است (Govarest et al., 1997). در سال‌های اخیر نیز تحقیقات زیادی درزمینه‌ی تهیه‌ی نقشه‌های کیفی منابع آب زیرزمینی انجام‌شده است که در ادامه به چند نمونه از آن‌ها اشاره می‌شود: یوسفی و همکاران (۱۳۹۷) ، در مطالعه‌ای مقایسه و پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت بجنورد را طی دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی با استفاده از شاخص‌های SPI و RAI و PN انجام دادند و با استفاده از نمودارهای پایپر و ویلکاکس، کیفیت منابع آب زیرزمینی را مقایسه کردند. نتایج نشان داد که در دوره خشک‌سالی بیش از ۵۰ درصد چاه‌های نمونه در وضعیت بسیار شور و نامناسب برای کشاورزی قرار دارند. ترابی پوده و همه زاده (۱۳۹۷)، در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوضه کشکان پرداختند و دیاگرام شولر را برای هر ایستگاه استخراج و تحلیل کردند و برای بررسی کیفیت آب ازنظر کشاورزی از دیاگرام ویلکاکس استفاده نمودند. نتایج نشان داد که کیفیت آب در محدوده موردمطالعه کاهش‌یافته است. (Belkhiri et al., 2018) به ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و تناسب آن برای مصارف شرب و کشاورزی با استفاده از نقشه‌های خودسازمان‌دهی پرداختند. نتایج نشان داد که کل نمونه‌ها به سه خوشه تقسیم‌شده که هدایت الکتریکی از خوشه ۱ تا خوشه ۳ به‌صورت افزایشی و نوع آب در خوشه‌های ۲ و ۳، لب‌شور بوده است. مطالعات نسبت یونی بیانگر نقش انحلال سنگ کربناته در افزایش سختی آب زیرزمینی به‌ویژه در خوشه ۱ است. (Jeihouni et al., 2018) به ارزیابی بلندمدت بیلان آب زیرزمینی و نظارت بر کیفیت آب در شرق دشت‌های دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که بیلان آب زیرزمینی در طول دوره مطالعه منفی است. علاوه بر این،کیفیت آبخوان‌ها در طی دوره مطالعه کاهش یافت که این کاهش، در غرب و جنوب غربی منطقه مطالعه شدید بود.

(Dev and Bali, 2018) به ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و مناسب بودن آن برای مصارف شرب و کشاورزی در منطقه کنگرا هیماکال پرادش، هند پرداختند. نتایج نشان داد که اکثر متغیرهای کیفیت آب بیش‌ازحد تعیین‌شده توسط استانداردهای بین‌المللی و منطقه‌ای است.(Jafari et al., 2018) به ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی برای مصارف شرب و کشاورزی در شهر ابهر ایران پرداختند. نتایج نشان داد که طبق استاندارد سازمان جهانی بهداشت و استاندارد ایران برای شرب، کیفیت کاهش‌یافته و مشکل اصلی در بخش کشاورزی، سختی کل آب برآورد شد.

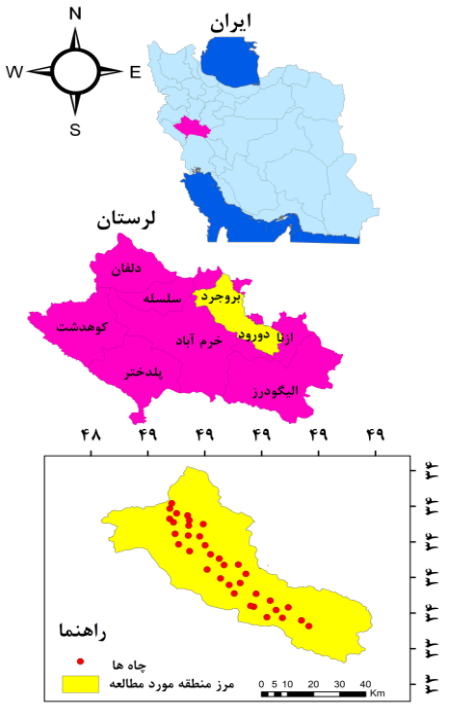
(Abbasnia et al., 2018) به بررسی کیفیت آب زیرزمینی چابهار در سیستان و بلوچستان جهت اهداف آبیاری با کمک شاخص کیفیت آب آبیاری و پهنه‌بندی آن با GIS پرداختند. نتایج حاصل از بررسی ۴۰ چاه نشان داد که ٪۴۰ نمونه‌های طبقه‌بندی‌شده به‌عنوان آب بسیار خوب و ٪۶۰ نمونه-ها از طبقه آب خوب بودند. (Pawar et al., 2014) در بمبئی هندوستان با استفاده از شاخص کیفی آب زیرزمینی، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی در کیفیت آب زیرزمینی پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که ٪۷۴ از نمونه‌های برداشتی در طبقه‌ی آب‌های غیرقابل‌شرب قرار دارند و برای شرب مناسب نیستند(Nath et al., 2013)در تحقیق خود به

نمونه‌برداری از ده چاه مختلف در سراسر نیاتین کرا در هند اقدام کردند و پارامترهایی مانند TDS، EC، PH، So_4 و Co_2 به مدت چهار ماه از مارس ۲۰۱۲ تا ژوئن ۲۰۱۲ بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که پارامترهایی مانند: PH، EC و So_4 در داخل محدوده مجاز توصیه‌شده توسط WHO[1] بود اما در برخی از سایت‌ها TDS[2] بیش‌تر از حد مجاز بود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

دشت بروجرد- دورود با وسعت ۲۵۴۵/۸ کیلومتر-مربع بین عرض شمالی حداقل ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه و حداکثر ۳۴ درجه و ۶ دقیقه و طول شرقی حداقل ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه و حداکثر ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه در شمالی‌ترین قسمت حوزه آبریز کارون بزرگ و در جنوب محدوده اشترینان واقع‌شده است. کمترین ارتفاع محدوده ۱۴۳۷ متر و بیشترین ارتفاع محدوده ۴۰۱۵ متر از سطح دریا است. میانگین بارش سالانه در دشت‌های این محدوده ۴۹۲/۸ میلی‌متر و میانگین بارندگی ارتفاعات آن ۵۱۰ میلی‌متر در سال محاسبه گردیده است. در شکل ۱ موقعیت دشت بروجرد-دورود مشخص‌شده است.



شکل (۱): موقعیت منطقه در استان لرستان و ایران

روش پژوهش

در این پژوهش جهت بررسی پراکنش مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی در دشت بروجرد-دورود از اطلاعات ۵۵ نمونه از چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، چشمه‌ها و قنوات موجود در این دشت در دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان برداشت‌شده است، استفاده گردید. دلیل انتخاب این دو سال علاوه بر زیاد بودن حجم داده‌ها و کامل بودن اطلاعات، مشابه بودن شرایط بارندگی در این دو سال است.

روش‌های درون‌یابی

زمین‌آمار فرآیندی محاسباتی است که در آن مقدار یک کمیت در یک نقطه معلوم، بر اساس وزن اختصاصی به نقاط دارای اطلاعات معلوم مجاور برآورد می‌گردد. کیفیت آب‌های زیرزمینی دارای تغییرات مکانی و زمانی بوده و تکنیک زمین‌آمار، به دلیل در نظر گرفتن همبستگی مکانی داده‌ها وبیان آن‌ها در

1-World Health Organization
2-Total Dissolved Solid

قالب مدل‌های ریاضی اهمیت زیادی دارد (Sun et al., 2009).

از روش‌های رایج برای تخمین متغیرها در نواحی نمونه‌برداری نشده و پهنه‌بندی شامل کریجینگ، کوکریجینگ و وزن دادن عکس فاصله هستند.

روش وزن دهی عکس فاصله (IDW): در این روش برای پیش‌بینی مقدار مجهول یک موقعیت نمونه‌برداری نشده، از مقادیر معلوم اندازه‌گیری شده نقاط اطراف (نقاط همسایگی) استفاده می‌شود.باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آن‌ها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه تخمین هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند Sarmdian et al., 2009). این روش به‌صورت عکس فاصله به توان (p) بیان می‌گردد که توان نشان‌دهنده میزان اهمیت نقطه است رابطه به کار گرفته‌شده در این روش به شرح رابطه ۱ است.

(۱)

$$Z^*(X,Y)=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{zi}{di}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{di}}$$

Z*(x,y) مقدار نقطه مجهول، zi مقدار نقطه معلوم، di فاصله نقطه مجهول تا نقطه i ام

روش کریجینگ: روش کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است و به‌عنوان بهترین تخمین گر خطی ناریب شناخته می‌شود. درروش درون‌یابی کریجینگ با استفاده از مؤلفه‌های تابع همبستگی نیم تغییر نما، وزن متغیرها λiبرای پیش‌بینی متغیرz در نقطه نمونه‌برداری نشده بر پایه داده‌ای موجود در موقعیت معلوم نقطه نمونه‌برداری نشده، تعیین شدند.رابطه به کار گرفته‌شده در این روش به شرح رابطه ۲ است.

(۲)

$$Z(X0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda i.Z(xi)$$

Z(X0): مقدار تخمین متغیرZ در نقطه نمونه‌برداری نشده .X، Z (xi): مقدار مشاهداتی متغیر Z در نقطه‌های نمونه‌برداریxi، λi: وزن تعلق‌گرفته به هر مشاهده در نقطه λ

روش کوکریجینگ: اساس این روش همبستگی بین متغیر اصلی و کمکی است این روش هنگامی‌که ضریب همبستگی بین دو متغیر معنی‌دار باشد استفاده می‌شود، معادله کوکریجینگ به شرح رابطه ۳ است.

(۳)

$$Zxi=\sum_{i=1}^{n}\lambda i.Z(xi).\sum_{k=1}^{n}\lambda ky(yi)$$

Z (xi) مقدار تخمین زده‌شده برای هر مقدار از x_i،x وزن مربوط به متغیرZ، λkوزن مربوط به متغیر کمکیy، Z (xi) مقدار مشاهده‌شده متغیر اصلی (yi) مقدار مشاهده‌شده متغیر کمکیy.

برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی از روش ارزیابی متقابل استفاده شد.برای این منظور از شاخص جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) جهت تعیین روش مناسب استفاده گردید که به‌عنوان شاخصی مهم جهت نشان دادن دقت تحلیل مکانی در GIS شناخته می‌شود (Nazarizadeh et al., 2006) و از طریق رابطه ۴ و با استفاده از داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده به دست می‌آید:

(۴)

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n}}$$

بررسی کیفیت منابع آب جهت مصرف شرب

دیاگرام شولر یکی از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌ها جهت بررسی کیفیت آب ازنظر شرب است. در این نمودار بر اساس پارامترهای شیمیایی سدیم، کلر، سولفات، کلسیم، منیزیم و PH، آب‌ها ازنظر مصارف آشامیدنی تقسیم می‌شوند (جدول ۱).

جدول (۱): طبقه‌بندی آب شرب طبق دیاگرام شولر

طبقه‌بندی آب	PH	Ca	Mg	Na	So4	Cl
قابلیت شرب (خوب)	۷/۲	۲۰	۴/۵	۶۹	۳۷	۲۸
قابلیت شرب (قابل‌قبول)	۷/۸	۲۵	۶	۷۳	۴۸	۳۵
نامناسب	۹	۸۵	۳۷	۱۰۴	۵۷	۵۴
بد	۱۰	۱۳۰	۷۲	۷۳۰	۶۵۰	۵۵۰

طبقه‌بندی آب ازنظر کشاورزی

برای تعیین کیفیت آب کشاورزی از طبقه‌بندی ویلکاکس که یکی از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌ها در این زمینه است استفاده‌شده است. در این طبقه‌بندی آب کشاورزی بر اساس EC و SAR به چهار گروه باکیفیت خوب، قابل‌قبول، نامناسب و بد تقسیم می‌شوند (جدول ۲) که ترکیب این رده‌ها آب را ازنظر کشاورزی در چهار نوع کیفیت و ۱۶ رده تقسیم می‌کنند: شیرین- برای کشاورزی کاملاً ضرر (C1S1)، کمی شور- برای کشاورزی تقریباً مناسب (C1S2,C2S1,C2S2)، شور- برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم (C1S3,C2S3,C3S1,C3S2,C3S3) و خیلی شور- کاملاً ضرر برای کشاورزی (C1S4,C2S4,C3S4,C4S4,C4S3,C4S2,C4S1)

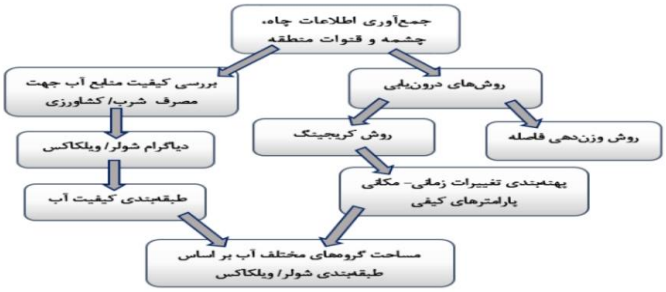
.

جدول (۲): طبقه‌بندی آب کشاورزی طبق دیاگرام ویلکاکس

کیفیت آب	EC	رده	SAR	رده
عالی	EC<۲۵۰	C1	SAR<۱۰	S1
خوب	۲۵۰<EC<۷۵۰	C2	۱۰<SAR<۱۸	S2
متوسط	۷۵۰<EC<۲۲۵۰	C3	۱۸<SAR<۲۶	S3
نامناسب	EC<۲۲۵۰	C4	SAR>۲۶	S4

نمودار جریانی تحقیق

مراحل اجرایی تحقیق در شکل (۲) آورده شده است.

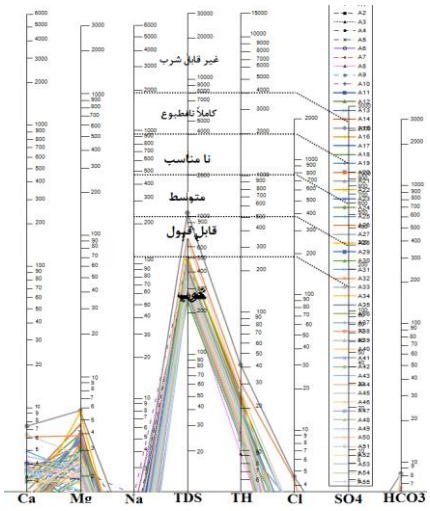


شکل (۲): نمودار جریانی تحقیق

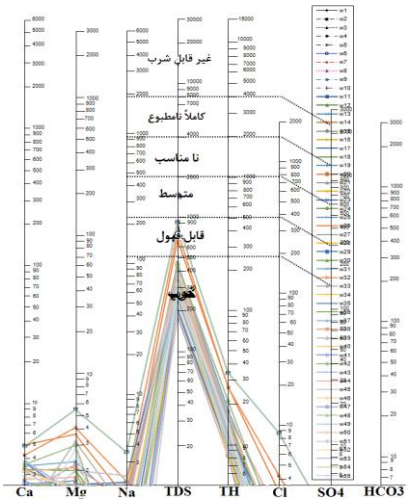
نتایج و بحث

طبقه‌بندی کیفی

طبقه‌بندی کیفیت آب منابع دشت بروجرد-دورود بر اساس دیاگرام شولر و ویلکاکس برای هر دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ انجام گرفت و در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده است.

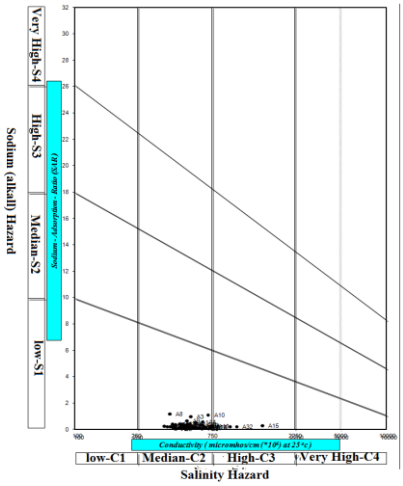


الف)

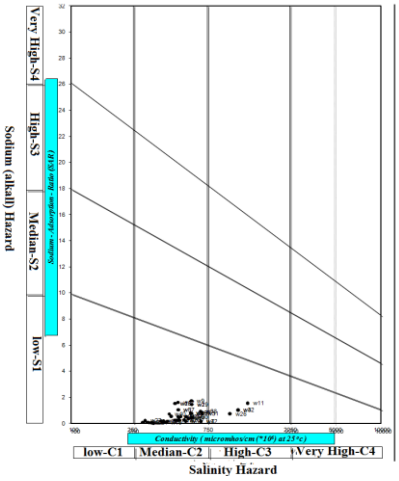


ب)

شکل (۳):الف- دیاگرام شولر سال ۱۳۸۰
ب- دیاگرام شولر سال ۱۳۹۵



الف)



ب)

شکل (۴):الف- دیاگرام ویلکاکس سال ۱۳۸۰
ب- دیاگرام ویلکاکس سال ۱۳۹۵

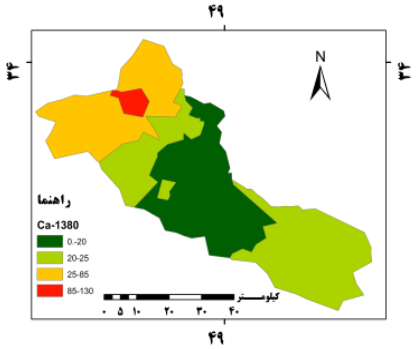
با توجه به دیاگرام شولر برای طبقه‌بندی ۵۵ نمونه از آب منطقه جهت شرب مشخص شد که در هر دو دوره‌ی ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ کیفیت آب زیرزمینی دشت بروجرد-دورود در طبقه‌های خوب و قابل‌قبول قرار دارد و همچنین با توجه به دیاگرام ویلکاکس مستخرج برای همه‌ی نمونه‌ها در هر دو دوره‌ی ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ مشاهده می‌شود که کیفیت آب جهت کشاورزی در دو رده‌ی C2S1 و C3S1 قرار می‌گیرند که در سال ۱۳۸۰، ۹۲/۳۷ درصد منابع در رده‌ی C2S1 و ۷/۲۷ درصد در رده‌ی C3S1 و در سال ۱۳۹۵، ۹۰/۹۱ درصد منابع موردبررسی رده‌ی C2S1 و ۹/۰۹ درصد رده‌ی C3S1 را شامل شده‌اند.

بررسی تغییرات زمانی- مکانی پارامترهای کیفی

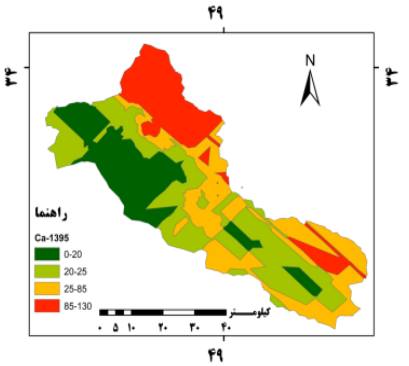
در نمودارهای شولر و ویلکاکس پارامترهای شیمیائی به‌صورت منفرد در نظر گرفته می‌شوند و نتایج حاصل از آن‌ها قابل‌تعمیم به‌کل دشت نیست، ازاین‌رو برای درک توزیع فضائی مناسب و نامناسب، روش پهنه‌بندی برای همه‌ی پارامترها انجام می‌شود. شکل (۵) نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای موردنیاز به

روش کریجینگ و بر اساس طبقه‌بندی شولر را در هـر دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهد.

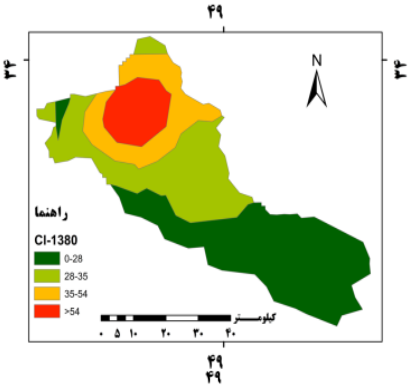
الف



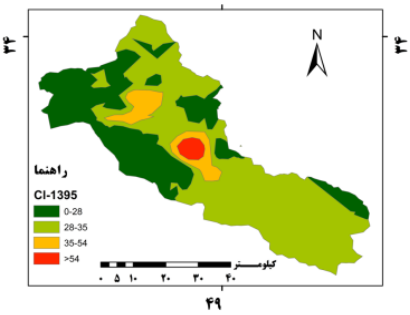
ب



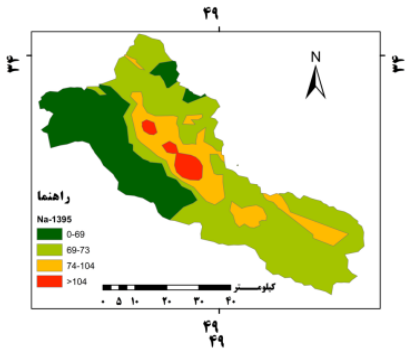
پ



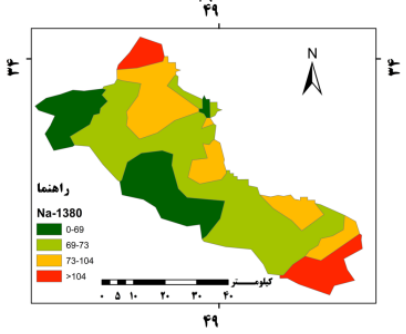
ت



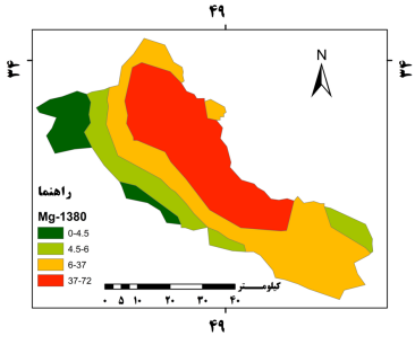
د،


۴۹
۳۴
N
راهنما
Na-1395
0-69
69-73
74-104
>104
کیلومتر
۰ ۵ ۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰
۴۹

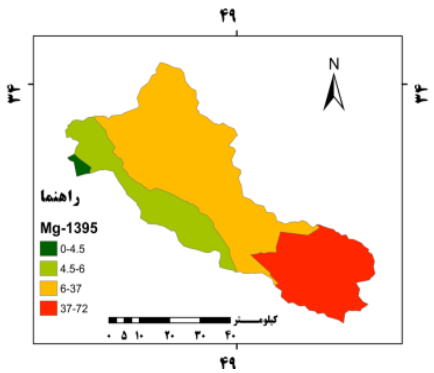
ج


۴۹
۳۴
N
راهنما
Na-1380
0-69
69-73
73-104
>104
کیلومتر
۰ ۵ ۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰
۴۹

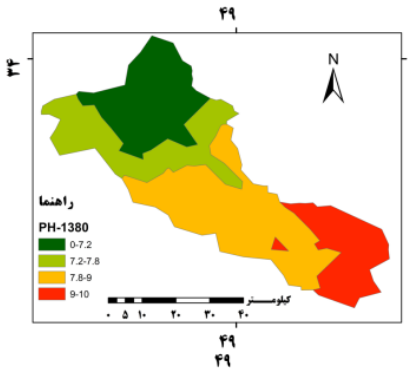
ج


۴۹
۳۴
N
راهنما
Mg-1380
0-4.5
4.5-6
6-37
37-72
کیلومتر
۰ ۵ ۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰
۴۹

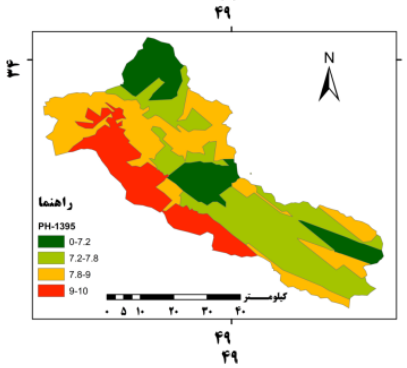
ح


۴۹
۳۴
N
راهنما
Mg-1395
0-4.5
4.5-6
6-37
37-72
کیلومتر
۰ ۵ ۱۰ ۲۰ ۳۰ ۴۰
۴۹

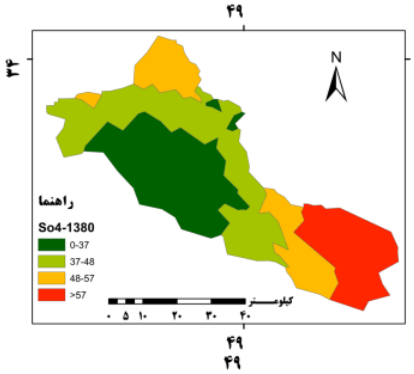
خ



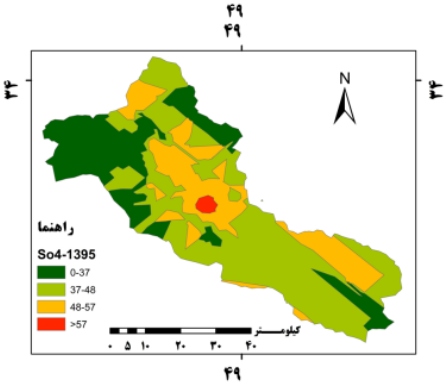
د



ذ



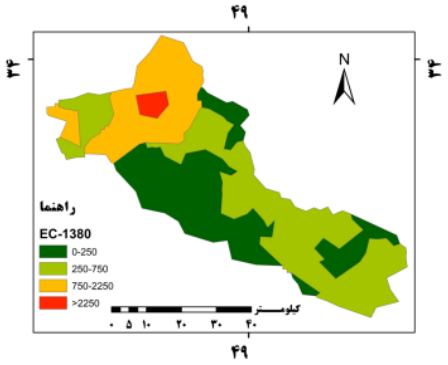
ر



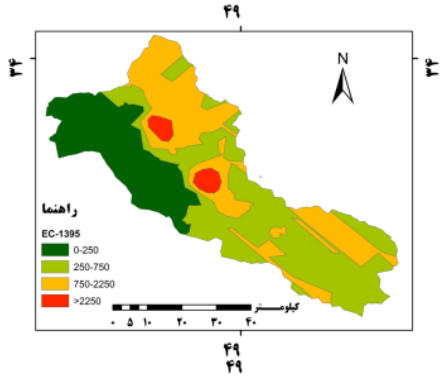
شکل (۵): نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی شولر

شکل (۶) نیز دربردارنده نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی پارامترهای آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر اساس روش ویلکاکس، برای طبقه‌بندی آب کشاورزی است.

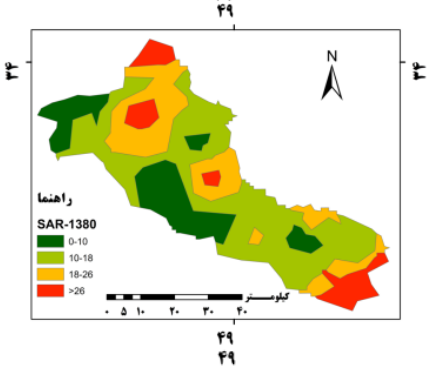
الف



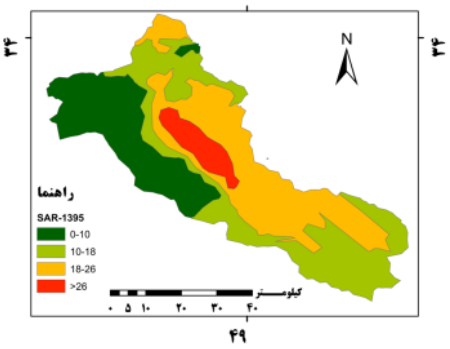
ب



پ



ت



شکل (۶): نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی طبق ویلکاکس

اسیدیته یا PH: تعیین این پارامتر در مناطق مختلف دارای اهمیت زیادی است چون میزان رسوب-گذاری یا خورندگی آب منطقه را نشان می‌دهد. PHمنطقه در سال ۱۳۸۰ در قسمت شمال شرق کم-ترین غلظت و در جنوب‌شرق در بازه‌ی ۷٫۸-۱۰ قرار دارد درحالی‌که که در سال ۱۳۹۵ بیشترین مقدار در نواحی غربی دشت متمرکزشده است.

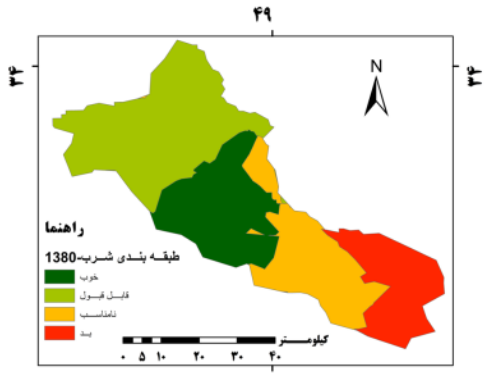
کلر: این یون چنانچه از حد مجاز تجاوز کند برای گیاه مشکل‌ساز و برای شرب از عوامل ایجاد شوری خواهد بود. با توجه به نقشه‌های این یون مشاهده می-شود در سال ۸۰ در نواحی جنوبی دشت کم‌تر از ۳۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر بوده که مقدار آن در شمال دشت حداکثر است. درحالی‌که در سال ۹۵ در غالب مناطق غلظت آن از ۰-۲۸ میلی‌اکی‌والان‌در لیتر تغییر می‌کند که بیشترین غلظت آن را در مرکز دشت ملاحظه می‌کنیم.

سولفات: تغییرات سولفات نیز در سراسر حوزه در طول زمان قابل‌توجه بوده است. در سال ۸۰ حداکثر غلظت در جنوب و در سال ۹۵ در قسمت مرکز دشت که غلظت آن از ۴۸ میلی‌اکی‌والان‌درلیتر متجاوز است. کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم: تغییرات این کاتیون‌ها در طول زمان در دشت موردمطالعه زیاد بوده است. باگذشت زمان یون کلسیم افزایش، و غلظت یون‌های منیزیم و سدیم در سال ۹۵ نسبت به سال ۸۰ کاهش‌یافته است.

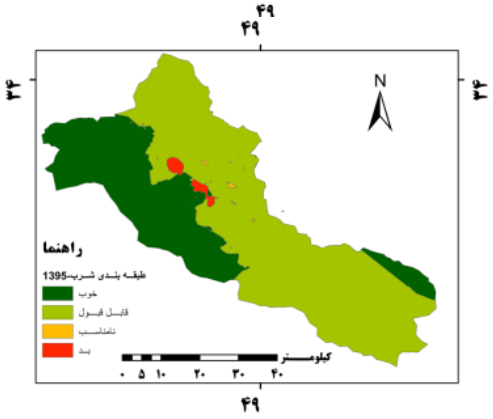
نسبت جذبی سدیم SAR: این مؤلفه که با محاسبه‌ی کاتیون‌های Ca، Mg و Na حاصل می-گردد بیانگر شوری آب است. پراکندگی میزان غلظت SAR دشت باگذشت زمان افزایش‌یافته است، در سال ۸۰ بیشترین مقدار را در نواحی مرکز و شرق و در سال ۹۰ در شمال، مرکز و جنوب شاهد هستیم. غلظت SAR در بقیه نواحی از ۰-۷۵ میلی‌اکی‌والان-درلیتر متغیر است.

هدایت الکتریکی EC: با مشاهده‌ی نقشه‌های مربوط به EC دشت، تغییرات زمانی و مکانی این مؤلفه را همچون سایر مؤلفه‌ها شاهد هستیم. معمولاً در طی جریانات زیرسطحی، تبادل یونی صورت گرفته و با افزایش املاح محلول میزان EC نیز افزایش می-یابد. میزان EC دشت در نواحی مختلف با هم متفاوت‌اند به‌طوری‌که در سال ۸۰ بیشترین مقدار در نواحی شمالی و در سال ۹۵ در مرکز و شمال شرق دشت وجود دارد. میزان این پارامتر از بیشترین (۱۸< دسی‌زیمنس) تا کم‌ترین میزان (۰-۱۰ دسی‌زیمنس) متغیر است. به همین علت غلظت‌های متفاوتی را در سطح دشت ملاحظه می‌کنیم که از علل شوری برخی نواحی دوری از منابع تغذیه‌ای است. بعدازاین مرحله با تلفیق لایه‌های Ca، Mg، Cl، Na، So4 و PH وضعیت کیفی آب منطقه جهت مصارف شرب بر اساس طبقه‌بندی شولر (شکل ۷) و با تلفیق SAR و EC وضعیت کیفی آب منطقه جهت مصارف کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ تهیه گردید (شکل ۸). جداول ۳ و ۴ مساحت طبقه‌های مختلف کیفی بر اساس شولر و ویلکاکس برای هر دو سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد.

الف



ب

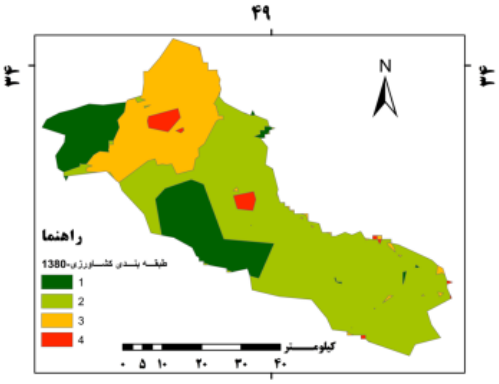


شکل (۷): نقشه کیفیت آب زیرزمینی منطقه جهت مصرف شرب

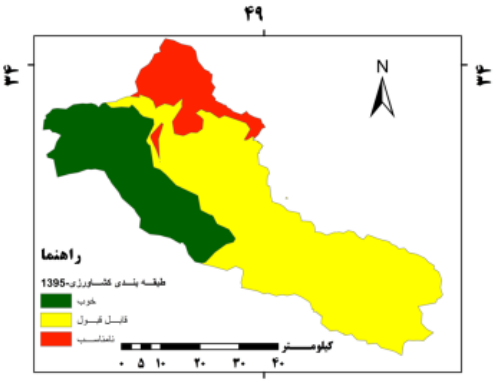
جدول (۳): مساحت گروه‌های مختلف آب بر اساس طبقه‌بندی شولر

سال	وضعیت آب	درصد	مساحت (کیلومترمربع)
۱۳۸۰	کیفیت خوب	۲۲/۷۳	۵۷۸/۶
	کیفیت قابل‌قبول	۳۷/۰۵	۹۴۳/۳
	کیفیت نامناسب	۲۲/۵۷	۵۳۴
	کیفیت بد	۱۶/۶۵	۴۱۴
۱۳۹۵	کیفیت خوب	۳۲/۱۸	۸۱۹/۲
	کیفیت قابل‌قبول	۶۳/۶۱	۱۶۱۹/۵
	کیفیت نامناسب	۳/۲۴	۳
	کیفیت بد	۰/۹۶	۲۴/۵

الف



ب



شکل (۸): نقشه کیفیت آب زیرزمینی جهت مصرف کشاورزی

جدول (۴): مساحت گروه‌های مختلف آب بر اساس ویلکاکس

سال	وضعیت آب	درصد	مساحت (کیلومترمربع)
۱۳۸۰	کیفیت خوب	۱۸/۲۳	۴۶۴/۲
	کیفیت قابل‌قبول	۵۵/۸۵	۱۴۲۱/۸
	کیفیت نامناسب	۲۱/۲۴	۵۳۰/۷
	کیفیت بد	۴/۶۷	۴۹
۱۳۹۵	کیفیت خوب	۲۶/۰۲	۶۲۵/۵
	کیفیت قابل‌قبول	۵۹/۹۲	۱۵۲۵/۴
	کیفیت نامناسب	۱۴/۰۶	۲۸۸/۵
	کیفیت بد	۰	۰

نتیجه‌گیری

بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت در سال-های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ نشان‌دهنده‌ی تغییرات مکانی و زمانی زیادی در همه‌ی پارامترها است. دلیل این تغییرات حرکت جریان از ورودی حوزه به سمت خروجی و تبادلات شیمیائی بین آب و سازند زمین-شناسی دشت و اثرپذیری آب باشد. این تبادلات شیمیائی باعث می‌شود که آب زیرزمینی در گستره‌ی خود ناهمگن شود، چون آب زیرزمینی در حین حرکت خود به مواد مختلف برخورد کرده و مواد مختلف با مقادیر متفاوت را در خود حل می‌کند. فاضل‌پورعقدائی (۱۳۹۴) در حوزه آبخیز خوانسار هرات نیز در پژوهش‌های خود به نتایج مشابهی دست یافتند. در مطالعات یوسفی و همکاران (۱۳۹۷)، ترابی پوده و همه زاده (۱۳۹۷) نیز اهمیت بررسی کیفیت منابع آب با استفاده از شولر و ویلکاکس و روش‌های درون‌یابی بیان‌شده است. نقشه‌های تلفیقی نشان داد که اکثر مناطق دشت در هر دو سال در کیفیت خوب و قابل قبولی جهت شرب قرار دارند. در بخش دیگر که به بررسی طبقه‌بندی آب زیرزمینی بر اساس دیاگرام ویلکاکس پرداخته شد، نتایج نشان داد که بر اساس این طبقه‌بندی، به‌طورکلی کیفیت آب برای کشاورزی باگذشت زمان افزایش‌یافته است. ازلحاظ مکانی قسمت‌های غربی بهترین کیفیت را برای کشاورزی دارند. با حرکت به سمت شمال دشت بروجرد- دورود از کیفیت آب کشاورزی، به‌تدریج کاسته می‌شود. ازلحاظ زمانی تغییرات به‌گونه‌ای است که نقاط شمال شرق دشت بیشترین آلودگی رادارند. پیشنهاد می‌شود با توجه به کمبود اطلاعات و آمار برای حوزه‌های بکری مانند حوزه‌ی بروجرد- دورود و اهمیت مدیریت بهینه منابع آب و شناخت اراضی مستعد برای پیشرفت‌های آتی، از نمونه‌برداری‌های مستقیم و تحلیل نتایج و استفاده از آمار موجود از مناطق مجاور، اقدام به بررسی کیفیت منابع آبی گردد و به‌عنوان راهنمایی مناسب، مدنظر مدیران و تصمیم گیران قرار گیرد.

منابع

رحمان‌سالاری، ک. و ش. امیدواری. ۱۳۹۵. بررسی کارایی روش‌های زمین‌آماری (کریجینگ و IDW) در تهیه نقشه حاصلخیزی دشت کمالوند خرم‌آباد. کنفرانس بین‌المللی معماری، شهرسازی، مهندسی عمران و محیط‌زیست.

ترابی پوده، ح.، پ. همه زاده. ۱۳۹۷. بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوضه کشکان، نشریه اکوهیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۱، بهار ۹۷-ص ۳۶-۲۳.

یوسفی، ح.، ع. کاشکی، م. کرمی، ا.حسین زاده، ریحانی، ا. ۱۳۹۷. مقایسه و پهنه‌بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بجنورد طی دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی با استفاده از شاخص‌های SP و RAI و PN. نشریه اکو هیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۹۷-ص ۱۰۰۵-۹۹۳.

فاضل پور عقدائی، م.ر.، ح. ملکی نژاد، م.ر. اختصاصی، برخورداری، ج. ۱۳۹۴. تحلیل کیفیت منابع آب زیرزمینی به‌منظور مدیریت بهینه منابع؛ مطالعه موردی حوزه آبخیز خوانسار هرات. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال پنجم، شماره ۲۰، تابستان ۱۳۹۴.

Abbasnia A, Radfard M, Mahvi A.H, Nabizadeh R, Yousefi M, Soleimani H, Alimohammadi M. 2018. Groundwater quality assessment for irrigation purposes based on irrigation water quality index and its zoning with GIS in the villages of Chabahar, Sistan and Baluchistan, Iran, Data in Brief 19. 623-631.

Belkhiri L, Mouni L, Tiri A, Narany TS, Nouibet R. Spatial analysis of groundwater quality using self-organizing maps. Groundwater for Sustainable Development. 2018 Sep 1; 7:121-32.

Dev R, Bali M. Evaluation of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in district Kangra of Himachal Pradesh, India. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2018 Mar 26.

Goovaerts P. 1997. Geostatistics for natural resource evaluation. Oxford University Press, New York. 483 p.

Jafari K, Asghari FB, Hoseinzadeh E, Heidari Z, Radfard M, Saleh HN, Faraji H. Groundwater quality assessment for drinking and agriculture purposes in Abhar city, Iran. Data in brief. 2018 Aug 1; 19:1033-9.

Jeihouni M, Toomanian A, Alavipanah SK, Hamzeh S, Pilesjö P. Long term groundwater balance and water quality monitoring in the eastern plains of Urmia Lake, Iran: A novel GIS based low cost approach. Journal of African Earth Sciences. 2018 Nov 1; 147:11-9.

Nath V, Helen H. 2013. Evaluation of ground water quality in Neyyattinkara Taluk, Kerala. Journal of Chemical & Pharmaceutical Research. 5, 4-14.

Nazarizadeh F, Ershadian B, ZandVakili K, Nouriemamzade'i M. 2006. Investigating the variations in groundwater quality in Balarood plain in Khuzestan province.

Pawar S, Panaskard B, Wagh M. 2014. Characterization of groundwater using water quality index of solapur industrial, (case study: Maharashtra, INDIA). International journal of Research in Engineering & Technology. 2(4), 31-36.

Sarmdian F, Taghizadeh Mehrejerdi R. 2009. Comparison of Intravenous Methods for Soil Qualitative Character Maps Case Study (Farm of Agricultural College). Iran Water and Soil Research. 40, No. 2, 155-165. (In Persian).

Sun Y, Shaozhong K, Zhang L. 2009. Comparison of interpolation methods for depthto groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of North WestChina. Environmental Modelling & Software. 24 (10), 1163–1170.

Investigation of temporal-spatial variations of groundwater resources quality in Borujerd-Dorood Plain

Yasser Sabzevari[1], Ali heidar Nasrollahi[2]*, Hojat Allah Yonesi[3]

Abstract

Underground water resources are the largest available water resources available to the earth, and their management and quality control are of great importance. The purpose of this research is to investigate temporal and spatial variations of groundwater quality parameters for drinking and agricultural uses based on Shooler and Wilcox classification in Borujerd-Doroud Plain. In this paper, 55 parameters were used in the years 2001 and 2016 for qualitative parameters such as electrical conductivity, sodium adsorption ratio, acidity, calcium, chlorine, magnesium, sodium and sulfate. Ground maps were used to prepare zoning maps that were better suited for Kriging intrusion detection. The results of this study showed that most of the plain areas in the year 1380 were about 59.78% of the resources in the optimal condition, which improved to 95.79% in 2016. In 2001, more than 74.08% of the area had a good and acceptable quality in agriculture classification, which increased to 85.94% in 2016.

Keywords: Groundwater, Kriging, Quality, Schuler diagram, Wilcox diagram

[1] -MSc student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University
2,3-Assistant Professor,Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University
*Corresponding author: nasrolahi.a@lu.ac.ir