مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۳۸۳ تا ۳۹۶

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

مقایسه دو روش فازی و قطعی در ارزیابی کیفیت آب شرب دشت بیلوردی

صدیقه شکور[۱]، عطاالله ندیری[۲،*]، اصغر اصغری مقدم[۳]، میثم ودیعتی[۴]

۱. کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲. (نویسنده مسئول): استادیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳. استاد گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۴. دانشجوی دکتری هیدروژئولوژی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۲۲
تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۷
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۹/۳۰

واژگان کلیدی: کیفیت آب شرب، منطق فازی، روش قطعی، دشت بیلوردی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Nadiri@tabrizu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: *سلامتی انسان بیش از هر چیز، به آب شرب سالم و بهداشتی بستگی دارد. در دشت بیلوردی تنها منبع آب شرب مصرفی، آب‌های زیرزمینی است که در بعضی نقاط از کیفیت پایینی برخوردار است، لذا آب شرب این منطقه از نظر کیفیت نیاز به بررسی دقیق دارد و در این تحقیق، با دو روش فازی و قطعی مورد ارزیابی قرار گرفت.*

روش بررسی: *در مهر سال ۱۳۹۲ تعداد ۱۵ نمونه از نقاط مختلف دشت بیلوردی برداشته شدند و غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی، نیترات، فلوئور و برخی پارامترهای فیزیکی آب در آزمایشگاه آب‌شناسی دانشگاه تبریز اندازه‌گیری شدند. جهت بررسی کیفیت شرب، نخست از دیاگرام شولر در محیط GWW و سپس از سیستم استنتاج فازی در محیط MATLAB استفاده کرده و نتایج آنها با هم مقایسه شدند.*

یافته‌ها: *براساس نتایج، در روش قطعی، کیفیت آب شرب در بازه خوب تا کاملا نامطبوع دسته‌بندی شد ولی در روش فازی، علاوه بر بیان کیفیت آب، درصد قابلیت شرب نمونه‌ها نیز ارائه شد، بطوری‌که شش نمونه با درصد اطمینان ۱۳/۸ تا ۱۴/۷، پنج نمونه با درصد اطمینان ۵۰ و چهار نمونه با درصد اطمینان ۷۳ تا ۸۵٪ به ترتیب در گروه‌های غیرقابل قبول، قابل قبول و مطلوب برای شرب قرار گرفتند.*

نتیجه‌گیری: *نتایج، حاکی از دقت و توانایی بالای روش فازی نسبت به روش قطعی است، چون عدم قطعیت‌های موجود در مراحل مختلف نمونه‌برداری، آنالیز و تحلیل نتایج را پوشش می‌دهد و همه پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب را در ارزیابی لحاظ می‌کند، همچنین برای قابلیت شرب آب، درصد اطمینان ارائه می‌دهد.*

Please cite this article as: Shakur S, Nadiri AA, Asghari Moghaddam A, Vadiati M. Comparison of fuzzy and deterministic methods in evaluation of the quality of Bilverdi plain drinking water. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):383-96.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

مقدمه

بـا عبـور آب از لایه‌های مختلف خاک و سـازندهای موجود در مسـیر حرکـت آب از بالادسـت بـه پایین‌دسـت، کیفیت آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد (۱). انحلال کانی‌های سازنده سـاختمان خاک شامل: ترکیبات سـدیم، پتاسیم و منیزیم و ... که در مسـیر حرکت آب زیرزمینی قرار دارند، موجب می‌شود در آب‌های آشـامیدنی ایجاد طعم کنند، بطوری‌که آب‌هایی که میزان کلرور آنها بیش از حد اسـت، شور و آب‌هایی که مقدار سولفات سدیم و سـولفات منیزیم آنها زیاد است، گس و تلخ مزه‌اند. کلسـیم و منیزیم نیز از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز بدن هسـتند؛ از طرفی زیادی غلظت این دو فلز موجب سختی آب نیز می‌شـود (۲) غلظت زیاد نیترات در آب باعث بروز بیماری متهموگلوبینا، سیانوزیس نوزادان، اختلالات تنفسی، بیماری‌ها و سـرطان‌های گوارشی و ... می‌شـود (۳). یکی از روش‌های مرسـوم برای تعیین کیفیت آب شرب، دیاگرام نیمه لگاریتمی شـولر است که نخستین بار توسط شـولر در سال ۱۹۶۲ ارائه شـده (۴) و تاکنون نیز نتایج قابل قبولی در پی داشته است که به چند مورد از آنها اشـاره می‌شـود. Ebadati و همکار (۵) جهت بررسی کیفیت آب رودخانه دز، از نمودار شولر استفاده کردنـد و به این نتیجه رسـیدند کـه آب رودخانه دز به لحاظ شرب مناسب است. Homayon Nezhad و همکاران (۶) کیفیـت آب مخازن چاه‌های نیمه زابل را با اسـتفاده از نمودار شـولر، قابل قبول ارزیابی کردند. Soleymani Motlagh و همکاران (۷) در ارزیابی تاثیرات خشکسالی بر کیفیت آب‌های سـطحی از نمودار شـولر بهره گرفتند و پـی بردند که کیفیت آب شـرب ایـن منابع، از خوب به قابل قبـول تغییر پیدا کرده اسـت. Sajadi Mian Ab و همکاران (۸) در مطالعات خود بر تاثیـر آب خلیج فارس بر روی کیفیـت آب‌های زیرزمینی منطقه عسـلویه از نمودار شولر استفاده کردند و آب را غیرقابل شرب برآورد کردند. در دیاگرام شولر، از میان پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب شـرب تنها غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی آب لحـاظ می‌شـود و نمی‌توان در صورت لـزوم هر کدام از پارامترهای فیزیکی مانند دما، کدورت و پارامترهای شـیمیایی مانند، سیلیس، نیترات، فلوراید و فلزات سنگین، مؤثر بر کیفیت آب شـرب را به آن اضافه کرد، بنابراین بهتر اسـت از روشی استفاده شـود که این محدودیت را نداشته باشد و منطق فازی می‌تواند تا حدودی این محدودیـت را برطرف کند. مطالعات متنوعی پیرامون کاربرد منطق فـازی در ارزیابی، تصمیم‌گیری و پیش‌بینی پارامترهای مختلف منابع آب انجام شـده است که به چند مورد از آنها اشـاره می‌شود. Hasani و همکاران (۹) با اسـتفاده سیستم اسـتنتاج فازی ممدانی، شاخص کیفی برای آب‌های زیرزمینی طراحی کردند و سـپس به دلیل جامع بودن این شاخص کیفی، از آن برای ارزیابی کیفی آب قنات‌ها استفاده کردند. Saberi و همکاران (۱۰) جهت طبقه‌بندی و شناسایی کیفیت و تجزیه تحلیل آب‌های زیرزمینی از سیسـتم اسـتنتاج فازی استفاده کردند. Kahe و همکاران (۱۱) جهت پیش‌بینی کیفیـت آب رودخانـه کارون از منطـق فازی و خوشـه‌بندی فازی به روش (C- Mean) بهره گرفتند و توانسـتند با ارائه یک مدل، بین مشـخصات هیدرولوژیکـی و پارامترهای کیفی رودخانه، ارتباط معنی‌داری جهت پیش‌بینی کیفت آب رودخانه برقرار کنند. Scannapieco و همکاران (۱۲) جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه از مقایسـه منطق ارسطویی و منطق فازی اسـتفاده کردند و به این نتیجه رسـیدند کـه روش فازی نتایج بهتـری در ارزیابی کیفیـت آب رودخانه ارائه می‌دهد. هرکدام از دو گـروه محققین مذکور، برای ارزیابی کیفیت آب شـرب به‌تنهایی یـا از روش‌های قطعی یا فازی بهره گرفته‌اند ولی در این تحقیق هر دو روش بکار گرفته شدند و در آخر برای درک بهتـر نتایج و پی بردن به نقاط ضعف و قوت آنها، دو روش با هم مقایسه شدند.

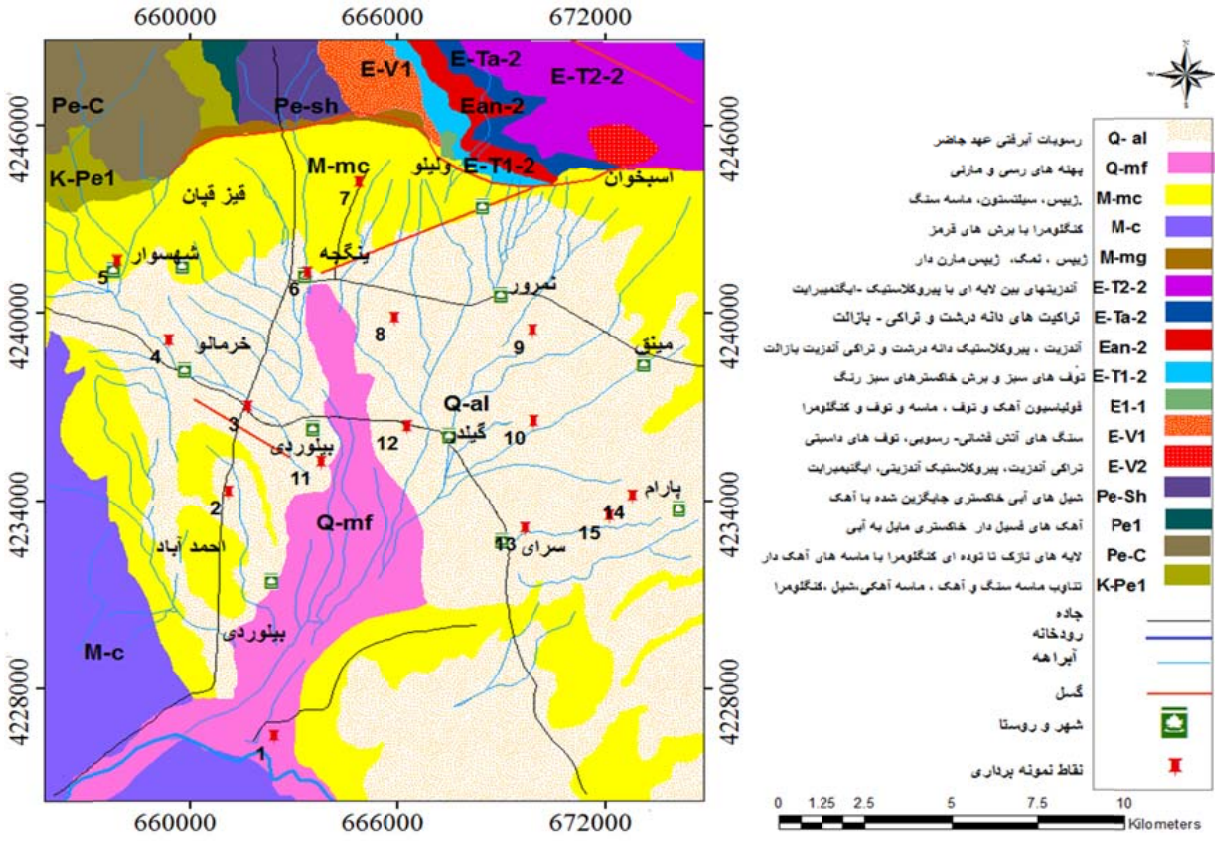
مواد و روش‌ها

عملیات میدانی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه:

محدوده مطالعاتی دشت بیلوردی با ۲۸۹ km^2 در ۴۵ کیلومتری شمال شرق شهرستان تبریز قرار دارد و از نظر هیدرولوژیکی، از

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه محسوب می‌شود. جهت بررسی زمین‌شناسی منطقه در مهر سال ۱۳۹۲ عملیات میدانی انجام شد، پس از بازدید و شناخت پدیده‌های زمین‌شناسی منطقه با استفاده از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ خواجه، نقشه زمین شناسی دشت بیلوردی تهیه شده است. این دشت از نظر چینه‌شناسی شامل: رسوبات کرتاسه (ماسه سنگ‌های آهکی، شیل، کنگلومرا)، ائوسن (تراکی آندزیت، تراکیت، توف داسیتی تا ریوداسی‌تی، ایگنیمبرایت، سنگ‌های آذرین- رسوبی، لاواهای آندزیتی و داسیتی، لایه‌های غیریکنواخت مارن ژیپس‌دار، مارن)، میوسن (لایه‌های غیریکنواخت مارن _ ژیپس، ماسه سنگ، سیلت سنگ، مارن ژیپس‌دار، مارن نمک‌دار، لایه‌های قرمز برش و گنگلومرا) تا عهد حاضر (رسوبات و تراس‌های آبرفتی، پهنه‌های رسی و مارنی) است. در شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی و نقاط نمونه‌برداری منطقه مورد مطالعه آمده است.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی و نقاط نمونه‌برداری دشت بیلوردی

نمونه‌برداری و آنالیز آزمایشگاهی:

منابع آب‌های زیرزمینی معمولا در فصل پاییز دارای آب کمتر و املاح بیشتر هستند. جهت بررسی آب شرب در حالت دارای بیشترین غلظت املاح، در مهر سال ۱۳۹۲ اقدام به نمونه‌برداری شد و براساس دستورالعمل‌های موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳) تعداد ۱۵ نمونه، از نقاط مختلف دشت، به روش نمونه‌برداری ناپیوسته یا لحظه‌ای برداشته شد و برای نمونه‌برداری از ظروف پلاستیکی پلی‌اتیلنی دو لیتری استفاده شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه آب‌شناسی دانشگاه تبریز

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

منتقل شدند و براساس روش‌های استاندارد (۱۴)، pH و EC(هدایت الکتریکی) با دستگاه‌های pHمتر و دستگاه سنجش هدایت الکتریکی، غلظت یون‌های: کلسیم، منیزیم، بیکربنات، کلر به‌روش تیتراسیون (حجم‌سنجی)، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم به روش فلیم‌فتومتری (Flame photometry) و یون‌های فلوراید، نیترات و سولفات به روش اسپکتروفتومتری (Spectrophotometry) اندازه‌گیری شدند. برای صحت‌سنجی نتایج از نمونه شاهد (Spiked) استفاده شد (۱۵). برای بررسی دقت نتایج از یک نمونه تکراری (Duplicate) در میان نمونه‌ها استفاده شد، بدین‌صورت که دو نمونه از یک چاه برداشته می‌شوند و در میان نمونه‌ها قرار داده می‌شوند، اگر آزمایش‌ها درست انجام شود بایستی گزارش آنالیز آزمایشگاهی برای نمونه‌های تکراری نتایج یکسانی را نشان دهد (۱۵). در نهایت برای بررسی دقت کلی داده‌های بدست آمده، از روش محاسبه بالانس یونی برای تمام نمونه‌ها استفاده شد زیرا در حالت کلی، آب شرب از نظر الکتریکی خنثی است و باید بین کاتیون‌ها و آنیون‌های آن برحسب meq/L تعادل برقرار باشد لذا در این تحقیق بالانس یونی نمونه‌ها محاسبه شده و نمونه‌های با خطای بالانس بیشتر از ۵ درصد را مجددا مورد آنالیز قرار داده تا خطای آنها به کمتر از ۵ درصد برسد. نتایج آنالیز آزمایشگاهی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز آزمایشگاهی و درصد خطای آزمایش برای نمونه‌ها

شماره نمونه	EC	pH	سدیم	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	بیکربنات	کلرور	سولفات	نیترات	فلوئور	درصد خطا بالانس یونی
W_1	۷۶۰۰	۷/۲۵	۵۶/۲۱	۸/۵	۸/۸	۱۹/۲	۱۱/۶	۵۱/۸۸	۲۵/۸۴	۲/۸۸	۰/۱۲	۰/۲۸
W_2	۴۳۰۰	۸	۱۲/۸	۰/۶۷	۲۰/۴	۲۸	۵/۸	۱۰/۱۵	۳۳/۸۲	۰/۸۶	۰/۴۹	۳/۲۴
W_3	۲۳۰۰	۸/۱	۱۱/۰۵	۰/۲۳	۹/۲	۴/۴	۷	۹/۰۲	۲/۵۷	۰/۳۰	۰/۸۲	۴/۹
W_4	۲۱۳۰	۸/۴	۱۳/۶۳	۰/۳۰	۵/۹۲	۵/۳۶	۱۰/۲۸	۹/۱۶	۴/۷۳	۰/۱۹	۰/۸۷	۱/۶۸
W_5	۸۹۰	۸/۱	۲۰/۲۹	۰/۱۳	۲/۷۲	۴/۶۴	۷/۹۶	۲/۲۸	۰/۴۷	۰/۰۰۳	۰/۵۳	۴/۶۵
W_6	۳۰۹۰	۸/۴	۲۰/۴۰	۰/۲۳	۱۰/۴	۶/۸	۸/۷۶	۱۶/۲۱	۱۵/۵۶	۰/۰۷	۱/۰۳	۳/۵۳
W_7	۱۴۰۰	۷/۹	۸/۹۲	۰/۰۳	۴/۶۴	۳/۵۲	۱۲/۸	۲/۳۱	۴/۰۳	۰/۲۰	۱/۰۴	۳/۷۳
W_8	۷۵۰	۷/۱	۲/۸۵	۰/۰۶	۱/۳۶	۴/۶۴	۴/۲۴	۲/۰۸	۰/۴۰	۰/۱۰	۰/۸۱	۴/۱۸
W_9	۱۲۵۵	۷	۳/۳۲	۰/۰۵	۳/۴۴	۸/۹۶	۳/۴۴	۲/۵۷	۱۲/۸۵	۰/۱۳	۱/۳۸	۲/۷۳
W_{10}	۱۶۴۰	۷/۸	۶/۹۹	۰/۱	۵/۳۶	۵/۹۴	۴/۹۶	۵/۰۱	۹/۸۱	۰/۲۰	۰/۴۵	۴/۴۲
W_{11}	۵۳۰۰	۷/۲۵	۴۰/۵۰	۰/۳۷	۱۹/۲	۱۴/۸	۱۴/۵۶	۲۱/۹۹	۳۵/۸۵	۰/۳۸	۱/۳۸	۴/۴۱
W_{12}	۱۲۵۰	۷/۹۱	۴/۳۱	۰/۰۶	۳/۵۲	۴/۰۸	۴/۳۶	۴/۲۸	۳/۶۵	۰/۰۳	۰/۴۵	۱/۴۸
W_{13}	۱۷۰۴	۷/۸۲	۶/۵۶	۰/۱۷	۶/۴	۶	۵/۳۶	۵/۵۷	۱۱/۵۰	۰/۱۴	۱/۲۳	۳/۳۶
W_{14}	۲۳۰۰	۷/۸۷	۱۴/۹۰	۰/۱۷	۷/۳۶	۸/۴	۵/۴۸	۵/۰۷	۱۶/۹۸	۰/۱۴	۱/۱۷	۱/۹۶
W_{15}	۲۵۰۰	۷/۳	۱۱/۷۰	۰/۲۷	۹/۸۴	۸/۹۶	۶/۶	۷/۱۹	۲۰/۵۰	۰/۱۵	۱/۰۱	۰/۹۳

*واحد تمام یون‌ها به‌جز نیترات برحسب meq/L، واحد نیترات برحسب meq/L یون نیترات، EC برحسب µmhos/cm و pH واحد ندارد.

پس از این مراحل، جهت ارزیابی کیفیت شرب نمونه‌ها نخست از نمودار نیمه لگاریتمی شولر در محیط نرم‌افزار GWW و سپس از سیستم فازی ممدانی در محیط نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. این دو روش در ذیل توضیح داده شده‌اند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

روش قطعی و روش فازی:

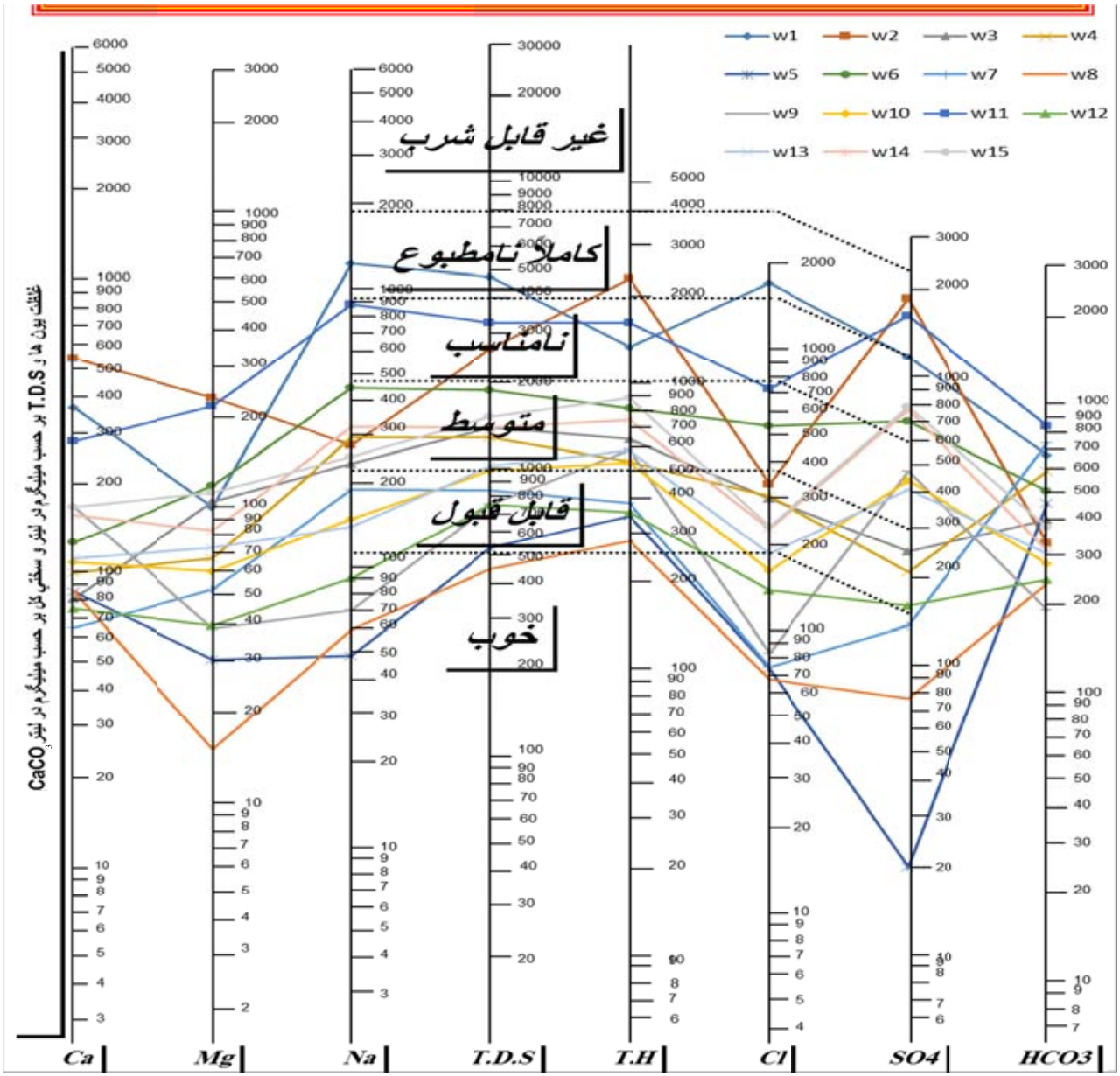
در نمـودار شـولر، آب‌ها از نظر مصرف آشـامیدن براسـاس پارامترهای شیمیایی: سـدیم، کلرور، سولفات، کل مواد جامد محلول (Total Dissolved Solid) و سـختی کل (Total Hardness)، به شش گروه شامل: خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسـب، کاملا نامطلوب و غیرقابل شـرب تقسـیم می‌شوند (۴). بـرای رسـم نمودار شـولر پارامترهـای: HCO_3^-، Cl^-، Ca^{2+}، Mg^{2+}، SO_4^{2-}، Na^+، برحسـب mg/L و مقدار TDS برحسـب µmhos/cm به‌عنوان ورودی به نرم‌افزار GWW داده می‌شـوند و نرم‌افـزار نیز کیفیت آب شـرب را (به‌عنوان خروجـی) در قالـب نمودار شـولر ارائـه می‌دهد. GWW نرم‌افزاری جامع اسـت که در محیط اکسـل برنامه‌نویسی شده و می‌تواند نمودارهای هیدروشـیمی از جمله شـولر را ترسیم نماید. مزایای اسـتفاده از این نرم‌افزار کاهش محاسبات دستی، افزایـش صحـت و دقت محاسـبات، سـاماندهی حجم زیاد اطلاعات و کیفیت بالای گرافیکی است. در این نرم‌افزار مقادیر اندازه‌گیری شـده یون‌های اصلی آب به نرم‌افزار داده می‌شوند و نرم‌افـزار نیـز کیفیت آب را در قالـب نمودارهایی (به‌عنوان خروجی) ترسـیم می‌کند. یک سیستم اسـتنتاج فازی فرایندی است که استدلال زبان انسان را با استفاده از قوانین فازی (اگر- آنگاه) به‌صورت توابع ریاضی در می‌آورد و عموما متشـکل از چهار بخش اصلی شـامل: فازی سـازی، قوانین فازی، موتور اسـتنتاج فازی و غیرفازی‌سازی اسـت که در ذیل به اختصار توضیح داده می‌شـوند. فازی‌سـازی: عبارت است از فرایندی که مقادیر اندازه‌گیری شـده را به متغیرهای زبانی بکار رفته در قسمت شـرط قوانین فازی تبدیل می‌کند و این کار با استفاده از تعیین تابع عضویت بـرای ورودی‌ها انجام می‌گیرد. قوانین فازی: در سیسـتم‌های فازی جهت ایجاد ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌های مدل، از یک سری قوانین فازی استفاده می‌شود که هر قانون شـامل دو بخش: شـرط (اگـر) و نتیجه (آنگاه) اسـت (۱۶). موتور اسـتنتاج فازی: عملیات استنتاج قوانین بر عهده سیستم استنتاج یا واحد تصمیم‌گیرنده است و این سیستم روش ترکیب قوانین را کنترل می‌کند (۱۷). غیرفازی‌سازی: این مرحله فرایندی اسـت که خروجی فازی را به مقادیر غیرفازی تبدیـل می‌کند و آن را بصورت مقـدار عددی نمایش می‌دهد. به عبارتـی در این تحقیق، مراحل زیر به‌ترتیب انجام شـدند: ۱- فازی‌سـازی مقادیر واقعی حاصل از آنالیز آزمایشـگاهی، از طریق، تعییـن ورودی‌ها وخروجی‌ها و مقدار تابع عضویت بـرای آنها. ۲- اعمـال قوانینی به سیسـتم اسـتنتاج فازی، تا موتـور اسـتنتاج فازی براسـاس این قوانین بیـن ورودی‌ها و خروجی‌هـا ارتباط برقرار کند و بـرای مدل تصمیم‌گیری کند. ۳- غیرفازی‌سـازی مقادیر، جهت اخذ نتیجه نهایی به صورت کمی، این مقادیر کمی که از سیسـتم فازی اسـتخراج می‌شود، همان درصد اطمینان قابلیت شرب برای نمونه‌ها است.

یافته‌ها

آب آشـامیدنی بایـد فاقد رنگ، بـو و طعم بـوده و به لحاظ عناصـر و مـواد موجـود در آن، باید در محـدوده مجازی که توسط سازمان‌های بهداشـتی تعیین شده است، باشد (۱۸). بر پایه دیاگرام شـولر منابع آب دشـت بیلوردی، می‌توان گفت: کیفیـت آب‌های زیرزمینـی از خوب تا کامـلا نامطبوع متغیر اسـت بطوری‌که کیفیت آب در نمونه‌های ۱ و ۲، نامناسـب تا کاملا نامطبوع، در نمونه شـماره ۱۱ قابل قبول تا نامناسب، در نمونه‌های ۳، ۴، ۶، ۷، دارای کیفیت متوسـط، در نمونه‌های ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ دارای کیفیـت قابل قبول و در نمونه‌های ۵ و ۸، دارای کیفیت خوب اسـت. در شـکل ۲ نمودار شـولر نمونه‌های برداشت شده از دشت بیلوردی آمده است.

جهت بررسـی آب شـرب به روش فازی، ۱۰ پارامتر مؤثر بر کیفیت آب شامل: Cl^-، HCO_3^-، Ca^{2+}، Mg^{2+}، SO_4^{2-}، NO_3، F^-، Na^+، TDS و TH انتخاب شـدند، سـپس برای کاهش تعداد ورودی‌ها و در نتیجه کاهش پیچیدگی و خطای مدل سه گروه بدین شـرح اسـت: گروه اول: HCO_3^-، Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^+، گـروه دوم: SO_4^{2-}، Cl^-، TDS و TH؛ گـروه سـوم: NO_3^-، F^-، خروجی گروه‌های اول و دوم تعریف شـدند. قابل

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]



شکل ۲- نمودار شولر نمونه‌های برداشت شده از منابع آب زیرزمینی دشت بیلوردی

ذکر اســت، در این گروه‌بندی‌ها برای اینکه تصمیم‌گیری نهایی براســاس یک گروه واحد و نهایی انجام شود، از خروجی‌های گروه‌های اول و دوم بعنوان ورودی برای گروه ســوم اســتفاده شــده اســت. در سیســتم‌های فازی هــر قانون فازی شــامل متغیرهای زبان‌شــناختی و مشــخصه‌های زبانی است، بنابراین براساس اســتاندارد WHO و نظر کارشــناس خبره برای هر گروه، مشــخصه‌های زبانــی (مطلوب، قابل قبــول و غیرقابل قبــول) و متغیرهای زبان‌شــناختی (پارامترهای مؤثر در کیفیت آب از جمله ســدیم، پتاســیم و...) تعریف کرده که در جدول ۲ مشــخصه‌های زبانی و متغیرهای زبان‌شــناختی پارامترهای هر ســه گروه آمده است. بعد از مشخص شــدن استانداردها، مشــخصه‌های زبانی، متغیرهای زبان‌شناختی و تعیین معادلات

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

برای هر ورودی، براساس نظر کارشناس خبره از فازی‌سازهای مثلثی و ذوزنقه‌ای برای فازی‌سازی مقادیر قطعی استفاده شد. برای تعیین تابع عضویت هر ورودی، مقادیر واقعی پارامترها را در جایگاه از قبل تعریف شده در نرم‌افزار وارد کرده و تابع عضویتی بین ۰ و ۱ را برای آنها در نظر گرفته شد. برای نمونه در شکل ۳ نوع فازی‌ساز و شکل تابع عضویت پارامترهای گروه اول آمده است.

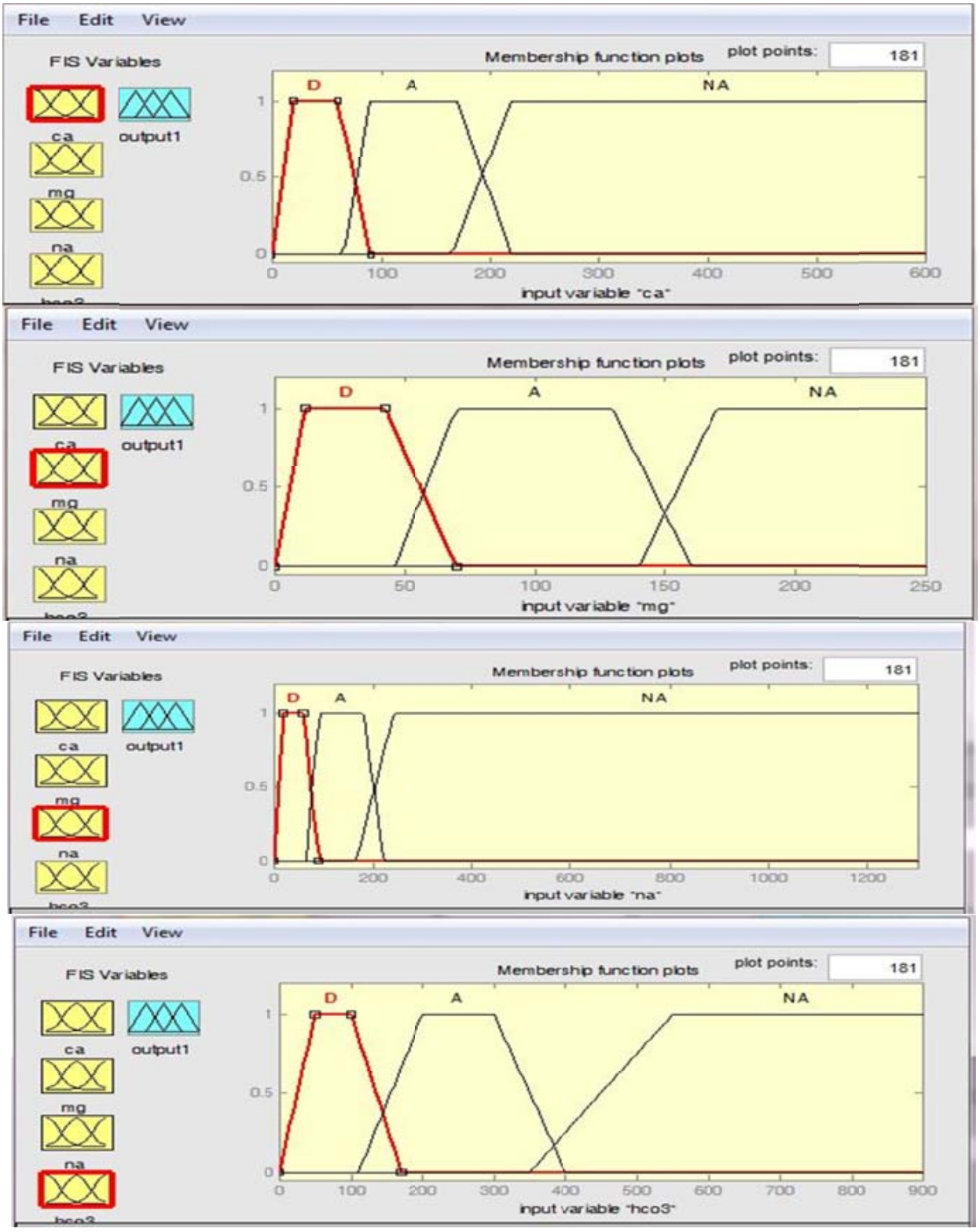
جدول ۲- مقادیر فازی و مشخصه‌های زبانی گروه اول، دوم و سوم

گروه	پارامترهای کیفی آب	متغیرهای زبانی		
		مطلوب	قابل‌قبول	غیرقابل‌قبول
اول	کلسیم	[۰ ۲۰ ۶۰ ۹۰]	[۶۵ ۹۰ ۱۷۰ ۲۲۰]	[۱۶۰ ۲۲۰ ۴۰۰ ۵۶۰]
	منیزیم	[۰ ۱۲ ۴۲ ۷۰]	[۴۶ ۷۰ ۱۳۰ ۱۶۰]	[۱۴۰ ۱۶۰ ۲۲۰ ۲۵۰]
	سدیم	[۰ ۲۰ ۶۰ ۹۰]	[۶۵ ۹۰ ۱۸۰ ۲۲۰]	[۱۶۰ ۲۵۰ ۸۰۰ ۱۳۰۰]
	بیکربنات	[۰ ۳۰ ۶۰ ۱۵۰]	[۱۰۰ ۲۰۰ ۳۰۰ ۴۵۰]	[۳۵۰ ۵۵۰ ۷۵۰ ۹۰۰]
دوم	کلر	[۰ ۴۰ ۱۶۰ ۲۳۰]	[۱۸۰ ۲۴۰ ۵۴۰ ۶۳۰]	[۵۶۰ ۶۶۰ ۱۰۰۰ ۱۸۴۰]
	سولفات	[۰ ۴۰ ۲۳۰ ۲۸۰]	[۲۳۰ ۲۸۰ ۳۸۰ ۴۳۰]	[۳۸۰ ۵۰۰ ۱۱۰۰ ۱۹۸۰]
	سختی کل	[۰ ۳۰ ۶۰ ۱۳۰]	[۱۰۰ ۳۰۰ ۵۰۰ ۷۰۰]	[۵۰۰ ۱۰۰۰ ۱۷۰۰ ۲۴۰۶]
	مواد جامد محلول	[۰ ۱۰۰ ۴۰۰ ۵۸۰]	[۴۰۰ ۶۸۰ ۱۸۰۰ ۲۰۵۰]	[۱۸۵۰ ۲۱۰۰ ۴۰۰۰ ۴۸۷۰]
سوم	نتایج گروه اول	[۵۰ ۶۵ ۸۵ ۱۰۰]	[۲۵ ۴۰ ۵۰ ۶۰]	[۰ ۱۵ ۳۰ ۴۰]
	نتایج گروه دوم	[۵۰ ۶۵ ۸۵ ۱۰۰]	[۳۰ ۴۰ ۵۰ ۶۰]	[۰ ۱۰ ۲۵ ۴۰]
	نیترات	[۰ ۰ ۳۰]	[۱۵ ۲۵ ۴۵ ۷۰]	[۴۰ ۸۰ ۱۲۰ ۱۸۰]
	فلوراید	[۰ ۰/۵ ۱ ۱/۵]	[۰/۹/ ۱/۳ ۱/۷۵ ۲]	[۱/۶۵ ۲/۱ ۲/۷ ۳]

تصمیم‌سازی سیستم استنتاج فازی، براساس قوانین اعمال شده توسط کارشناس خبره صورت می‌گیرد. در این مدل برای ایجاد ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها از عملگر استنتاج ممدانی و قوانین "اگر- آنگاه" استفاده شده است بدین‌صورت که در بخش" اگر"، ورودی مدل و در بخش آنگاه، خروجی مدل تعریف می‌شود. برای هر کدام از گروه‌های اول، دوم و سوم، ۸۱ قانون تعریف شده است که در شکل ۴ قوانین شماره ۷۲ تا ۸۱ از گروه اول آمده است، همچنین قانون ۷۵ با رنگ آبی نمایش داده شده است و به این معناست که اگر کلسیم، غیرقابل قبول؛ منیزیم، غیرقابل قبول؛ سدیم، مطلوب و بیکربنات، غیرقابل قبول باشند (ورودی‌های مدل)، آنگاه کیفیت آب زیرزمینی (خروجی مدل) به لحاظ شرب، دارای خاصیت غیرقابل شرب است.

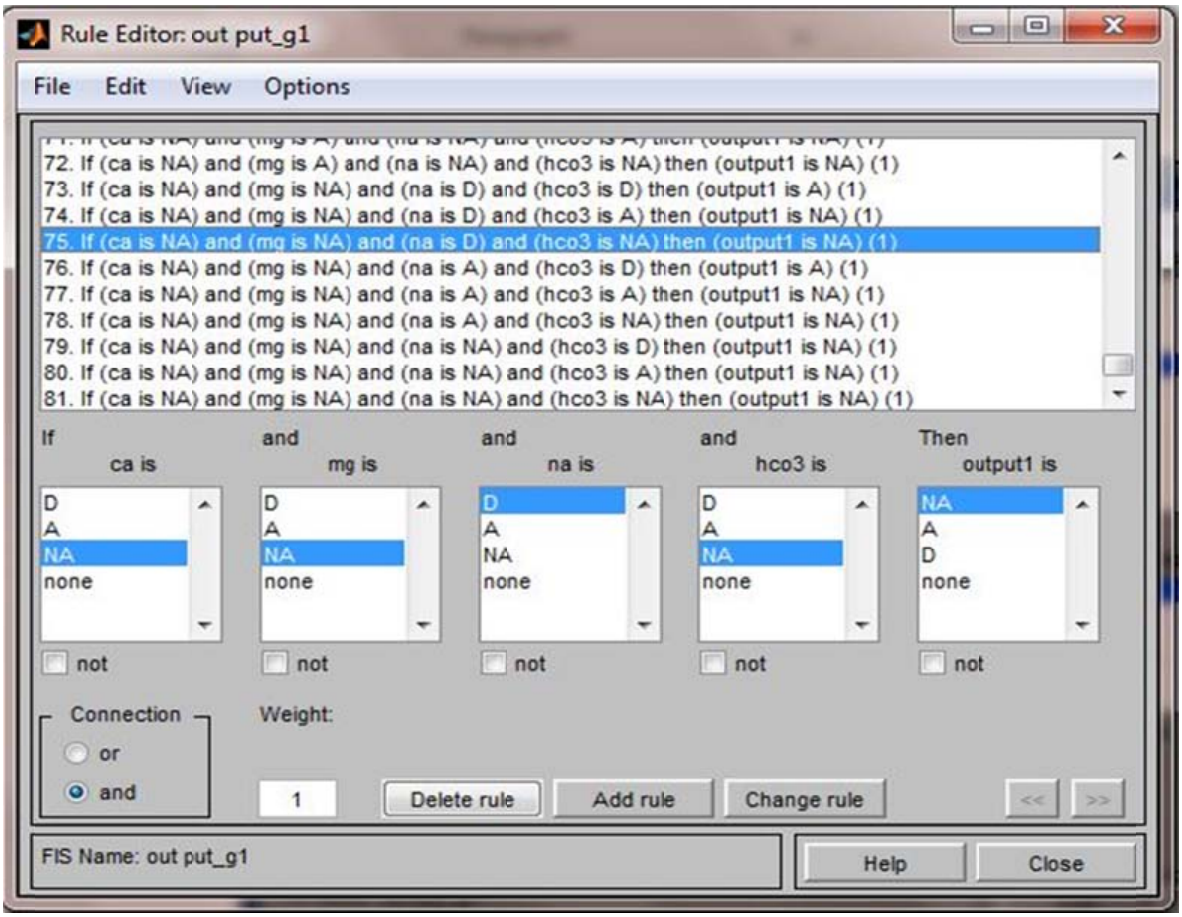
جهت غیرفازی‌سازی، وزن هر یک از قوانین برابر یک در نظر گرفته شد و از غیرفازی‌ساز مرکز ثقل (Center Of Gravity Difuzzifier) به‌عنوان رایج‌ترین غیرفازی‌ساز (۱۹) استفاده شده است، سپس برای خروجی گرفتن از مدل، مقادیر عددی و قطعی پارامترهای تمام نمونه‌های آب زیرزمینی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]



شکل ۳- نوع فازی ساز و تابع عضویت پارامترهای گروه اول

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]



شکل ۴- تعدادی از قوانین به کار گرفته شده در گروه اول

را در بخش نمایشگر قوانین MATLAB وارد کرده و کیفیت آب شرب و سطوح اطمینان تمام نمونه‌ها را مشخص کرده که نتایج آن در جدول ۳ آمده است. براساس نتایج بدست آمده از روش فازی، ۴۰ درصد داده‌ها شامل: نمونه‌های شماره ۱، ۲، ۶، ۱۱، ۱۴ و ۱۵ دارای درصد اطمینان پایین‌تر از ۱۶ درصد است که در گروه غیرقابل قبول برای شرب قرار گرفتند و حدودا ۳۳ درصد از نمونه‌ها شامل: نمونه‌های شماره ۳، ۴، ۹، ۱۰ و ۱۳ با درصد اطمینان ۵۰، در گروه قابل قبول برای شرب قرار گرفتند و درنهایت تنها ۲۷ درصد از داده‌ها شامل: نمونه‌های ۵، ۷، ۸، ۱۲ با درصد اطمینان بالاتر از ۸۴ درصد در گروه مطلوب برای شرب قرار گرفتند. در شکل ۵ موقعیت نمونه‌برداری و کیفیت شرب آنها براساس نتایج روش فازی نشان داده شده است.

بحث

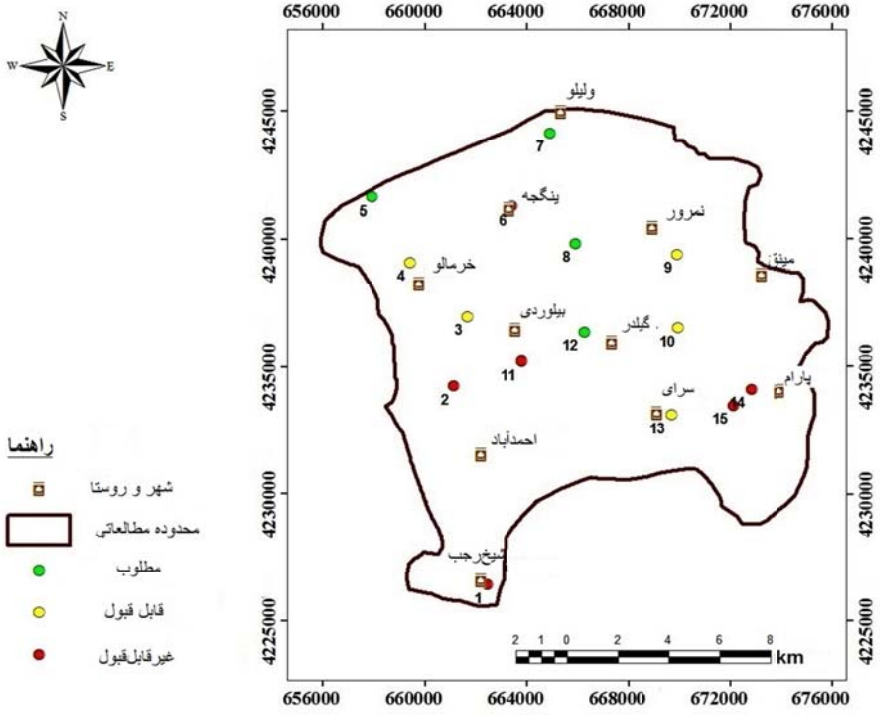
در این تحقیق کیفیت شرب آب‌های زیرزمینی دشت بیلوردی به دو روش‌های: نمودار شولر (به‌عنوان یک روش قطعی) و روش فازی ارزیابی شد. روش شولر با وجود اینکه معمول‌ترین روش برای بررسی کیفیت آب شرب هست ولی نتایج آن بصورت کیفی منطبق با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۱۸) هستند، با این تفاوت که در دیاگرام شولر از میان تمام پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب، تنها، عناصر اصلی آب شامل: کلسیم، منیزیم، سدیم، بیکربنات، کلرور، سولفات و سختی کل لحاظ می‌شوند و نمی‌توان سایر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب، از جمله: نیترات و فلوراید، فلزات سنگین، پارامترهای باکتریایی آب و ... را دخیل کرد،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

جدول ۳- مقایسه نتایج روش قطعی و فازی براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای آب شرب(WHO, ۲۰۱۱)

شماره نمونه	کیفیت آب به روش فازی		استاندارد سازمان بهداشت جهانی		
	کیفیت آب	درصد قابلیت شرب	مطلوب	قابل‌قبول	غیرقابل‌قبول
۱	غیرقابل‌قبول	۱۳/۸	-	NO_3^-, F^-	Ca^{2+},Mg^{2+}, Na^+, HCO_3^- Cl, SO_4, TH, TDS
۲	غیرقابل‌قبول	۱۴/۷	Cl^-		Ca^{2+},Mg^{2+}, Na^+, HCO_3, SO_4^{2-}, TH, TDS
۳	قابل‌قبول	۵۰	Cl^-, F^-	HCO_3^-, Ca^{2+}, SO_4^{2-},TDS, NO_3^-,	Mg^{2+}, Na^+, TH
۴	قابل‌قبول	۵۰	Cl^-, F^-	Ca^{2+},Mg^{2+}, SO_4^{2+}, TH, TDS, NO_3^-	Na^+, HCO_3^-
۵	مطلوب	۸۴/۹	Mg^{2+}, Na^+, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, F^-	Ca^{2+}, HCO_3^-, TH, TDS	
۶	غیرقابل‌قبول	۱۴/۵	NO_3^-	Ca^{2+}, Cl^-, F^-	Mg^{2+}, Na^+, HCO_3^- SO_4^{2-}, TH, TDS
۷	مطلوب	۷۳	Ca^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}	Mg^{2+}, TH, TDS, NO_3^-, F^-	Na^+, HCO_3^-
۸	مطلوب	۸۵/۲	Mg^{2+}, Na^+, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, TH, TDS, NO_3,	Ca,	---
۹	قابل‌قبول	۵۰	Mg^{2+}, HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-	Ca^{2+}, Na^+, TDS, F^-	SO_4^{2-}, TH
۱۰	قابل‌قبول	۵۰	Cl^-, HCO_3^-	Ca^{2+},Mg^{2+}, Na^+, TH, TDS, NO_3^-, F^-	SO_4^{2-}
۱۱	غیرقابل‌قبول	۱۴/۱	---	F^-	Ca^{2+},Mg^{2+}, Na^+, HCO_3^- Cl^-, SO_4^{2-}, TH, TDS, NO_3^-
۱۲	مطلوب	۸۴/۵	Mg^{2+}, HCO_3^-, Cl- SO_4^{2-}, NO_3^-, F^-	Ca^{2+}, Na^+, TH, TDS	----
۱۳	قابل‌قبول	۵۰	HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-	Ca^{2+},Mg^{2+}, Na^+, TDS, F^-	SO_4^{2-}, TH
۱۴	غیرقابل‌قبول	۱۴/۵	HCO_3^-, Cl^-, NO_3^-	Ca^{2+},Mg^{2+}, TDS	Na^+, SO_4^{2-}, TH, F^-
۱۵	غیرقابل‌قبول	۱۵/۲	Cl^-, NO_3^-	Ca^{2+}, HCO_3^-	Mg^{2+}, Na^+, SO_4^{2-}, F^- TH, TDS

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]



شکل ۵- نمایش توزیع کیفی منابع آب دشت بیلوردی براساس ارزیابی سیستم فازی

ولی در استاندارد مذکور سایر پارامترهای هیدروشیمیایی نیز در نظر گرفته می‌شوند، بنابراین جهت تحلیل روش فازی، نتایج فازی را با استاندارد سازمان بهداشت جهانی مقایسه کرده و نتایج آن در جدول ۳ آمده است. در جدول ۳، براساس استاندارد WHO نمونه‌های شماره ۱۳ و ۱۴ از لحاظ جایگاه پارامترهای موجود در رده‌های مطلوب، قابل قبول و غیرقابل قبول، تقریبا مشابه هستند و تنها در پارامترهای Na^{+} و F^{-} متفاوت‌اند، بطوری‌که براساس استاندارد WHO این دو پارامتر برای نمونه ۱۳ و ۱۴ به ترتیب در رده قابل قبول و غیرقابل قبول هستند، درحالی‌که در روش فازی کیفیت نمونه‌های ۱۳ و ۱۴به ترتیب قابل قبول (با درصد اطمینان ۵۰) و غیرقابل قبول (با درصد اطمینان ۱۴/۵) طبقه‌بندی شده‌اند. برتری روش فازی نسبت به روش قطعی با مقایسه سطح اطمینان در نمونه‌های آب زیرزمینی بهتر مشخص می‌شود، بطور مثال، براساس استاندارد WHO پارامترهای سدیم و بیکربنات نمونه شماره ۷ در رده غیرقابل قبول قرار گرفته ولی در نمونه شماره ۸ هیچ پارامتری در رده غیرقابل قبول قرار نگرفته است و بیشتر پارامترها در رده مطلوب قرارگرفته‌اند، لذا همان‌طور که انتظار می‌رود سطح اطمینان نمونه شماره ۸ بیشتر از نمونه شماره ۷ است، این موضوع تایید کننده کارایی بالای روش فازی در ارزیابی کیفیت آب شرب است. علاوه بر مزایای مذکور، روش فازی برتری‌های دیگری نسبت به روش قطعی دارد که بدین شرح است: در روش قطعی کیفیت آب بصورت کیفی بیان می‌شود، در حالی‌که در روش فازی، کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب، سطح اطمینان و میزان تعلق هر یک از نمونه‌ها به رده‌های مطلوب، قابل قبول و غیرقابل قبول مشخص می‌گردد یعنی خروجی مدل به‌صورت کمی و کیفی است و همچنین روش فازی شرایط مرزی را بهتر پوشش می‌دهد بطوری‌که مشخصه‌های زبانی هر پارامتر را از حالت ۰ یا ۱ مطلق خارج می‌کند و برای هر کدام از آنها یک تابع عضویت بین اعداد ۰ تا ۱ تعریف می‌کند ولی در روش قطعی هر پارامتر، فقط حالت ۰ یا ۱ دارد. تفاوت این تحقیق با سایر تحقیقات این است که در مطالعات کیفیت آب شرب،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

برخی از محققیـــن تنها بر پارامترهای اصلـــی آب اکتفا کرده و سایر آنومالی‌های احتمالی را در نظر نگرفته‌اند (۵، ۶) و یا اینکه آب شرب را از نقطه نظر هر نوع آلودگی جداگانه مورد بررسی قـــرار داده‌اند، بطوری که Dehghani و همکاران (۲۰) کیفیت آب شـــرب را تنها از دیدگاه آلودگی میکروبی مورد مطالعه قرار داده‌اند. برخی دیگر از محققین (۹) تنها از روش فازی اســـتفاده کرده‌انـــد، ولی در ایـــن تحقیق از هـــر دو روش قطعی و فازی استفاده شده تا نقاط ضعف و قوت دو روش مشخص شود. در نمودار شـــولر از میان تمام پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب، تنها، عناصر اصلی آب شـــامل: کلســـیم، منیزیم، سدیم، بیکربنات، کلرور، سولفات و سختی کل لحاظ می‌شوند و نمی‌توان ســـایر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب، از جملـــه: نیترات و فلوراید، فلزات ســـنگین، پارامترهای باکتریایی آب و ... را دخیل کرد، ولی در روش فازی می‌توان در صورت لزوم همه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب را با توجه به استانداردهای موجود، توأما در ارزیابی لحاظ کرد و به یک تصمیم‌گیری جامع‌تر از کیفیت آب شـــرب دست یافت. در ایـــن پژوهش نیز روش فازی، عـــلاوه بر پارامترهای موجـــود در روش قطعی، یون‌های نیتـــرات و فلوراید را نیز به کار گرفـــت و تصمیم‌گیری جامع‌تـــری را ارائه داد. روش فازی محدودیت‌هـــای روش قطعی را بـــرای انجام یک ارزیابی جامع و پوشـــش دادن بـــه عدم قطعیت‌های مراحـــل مختلف برطرف می‌ســـازد، ولی خود نیز ممکن اســـت تحت تأثیـــر تنوع زیاد و رابطه درونی پارامترها با هم، نتایج ســـخت‌گیرانه‌ای را نسبت به روش‌هـــای قطعی ارائه دهـــد، بطوری‌که در مطالعه Hasani و همکاران (۹) بر روی آب قنات‌ها، اندیس فازی طراحی‌شـــده، کیفیت آب پایین‌تری را نســـبت به اندیس National NSF) Sanitation Foundation Water Quality Index) نشـــان داده است، البته قابل ذکر اســـت، در تحقیق حاضر نتایج دور از انتظاری حاصل نشـــد و کاستی احتمالی روش فازی در این تحقیق اثرگذار نبوده است.

نتیجه‌گیری

ایـــن تحقیق به ارزیابی کیفیت آب شـــرب دشـــت بیلوردی با استفاده از نمودار شولر و سیستم استنتاج فازی ممدانی پرداخته است. نتایج نشـــان داد که علاوه بر توانایی و مقبولیت دیاگرام شـــولر در تعییـــن کیفیت آب شـــرب، ورودی‌هـــای این روش (داده‌های هیدروشیمیایی) دارای عدم قطعیت بالایی است، لذا در این تحقیق برای کاهش عدم قطعیت روش قطعی از سیستم اســـتنتاج فازی که روشی مناســـب برای کار با داده‌های دارای عدم قطعیت است، اســـتفاده شد. در مقایسه نتایج این دو مدل علاوه بر قابل قبول بودن هر دو روش، مزیت‌ها و کاســـتی‌های روش فازی آشـــکار شد. مزیت‌های روش فازی شامل: پوشش دادن بـــه عـــدم قطعیت‌ها، ارزیابی جامع‌تـــر و خروجی کمی و کیفی برای مدل اســـت و کاستی احتمالی روش فازی هم نتایج ســـخت‌گیرانه و دور از انتظار ناشـــی از افزایش پیچیدگی مدل اســـت. با توجه به کاهش منابع آب با کیفیت برای شـــرب این روش می‌تواند در تعیین آب‌های با کیفیت مناســـب کارا باشد. براســـاس نتایج این تحقیق، روش فازی برای بیشتر روش‌های گرافیکی قطعی مانند Stiff، Piper و غیره، نیز قابل اســـتفاده هســـت و توانایی آن در کاهش عدم قطعیت این روش‌ها قابل بررسی است.

تشکر و قدردانی

ایـــن مقاله حاصـــل (بخشـــی از) پایان‌نامه با عنوان "بررســـی ویژگی‌هـــای هیدروژئوشـــیمیایی منابـــع آب زیرزمینی آبخوان دشـــت بیلوردی" در مقطع کارشناســـی ارشد در سال ۹۳ با کد ۲۲۲۷۰۵۷ است که با حمایت دانشگاه تبریز اجرا شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

منابع

1. Todd DK, Mays LW. Groundwater Hydrogeology. 3rd ed. New York: John Wiley and Sons; 2005.
2. Lalehzari R, Tabatabaei SH. Groundwater quality analysis in Shahrekord aquifer. Journal of Environmental Studies. 2010;36(53):55-62 (in Persian).
3. Wylie BK, Shaffer MJ, Hall MD. Regional assessment of NLEAP No3-N leaching indices. Journal of the American Water Resources Association. 1995;31(3):399-408.
4. Schoeller H. The groundwater. 1th ed. Paris: Masson and Cie; 1962.
5. Ebadati N, Hooshmand Zadeh M. Water quality evaluation of Dez river in the Dezful hydrometric station. Iranian Journal of Ecohydrology. 2014;1(2):69-81 (in Persian).
6. Homayoon Nezhad I, Amirian P, Piri I. Investigation on water quality of Zabol Chahnimeh reservoirs from drinking water and agricultural viewpoint with focus on Schoeller and Vilcoks diagrams. Journal of Environmenttal Science and Technology. 2016;18(1):1-13 (in Persian).
7. Soleimani Motlagh M, Talebi A, Zareei M. The study of drought on the quality of surface water resources in Kashkan watershed. Journal of Watershed Management Research. 2015;6(12):154-65 (in Persian).
8. Sajadi Mian Ab Z, Kalantari N, Mozafari Zadeh J. Effect of Persian Gulf saline water on quality of Asaluyeh plain groundwater and determine the origin of NaCl anomaly. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;5(1):63-76 (in Persian).
9. Hasani Gh, Mahvi AH, Naseri S, Arabalibeik H, Yonesian M, Gharibi H. Designing fuzzy-based groundwater quality index. Journal of Health. 2012;3(1):18-31 (in Persian).
10. Saberi Nasr A, Rezaie M, Mansuri M. Evaluating Mamdani fuzzy inference system usage in the analysis of groundwater quality (Case study: Tabas Aquifer). Iranian Journal of Water and Environment Engineering. 2013;1(1):25-34 (in Persian).
11. Kahe M, Aghili R, Gheshmi M. Forecast Karoon river water quality by using Fuzzy Logic and C-Mean Clustering method. 8th International Conference of River Engineering; 2010 Jan 26-28; Ahvaz, Iran (in Persian).
12. Scannapieco D, Naddeo V, Zarra T, Belgiorno V. River water quality assessment: a comparison of binary and fuzzy logic based approaches. Ecological Engineering. 2012;47:132-40.
13. ISIRI. Water quality – Guidance on sampling techniques, number 2347. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran, 1983 (in Persian).
14. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater. 21th ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
15. Barcelona MJ, Gibb JP, Hehenfrich JA, Garske EE. Practical guide for groundwater sampling. USA: Illinois State Water Survey; 1985.
16. Katambara Z, Ndiritu J. A fuzzy inference system for modelling streamflow: Case of Letaba River, South Africa. Physics and Chemistry of the Earth. 2009;34(10):688-700.
17. Mahapatra SS, Nanda SK, Panigrahy BK. A cascaded fuzzy inference system for Indian river water quality prediction. Advances in Engineering Software. 2011;42(10):787-96.
18. WHO. Guidelines for drinking water quality. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011.
19. Hellendoorn H, Thomas C. Defuzzification in fuzzy controllers. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems. 1993;1(2):109-23.
20. Dehghani MH, Ghaderpoori M, Fazl Zadeh M, Golmohamadi S. Survey of bacteriological quality of the drinking water in rural areas of Saqqez city. Iranian Journal of Health and Environment. 2009;2(2):132-39 (in Persian).

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Comparison of Fuzzy and Deterministic Methods in Evaluation of the Quality of Bilverdi Plain Drinking Water

S Shakur[1], AA Nadiri[2,*], A Asghari Moghaddam[3], M Vadiati[4]

1. MSc in Hydrogeology, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
2. Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
3. Professor, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4. Ph.D. Candidate in Hydrogeology, Department of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 11 June 2016
Revised: 29 August 2016
Accepted: 7 September 2016
Published: 20 December 2016

Key words: Drinking water quality, Fuzzy logic, Deterministic method, Bilverdi plain

***Corresponding Author:**
Nadiri@tabrizu.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Human health depends on clean and safe drinking water more than anything. In Bilverdi Plain, the main source of drinking water is groundwater that has got a low quality in some places. Therefore, the drinking water of this area needs detailed evaluation of quality. In this research, the drinking water of Bilverdi Plain was evaluated based on fuzzy and deterministic methods.

Materials and Methods: Totally, 15 samples were collected from different places in September 2013. Major water ions including fluoride and nitrate of the samples taken were measured at hydrological lab of University of Tabriz. To check the quality of water, Schoeller diagram in GWW environment and MATLAB software in fuzzy inference system were used and their results were compared with each other.

Results: Based on the results in deterministic method, the quality of drinking water was classified ranging from good to undesirable. However, in fuzzy method in addition to water quality, the potability confidence of samples was offered in which water in six samples with reliability percent from 13.8 to 14.7; in five samples with 50% confidence level and in four samples with confidence percent from 73 to 85 were desirable, acceptable and unacceptable respectively.

Conclusion: The results show the higher accuracy and capability of fuzzy method rather than deterministic method. Because it is proper to deal with uncertainty in the different parameters and all effective parameters on water quality could be considered together in the evaluation and it offers confidence level for potability of water.

Please cite this article as: Shakur S, Nadiri AA, Asghari Moghaddam A, Vadiati M. Comparison of fuzzy and deterministic methods in evaluation of the quality of Bilverdi plain drinking water. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):383-96.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-25]