اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۹، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص ۵۳۰-۵۱۷

پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت بیجار ـ دیواندره در استان کردستان از نظر رسوب‌گذاری و خورندگی با استفاده از GIS

هوشنگ قمرنیا[1*]، سیده سمیه عنایتی حسینی[2]، میثم پالاش[2]
۱. استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه
۲. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی، کرمانشاه

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۱۰/۰۱؛ تاریخ بازنگری ۱۴۰۰/۱۱/۳۰؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۱/۰۴/۲۲)

چکیده

به دلیل افزایش جمعیت، افزایش سطح رفاه، توسعهٔ صنایع و کشاورزی در کنار تغییرات اقلیمی همواره منابع آب زیرزمینی از جهت کمی و کیفی در حال تغییر است. بنابراین، بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی جهت مدیریت آن امری ضروری به نظر می‌رسد. به این منظور، در تحقیق پیش رو به بررسی تغییرات کیفی آب زیرزمینی دشت بیجار ـ دیواندره، از نظر رسوب‌گذاری و خورندگی، با استفاده از اطلاعات دریافتی در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ و در هر سال برای دو ماه خرداد و مهر ماه به‌ترتیب به‌عنوان ماه‌های پرآب و کم‌آب، با به‌کارگیری سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پرداخته شده است. همچنین، با ارزیابی شاخص‌های متعدد برای تعیین خورندگی و رسوب‌گذاری، شاخص‌های معتبری نظیر لانژلیه، رایزنز و پوکوریوس برای کاربری صنعتی و تحلیل رسوب‌گذاری و خورندگی در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از شاخص‌های یادشده، بیانگر این امر بود که آب زیرزمینی نواحی غربی دشت مستعد خورندگی و نواحی شرقی مستعد رسوب‌گذاری هستند و شاخص رایزنر کیفیت آب بخشی از مرکز دشت را خنثی نشان داد. پیشنهاد می‌شود تا در قسمت‌های غربی دشت بیجار ـ دیواندره برای جلوگیری از خورندگی آب از هوادهی برای حذف آهن و منگنز، حفاظت کاتدی، آسترپوشی، لعاب‌کاری و رنگ‌کاری تأسیسات مورد نظر استفاده شود. همچنین، برای مناطق مرکزی به طرف شرق دشت با خاصیت رسوب‌گذاری آب و بروز تأثیرات نامطلوب بر کشاورزی، صنعت و سلامت اهالی منطقه، استفاده از مواد بازدارنده رسوب‌گذاری نظیر استفاده از ترکیبات فسفاته و همچنین برداشت کمتر از منابع آب توصیه می‌شود.

کلیدواژگان: آب زیرزمینی، استان کردستان، شاخص لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس.

* نویسنده مسئول
Email: hghamarnia@razi.ac.ir

مقدمه

آب زیرزمینی از اصلی‌ترین منابع تأمین‌کنندهٔ آب کشاورزی، شرب و صنعت در مناطق مختلف کشور به شمار می‌آید. در بسیاری‌از نقاط جهان حدود ۶۰ درصد از آب آشامیدنی و ۴۰ درصد از آب‌های بخش کشاورزی و صنعت نیز از طریق آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. یک‌سوم جمعیت جهان از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان آب شرب استفاده می‌کنند، بنابراین بررسی و پایش کیفیت آب زیرزمینی نقش مهمی در دستیابی به توسعهٔ پایدار ایفا می‌کند [۱]. ازطرفی کشور ما جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب شده و نقش آب‌های زیرزمینی در تأمین آب بیشتر نقاط کشور چشمگیر است. بنابراین، با توجه به تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی که می‌تواند بر اثر فعالیت‌های انسانی و طبیعی صورت گیرد، بررسی کیفیت شیمیایی این منابع آبی ضروری است [۲ــ ۴]. در سال‌های اخیر با گسترش کاربرد روش‌های زمین‌آمار و نرم‌افزارهای سامانهٔ اطلاعات مکانی GIS امکان پهنه‌بندی کیفیت آب مناطق مختلف فراهم شده و سبب سهولت بررسی و پایش و همچنین تصمیم‌گیری مناسب در راستای حفظ سلامت منابع آبی زیرزمینی شده‌اند. وقوع پدیده‌های خورندگی و رسوب‌گذاری حاصل از آب‌های زیرزمینی در تأسیسات آبیاری و آبرسانی و خطوط انتقال و توزیع آب، علاوه بر ایجاد خسارت‌های مالی و اقتصادی، اثرات سوء بهداشتی عدیده‌ای به دنبال دارد [۵ و ۶]. بر اثر عمل خورندگی، پاره‌ای از عناصر سنگین نظیر سرب و آرسنیک نیز وارد آب شده که سبب بروز مشکلات بهداشتی و سلامتی عدیده‌ای می‌شود [۷ و۸]. همچنین، بر اثر فرایند رسوب‌گذاری، مشکلات مختلفی نظیر تجمع املاح و رسوب در دیوارهٔ تأسیسات، لوله‌های انتقال و توزیع آب رخ داده که تبعات ناشی از این پدیده، کاهش طول عمر لوله‌ها، افزایش افت فشار هیدرولیکی وکاهش میزان جریان آب و کارایی کلیهٔ شیرآلات و اتصالات موجود در سیستم آبرسانی است [۹ و۱۰].

پیشینهٔ تحقیق

در تحقیقی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور در دو بخش کشاورزی و صنعت طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج پژوهش یادشده نشان داد عناصر سدیم، کلر و سولفات به‌ترتیب، بیشترین مقادیر را در بین کاتیون‌ها و آنیون‌ها دارند و به‌تدریج کیفیت آب‌ها کاهش و درصد مربوط به کلاس C_4S_4 که بدترین کیفیت را دارد نیز افزایش یافته است. همچنین، براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که در آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور خاصیت رسوب‌گذاری وجود دارد [۱۱].

علی‌پور و همکاران (۱۳۹۴) ضمن بررسی آب شرب در شبکه‌های بندرعباس، با استفاده از شاخص‌های شاخص لانژلیه، رایزنر، لارسون، اسکولد، پوکوریوس و تهاجمی، خورنده بودن آب مورد نظر را تأیید کردند [۱۲].

خرسندی و محمدی (۲۰۱۵) ضمن بررسی منابع آب روستاهای شهرستان ارومیه، با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رایزنر، پوکوریوس و لارسون، خورندگی منابع آب مورد نظر را تأیید کردند [۱۳].

پتانسیل خورندگی و رسوب‌گذاری در شبکهٔ آب شرب شهری شهرستان تربت حیدریه در سال ۲۰۱۳ با استفاده از پنج شاخص مختلف بررسی شد. نتایج پژوهش یادشده نشان‌دهندهٔ آن بودکه آب مورد استفاده در شبکه‌های آبرسانی دارای خاصیت خورندگی است [۱۴]. بررسی و ارزیابی تغییرات مکانی متغیرهای کیفی آب زیرزمینی جنوب دشت قروه و دهگلان در دورهٔ آماری مربوط به سال‌های ۱۳۶۳ـ ۱۳۹۱ انجام شد. در این راستا متغیرهای کیفی مربوط به ۷۰ حلقه چاه آبخوان جنوب دشت قروه و دهگلان واقع در استان کردستان مورد بررسی قرار گرفت. طبقه‌بندی کیفیت آب از نظر شولر و ویلکاکس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پهنه‌بندی نشان داد کیفیت آب زیرزمینی در قسمت‌های غربی، جنوب و جنوب شرقی بهتر از سایر بخش‌ها بوده است [۱۵].

در تحقیقی برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت مرودشت واقع در استان فارس با استفاده از روش‌های مختلف، از روش زمین‌آماری کریجینگ ساده برای پهنه‌بندی شاخص‌های رایزنر و لانژلیر و مؤلفه‌های آن‌ها استفاده شد. بعد از بررسی‌های انجام‌شده درنهایت از نظر پتانسیل‌های خورندگی و رسوب‌گذاری با کیفیت متوسط ارزیابی شد [۱۶]. در مطالعه‌ای به بررسی پتانسیل رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی دشت دزفول‌ـ اندیمشک پرداخته شد. نتایج نشان داد آب قسمت‌های اعظم دشت دارای مشکل خورندگی بوده و باقی قسمت‌ها

رسوب‌گذار هستند [۱۷]. مطالعات آب زیرزمینی دشت چاردلی، حد فاصل استان‌های کردستان و همدان بر اساس نتایج حاصل از اطلاعات ۲۲ حلقه چاه انجام شد. بررسی وضعیت کیفی آبخوان، نشان‌دهندهٔ کاهش کیفیت آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۳ــ ۱۳۸۵و سپس بهبود وضعیت آن تا سال ۱۳۸۷ به بعد بود. نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی آبخوان آب زیرزمینی نیز نشان‌دهندهٔ افت کیفیت بین سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ در مناطق خروجی آبخوان بوده است [۱۸]. کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شمال قوچان (خراسان رضوی) برای مصارف شرب و صنعت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش یادشده نشان‌دهندهٔ آن بود که بیشتر نمونه‌ها از نظر آشامیدن در ردهٔ متوسط و قابل قبول قرار داشتند. همچنین، بر اساس شاخص لانژلیه ۸۲/۳۵ درصد از نمونه‌ها رسوب‌گذار و ۱۷/۶۵ درصد از آن‌ها خورنده تشخیص داده شدند [۱۹].

از آنجا که تا کنون کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجارــ دیواندره واقع در استان کردستان از لحاظ خورندگی و رسوب‌گذاری مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین، هدف از تحقیق حاضر پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت بیجارـ دیواندره جهت بررسی و تحلیل رسوب‌گذاری و خورندگی آن با استفاده از GIS[1] است به امید آنکه نتایج حاصل از این تحقیق جهت مدیریت آب‌های زیرزمینی منطقه مورد توجه ارگان‌های مربوطه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده

تحقیق حاضر در استان کردستان انجام شده است. این استان در شمال غرب کشور ایران قرار دارد. براساس طبقه‌بندی دمارتن، استان کردستان به چهار نوع اقلیم نیمه‌خشک، مدیترانه‌ای، مرطوب و بسیار مرطوب تقسیم شده است. براساس این طبقه‌بندی منطقهٔ مطالعه‌شده دارای اقلیم نیمه‌خشک است. حدود ۱/۷ درصد از مساحت کل کشور را این استان تشکیل داده است. نوع زمین و ساختمان محدودهٔ مطالعه‌شده مرکب از سنگ‌هایی رسوبی به‌ویژه ترکیبات رسی و آهکی و شنی مخلوط بوده که مربوط به دگرگونی‌های دوران سوم زمین‌شناسی است. شهر بیجار در طول ′۳۶°۴۷ شرقی گرینویچ و عرض شمالی ′۳۵°۵۲ استوا واقع شده است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۹۴۸متر است. این محدوده آب‌وهوای سرد و خشک دارد، به نحوی که اختلاف دما سردترین و گرم‌ترین روز سال به $^{\circ}C$ ۷۹ می‌رسد. حداقل دما در منطقهٔ مربوط به بهمن‌ماه با ۳۸ درجهٔ سانتی‌گراد زیر صفر و حداکثر آن مربوط به ماه‌های تیر و مرداد با ۴۱ درجهٔ سانتی‌گراد بالای صفر بوده است. متوسط بارش سالیانهٔ منطقه ۳۴۴ میلی‌متر است که در مقایسه با آمار بارش سالیانهٔ کشور از بارندگی مناسبی برخوردار است. در مورد منطقهٔ مورد مطالعه با حرکت به سمت غرب، به میزان بارندگی افزوده شده و به طرف شرق حرکت از میزان بارندگی کاسته می‌شود. کمترین میزان بارش مربوط به نواحی پست میانی و منتهی‌الیه شرق، معادل ۲۵۰ میلی‌متر و بیشترین رقم بارش مربوط به ارتفاعات غرب محدوده و معادل ۴۰۰ میلی‌متر است. بیشتر بارندگی ایجادشده در ارتفاعات صورت گرفته و مقدار کمی از آن در دشت صورت می پذیرد. شکل ۱ موقعیت منطقهٔ مطالعه‌شده در کشور و استان را نشان می‌دهد.

شاخص‌های مورد استفاده

در این پژوهش با ارزیابی شاخص‌های متعدد جهت تعیین خورندگی و رسوب‌گذاری آب‌های زیرزمینی، شاخص‌های معتبری نظیر لانژلیه، رایزنز و پوکوریوس برای کاربری صنعتی و تحلیل رسوب‌گذاری و خورندگی انتخاب شدند.

شاخص لانژلیه

این شاخص بیانگر وضعیت آب به لحاظ خورندگی و رسوب‌گذاری است که به شرایط مختلفی مانند اسیدیتهٔ آب، TDS، غلظت کربنات، غلظت بی‌کربنات، دمای آب و قلیائیت بستگی دارد. اساس کار، محاسبه (پی اچ اشباع آب) است. مقدار شاخص از رابطه ۱ محاسبه شده است.

$$LSI= pH - pH_s \qquad (۱)$$

که در آن:

LSI: مقدار شاخص لانژلیه، pH: pH اندازه‌گیری‌شده نمونهٔ آب، pHs: pH اشباع آب است.

$$PH_s= (9.3+A+B) - (C+D) \qquad (۲)$$

$$A = \left(log_{10}^{TDS} - 1/10\right) \qquad (۳)$$

1. Geographic Information System

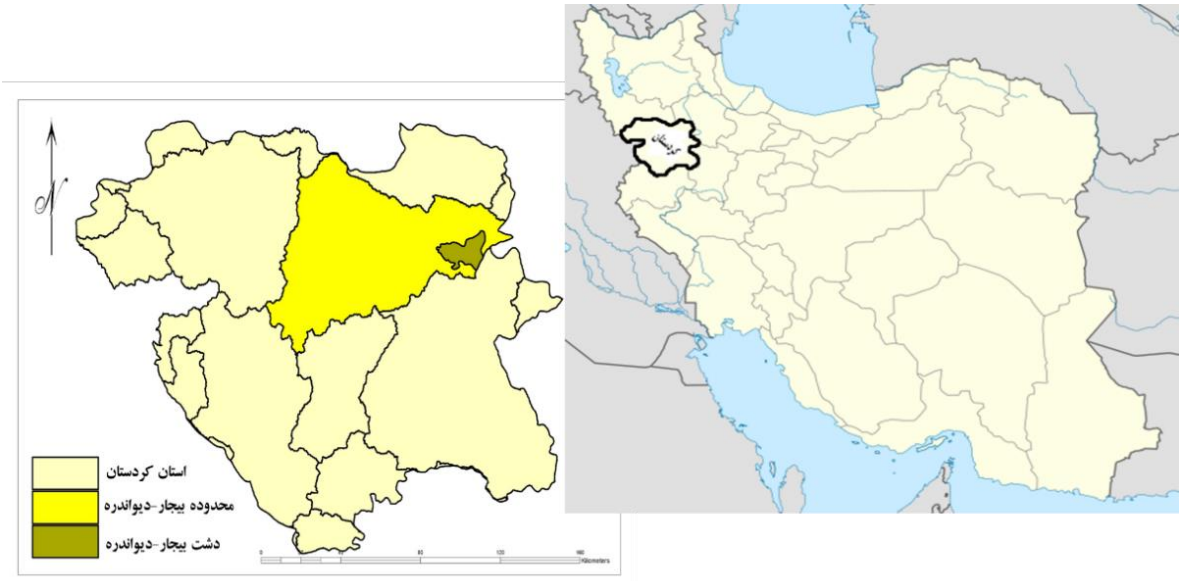
$$B = \left(-13.12' \times log_{10}^{c+273}\right) + 34.55 \quad (۴)$$

$$C = \left(log_{10}^{Ca\ as\ CaCo_3}\right) - 0.4 \quad (۵)$$

$$D = log_{10}^{ALK\ CaCo_3} \quad (۶)$$

TDS: مجموع مواد محلول در آب برحسب (mg/l)، C: دمای نمونهٔ آب برحسب (C°)، Ca as $CaCO_3$: کلسیم موجود در کلسیم کربنات (mg/l) و ALK $CaCO_3$: قلیایت نمونهٔ آب بر اثر کلسیم کربنات (mg/l) است.

اگر مقدار شاخص عددی بالاتر از صفر باشد، آب رسوب‌گذار و اگر عددی زیر صفر باشد، آب خورنده خواهد بود.



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در کشور، استان و شهر و دشت

شاخص رایزنر

شاخص رایزنر به عنوان مبنای سنجش ضخامت رسوب در سامانه‌های آبرسانی، به منظور پیش‌بینی اثر شیمیایی آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندیس پایداری رایزنر بر اثر مشاهدات تجربی، سرعت خورندگی و تشکیل لایه در لوله‌های فولادی به‌دست‌آمده است. بر اساس این شاخص، اگر مقدار محاسبه‌شده بزرگ‌تر از ۶ باشد، آب خورنده و چنانچه کوچک‌تر از ۶ باشد، آب رسوب‌گذار تلقی می‌شود و فرمول محاسبهٔ آن رابطهٔ ۷ است.

$$RSI = (2\times pH_s) - pH \quad (۷)$$

RSI: مقدار شاخص رایزنر

پارامتر نیز pHs مانند شاخص لانژیله محاسبه می‌شود.

شاخص پوکوریوس

یکی دیگر از شاخص‌های مربوط به بررسی خورندگی و رسوب‌گذاری آب، شاخص پوکوریوس (رابطهٔ ۸) است.

$$PSI = (2\times pH_s) - pH_{eq} \quad (۸)$$

pHeq: pH تعادلی آب و از رابطهٔ ۹ محاسبه می‌شود.

$$PH_{eq} = (1.465\times log_{10}^{ALK\ CaCo_3}) + 4.54 \quad (۹)$$

پارامتر pHs نیز مانند شاخص لانژیله محاسبه می‌شود.

پس از محاسبهٔ مقدار شاخص چنانچه مقدار به‌دست آمده کوچک‌تر از ۶ باشد، آب به رسوب‌گذار بودن تمایل دارد و اگر مقدار محاسبه‌شده برای شاخص عددی بزرگ‌تر از ۶ باشد، آب تمایل به خورندگی دارد. در این تحقیق براساس اطلاعات به‌دست‌آمده و برای تهیهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجار- دیواندره، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی درون‌یابی زمین‌آماری (کریجینگ) در رابطه با پارامترهای مد نظر کیفی به کار برده شده است. درضمن، در این رابطه پس‌از تهیهٔ لایه‌های رستری مورد نظر جهت پارامترهای مؤثر، درنهایت نقشه‌های پهنه‌بندی مورد نظر استخراج و تهیه شدند. تعداد چاه‌های

مشاهداتی در منطقهٔ مورد مطالعه شامل ۱۵ حلقه بود. موقعیت و مشخصات جغرافیایی چاه‌های مورد نظر برای مطالعه در جدول ۱ آمده است. در این تحقیق برای هر چاه مقادیر شاخص‌ها محاسبه شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS پهنه‌بندی‌های مورد لزوم صورت گرفته است. درنهایت، نقشه‌های کلاس‌بندی تهیه شد. همچنین، برای هر روش در هر سال برای دو ماه خرداد و مهر به‌ترتیب به عنوان ماه‌های پرآب وکم‌آب، با به‌کارگیری سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پرداخته شده است.

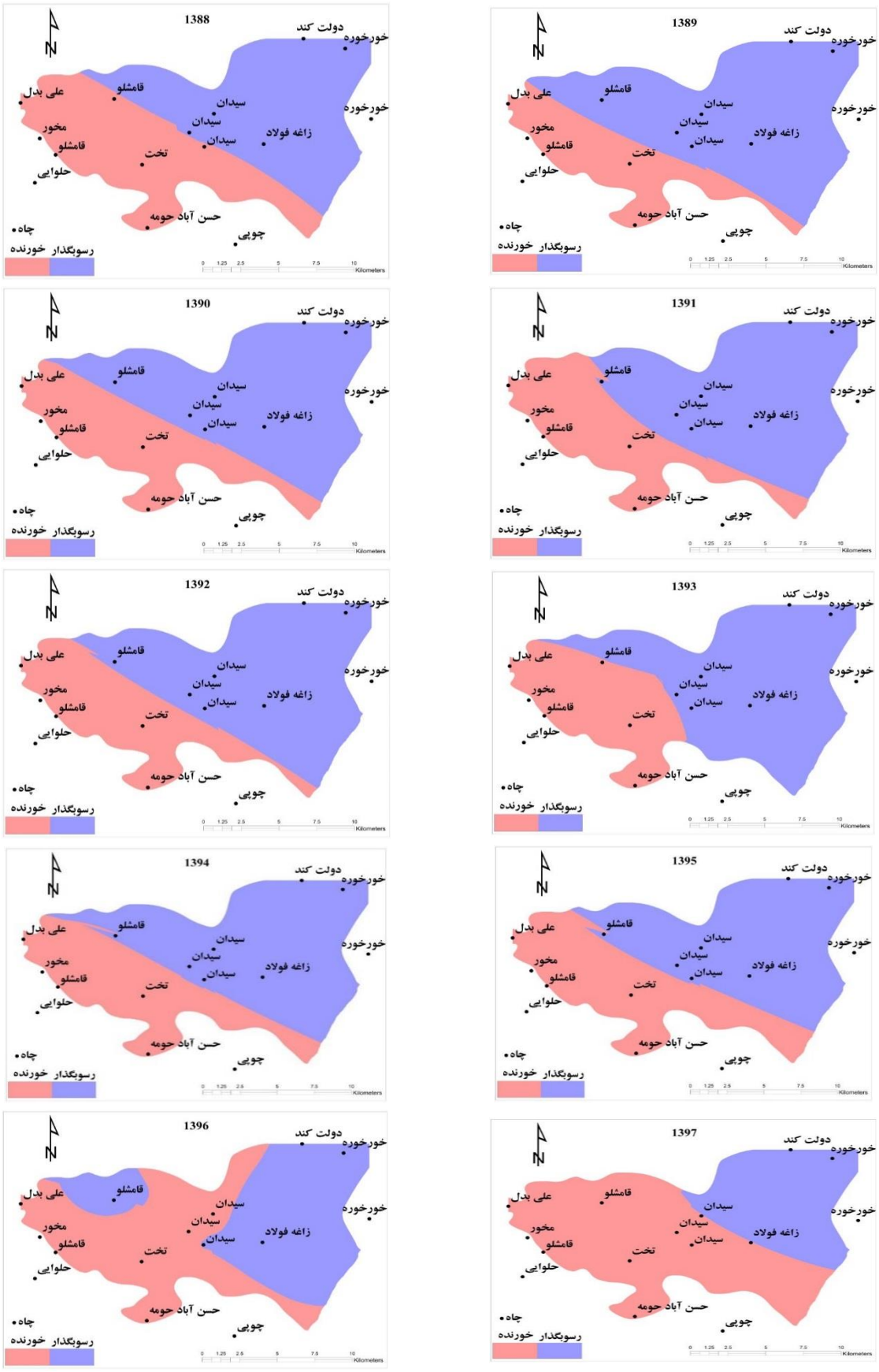
جدول ۱. موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای مورد مطالعه

شماره چاه	اسم چاه	Utmx	Utmy
1	حلوایی	732501	3974091
2	علی بدل	731554	3979762
3	مخور	732828	3977237
4	قامشلو ۱	733875	3976074
5	قامشلو ۲	737757	3980040
6	تخت	739608	3975373
7	سیدان ۱	742734	3977656
8	سیدان ۲	743729	3976645
9	سیدان ۳	744367	3978991
10	زاغه فولاد	747659	3976835
11	چوپی	745787	3969726
12	دولت کند	750296	3984314
13	آباد حومه‌حسن	739956	3970890
14	خورخوره ۱	753064	3983613
15	خورخوره ۲	754779	3978622

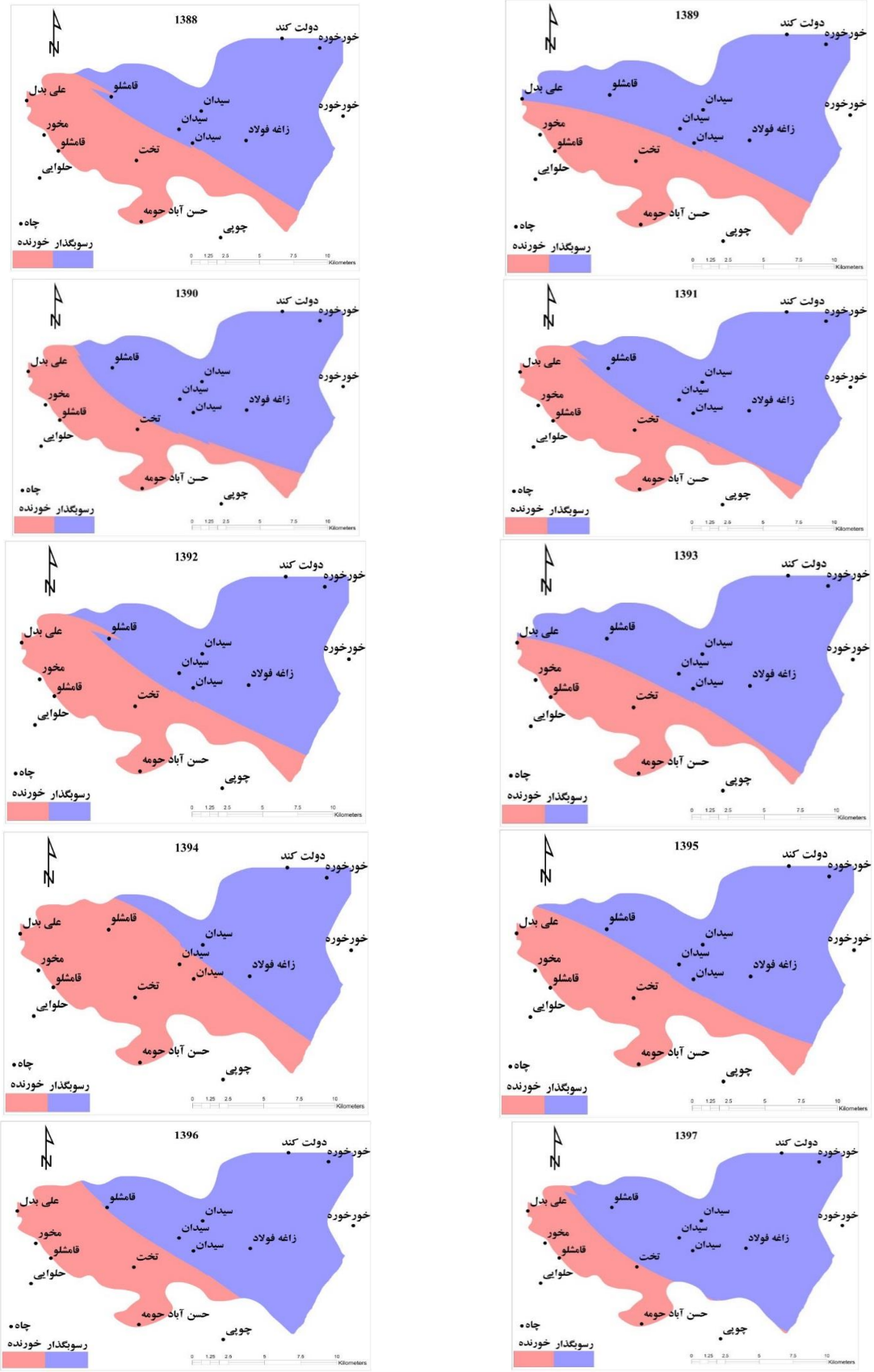
یافته‌ها

پهنه‌بندی بر اساس شاخص لانژلیه

براساس شاخص لانژلیه تمام دشت را آب زیرزمینی با دو کیفیت خورنده در بخش غربی و کیفیت رسوب‌گذار در بخش شرقی دشت تشکیل داده و حالت خنثی، متعادل یا تثبیت‌شده طبق شاخص مورد بررسی، در کیفیت آب زیرزمینی دشت، مشاهده نشده است. همچنین، نقشه‌ها نشان‌دهندهٔ آن هستند که در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در خردادماه به طرف بخش مرکزی دشت، تمایل به خورندگی آب زیرزمینی افزایش چشم‌گیری، نسبت به سایر سال‌ها پیدا کرده است (شکل ۲). نقشه‌های پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی براساس شاخص لانژلیه در مهرماه نیز همانند خردادماه بوده که آب زیرزمینی دشت را در دو گروه کیفی رسوب‌گذار در بخش شرقی و خورنده در بخش غربی شامل شده است. همچنین، آب زیرزمینی با کیفیت تثبیت‌شده یا خنثی در دشت وجود ندارد. در مورد تغییرات کیفیت آب زیرزمینی نسبت به خردادماه نیز باید عنوان کرد که در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵ تغییر قابل ملاحظه‌ای از نظر وسعت دربرگیرندهٔ کیفیت‌های آب زیرزمینی در دشت وجود نداشته است. درضمن، در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ آب زیرزمینی با کیفیت رسوب‌گذاری نواحی بیشتری از دشت را در بر گرفته که این امر در سال ۱۳۹۴ به‌عکس بوده است (شکل ۳).



شکل ۲. نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی با شاخص لانژلیه (خرداد)



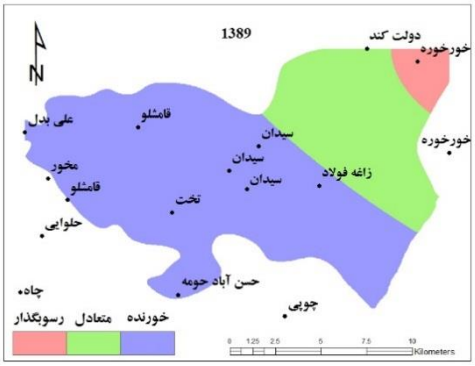
شکل ۳. نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی با شاخص لانژلیه (مهر)

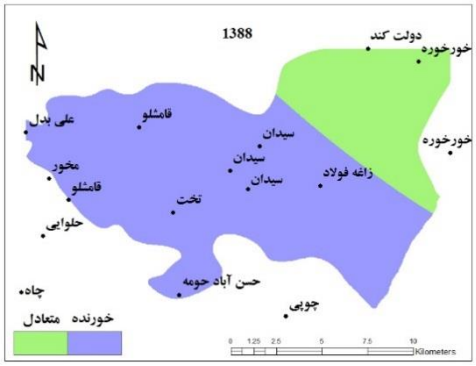
پهنه‌بندی بر اساس شاخص رایزنر

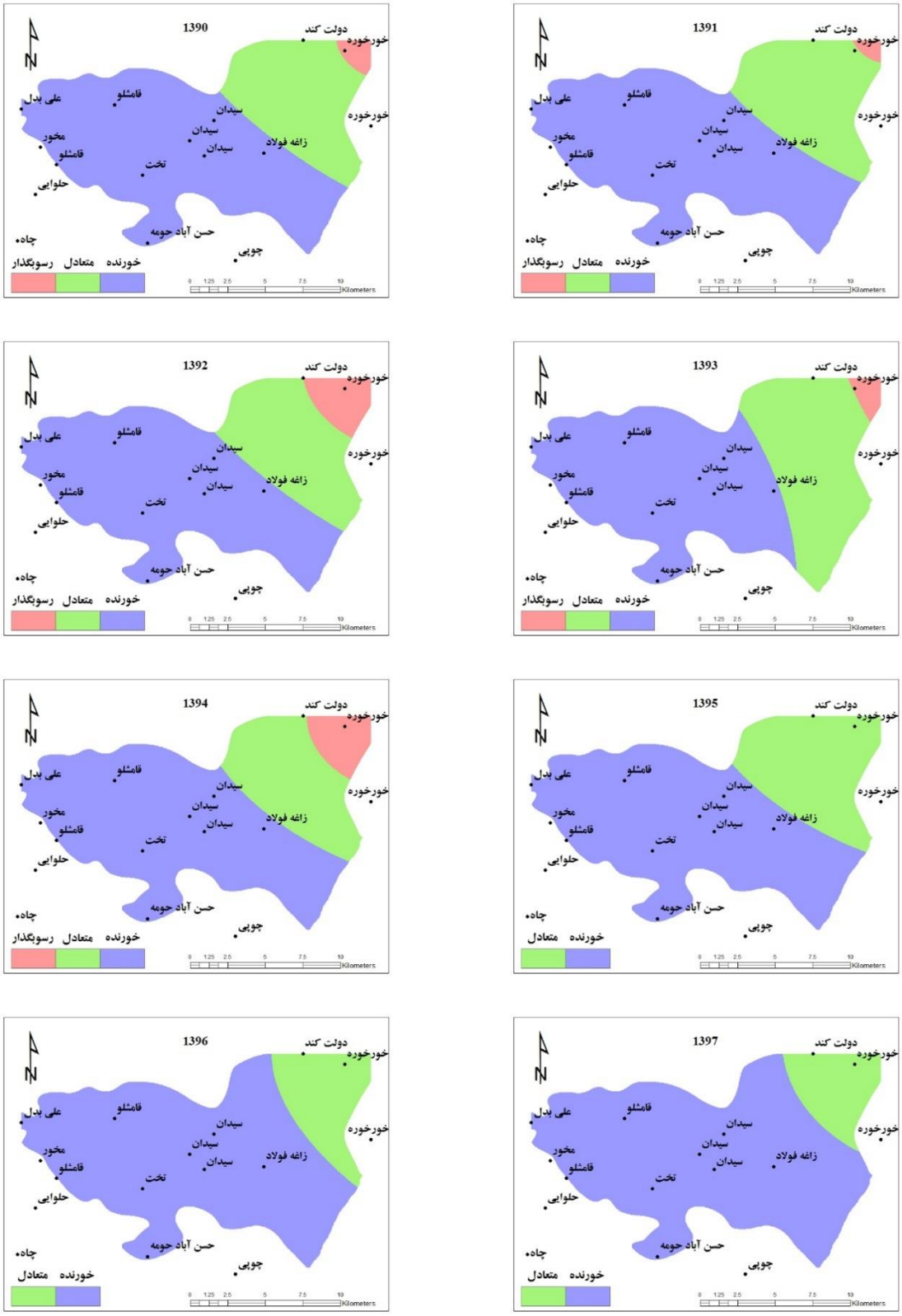
بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی با استفاده از شاخص رایزنر در این ماه نشان می‌دهد در تمام سال‌های آماری، بخشی از دشت دارای آب زیرزمینی با کیفیت خنثی یا متعادل بوده و نواحی مرکزی به طرف شرق دشت را در بر گرفته که در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال‌های دیگر بیشترین وسعت را به خود اختصاص داده است. در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ کیفیت آب زیرزمینی دشت در دو حالت، خنثی در بخش شمال شرقی و تمایل به خورندگی یا انحلال کربنات‌کلسیم در دیگر نواحی دشت است، همچنین نقشه‌ها گویای این امر هستند که در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ آب زیرزمینی دارای هر سه خاصیت خورندگی، خنثی و رسوب‌گذاری بوده است. در نهایت، نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به ماه‌های خرداد و مهرماه یعنی ماه کم‌آب سال در ادامه آورده شده است (شکل‌های ۴ و ۵). مقایسهٔ نقشه‌های پهنه‌بندی مهرماه با خردادماه یعنی ماه پرآب سال نشان دهندهٔ آن بوده است که کیفیت آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ و سال ۱۳۹۴ بهبود یافته است. دلیل موضوع آن است که در این سال‌ها آب زیرزمینی بخشی از دشت که دارای خاصیت رسوب‌گذاری بوده به حالت خنثی تغییر پیدا کرده است. همچنین، آب زیرزمینی دشت در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با افت کیفیت روبه‌رو بوده است، زیرا در خردادماه ۱۳۸۸ هیچ بخشی از دشت خاصیت رسوب‌گذاری نداشته و اما در مهرماه ۱۳۸۸، این کیفیت در آب زیرزمینی دشت مشاهده شده است. درضمن، در سال ۱۳۹۲ نسبت به خردادماه کیفیت آب زیرزمینی تغییر زیادی نداشته و در سال ۱۳۹۳ تمایل آب زیرزمینی به رسوب‌گذاری در بخش بیشتری از دشت مشاهده شده است. درنهایت، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مهرماه دشت در بهترین وضعیت خود قرار گرفته و بخش مربوط به کیفیت خنثی آب زیرزمینی بیشترین مساحت را نسبت به سال‌های دیگر داشته و بخشی از شمال شرق دشت که دارای خاصیت رسوب‌گذاری بود به خاصیت خنثی تغییر کیفیت یافته است (شکل‌های ۴ و ۵).

پهنه‌بندی بر اساس شاخص پوکوریوس

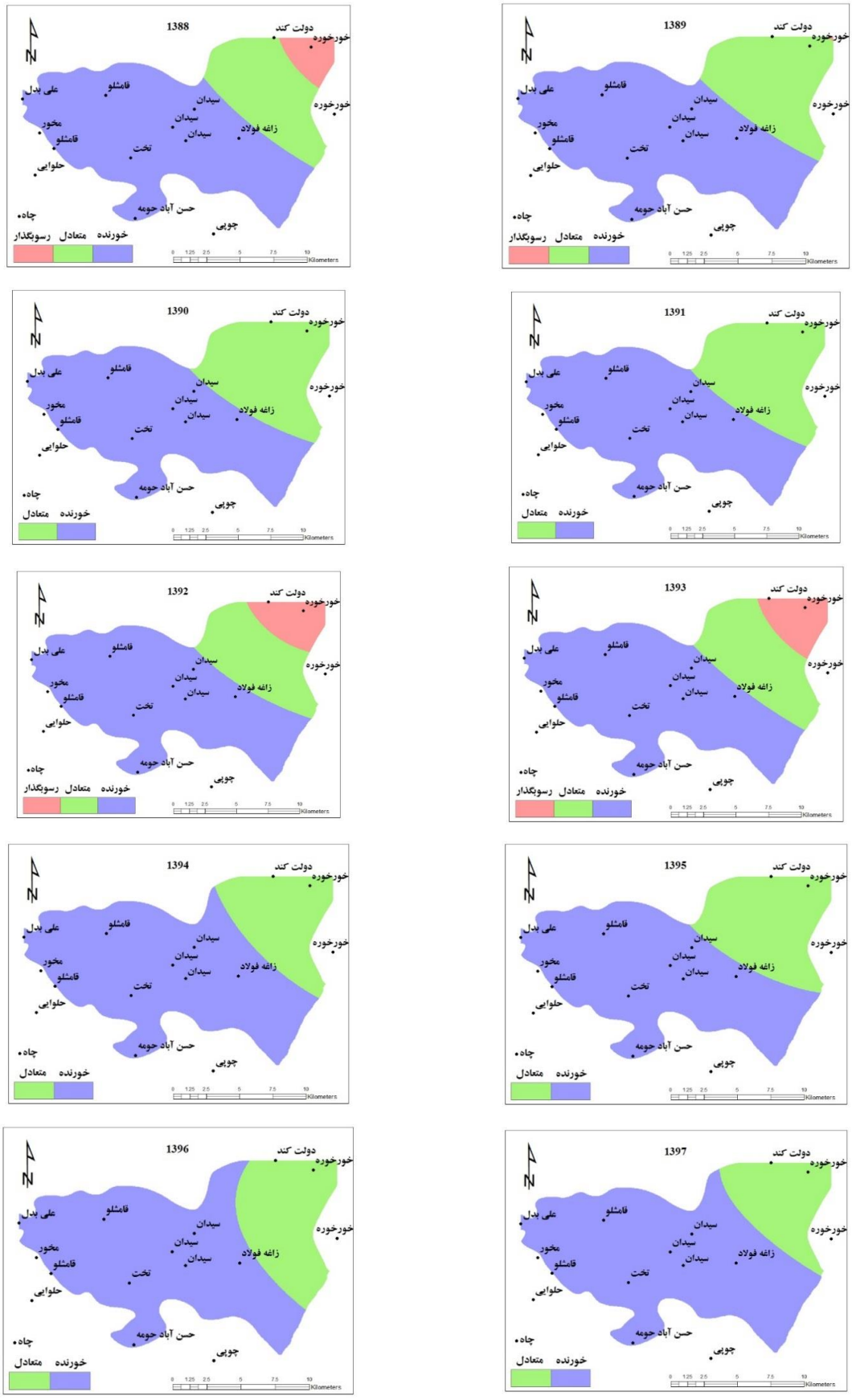
در تمامی سال‌های بررسی بر اساس شاخص پوکوریوس، توزیع مکانی پارامترهای تأثیرگذار بر ایجاد کیفیت خورندگی و رسوب‌گذاری در آب زیرزمینی دشت به گونه‌ای بوده که در خردادماه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی دشت را به دو گروه کیفی رسوب‌گذار در شمال شرقی و خورنده در نواحی دیگر که بخش عمده‌ای از دشت را شامل می‌شود، تقسیم کرده است (شکل ۶). نتایج پهنه‌بندی با استفاده از شاخص پوکوریوس در مهرماه نیز همان نتایج خردادماه را به دست داده است، با این تفاوت که در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۷ توزیع مکانی پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی دشت به گونه‌ای است که خاصیت رسوب‌گذاری آب زیرزمینی دشت کاهش یافته و در سال ۱۳۹۷ کیفیت آب زیرزمینی کل محدودهٔ دشت دارای خاصیت خورندگی شده است (شکل ۷).



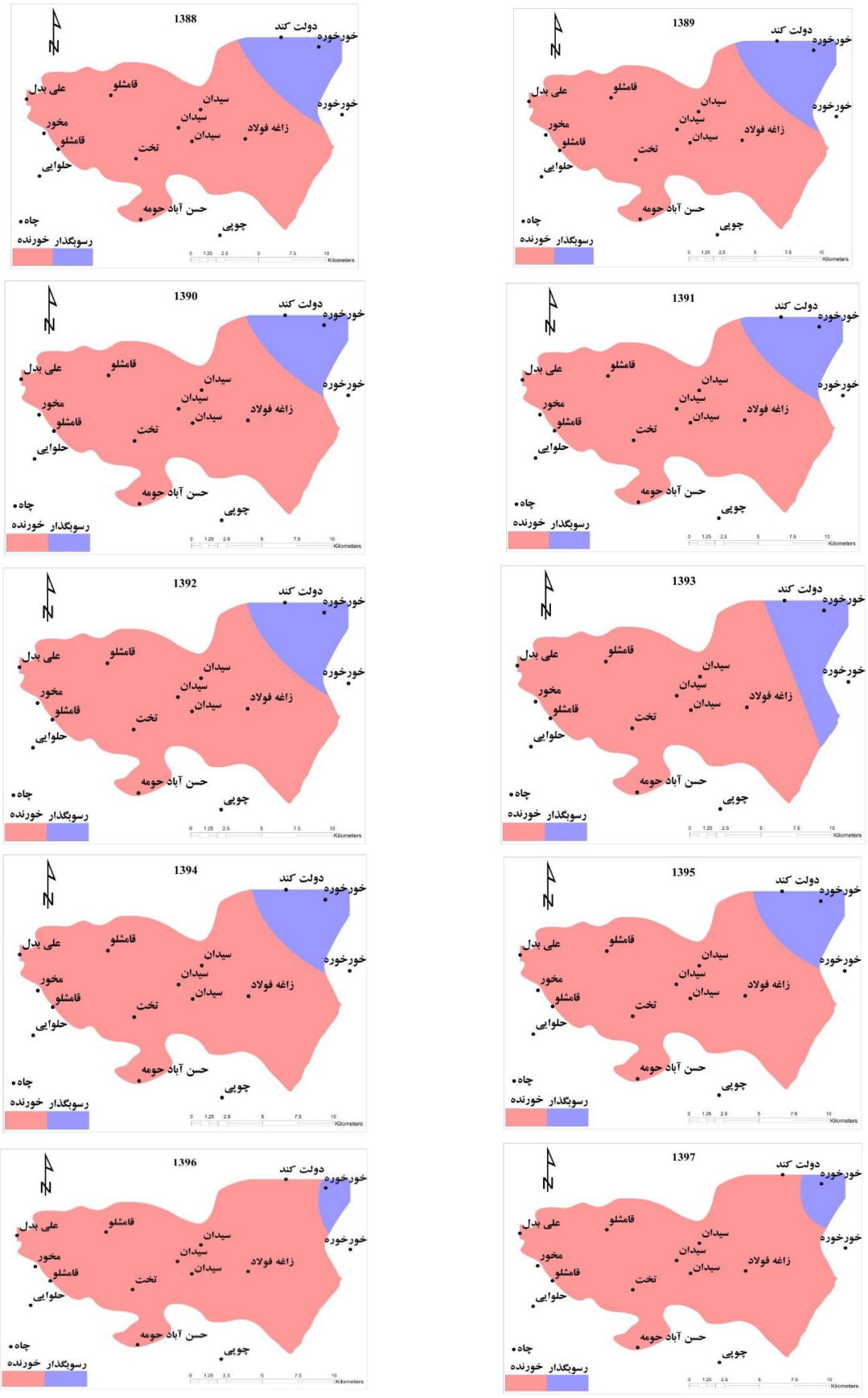




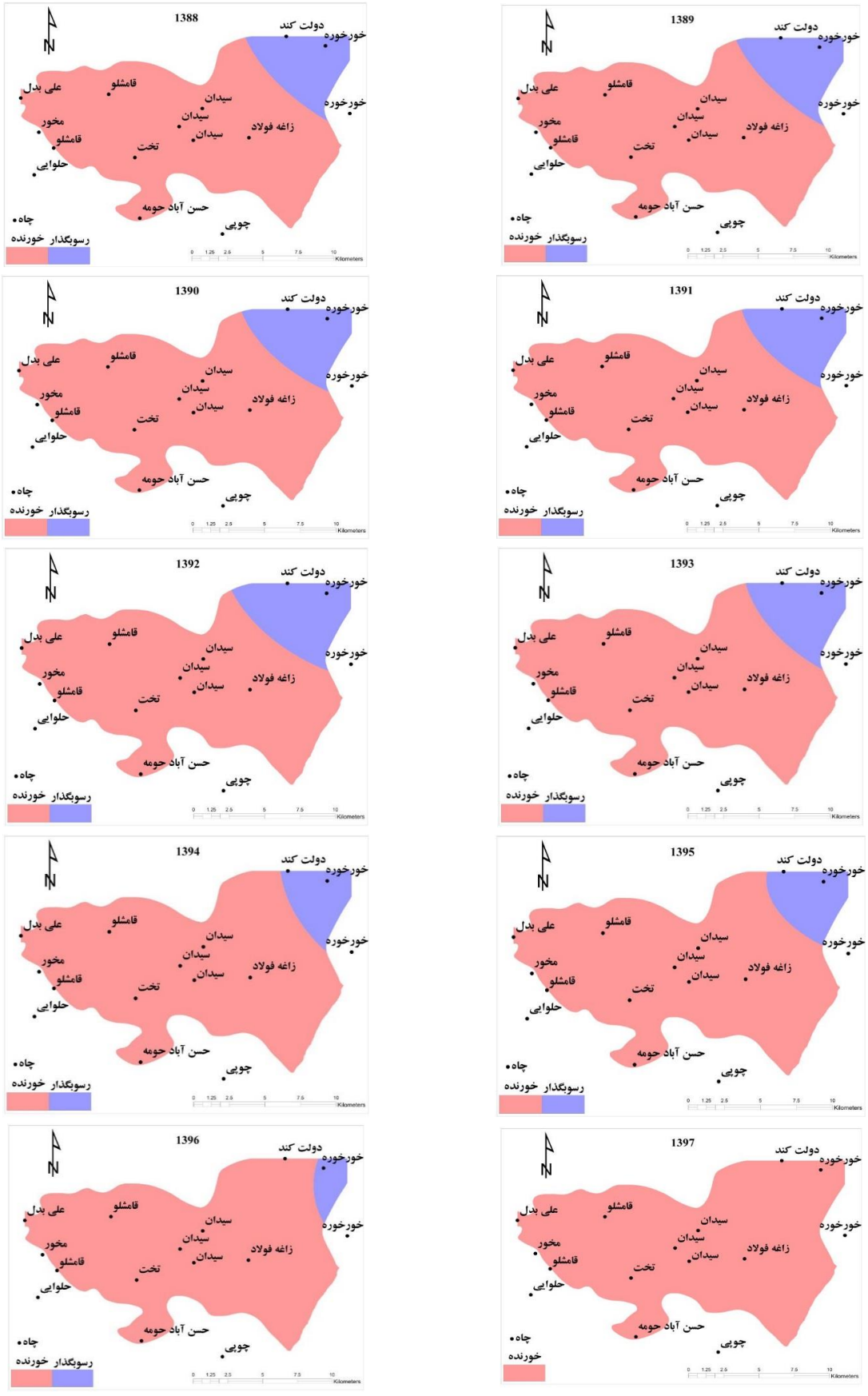
شکل ۴. نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی با شاخص رایزنر (خرداد)



شکل ۵. نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی با شاخص رایزنر (مهر)



شکل ۶. نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی با شاخص پوکوریوس (خرداد)



شکل ۷. نتایج پهنه‌بندی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی با شاخص پوکوریوس (مهر)

نتایج و بحث

به طور کلی، می‌توان اظهار داشت که کیفیت آب زیرزمینی و خواص خورندگی و رسوب‌گذاری آن‌ها بستگی به بافت زمین‌شناسی و زمین‌زاد هر منطقه دارد. هر چند که بررسی‌ها نشان‌دهندهٔ آن‌است که تمامی شاخص‌های مورد نظر تقریباً نتایج یکسانی را برای کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجارـ دیواندره را نشان داده‌اند. همهٔ نتایج بیانگر آن هستند که آب زیرزمینی بخش غربی دشت دارای خاصیت خورندگی بوده و از مرکز به طرف شرق دشت، خاصیت رسوب‌گذاری کم، خورندگی کم و یا متعادل و تا حدودی خنثی و بخشی از شرق و شمال شرقی دشت خاصیت رسوب‌گذاری را دارند. البته باید توجه داشت که به دلیل تقسیم‌بندی متفاوت هر شاخص، انواع کیفیت‌های مورد نظر مساحت‌های متفاوتی را در بر گرفته‌اند. در بررسی خواص رسوب‌گذاری و خورندگی، از آنجا که در شاخص رایزنر گروه‌های بیشتری جهت کیفیت آب زیرزمینی تعریف شده‌اند، بنابراین از دقت بیشتری نیز برخوردارند. درضمن، تا کنون بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت بیجارـ دیواندره مورد تحقیق و تجزیه‌وتحلیل قرار نگرفته است، بنابراین امکان مقایسه و تجزیه‌وتحلیل آن با نتایج سایر محققان امکان‌پذیر نیست. در تأیید نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های به‌کاربرده‌شده در این تحقیق مطالعات بسیار زیادی در اقصی نقاط کشور به انجام رسیده است. آب شهر کوهدشت با استفاده از شاخص‌های لانژلیه و رایزنر خورنده تشخیص داده شد و توصیه‌هایی برای کنترل pH آن صورت پذیرفت [۲۰].

خورندگی و رسوب‌گذاری آب شرب شهر تبریز با استفاده‌از شاخص‌های لانژلیه، رایزنر و پورکوریوس نشان داده است که آب مورد نظر خاصیت خورندگی دارد [۲۱]. منابع آب روستاهای شهرستان قم با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، رایزنر و پورکوریوس و شاخص خورندگی بیانگر خورنده بودن کلیهٔ منابع آب مورد بررسی بوده است [۲۲].

بررسی رسوب‌گذاری و خورندگی آب زیرزمینی شهر ساری با نگرش کاربری صنعتی، شهری و کشاورزی براساس شاخص لانژلیه نشان‌دهندهٔ خاصیت رسوب‌گذاری آب منطقه بوده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ این موضوع بوده که میزان رسوب‌گذاری در محدودهٔ مرکز منطقهٔ مورد نظر دارای بیشترین مقدار بوده است [۲۳]. بررسی آب منطقهٔ رفسنجان با استفاده از شاخص‌های لانژلیه، پوکوریوس رایزنر و تهاجمی،رسوب‌گذار گزارش شده است [۲۴].

در مجموع، بنا به یافته‌های طرح حاضر می‌توان بیان کرد که: ۱- در قسمت‌های غربی دشت بیجارـ دیواندره با خاصیت خورندگی برای جلوگیری از این پدیده، استفاده از هوادهی برای حذف آهن و منگنز، حفاظت کاتدی، آسترپوشی، لعاب‌کاری و رنگ‌کاری تأسیسات، استفاده از لوله‌های مقاوم در مقابل خورندگی نظیر لوله‌های پلی‌اتیلنی و تنظیم pH آب با استفاده از آهک قابل توصیه هستند. ۲- برای مناطق مرکزی به طرف شرق دشت با خاصیت رسوب‌گذاری آب و بروز تأثیرات نامطلوب بر کشاورزی، صنعت و سلامت اهالی منطقه، استفاده از مواد بازدارندهٔ رسوب‌گذاری نظیر استفاده از ترکیبات فسفاته و همچنین، برداشت کمتر از منابع آب قابل توصیه هستند. ۳- شاخص رایزنر کیفیت آب بخشی از مرکز دشت را خنثی نشان داده است که در صورت انجام آزمایش‌های تکمیلی و اثبات موضوع، نیازی به استفاده از مواد بازدارنده جهت کنترل رسوب‌گذاری و خورندگی نخواهد بود.

منابع

[1].Mosaferi M, Shakerkhatibi M, Dastgiri S, Jafar-abadi MA, Khataee A, Sheykholeslami S. Natural arsenic pollution and hydrochemistry of drinking water of an urban part of Iran. Avicenna Journal of Environmental Health Engineering. 2017;1(1):7-16.

[2].Nanbakhsh H. Study of chemical and bacterial quality of potable ground water sources in Urmia in 2000. Urumia Medical journal. 2003; 13(1):41-50 [Persian].

[3].Świetlik J, Raczyk-Stanisławiak U, Piszora P, Nawrocki J. Corrosion in drinking water pipes: The importance of green rusts. Water research. 2012;46(1):1-10.

[4].Setare P, Ahmadi E, editors. Analysis of the chemical quality of groundwater resources using software Aq. Qa (prairie Songhor village of Kermanshah). 4th Conference on Environmental Health., Yazd. 2011.[Persian].

[5].Shahmansoori M, Pourmoghadas H, Shams G. Survey of Micro Pollutant of Pipes corrosion in the water Distribution system. J Res Med Sci. 2008;8(2):1-7 [Persian].

[6].Viessman W, Hammer M. Water Supply and Pollution Control. ed t, editor. New York: Prentice Hall Press; 2008.

[7].Karbassi A. Nabi Bidhendi Gh R. Corrosion in water distribution system and drinking water quality. Journal of Mohit Shenasi. 2000;17:24-33 [Persian].

[8].Asgary H. Prevent corrosion and deposition of hard water supply networks. 6th National Congress on Environmental Health; Tehran, Iran Medical Sciences University1998. [Persian].

[9].Ghanizadeh G, Ghaneeian M. Corrosion and precipitation potential of drinking-water distribution systems in military centers. Journal of Military Medicine 2009;11(3):9-25 [Persian].

[10]. Lauer W. Introduction to Water Treatment: Principles and Practices of Water Supply Operations. Denver: American water Works Association Press; 2003.

[11]. Hossein Sarbazy A, Esmaili K. Investigation of Groundwater Resource Quality Change on Agriculture and Technology (Case study: The Plain of Neyshabour). Iranian Journal of Irrigation & Drainage. 2014;8(1):74-85 [Persian].

[12]. Alipour V, Dindarloo K, Mahvi AH, Rezaei L. Evaluation of corrosion and scaling tendency indices in a drinking water distribution system: a case study of Bandar Abbas city, Iran. Journal of water and health. 2015;13(1):203-209.

[13]. Khorsandi H, Mohammadi A, Karimzadeh S, Khorsandi J. Evaluation of corrosion and scaling potential in rural water distribution network of Urmia, Iran. Desalination and Water Treatment. 2016;57(23):10585-92.

[14]. Mirzabeygi M, Naji M, Abbasnia A, Salimi J, Mahvi AH. Evaluation of corrosion and scaling potential in water distribution system of Torbat Heydariyeh City in 2012. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences. 2015;3(1):8-15 [Persian].

[15]. Safavi Gerdini M, Mohammadrezapour O, Bahrami E, Mohamadi sedigh M, Salarijazi M. Geostatistical Assessment of spatial and temporal variations of ground water quality parameters in Qorveh and Dehgolan South Plain. iranian of irrigation & water engineering. 2018;9(33):167-83 [Persian].

[16]. Honarbakhsh A, Soori MM, Ostovari Y. Qualitative Assessment and Mapping of Corrosion and Sedimentation Potential of Marvdasht Groundwater. Environment and Water Engineering. 2018;4(3):229-240 [Persian].

[17]. Alidadi H, Tavakoli Sani S B, Zarif Gharaati Oftadeh B, Tafaghodi M S, S. H., , Fakhari, al. e. Corrosion and Scaling Potential in Drinking Water Distribution System: a Case Study of Mashhad. Journal of Research in Environmental Health. 2019; 4 (4):272-282 [Persian].

[18]. Ghamarnia H. Assessment of Groundwater Quality in Chardoley Plain Located in Kurdistan Province. Journal of Water Resources Engineering. 2019;12(41):145-160 [Persian].

[19]. Mahmudy Gharaie MH, Rokhashmah N, Mahboubi A, Moussavi Harami SR. Assessment of groundwater quality in North Quchan plain (Khorasan Razavi Province); implication for drinking and industrial usage. Scientific Quarterly Journal of Geosciences. 2021;31(1):85-96.

[20]. Ebrahimi A, Kamarehie B, Asgari G, Mohammadi AS, G R. Drinking water corrosivity and sediment in the distribution network of Kuhdasht, Iran. Health system research. 2012;8(3):479-86 [Persian].

[21]. Taghipour H, Shakerkhatibi M, Pourakbar M, Belvasi M. Corrosion and scaling potential in drinking water distribution system of Tabriz, northwestern Iran. Health promotion perspectives. 2012;2(1):103-111 [Persian].

[22]. Rezaei Kalantari R, Yari AR, Ahmadi E, Azari A, Tahmasbi Zade M, Gharagazlo F. Survey of corrosion and scaling potential in drinking water resources of the villages in Qom province by use of four stability indexes (With Quantitative and qualitative analysis. Archives of Hygiene Sciences. 2013;2(4):127-34.

[23]. Ehsaney S, Salehpour M, Ehsaney A H, Abassy P. Investigation of salinity, sedimentation and corrosion potential of groundwater in Sari with industrial, urban and agricultural use. Journal of Human & Environment. 2013;11(1):19-30 [Persian].

[24]. Malakootian M, Mobini M, Sharife I, Haghighifard A. Evaluation of corrosion and scaling potential of wells drinking water and aqueducts in rural areas adjacent to Rafsanjan fault in during october to december 2013. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2014;13(3):293-304.