Archive of SID

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۵، تابستان ۱۳۹۷، صص ۱۹۰-۱۷۱

وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۶

تحلیل و طبقه‌بندی کیفیت آب شرب شهرستان ملارد - تهران با استفاده تکنیک‌های آماری چندمتغیره

کاظم نصرتی[1*]

علی رجبی اسلامی[2]

مجتبی صیادی[3]

چکیده

آب‌های زیرزمینی برای بسیاری از جوامع مهم‌ترین منبع تأمین آب آشامیدنی است. کیفیت آب به طور مستقیم سلامت مصرف‌کنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به همین دلیل بررسی کیفیت آب و عوامل مؤثر بر آن ضروری است. هدف از این مطالعه ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی شهرستان ملارد استان تهران با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره است. بدین منظور داده‌های ۱۳ پارامتر کیفی در ۳۱ حلقه چاه آب شرب طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ انتخاب گردید و بر اساس تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد به سه طبقه کیفی تقسیم بندی گردید. همچنین به منظور شناخت مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب در هر منطقه‌ی همگن از تحلیل عاملی بر اساس روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نتاج نشان دادکه کیفیت آب در خوشه سوم (مناطق مرکزی و غربی) از مطلوبیت پایین‌تری برخوردار است و در هر خوشه‌ی کیفی ۳ عامل به عنوان مهم‌ترین پارامترهای تغییر کیفیت آب با مجموع واریانس ۹۲/۸، ۸۳/۲ و ۸۸/۹ به ترتیب در خوشه‌ی همگن ۲،۱ و ۳ تغییرات کیفیت آب آن خوشه را توجیه می‌کنند. عامل‌های به دست آمده از تحلیل‌های عاملی نشان می‌دهد که پارامترهای موثر بر تغییرات کیفیت آب به طور عمده با سازندهای تبخیری، استفاده از

۱ـ دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
E-mail: k-nosrati@sbu.ac.ir

۲ـ کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳ـ دبیر کمیته تحقیقات شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

کودهای شیمیایی و حاصل‌خیزکننده‌ها، فاضلاب‌های خانگی و دفع غیراصولی فضولات پرورشگاه‌های دام و طیور مرتبط می‌باشد.

کلمات کلیدی: کیفیت آب‌های زیر زمینی، مدل‌های آماری، تحلیل عاملی، طبقه‌بندی خوشه‌ای، شهرستان ملارد.

مقدمه

آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع آب شیرین مورد نیاز انسان بخصوص در مناطق خشک می‌باشد که بهره‌برداری از این منابع برای مصارفی نظیر کشاورزی، شرب، صنعت و... توسعه زیادی یافته است (صداقت، ۱۳۹۳). امروزه آمارها حاکی از آن است که در دهه‌های اخیر به دلیل محدودیت‌های محیط طبیعی و برداشت‌های نابهنجار از منابع آب زیرزمینی علاوه بر بحران کمبود آب، با مسئله چگونگی حفاظت از کیفیت این منابع نیز مواجه هستیم. از این رو با توجه به افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش استانداردها تعریف شده برای این منابع، مدیریت بهینه آن از ملزمات بوده و این امر تحقق نمی‌یابد مگر با بکارگیری و استفاده از مدل‌ها و تکنیک‌های مختلف. از جمله روش‌های مورد استفاده در زمینه ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت و کمیت آب زیرزمینی تکنیک‌های آماری تک‌متغیره و یا چندمتغیره می‌باشد (طلوعی اشلقی و صفاکیش، ۱۳۸۹). تاکنون مطالعات متعددی در ارتباط با کیفیت آب زیرزمینی در ایران و جهان انجام گرفته است، که به بخشی از آنها اشاره می‌کنیم.

عبادتی و همکاران (۱۳۹۲)، در مقاله ای به بررسی روند و علل تغییرات EC در منابع آبی زیرزمینی شهرستان ملارد پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که روند تغییرات اکثر پارامترها در روستاهای بخش اخترآباد شهرستان ملارد از غرب منطقه به سمت شرق افزایش یافته است که در این میان افزایش هدایت الکتریکی (EC) که خود تابعی از افزایش املاح موجود در آب‌های زیرزمینی است، به وضوح مشهود می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جیانگ و همکاران[1] (۲۰۱۸)، میزان دما، هدایت الکتریکی و pH آب زیرزمینی را به همراه آنالیزهای میکروبیال و هیدروشیمیایی در یک دره تراف کارستی در شمال غرب چین مورد بررسی قرار دادند که هدف از آن شناخت تأثیرات زیست محیطی حوضه‌ی آبریز منطقه‌ی شهری روی منابع آب زیرزمینی بوده است. دینگ و همکاران[2] (۲۰۱۷)، در مقاله خود به این نتیجه رسیدند که وجود خور در مدخل رود سالوم در کشور سنگال عامل اصل تغییر کیفیت آب بوده که موجب نفوذ آب شور دریا در سفره‌های آب زیرزمینی منطقه شده است. همچنین وینک و همکاران[3] (۲۰۱۷)، در تحقیق خود تأثیر سینتیک کاهشی بر روی فلزات سنگین و رهاسازی آرسنیک به داخل آب زیرزمینی را مورد بررسی قرار داده‌اند. نارانی و همکاران[4] (۲۰۱۷)، در مقاله‌ای به بررسی و تعیین مقدار کمی تأثیر جنگل‌زدایی بر روی کیفیت آب زیرزمینی در شمال کلانتان، مالزی بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۴ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مـقدار نیترات سالیانه به میزان ۸/۱ درصد افزایش داشته است. نصرتی و ایکهاوت[5] (۲۰۱۲)، در پژوهش خود با استفاده از تحلیل‌های آماری چندمتغیره به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک‌های آماری چندگانه در دشت هشتگرد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی مرتبط با آلاینده‌های طبیعی، فاضلاب‌های خانگی، مواد صنعتی و کشاورزی موجود در دشت هشتگرد بوده است. شهرستان ملارد واقع در غرب استان تهران به دلیل قرار گرفتن در اقلیم خشک و نیمه خشک با برداشت‌های بی‌رویه و حفر چاه‌های غیر مجاز در سال‌های اخیر با افت سطح و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی مواجه بوده است. از این رو توجه به ویژگی‌های کمی و کیفی این ذخایر از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. بدین منظور در پژوهش حاضر به تحلیل و طبقه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی شهرستان ملارد جهت شناسایی میزان

1- Jiang et al.,
2- Dieng et al.,
3- Vink et al.,
4- Narany et al.,
5- Nosrati and Eeckhaut

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت آب شرب بخش‌های مختلف، مقایسه آنها با یکدیگر و در نهایت پهنه‌بندی و خوشه‌بندی کیفیت آب شرب چاه‌ها با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان ملارد در ۴۳ کیلومتری غرب استان تهران و در فاصله‌ی °۵۰.۲۰ تا °۵۱.۰۰ طول شرقی و °۳۵.۲۸ تا °۴۳.۳۵ عرض شمالی قرار گرفته است که وسعت آن برابر با ۹۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد (قاسمی، ۱۳۹۵). همچنین بر اساس اقلیم نمای دو مارتن و ضعیت اقلیمی نیمه‌شرقی شهرستان در حد نیمه‌خشک و اقلیم غربی آن در حد خشک ارزیابی شده است (شرکت آب و فاضلاب روستایی تهران، ۱۳۹۴).

شهرستان ملارد از نظر زمین‌شناسی دارای تنوع سازند بوده که سن آن از دوران ائوسن تا عهد حاضر متغیر است. به طور کلی چاه‌هایی که در این محدوده قرار دارند بر روی سه واحد زمین‌شناسی به شرح ذیل حفر شده‌اند:

۱-پادگانه‌های آبرفتی کم ارتفاع و جوان دوران کواترنری (Q_2): اکثر چاه‌های موجود در شرق شهرستان بر روی این سازند قرار دارند.

۲-سنگ‌های آذر آواری، توف و آهک ماسه‌ای دورا ائوسن (E_2) : چاه‌های سه‌گانه گمرگان بعلاوه چاه چاقو بر روی این واحد زمین‌شناسی حفر شده است

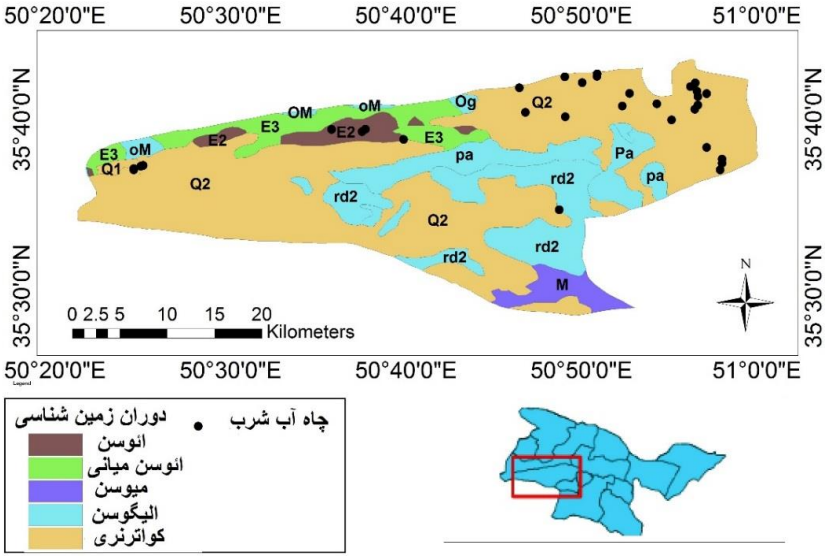
۳-پادگانه آبرفتی با ارتفاع بلند و قدیمی دوران کواترنری (Q_1): چهار چاه دهستان گوی‌بلاغ در غربی‌ترین بخش شهرستان ملارد بر روی این سازند زمین‌شناسی قرار گرفته‌اند (زحمتکش، ۱۳۸۸).

شهرستان ملارد از نظر کاربری اراضی شامل ۵ تیپ طبقاتی مختلف می‌باشد که تمامی چاه‌های موجود در شرق شهرستان ملارد بر روی اراضی روستایی و زراعی قرار

www.SID.ir

Archive of SID

داشته و چاه‌های محفوره در غرب این شهرستان بر روی اراضی فاقد پوشش گیاهی و فقیر حفر شـده است. شکل چاه‌های شـهرستان ملارد را از نظر کاربری اراضی نشان می‌دهد. شکل (۲) موقعیت مکانی چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد را بر حسب نوع کاربری اراضی.



شکل (۱) موقعیت مکانی چاه‌های آب شرب بر حسب سازندهای زمین‌شناسی

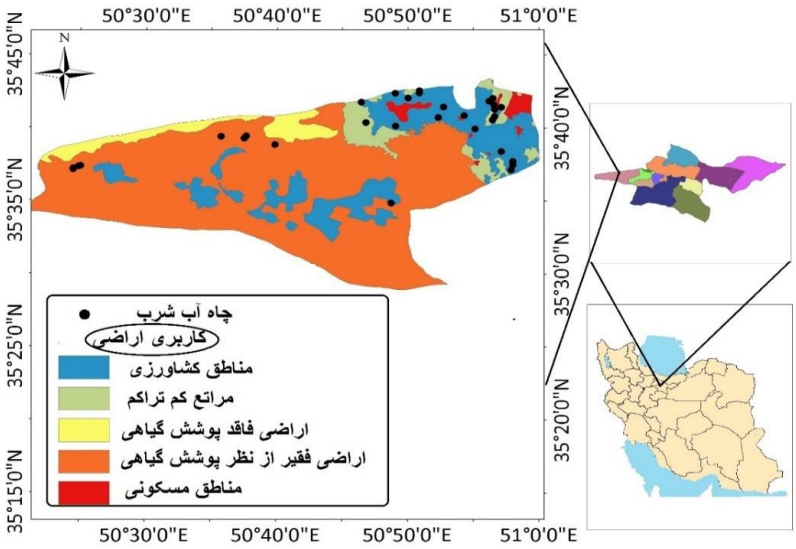
روش کار

به منظور تحلیل و طبقه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی شهرستان ملارد-تهران داده‌های کیفی منابع آب شرب این شهرستان از شرکت آب و فاضلاب روستایی جمع‌آوری شد. اطلاعات حاصله شامل پارامترهای کیفی ۳۱ حلقه چاه آب شرب در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ بوده که برای۱۳ پارامتر فیزیکی و شیمیایی (از قبیل هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، نیترات، بیکربنات، کلرور، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، سختی کل، فلوئور و pH) مورد آنالیز قرار گرفت. در این پژوهش از نرم‌افزار SPSS برای

www.SID.ir

Archive of SID

نمایش نتیجه تحلیل خوشه‌ای، تحلیل عاملی و تحلیل واریانس یک‌طرفه استفاده شد که پس از انجام تحلیل‌های آماری به وسیله نـرم‌افزار Arc GIS و بر اساس درون‌یابی بـه روش idw منـطقه‌ی مورد مـطالعه پهنه‌بندی گردید. همچنین پس از ثبت موقعیت مکانی هر یک از چاه‌ها به وسیله GPS وضعیت کاربری اراضی و زمین‌شناسی نیز مورد بررسی قرار گرفت.



شکل (۲) موقعیت مکانی چاه‌های آب شرب بر حسب نوع کاربری اراضی

تحلیل خوشه‌ای سلسه مراتبی

در این پژوهش به منظور قرار دادن چاه‌های آب شرب در گروه‌های مختلف از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی استفاده گردید. بر این اساس چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد براساس خصوصیات کیفی و با توجه به شباهت و فاصله‌ی اقلیدسی بین طبقات به سه خوشه طبقه‌بندی شد و نمودار درختی آن ترسیم گردید. همچنین به منظور پهنه بندی این شهرستان بر اساس وضعیت کیفی چاه‌ها، ابتدا در نرم‌افزار Arc GIS هر خوشه

www.SID.ir

Archive of SID

به صورت یک لایه سطح[1] تبدیل شد و پس از وزن‌دهی، به سه منطقه‌ی کیفی طبقه-بندی گردید. در انتها به منظور استنتاج معنی‌داری تفاوت بین خوشه‌ها از تحلیل آزمون واریانس یکطرفه[2] استفاده شد که بر طبق آن میزان مطلوب بودن کیفیت آب‌های زیرزمینی در خوشه‌های مختلف مشخص و هر یک بر اساس عوامل تأثیرگذار (کاربری اراضی و زمین‌شناسی) مورد تحلیل قرار گرفتند.

تحلیل عاملی

به منظور تفکیک فرایندهای مختلف و تشخیص مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی شهرستان ملارد در هر خوشه از تحلیل عاملی استفاده گردید. به طور کلی تحلیل عاملی در کاهش داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مجموعه داده‌ها که شامل تعداد زیادی متغیر است به تعداد مناسب و معقول کاهش یابد. بر این اساس برای تعیین شایستگی داده‌ها قبل از انجام تحلیل عاملی به وسیله نرم‌افزار SPSS از آزمون کفایت[3] و کرویت استفاده گردید. پس از سنجش کفایت و کرویت داده‌ها در ابتدا تعداد عامل‌ها و یا مؤلفه‌های اصلی کیفیت آب زیرزمینی با توجه به مقادیر ویژه بیش از یک تعیین شد. همچنین برای تشخیص بهتر تعداد مؤلفه‌ها بر اساس رابطه‌ی بین عامل‌ها و مقادیر آن‌ها یک نمودار ترسیم گردید که بر طبق آن پس از شکستگی محور نمودار تعداد مؤلفه‌های اصلی معین می‌شود. با تعیین درصد تجمعی واریانس‌ها مشخص شد که هر مؤلفه اصلی چند درصد از تغییرات کیفیت آب زیرزمینی را توجیه می‌نماید. در انتها میزان همبستگی مثبت یا منفی بین متغیرها و یا پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در مؤلفه‌های اصلی و به تفکیک هر خوشه سنجیده شدکه بر طبق آن متغیرهایی که بار عاملی آن‌ها بیش از ۰/۷ بود به عنوان مهم‌ترین پارامتر کیفی آب در آن مؤلفه شناسایی گردید.

1- Polygon
2- One-way ANOVA
3- KMO

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتایج

با توجه به شکل (۳) به منظور طبقه‌بندی یا خوشه‌بندی کیفی چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد تمامی چاه‌های مورد مطالعه در این شهرستان به ۳ خوشه کیفی تقسیم گردید که بر طبق آن ۱۰ چاه در خوشه‌ی اول، ۱۲ چاه در خوشه‌ی دوم و ۹ چاه در خوشه‌ی سوم جای گرفتند. شکل پهنه‌بندی کیفی چاه‌های شهرستان ملارد را برحسب تحلیل خوشه‌ای نشان می‌دهد.

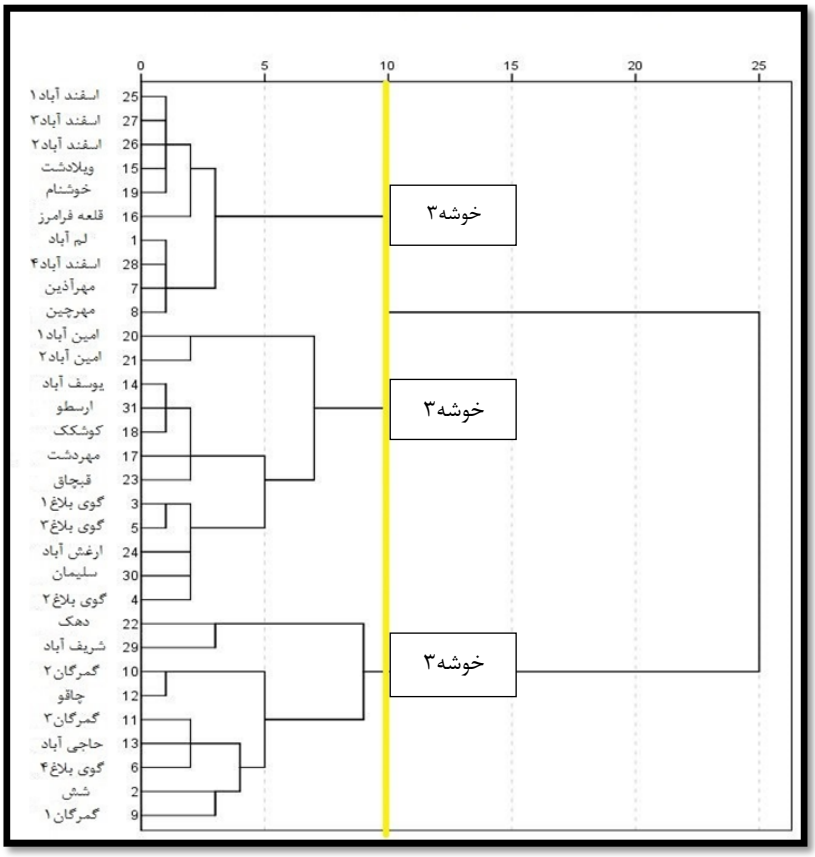
نتایج کیفیت چاه‌ها در خوشه‌های مختلف

برحسب طبقه‌بندی انجام گرفته از کیفیت چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد مشخص گردید، چاه‌هایی که در خوشه‌ی اول جای گرفته است با مساحتی بالغ بر ۹۰ کیلومترمربع در شرقی‌ترین نقطه شهرستان واقع شده‌اند و تمام پارامترهای کیفی مورد مطالعه در این خوشه به جز پارامتر pH به صورت معناداری در پایین‌ترین میزان خود نسبت به دو خوشه‌ی دیگر قرار دارند، اما خوشه‌ی دوم از وسعت بیشتری نسبت به خوشه‌ی اول برخوردار می‌باشد و دارای مساحتی در حدود۲۱۰ کیلومتر مربع است (شکل ۳ و ۴).

مناطقی که از نظر همگنی داده‌های کیفی در این خوشه واقع شده‌اند در دو بخش اصلی قابل رویت می‌باشند: - حدفاصل خوشه‌ی اول و سوم ۲- در انتهای غربی شهرستان ملارد و در مرز سیاسی اخترآباد. براساس آنالیزهای انجام شده و باتوجه به جدول (۱) مشخص شد که وضعیت کیفی این ناحیه با یک رابطه‌ی معنادار نسبت به خوشه‌ی اول از وضعیت کیفی نامطلوب و نسبت به خوشه‌ی سوم وضع مطلوبی را دارا است این مسئله نسبت به تمامی پارامترهای کیفی به جز pH صادق است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۳) طبقه‌بندی کیفی چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد

با تفکیک چاه‌های شهرستان ملارد از نظر وضعیت کیفی مشخص گردید که ۹ چاه در محدوده‌ی خوشه‌ی سوم قرار گرفتند. این منطقه که از وسعت بیشتری نسبت به دو خوشه‌ی دیگر برخوردار است دارای مساحتی بالغ بر ۶۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۳). باتوجه به جدول (۱) مشخص گردید که وضعیت کیفی آب این محدوده با یک رابطه معنادار در تمامی پارامترهای کیفی به‌جز pH دارای غلظت بالایی بوده و کیفیت آب زیرزمینی این خوشه نسبت به خوشه‌ی اول و سوم از وضعیت نامناسب‌تری برخوردار است.

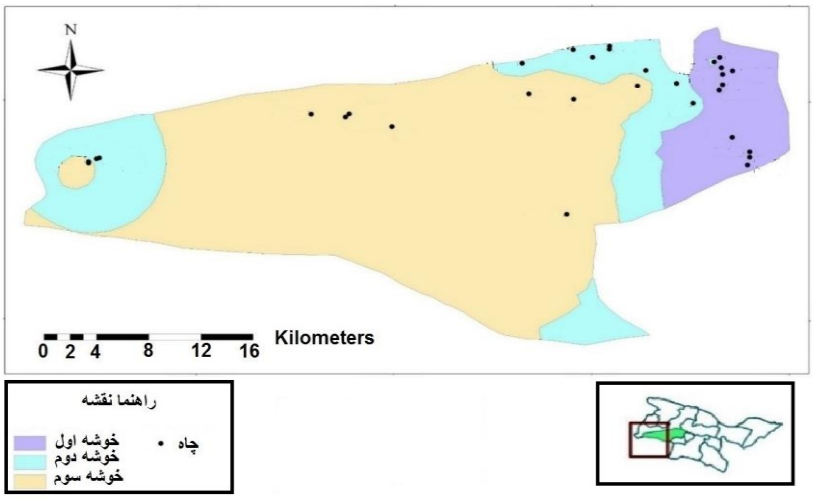
www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱) نتایج کیفیت چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد بر حسب خوشه‌بندی

متغیر	معنی‌داری	میانگین خوشه‌ی اول	میانگین خوشه‌ی دوم	میانگین خوشه‌ی سوم
pH	۱/۹	۷/۷	۷/۹	۷/۸
EC	٭ ≤۰/۰۰۲	۴۵۳	۸۹۸	۲۳۰۲
TDS	٭ ≤۰/۰۰۲	۲۶۴	۵۲۹	۱۳۸۸
سختی کل	٭ ۰/۰۰۹	۱۷۱	۱۹۴	۳۰۱
فلوئور	٭ ≤۰/۰۰۲	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۹۸
سولفات	٭ ≤۰/۰۰۲	۵۷	۱۲۸	۵۹۶
کلرور	٭ ≤۰/۰۰۲	۲۹	۷۸	۱۸۸
بیکربنات	٭ ≤۰/۰۰۲	۱۴۰	۲۳۰	۲۵۶
نیترات	٭ ۰/۰۱۶	۱۷	۲۱	۳۳
کلسیم	٭ ۰/۰۰۷	۴۴	۴۵	۷۴
منیزیم	٭ ۰/۰۰۹	۲۴	۲۷	۳۰
سدیم	٭ ≤۰/۰۰۲	۲۶	۱۲۵	۳۸۷
پتاسیم	٭ ≤۰/۰۰۲	۱/۲	۲/۱	۲/۴

٭ در سطح ۹۵٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد.



شکل (۴) نقشه‌ی پهنه‌بندی کیفی آب‌های زیرزمینی برحسب طبقه‌بندی خوشه‌ای

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تحلیل عاملی کیفیت آب زیرزمینی

برای تعیین مؤلفه‌های اصلی در خوشه اول طبق جدول) سه مؤلفه که دارای مقادیر ویژه بیشتر از ۱ بوده‌اند، تعیین گردید. همچنین شکل (۵) نیز نشان‌دهنده‌ی شکستگی محور نمودار از مؤلفه سوم به بعد است که به معنای تعیین سه مؤلفه اصلی برای پارامترهای کیفی خوشه اول می‌باشد. از این رو مشخص گردید عامل اول با۶۰ درصد وارایانس دارای بیشترین سهم تغییرات در خوشه اول بوده و عامل دوم و سوم نیز به تـرتیب با واریانس ۲۰ و ۱۲ درصد پس از مؤلـفه اول بر کـیفیت آب این خوشه موثر مـی‌باشند. به طور کلی ۳ مؤلفه انتخاب شـده در مجموع ۹۲درصد واریانس را تـوجیه می‌کند که به معنای آن است که هر سه مؤلفه شامل مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در خوشه اول می‌باشند.

در مؤلفه‌ی اول ۹ عامل با همبستگی مثبت و قوی بیشترین تأثیر را بر کیفیت چاه‌های آب شرب خوشه اول در شهرستان ملارد گذاشته‌اند زیرا بار عاملی تعیین شده برای ۹ عامل کیفی بالاتر از ۰/۷ گزارش شده است. در کل این مؤلفه نشان می‌دهد که عامل‌هایی از قبیل نیترات، pH، کلر بیشتر تحت تأثیر فعالیت کشاورزی نظیر استفاده از حاصلخیز کننده‌ها ،کودها و آبیاری و فاضلاب‌های مناطق مسکونی قرار داشته و دارای غلظت بالایی نسبت به مناطق دیگر هستند. همچنین وجود سازندهای آبرفتی و رسوبی به دلیل دارا بودن رس و سیلت موجب جذب کلسیم و منیزیم در آب گردیده و به طبع میزان سختی کل آب زیرزمینی را نیز تحت تأثیر قرار داده است.

در مؤلفه دوم بیکربنات دارای بیشترین بار عاملی مثبت (۰/۹۶) می‌باشد که علت اصلی سازند تبخیری (آهکی و نمکی) موجود در رسوبات خاک خوشه اول می‌باشد. همچنین میزان پتاسیم نیز دارای بار مثبت بوده (۰/۶) یکی از عواملی که می‌تواند میزان پتاسیم را افزایش دهد وجود مناطق فعال کشاورزی می‌باشد. زیرا گیاهان آن را جذب کرده و پس از تجزیه گیاه دوباره پتاسیم به محیط برمی‌گردد.

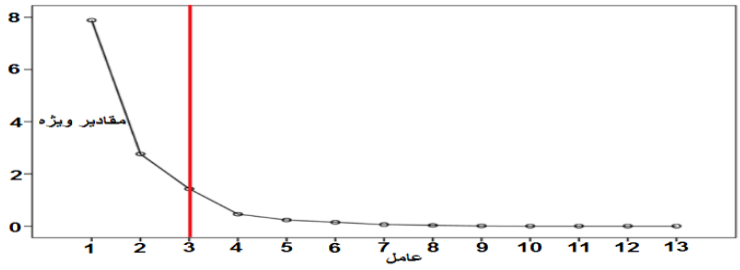
www.SID.ir

Archive of SID

در مؤلفه سوم میزان فلوئور با بار عاملی ۰/۸۸ دارای رابطه‌ی منفی قوی با سدیم می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی حاکمیت محیط بازی نسبت به اسیدی است. همچنین میزان سدیم با بار عاملی ۰/۷ دارای همبستگی مثبت تقریباً بالا می‌باشد. از عواملی که باعث افزایش سدیم گردیده است می‌توان به بالابودن سنگ کف و ضخامت کم لایه‌های آبرفت در برخی از مناطق خوشه اول اشاره کرد که این عوامل موجب کم‌وسعت شدن قاعده‌ی مخروط افت در چاه‌های منطقه و رخداد ماسه‌دهی شده است و همین مسئله افزایش املاح و سدیم را در پی دارد.

در خوشه‌ی دوم جهت اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی از آزمون کرویت بارتلت استفاده گردید که نتایج نشان‌دهنده‌ی کفایت داده‌ها جهت انجام تحلیل عاملی می‌باشد.

شکل (۶) تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. از این رو مشخص گردید که از عامل سوم به بعد محور نمودار شکستگی پیدا کرده و تغییرات مقادیر ویژه کم می‌شود، بر طبق این موضوع می‌توان سه عامل را به عنوان عوامل مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس دارند استخراج کرد. همچنین جدول (۲) نیز مقادیر ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد که بر اساس آن سه مؤلفه که دارای مقادیر ویژه بیش از ۱ بودند مشخص گردید. عامل اول با ۳۶ درصد وارایانس دارای بیشترین سهم تغییرات در خوشه‌ی دوم بوده و عامل دوم و سوم نیز به ترتیب با واریانس ۳۱ و ۱۵ درصد پس از مؤلفه اول بر کیفیت آب این خوشه مؤثر می‌باشند.



شکل (۵) رابطه‌ی بین عامل‌ها و مقادیر ویژه در خوشه‌ی اول

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲) نمره‌های عاملی خوشه‌ها کیفی

متغیر	خوشه اول			خوشه دوم			خوشه سوم		
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
pH	۰/۷	-۰/۴	۰/۲	-۰/۹	۰/۲	-۰/۱	۰/۴	-۰/۲	-۰/۷
EC	۰/۹	۰	۰/۱	-۰/۲	۰/۹	۰	۰/۹	۰/۱	۰/۱
TDS	۰/۹	۰	۰	-۰/۱	۰/۹	-۰/۱	۰/۹	۰/۰۳	-۰/۱
TH	۰/۹	۰/۲	۰	۰/۶	-۰/۴	۰/۴	-۰/۳	۰/۸	۰/۴
F	۰	۰/۲	-۰/۸	۰/۳	۰/۷	-۰/۵	۰/۷	-۰/۴	۰/۲
CL	۰/۸	-۰/۵	-۰/۱	-۰/۹	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۸
SO_4^2	۰/۹	۰	۰	۰/۲	۰/۹	۰	۰/۸	۰	-۰/۴
HCO_3	۰	۰/۹	۰	۰/۸	۰/۱	-۰/۰۷	-۰/۱	۰/۰۴	۰/۸
NO_3	۰/۸	۰/۴	-۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۶	۰/۲
Ca^2	۰/۹	۰/۳	۰	۰/۷	-۰/۴	۰/۳	-۰/۲	۰/۹	۰/۱
Mg	۰/۹	۰	-۰/۲	۰/۴	-۰/۳	۰/۶	-۰/۴	۰/۶	۰/۵
Na	۰	-۰/۵	۰/۷	-۰/۵	۰/۷	-۰/۳	۰/۹	-۰/۲	-۰/۲
K	۰/۶	۰/۶	۰/۱	۰	۰	-۰/۷	-۰/۴	-۰/۷	۰/۲
مقدار ویژه	۷/۸	۲/۶	۱/۵	۴/۶	۴/۱	۱/۹	۴/۹	۳/۴	۳/۰۷
٪واریانس	۶۰	۲۰	۱۲	۳۶	۳۱	۱۵	۳۸	۲۶	۲۳
٪تجمعی	۶۰	۸۰	۹۲	۳۶	۶۷	۸۳	۳۸	۶۵	۸۸

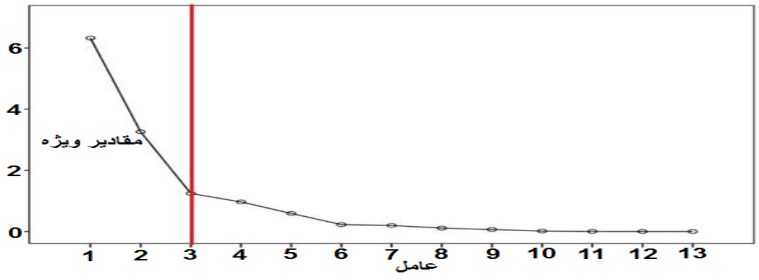
مؤلفه اول دارای اکثریت سهم پراکنش داده‌ها نسبت به دو مؤلفه دیگر است که نشان از تأثیرگذاری بالای عامل‌های آن بر کیفیت آب زیرزمینی خوشه‌ی دوم دارد. در این مؤلفه ۴ عامل دارای همبستگی قوی با بار عاملی بالای ۰/۷ بوده که عبارتند از کلر، بیکربنات، کلسیم و pH که این عوامل را می‌توان به عنوان مهم‌ترین پارامترهای توجیه-کننده‌ی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی معرفی کرد. به طور کلی در این مؤلفه به دلیل همبستگی مثبت میان کلسیم و بیکربنات از یک سو و بالا بودن نسبی سختی کل با بار عاملی۰/۶۹۱ و همبستگی منفی کلر از سوی دیگر می‌توان گفت که سختی موقت آب از ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی این خوشه محسوب می‌شود. از دلایل اصلی افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

سختی آب زیرزمینی تماس آب با آبرفت‌های رسوبی (آهکی و نمکی) و انحال آن توسط اسید کربنیک آب می‌باشد.

در مؤلفه دوم پارامترهای سولفات، سدیم، فلوئور، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول دارای همبستگی قوی و مثبت می‌باشند. در حقیقت به دلیل شوری خاک، وجود برخی اراضی کشاورزی و فعالیت‌های زراعی و قرارگیری چاه‌های خوشه‌ی دوم در مسیر جریان غربی- شرقی آبخانه تهران کرج میزان املاح موجود در آب افزایش یافته و این امر سبب افزایش TDS و EC آب چاه‌های این محدوده گردیده است. به طور کلی افزایش میزان سولفات و سدیم آب با بالا بودن مقدار کل مواد جامد محلول و قابلیت هدایت الکتریکی آب رابطه مستقیمی دارد. از سوی دیگر وجود کانی فلورین در نهشته‌های رسوبی نیز سبب شده است که فلوئور به عنوان یک عامل مهم کیفی در آب‌های زیرزمینی محدوده‌ی خوشه‌ی دوم شناخته شود. در مؤلفه‌ی سوم بالاترین همبستگی مرتبط به پتاسیم با بار عاملی ۰/۷۱- بوده که نشان‌دهنده‌ی همبستگی منفی و قوی این پارامتر می‌باشد. پارامتر منیزم نیز دارای همبستگی مثبت و نسبتاً قوی با بار عاملی ۰/۶۹۷ است. در حقیت می‌توان گفت رابطه‌ی معکوس منیزیم و پتاسیم در مؤلفه سوم بیانگر وجود سختی آب در اثر وجود یون منیزیم می‌باشد.بر اساس جدول (۲) مشخص شد که بالاترین میزان اشتراک در هر سه مؤلفه مربوط به پارامترهایی نظیر سدیم، کلسیم و سختی کل است و کمترین میزان اشتراک مربوط به پارامتر نیترات بوده زیرا این پارامتر تنها در مؤلفه اول دارای بیشترین بار عاملی بوده است.



شکل (۶) رابطه بین عامل‌ها و مقادیر ویژه در خوشه‌ی دوم

www.SID.ir

Archive of SID

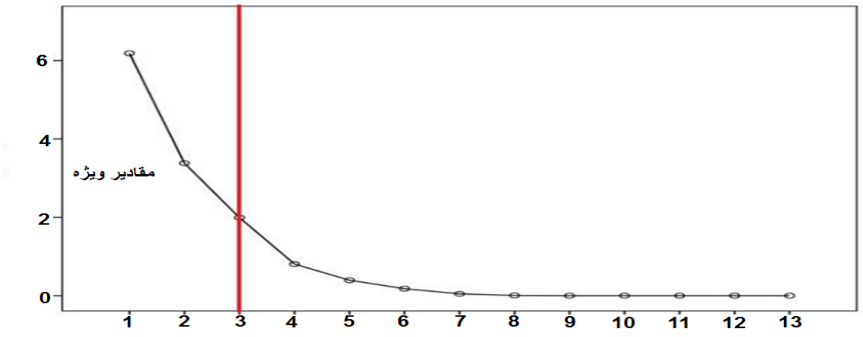
در خوشه‌ی سوم نیز جهت اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی از آزمون کرویت بارتلت استفاده گردید که نتایج نشان داد که میزان کفایت داده‌ها در جهت انجام تحلیل عاملی مناسب می‌باشد. شکل (۷) تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. این نمودار به منظور کاهش مؤلفه‌ها و تعیین مهم‌ترین پارامتر کیفیت آب در منطقه بکار مـی‌رود. همچنین جـدول (۲) نیز مقادیر ویژه و واریانس متناظر با عامل‌ها را نشان می‌دهد که بر اساس آن سه مؤلفه با مقادیر ویژه بیش از ۱ مشخص شد. بر طبق این موضوع عامل اول با ۳۸ درصد واریانس دارای بیشترین سهم تغییرات در خوشه سوم بوده و عامل دوم و سوم نیز به ترتیب با واریانس ۲۶ و ۲۳ درصد پس از مؤلفه‌ی اول بر کیفیت آب این خوشه موثر می‌باشند. بر اساس واریانس تجمعی که از ۳ مؤلفه به دست آمده است معلوم گردید که ۸۸٪ از پراکندگی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی شهرستان ملارد توسط این سه مؤلفه توجیه‌پذیر می‌باشند. این امر به معنای آن است که هر سه مؤلفه شامل مهم ترین پارامترها یا عامل‌های مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی در خوشه سوم هستند.

همانطور که اشاره شد مؤلفه اول با توجیه ۳۸ درصد از واریانس دارای اکثریت سهم پراکنش داده‌ها نسبت به دو مؤلفه دیگر است. در این مؤلفه‌ی ۴ پارامتر کیفی با بار عاملی بیش از ۰/۷۹ دارای همبستگی مثبت و قوی بوده که به عنوان مهم ترین پارامترهای اثر گذار در مؤلفه اول شناخته می‌شوند. این پارامترها عبارتند از: هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سولفات، فلوئور و سدیم. در مؤلفه‌ی دوم پارامترهای کلسیم و سختی کل با بار عاملی بیش از ۰/۸ دارای همبستگی قوی و مثبت بوده و میزان منیزیم نیز با بار عاملی ۰/۶۶ دارای همبستگی خوب می‌باشد. از این رو می‌توان گفت که از ویژگی‌های دیگر کیفیت آب در خوشه‌ی سوم سختی آن بوده که همبستگی منفی و قوی پتاسیم با بار عاملی ۰/۷۹ موید این موضوع می‌باشد زیرا با جایگزینی یون پتاسیم و سدیم با کلسیم و منیزیم از سختی آب کاسته می‌شود. از سوی دیگر نیترات با بار عاملی ۰/۶۵ دارای همبستگی مثبت و نسبتاً خوب را داراست که نشان از سختی

www.SID.ir

Archive of SID

دائم آب در این منطقه دارد. به طور کلی به علت حفر چاه‌های این محدوده بر روی سازند آذرآواری، توف و آهک ماسه‌ای (E2) و وجود فعالیت‌های انسانی و تراکم مراکز صنعتی– مسکونی بخصوص در شرق خوشه‌ی سوم، سختی آب به عنوان یکی از مهم-ترین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در این خوشه می‌باشد. در مؤلفه‌ی سوم میزان pH آب نسبت به دو مؤلفه دیگر (در خوشه‌ی سوم) از همبستگی قوی و منفی برخوردار بوده که بیانگر اسیدی بودن آب در این پهنه می‌باشد. از این رو با توجه به همبستگی مثبت کلر و بیکربنات با بار عاملی ۰/۸ می‌توان گفت فرایند انحلال در این منطقه فعال است. بر اساس جدول (۲) مشخص شـد که میزان اشـتراک در هر سه مؤلفه برای عامل‌های کیفی بالا بوده است. کمترین میزان اشتراک مربوط به پارامتر نیترات بوده زیرا این پارامتر تنها در مؤلفه‌ی دوم دارای بیشترین بار عاملی می‌باشد.



شکل (۷) رابطه‌ی بین عامل‌ها و مقادیر ویژه در خوشه‌ی سوم

نتیجه‌گیری

شهرستان ملارد یکی از شهرستان‌های واقع در غرب استان تهران می‌باشد که به علت مجاورت آن باکویر مرکزی و پایین بودن پتانسیل منطقه و همچنین وجود مراکز صـنعتی و مسکونی از لحاظ تأمین آب شـرب و بهداشـتی از اهمیت بالایـی برخوردار می‌باشد از این رو به منظور پهنه‌بندی کیفی چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد و

www.SID.ir

Archive of SID

شناخت مهم ترین پارامترهای کیفیت آب در هر منطقه‌ی همگن از تحلیل خوشه‌ای سلسه مراتی و تحلیل عاملی بر اساس روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شد.

براساس تحلیل خوشه‌ای چاه‌های آب شرب شهرستان ملارد در سه طبقه‌ی کیفی تقسیم‌بندی گردید و مشخص شد که با حرکت از خوشه‌ی اول به سمت خوشه‌ی سوم میزان غلظت تمامی پارامترهای کیفی به جز pH به صورت معنادار افزایش می‌یابد. در خوشه‌ی اول که شامل مناطق شرقی شهرستان ملارد است به دلیل وجود کاربری کشاورزی و نیز بنابر برخی عوامل طبیعی نظیر آبدهی بالای چاه‌ها، عمق زیاد لایه‌های رسوبی، نبود شکستگی‌های گسلی، آب زیرزمینی از کیفیت مطلوب تری برخوردار است. در خوشه‌ی دوم به دلیل بالا بودن سنگ کف از عمق لایه‌های رسوبی کاسته و در نتیجه خودپالایی زمین نیر کاهش می‌یابد. چاه‌های این خوشه نیز به دلیل نزدیکی به ابتدای آبخانه تهران-کرج آبدهی کمتری دارند. در چاه‌های آب شرب شمار ۲،۱ و ۴ روستای گوی‌بلاغ وجود رسوبات آتشفشانی ارتفاعات اطراف باعث افزایش غلظت بیکربنات و سولفات آب گشته است. از سوی دیگر شهرک‌های مسکونی و برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی کاهش کیفیت آب را به همراه دارد. خوشه‌ی سوم شامل قسمت عمده‌ای از بخش مرکزی شهرستان ملارد بوده که چاه‌های آن به دو منطقه‌ی غرب و شرق رودخانه‌ی شور قابل تقسیم است. در غرب رودخانه‌ی شور به دلیل پرورش دام و طیور غلظت پارامترهای آنتروپوژنیک آب نظیر نیترات افزایش یافته است. همچنین شرایط ویژه زمین‌شناسی و آبدهی کم چاه‌های این منطقه نیز غلظت پارامترهای کیفی را موجب شده است. از طرفی در شرق رودخانه‌ی شور وجود شهرک‌های صنعتی، مسکونی و نیز عوامل طبیعی کاهش کیفیت آب زیرزمینی را به دنبال دارد.

نتایج تحلیل عاملی در این پژوهش نشان داد که خوشه اول ۹۲ درصد از تغییرات کیفی آب زیرزمینی را توجیه می‌کند. که بر طبق آن عوامل اول، دوم و سوم به ترتیب ۶۰٪، ۲۰٪ و ۱۲٪ را به خود اختصاص داده‌اند. عامل اول شامل پارامترهای نیترات، pH، کلر، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سختی کل، سولفات، کلسیم و منیزیم با

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی مثبت و قوی به عنوان اثرگذارترین مؤلفه در این خوشه تغییرات کیفی آب را تحت تأثیر خود دارد که علت آن از یک سو اراضی کشاورزی، استفاده از کودها و حاصلخیزکننده‌ها بوده و از سوی دیگر وجود رسوبات آبرفتی نظیر سیلت، رس و... نیز موجب تأثیر گذاری پارامترهای فوق گردیده است. در خوشه دوم تحلیل عاملی بیانگر آن است که سه مؤلفه کیفی ۸۰ درصد از تغییرات آب زیرزمینی این شهرستان را توجیه می‌کند که بر طبق آن عامل اول ۳۶ درصد، عامل دوم ۳۱ درصد و عامل سوم ۱۵ درصد است از سهم تغییرات کیفی آب زیرزمینی این خوشه را به خود اختصاص داده‌اند. در عامل اول کلر و pH دارای همبستگی منفی و قوی و کلسیم و بیکربنات از همبستگی مثبت و قوی برخوردارند. زیرا تماس آب زیرزمینی با آبرفت‌های رسوبی و انحلال آن توسط اسیدکربنیک سبب افزایش کلسیم و بیکربنات آب می‌گردد. همچنین استفاده از اکسید کلسیم در ساختمان‌سازی و صنایع، افزایش کلسیم آب زیرزمینی را به همراه دارد. عامل دوم نیز با ۵ درصد اختلاف نسبت به عامل اول نقش بسزایی در تغییر کیفیت آب زیرزمینی این خوشه دارد. پارامترهای سولفات، سدیم، فلوئور، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در این عامل دارای همبستگی مثبت و قوی هستند که دلایل آن عبارتند از: شوری خاک، وجود اراضی کشاورزی و زراعی و قرارگیری چاه‌های خوشه‌ی دوم در مسیر جریان‌های غربی- شرقی آبخانه تهران- کرج.

در خوشه‌ی سوم نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان داد که سه مؤلفه‌ی کیفی ۸۸ درصد از تغییرات آب زیرزمینی شهرستان ملارد را تحت تأثیر خود دارد که بر طبق آن عامل اول ۳۸ درصد، عامل دوم ۲۶ درصد و عامل سوم ۲۳ درصد است از سهم تغییرات کیفی آب زیرزمینی این خوشه را به خود اختصاص داده‌اند. در عامل اول به عنوان اثرگذارترین مؤلفه پارامترهای کیفی هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سولفات، فلوئور و سدیم دارای همبستگی مثبت و قوی می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- دردی محمودی، محمد؛ ندیری، عطاالله و اصغر اصغری مقدم (۱۳۹۵)، **بررسی منابع آب دشت شیرامین با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره**، نشریه‌ی پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست وسوم، شماره‌ی سوم، صص۳۰۲-۲۸۹.
- صداقت، محمود (۱۳۹۳)، **زمین و منابع آب (آب‌های زیرزمینی)**، انتشارات پیام نور.
- طلوعی‌اشلقی، عباس و محمدسعید صفای کیش (۱۳۸۹)، **تحلیل و تفسیر آزمون‌های آماری تک‌متغیره و چندمتغیره با استفاده از spss**، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
- قاسمی، فرناز (۱۳۹۵)، **پهنه‌بندی زمین‌شناسی زیست محیطی محدوده‌ی شهرستان ملارد و اخترآباد در محیط GIS با تکیه بر وضعیت کمی و کیفی منابع شرب روستاها**، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه‌ی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- شرکت آب و فاضلاب روستایی استان تهران (۱۳۹۴)، **گزارش مطالعات طرح آبرسانی به روستاهای جنوب غرب استان(شهرستان‌های شهریار، ملارد و قدس)**، مطالعات مرحله‌ی اول، جلد چهارم.
- زحمتکش، حسن (۱۳۸۸) **بررسی نقش گسل‌ها بر سفره آب‌های زیرزمینی دشت اخترآباد**، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

-Dieng, N.M., Orban, P., Otten, J., Stumpp, C., Faye, S., Dassargues, A., (2017), **Temporal changes in groundwater quality of the Saloumcoastal aquifer**, Journal of Hydrology, Vol.9, PP. 163-182.

-Jiang, Y., Cao, M., Yuan, D., Zhang, Y. and He, Q. (2018), **Hydrogeological characterization and environmental effects of the deteriorating urban karst groundwater in a karst trough valley: Nanshan**, SW China, Hydrogeology Journal, PP. 1-11.

-Narany, T.S., Aris, A.Z., Sefie, A. and Keesstra, S. (2017), **Detecting and predicting the impact of land use changes on groundwater quality, a**

www.SID.ir

Archive of SID

case study in Northern Kelantan, Malaysia, Science of the Total Environment, 599, PP. 844-853.

-Nosrati, K. & Van Den Eeckhaut, M., (2012), **Assessment of groundwater quality using multivariate statistical techniques in Hashtgerd Plain, Iran**, Environmental Earth Sciences, 65(1), PP.331-344.

- Shrestha, S., & Kazama, F. (2007), **Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques A case study of the Fuji river basin**, Journal of Modeling & Software, Vol. 22, PP. 464-475.

-Vink, J.P., van Zomeren, A., Dijkstra, J.J. & Comans, R.N. (2017), **When soils become sediments: Large-scale storage of soils in sandpits and lakes and the impact of reduction kinetics on heavy metals and arsenic release to groundwater**, Environmental pollution, 227, PP. 146-156.

www.SID.ir