AUMJ
Alborz University of Medical Sciences
نشریه دانشگاه علوم پزشکی البرز،پاییز۱۳۹۹، سال ۹، شماره ۴، صفحه‌های ۴۶۴-۴۷۶
مقاله تحقیقی

کیفیت میکروبی آب شهر کرج از نقطه نظر شاخص شمارش باکتریهای هتروتروفیک: پهنه بندی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

محمد درویش متولی[1]، محمد نوری سپهر[1و2*]، سجاد مظلومی[3]

[1] مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط (RCHSE)، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
[2] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
[3] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۲/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۵/٤

چکیده

هدف: هدف از این مطالعه بررسی کیفیت میکروبی آب شرب شهر کرج از نقطه نظر شاخص شمارش باکتریهای هتروتروفیک (HPC) و روند تغییرات آن با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در سال ۱۳۹٤ می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه نمونه برداری از شبکه توزیع آب شهر کرج در کلیه مناطق ۱۲گانه انجام گردید و بر این اساس از هر منطقه ۳ نمونه به صورت لحظه‌ای برداشته شد.

یافته‌ها: مطالعه حاضر نشان داد که از مجموع نمونه آب‌های جمع آوری شده در مناطق ۱۲ گانه شهر کرج، میزان کلر آزاد باقی‌مانده در محدوده ۰/۸-۰/۲ میلی گرم در لیتر، کدورت برابر با ۰/۹٤-۰/۲۲ NTU و میزان pH در بازه ۷/۸-۷/۳ قرار داشتند. بیشترین میزان HPC در مناطق ۳ و ٦ و ۹ شهر کرج به ترتیب ۷۰ و ۱۱۵ و ۳۲۰ کلنی، سنجش شد. بیشترین میزان کدورت برابر با ۲/٤۸ و ۱/٦۲ NTU به ترتیب در منطقه ۳ و ۹ و کمترین میزان کدورت، مقدار ۰/۲۲ NTU و در منطقه ۵ اندازه گیری شد.

نتیجه‌گیری: مطابق نتایج به دست آمده، میزان HPC در کلیه نمونه‌ها در محدوده مقدار توصیه شده استانداردهای ملی ایران قرار داشت. نتایج حاصل از پهنه بندی کیفیت میکروبی آب با استفاده از روش کریجینگ معمولی نقطه ای، نشان دهنده کیفیت مطلوب آب آشامیدنی و همپوشانی کامل آن در موارد مورد مطالعه می‌باشد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، کیفیت میکروبی، آب آشامیدنی، باکتریهای هتروتروفیک،GIS

نویسنده مسئول:
مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط (RCHSE)، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران

۰۹۱۲۳۳۴۴۰۷۲
E-mail: dr.nooriseper@gmail.com

مقدمه

امروزه بحران آب به علت افزایش جمعیت، کاهش سرانه ذخیره منابع آبی و افزایش آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، بعنوان یکی از معضلات بزرگ جهانی مطرح می‌باشد. در حال حاضر ٤٥ میلیون نفر در جهان از کمبود آب رنج می‌برند و بیشترین نگرانی‌های مرتبط با آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد [۱،۲]. آلودگی آب آشامیدنی سبب تعداد زیادی مرگ و میر ناشی از بیماری‌های مرتبط با آب مانند حصبه، وبا، اسهال، اسهال خونی و هپاتیت می‌باشد [۳،٤] بطوریکه بیش از ۸۰ درصد بیماری‌ها در سطح دنیا را بیماری‌هایی با منشأ آب تشکیل می‌دهند.بنا بر گزارش سازمان بهداشت جهانی ۱/۷ میلیارد نفر در جهان سالانه به اسهال مبتلا می‌شوند که منجر به مرگ ۷٦۰ هزار کودک زیر ۵ سال در سال می‌شود. از طرفی دیگر سالانه بیش از ۲ میلیون نفر که غالبا کودکان زیر ۱۰ سال می‌باشند به دیسانتری مبتلا می‌شوند که ٦۰۰ هزار نفر از آن‌ها می میرند. با بهسازی منابع آبی و گندزدایی مناسب آب شرب به ترتیب ۲۱ و ٤٥ درصد موارد ابتلا به اسهال کاهش پیدا می‌کند [۵]. بنابراین حفظ کیفیت و شاخص‌های کیفی آب و ارتقای سیستم‌های آبرسانی موجود جهت جلوگیری از انتقال بیماری و ارتقای سطح سلامتی بسیار حائز اهمیت می‌باشد [٦] . عواملی که در ایجاد تغییرات کیفی در طول شبکه توزیع آب موثر می‌باشند عبارتند از کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی منابع تأمین آب، راندمان فرایند تصفیه خانه بر روی آب خام دریافتی، عملکرد تأسیسات ذخیره سازی و سیستم توزیع آب، مدت زمان بهره برداری از تأسیسات به کار رفته در تصفیه خانه و شبکه آب رسانی، کیفیت آب تصفیه شده خروجی از تصفیه خانه و مدیریت بهره برداری و نگهداری از تأسیسات آب رسانی، علاوه بر تغییرات کیفی آب در طول شبکه توزیع باید نحوه رفتار هیدرولیکی مانند سینتیک تشکیل مواد آلاینده و تخریب ناشی از آن را مورد بررسی و تشخیص قرار داد [۷،۸].ارزیابی جامع کیفیت میکروبی آب، مستلزم بررسی تمام پاتوژن‌هایی است که پتانسیل ایجاد عفونت در انسان را دارند. این پاتوژن‌ها می‌توانند به گروه‌های باکتری‌ها، پروتوزوا و ویروس‌ها تقسیم شوند. شمارش بشقابی هتروتروفیک یا Count Plate Heterotrophic (HPC) اندیکاتوری برای کیفیت عمومی آب در داخل سیستم توزیع در نظر گرفته می‌شود [۹]. حضور این باکتری‌ها از جنبه‌های کنترل پروسه‌های تصفیه آب، بررسی روش‌های مهندسی مرتبط با تصفیه، توزیع مناسب آب، موارد بهداشتی و مسائل زیبایی شناختی آب دارای اهمیت می‌باشد [۱۰]. این باکتری‌ها، ساکن طبیعی بدن انسان و حیوانات بوده و از طریق مدفوع دفع می‌شوند. جنس‌های غالب این مجموعه، باکتری‌های Pesudomonas ,Serratia ,Enterobacter Flavobacterium و Acinitobacter می‌باشند [۱۱]. در آب‌های آشامیدنی، تعداد باکتری‌های HPC ممکن است کمتر از CFU ۱ تا بیش از CFU ۱۰٤ در هر میلی لیتر متغیر باشد [۱۲]. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، حداکثر مجاز تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه‌های توزیع آب را cfu/ml ۵۰۰ تعیین کرده است [۱۳]. روش HPC معمولاً در ارتباط با متغیرهایی، از قبیل کدورت، کلرآزاد باقیمانده، pH و دما در آب، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۱۲]. بنابراین حذف کدورت و تصفیه آب فرآیندی مطمئن جهت سالم سازی آب شرب است تا با کاهش کدورت، مقادیر HPC نیز کاهش یابد. بنابراین HPC ابزاری کنترلی برای شبکه آبرسانی می‌باشد [۱۳].سیستم اطلاعات جغرافیایی، یک سیستم مدیریت پایگاه اطلاعات برای وارد کردن، ذخیره، تحلیل و نمایش اطلاعات فضایی (بعد مکانی) می‌باشد [۱٤]. GIS برای انتقال داده‌های جغرافیایی (فضایی و غیر فضایی) از موقعیت جغرافیایی خاص به نقشه‌های دیجیتالی استفاده می‌شود. هر موضوع به یک لایه موضوعی اختصاص داده می‌شود. [۱۵] با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان به بررسی روند تغییرات و پهنه بندی متغیرهای باکتریولوژیکی آب آشامیدنی پرداخت، GIS کاربرد فراوانی در پایش و طبقه بندی کیفی آب داشته و توانایی تحلیل و بررسی اطلاعات درحجم زیاد را فراهم می‌نماید. علاوه بر این، به کمک این ابزار امکان دست یابی به روابط دقیق تر برای ارتباط میان پارامترهای کیفی منابع آب وجود دارد [۱٦]. این مطالعه با هدف پهنه بندی کیفیت میکروبی آب شهر کرج از نقطه نظر شاخص شمارش باکتری‌های هتروتروفیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به بررسی این موضوع می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی- مقطعی در سال ۱۳۹٤ جهت پهنه‌بندی کیفیت میکروبی آب شهر کرج از نقطه نظر شاخص شمارش باکتری‌های هتروتروفیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شده است. با مراجعه به مراکز ذیربط (مانند سازمان نقشه‌برداری، شهرداری و شرکت آب و فاضلاب) اطلاعات مورد نیاز(بر حسب نیاز) جهت تعیین کیفیت میکروبی آب شهر کرج و همچنین بررسی شاخص شمارش باکتری‌های هتروتروفیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، گرداوری گردیده است. در این مطالعه نمونه‌برداری از آب شبکه توزیع شهر کرج در کلیه مناطق ۱۲ گانه انجام گردید و از هر منطقه ۳ نمونه برداشت شد. داده‌های مورد نظر پس از جمع آوری وارد نرم افزار Excel و GIS گردیده و نتایج مورد نیاز به صورت جداول و نقشه‌های کیفی مناسب استخراج گردید. با توجه به آخرین اطلاعات رسمی سرشماری سازمان آمار ایران که مربوط به سال ۱۳۸۹ می‌باشد جمعیت شهر کرج ۱٦۰۵۰۰۰ نفر برآورد گردید. در جدول زیر مشخصات جمعیتی شهر کرج ارائه شده است و حجم نمونه با توجه به روش تخمین حجم نمونه مورد نیاز، مورد محاسبه واقع شد. با توجه به اینکه جمعیت همه مناطق شهر کرج بین ۵۰۰۰۰۰- ۱۰۰۰۰۰ نفر می‌باشد، از فرمول زیر جهت تخمین تعداد نمونه‌های مورد نیاز در یک سال استفاده شد.

بطوریکه تعداد نمونه‌برداری برابر با : (به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر، ۱۲ نمونه) +۱۲۰ نمونه

در پایان جهت تعیین تعداد نمونه مورد نیاز برای هر ماه، می-بایست کل جمع حاصل را به ۱۲ تقسیم کرد. به عنوان مثال برای منطقه ۱ برابر می‌شود با :

{۱۲۰+((۱٤٥۰٤۱/۱۰۰۰۰۰)×۱۲)}/۱۲=۱۱

جدول ۱: جمعیت، مساحت و تعداد نمونه‌های مناطق شهری کرج

جمعیت، مساحت و تعداد نمونه‌های مناطق شهری کرج				
منطقه	مساحت منطقه (هکتار)	مساحت حریم مناطق	جمعیت سال ۸۵	جمعیت سال ۸۹	تعداد نمونه در هر ماه
۱	۸۸۳،۳٦۸	۷۰۰،٦۸۸	۱۲٥،۲٥۳	۱٤٥،۰٤۱	۱۱
۲	۱۱۱۹،۸	٥۳٥،٦۸۷	۱۰۳،۹۸٦	۱۲۰،٤۱٤	۱۱
۳	۲٤۱۷،۳۷۳	۱۰۱۳،۱۱٥	۱۳۸،٥۳۹	۱٦۰،٤۲٦	۱۲
٤	۱٦٥۰،۱۷۸	٤۲۱،۸۳٦	۱۰۳،۷۹٦	۱۲۰،۱۹٤	۱۱
٥	۱۱٦۷،۸۹٦	۰	۱۷٤،٥۷۲	۲۰۲،۱٥۲	۱۲
٦	۱۹٥۹،٤۱٤	٤۰۱۷،۹۳٥	۱۸٥،٥٤٥	۲۱٤،۸٥۸	۱۲
۷	۱٥٤۱،۰۳٤	۸۰۹،۹۷۱	۱۰۷،٦۷۷	۱۲٤،٦۸۸	۱۲
۸	۹۹۹،۸۸۸	۲۸۸،٦٥۷	۱۱۳،۱۷۷	۱۳۱،۰٥۷	۱۱
۹	٦٦٤،۳٥٤	۱۳۸۱،۷۳۹	۹۰،۰۲۱	۱۰٤،۲٤۳	۱۱
۱۰	۱۸۷٥،۳۷۲	٤۳۲،۱۰۲	۱۲۳،۳٤۷	۱٤۲،۸۳٤	۱۱
۱۱	۱٥٦٤،٦٤۲	٤۰٥۹،۰۸٦	٦۱،۰۱۷	۷۰،٦٥۷	۱۱
۱۲	۱٦۹٥،٦٦	٤۲۳۰،٤	٥۹،۱۰۰	٦۸،٤۳۷	۱۱
جمع	۱۷٥۳۸،۹۷۹	۱۷۸۹۱،۲۱٦	۱،۳۸٦،۰۳۰	۱،٦۰٥،۰۰۰	۱۳٦

نمونه‌بـرداری در مـدت ۳ مـاه انجـام گرفـت، و بـا توجـه بـه تخصیص جمعیت برای هر کـدام از منـاطق ۱۲ گانـه کـه جمعیتـی حدود ۱۰۰۰۰۰ نفر دارند برای هر ماه در هر منطقـه بـین ۱۱ تـا ۱۲ نمونه آب از شبکه توزیع شهری گرفته شد. مراحل نمونه‌بـرداری از ابتدا تا انتها، طبق دستورالعمل نمونـه‌بـرداری از شـبکه‌هـای توزیـع شهری (استاندارد شماره ٤٢٠٨ ارائه شده توسـط موسسـه اسـتاندارد تحقیقات صنعتی) بوده و به هنگـام نمونـه‌بـرداری مقـدار کلـر آزاد باقی‌مانده و pH نمونه‌ها نیز سنجش شده است.

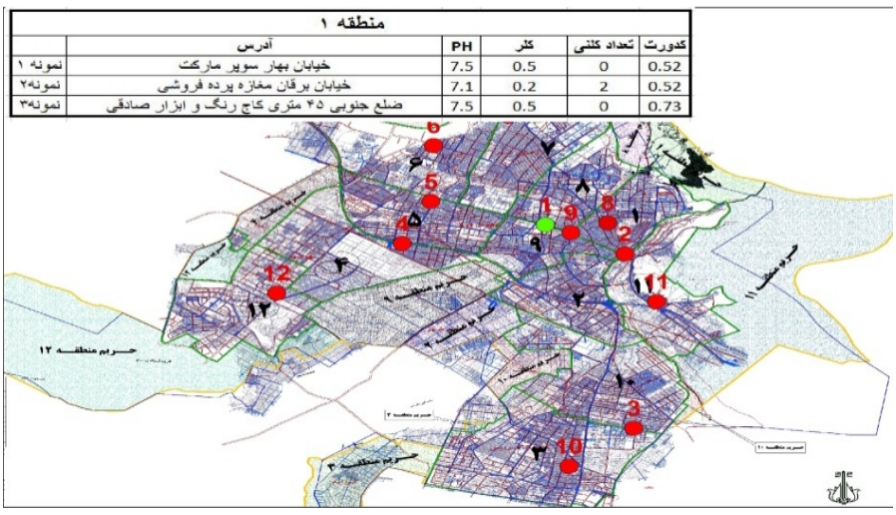
لازم به ذکر است که کلر باقی‌مانده در هر کدام از نمونـه‌هـا بـه کمک تیوسولفات سدیم حذف گردیده است. بعد از انتقال نمونه‌هـا به آزمایشگاه، به منظور شناسایی هتروتروف‌ها، نمونه‌هـا بـر اسـاس آزمایش ۹۲۱۵ کتاب اسـتاندارد متـد مـورد آزمـایش قـرار گرفتنـد. همچنین کدورت نمونه‌ها بـه همـراه تسـت HPC (Heterotrophic Plate Count) در آزمایشگاه سنجیده شده اند. بعد از آنالیز نمونه‌ها و ارائه نتایج، با کمک نرم افزار GIS، بـه ارائـه تصـویری واضـح و مشخص از کیفیت میکروبی شـهر کـرج پرداختـه شـد [۱۷]. کـاربرد اصلی نرم افزار GIS در این مطالعه، ارائه تصویری گویا از وضـعیت میکروبـی شـهر کـرج از لحـاظ شـاخص HPC در طـی دوره نمونه‌برداری بوده است. جهت ارائـه اطلاعـات مبتنـی بـر رویکـرد علمی، آنالیزهای آماری مـورد نیـاز ماننـد واریـانس نتـایج و تـاثیر فاکتورهای محیطی مانند جنس لوله، کلر باقیمانده، میـزان کـدورت، سن لوله و ... با کمک نرم‌افزار آماری(SPSS) انجام گرفت. همچنین جهت ارائه الگوها و نمودارهـا از نـرم افزارهـای Minitab و Excel استفاده شد.

یافته‌ها

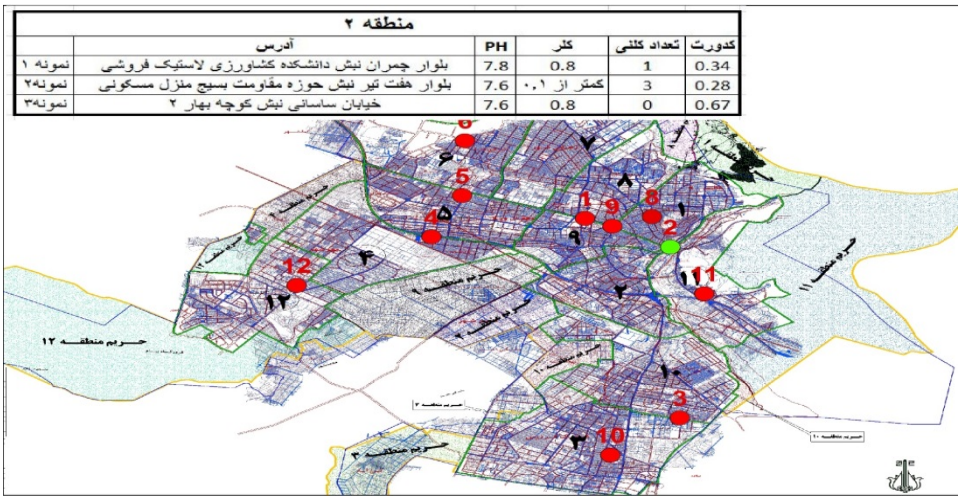
اطلاعات مربوط به نمونه برداری در کلیه مناطق ۱۲ گانـه شـهر کرج.

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۱ به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۵۲، ۲ و ۰، ۰/۵ و ۰/۲و ۷/۵ و ۷/۱ می‌باشد (شکل ۱).

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۲ به ترتیـب ۰/٦۷ و ۰/۲۸، ۳ و ۰، ۰/۸و کمتر از ۰/۱و ۷/۸ و ۷/٦ می‌باشد (شکل ۲).

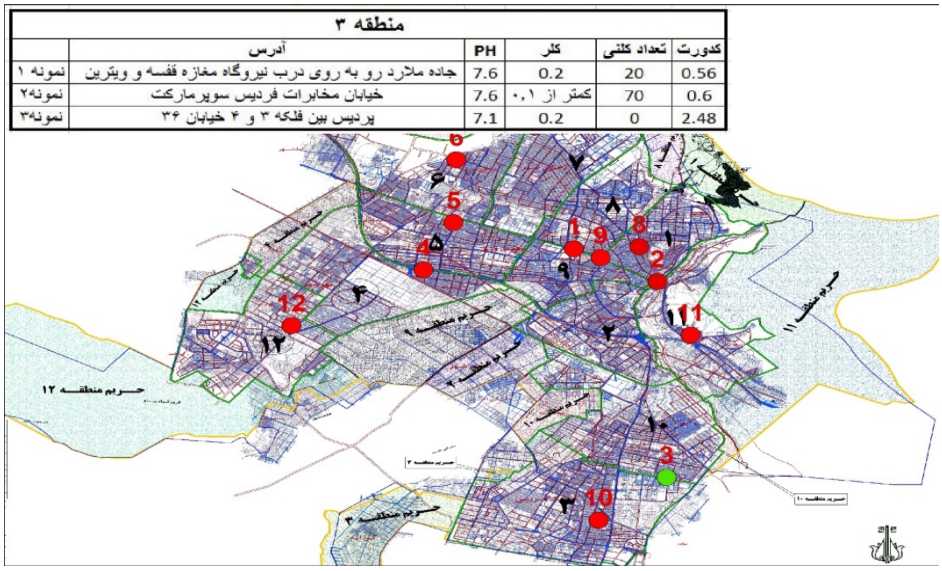


شکل ۱: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه یک کرج



منطقه ۲					
	آدرس	PH	کلر	تعداد کلنی	کدورت
نمونه ۱	بلوار چمران نبش دانشکده کشاورزی لاستیک فروشی	7.8	0.8	1	0.34
نمونه۲	بلوار هفت تیر نبش حوزه مقاومت بسیج منزل مسکونی	7.6	کمتر از ۰،۱	3	0.28
نمونه۳	خیابان ساسانی نبش کوچه بهار ۲	7.6	0.8	0	0.67

شکل ۲: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه دو کرج

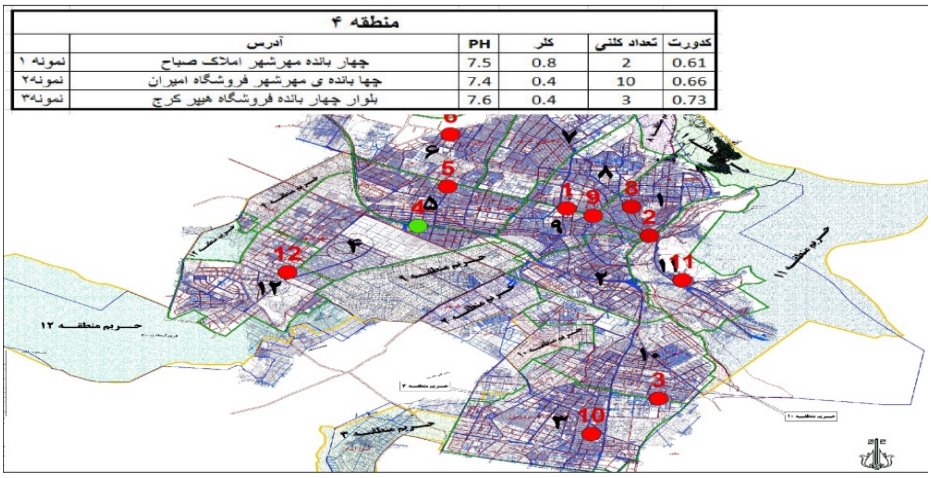


منطقه ۳					
	آدرس	PH	کلر	تعداد کلنی	کدورت
نمونه ۱	جاده ملارد رو به روی درب نیروگاه مغازه قفسه و ویترین	7.6	0.2	20	0.56
نمونه۲	خیابان مخابرات فردیس سوپرمارکت	7.6	کمتر از ۰،۱	70	0.6
نمونه۳	پردیس بین فلکه ۳ و ۴ خیابان ۳۶	7.1	0.2	0	2.48

شکل ۳: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه سه کرج

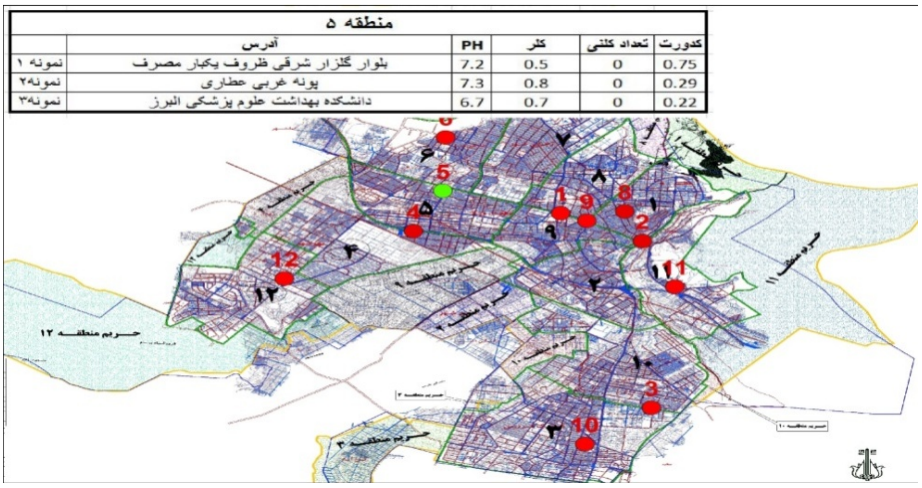
نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۳ به ترتیب ۲/۴۸ و ۰/۵۶، ۷۰ و ۰، ۰/۲ و کمتر از ۱/ ۰و ۷/۶ و ۷/۱ می‌باشد (شکل ۳).

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ٤ به ترتیب ۰/۷۳ و ۰/۶۱، ۱۰ و ۲، ۰/۸ و ۰/٤و ۷/٦ و ۷/٤ می‌باشد (شکل ٤).



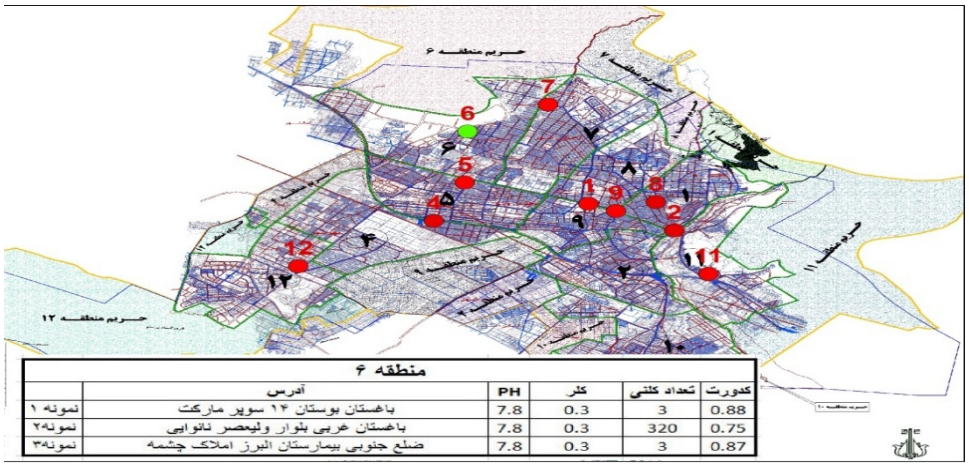
منطقه ۴					
	آدرس	PH	کلر	تعداد کلنی	کدورت
نمونه ۱	چهار بانده مهرشهر املاک صباح	7.5	0.8	2	0.61
نمونه۲	چها بانده ی مهرشهر فروشگاه امیران	7.4	0.4	10	0.66
نمونه۳	بلوار چهار بانده فروشگاه هیپر کرج	7.6	0.4	3	0.73

شکل ٤: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه چهار کرج



منطقه ۵					
	آدرس	PH	کلر	تعداد کلنی	کدورت
نمونه ۱	بلوار گلزار شرقی ظروف یکبار مصرف	7.2	0.5	0	0.75
نمونه۲	پونه غربی عطاری	7.3	0.8	0	0.29
نمونه۳	دانشکده بهداشت علوم پزشکی البرز	6.7	0.7	0	0.22

شکل ۵: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه پنج کرج



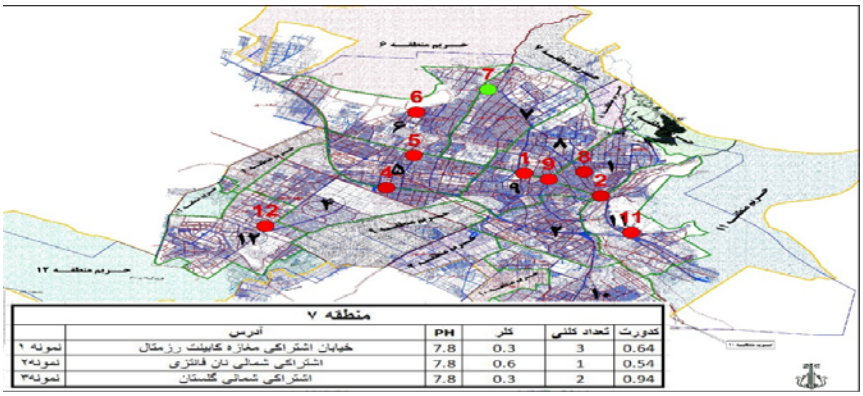
منطقه ۶					
	آدرس	PH	کلر	تعداد کلنی	کدورت
نمونه ۱	باغستان بوستان ۱۴ سوپر مارکت	7.8	0.3	3	0.88
نمونه۲	باغستان غربی بلوار ولیعصر نانوایی	7.8	0.3	320	0.75
نمونه۳	ضلع جنوبی بیمارستان البرز املاک چشمه	7.8	0.3	3	0.87

شکل٦: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه شش کرج

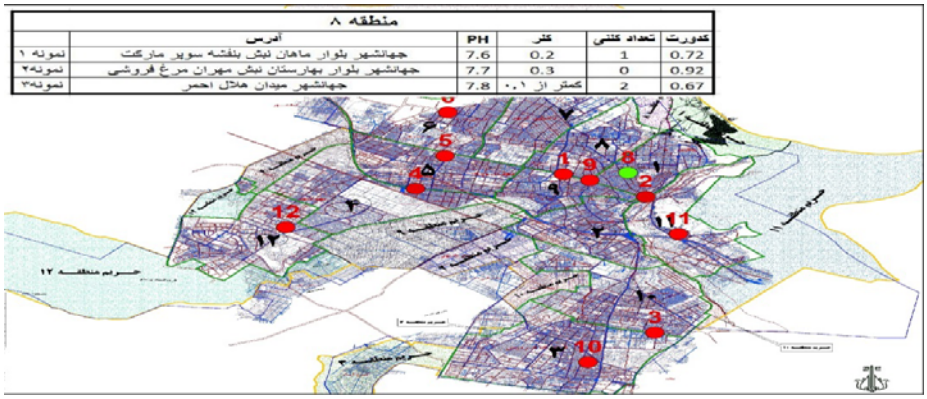
نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۵ به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۲، ۰ و ۰، ۰/۵ و ۰/۲و ۷/۳ و ٦/۷ می‌باشد (شکل ۵).

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلـر و pH در منطقـه ٦ بـه ترتیـب ۰/۸۸ و ۰/۷۵، ۳۲۰ و ۳ ،۰/۳ و ۷/۸ می‌باشد (شکل ٦).

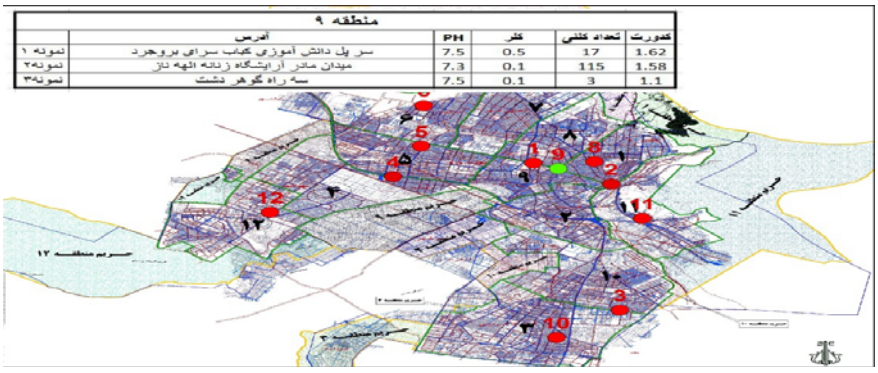
نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۷ به ترتیب ۰/۹٤ و ۰/٥٤، ۳ و ۱، ۰/٦ و ۰/۳و ۷/۸ می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه هفت کرج



شکل ۸: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه هشت کرج

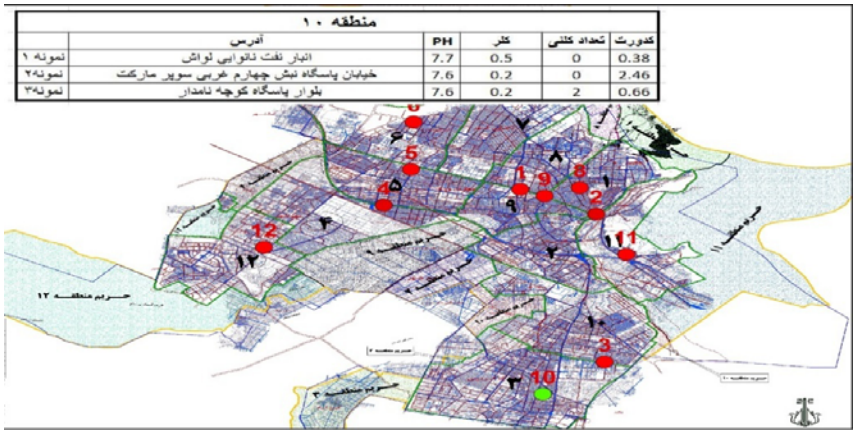


شکل ۹: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه نه کرج

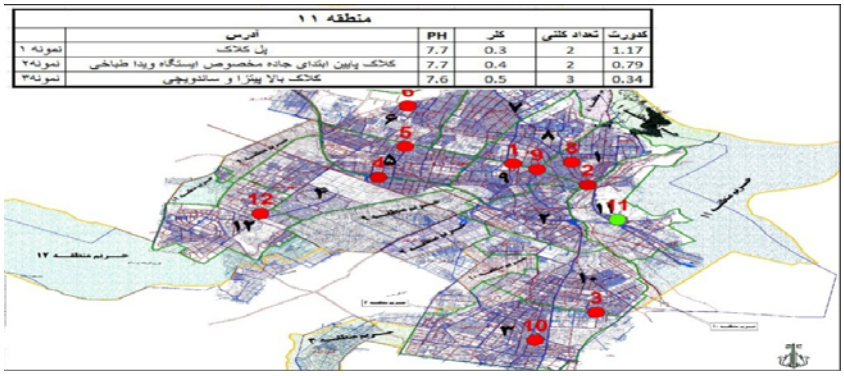
نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۸ به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/٦۷، ۱ و ۰ ، ۰/۳ و کمتر از ۰/۱ و ۷/٦ و ۷/۸ می‌باشد (شکل ۸).

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۹ به ترتیب ۱/٦۲ و ۱/۱، ۱۱۵ و ۰/۵، ۳ و ۰/۱ و ۷/۵ و ۷/۳ می‌باشد (شکل ۹).

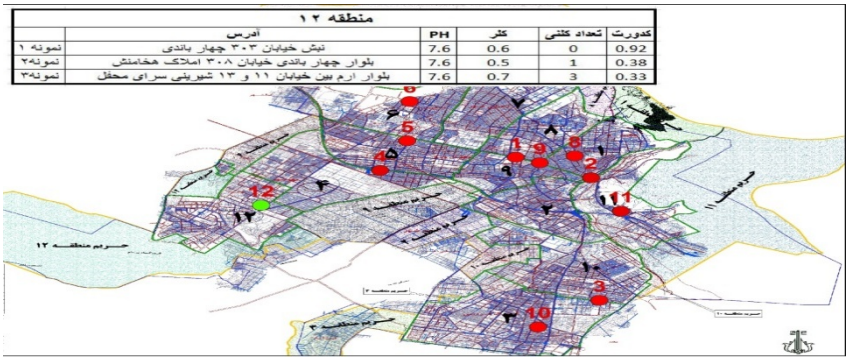
نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۱۰ به ترتیب ۰/٦٦ و ۰/۳۸، ۲ و ۰، ۰/۵ و ۰/۲و ۷/۷ و ۷/٦ می‌باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه ۱۰ کرج



شکل ۱۱: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه ۱۱ کرج



شکل ۱۲: پهنه بندی کیفیت آب شرب در منطقه ۱۲ کرج

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۱۱ به ترتیب ۱/۱۷ و ۰/۳٤، ۳ و ۲، ۰/۵ و ۰/۳، ۷/۷ و ۷/٦ می‌باشد (شکل ۱۱).

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین میزان کدورت، کلنی، کلر و pH در منطقه ۱۲ به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۳۳، ۳ و ۰، ۰/۷ و ۰/۵و ۷/٦ می‌باشد (شکل ۱۲).

بحث

با زدایش آلاینده‌های آب، می‌توان کیفیت آن را بهبود بخشید و از سوی دیگر عبور آب از شبکه در هم پیچیده و طولانی خطوط انتقال و توزیع و سکون آن در مخازن، کیفیت آب را کاهش می‌دهند. راهیابی مواد آلی به شبکه در اثر شکستگی‌ها، فرسودگی، کالاهای نامرغوب، نواقص فنی اولیه در اجرای شبکه‌ها، ساختار جغرافیایی شهرها، عدم کارایی شیر آلات، سیفون معکوس ، تحلیل و فقدان ماده گندزدا، ایجاد و رشد بیوفیلم در جدار لوله‌ها، تأثیر متقابل کیفیت آب و جنس لوله و پوشش داخلی آن و عواملی نظیر آن شرایط را برای ایجاد و رشد جمعیت میکروبی در آب و تغییر ترکیب شیمیایی آن فراهم می‌آورد. کربن آلی قابل توجه جذب (AOC) به ویژه در غلظت‌های بیش از ۱۵ میکروگرم بر لیتر، باقیمانده عامل گندزدا در آب، جنس شبکه، دما، کدورت و تعداد اولیه باکتری‌هایی که از طریق تصفیه خانه وارد شبکه می‌شوند، عامل‌های اثرگذار بر نرخ رشد جمعیت میکروبی در خطوط آبرسانی محسوب می‌شوند [۱۸]. در سیستم آبرسانی شهر کرج جنس لوله‌ها از نوع چدن داکتیل و سن لوله عمدتا بیش از بیست سال می‌باشد. لوله‌های چدنی دارای پایداری بالا، تحمل بالای تنشهای کششی، فشاری و خمشی می‌باشند. این لوله‌ها نسبتا گران قیمت و در شرایط بارهای سنگین خارجی، فشار بالای داخلی و نیز محافظت در برابر آلودگی، تغییرات دما، لرزش و همینطور در زمین مرطوب به کار می‌روند [۱۹]. در مطالعه حاضر میزان کلر باقی‌مانده آزاد در مناطق ۱۲ گانه شهر کرج بین ۰/۲ تا ۰/۸ میلی گرم در لیتر و میزان pH ۷/۳ تا ۷/۸ میلی گرم در لیتر بوده و میزان کدورت NTU ۰/۲۸تا ۰/۹٤ گزارش شد. میزان کلنی‌های باکتری های هتروتروف نیز کمتر از cfu/ml ۳ گزارش گردید. با توجه به استانداردهای ملی ایران میزان کلر باقی‌مانده آزاد در آب آشامیدنی در بیشتر مناطق از حداکثر مطلوب پایین تر بوده ولی میزان pH ، میزان کدورت و جمعیت باکتری های هتروتروف در رنج حداکثر مطلوب قرار داشتند. پارامترهای سنجش شده در محدوده استانداردهای ملی ایران قرار داشتند. در مطالعه محوی و همکاران، با توجه به استاندارد مجاز کیفیت آب، غلظت یون‌ها در اکثر نمونه‌ها در سال ۹۰ و ۹۱ در حد مطلوب بوده اند [۲۰] . در مطالعه حاضر در برخی از مناطق، میزان کدورت، کلر باقی‌مانده آزاد، pH و جمعیت باکتری های هتروتروف با اختلافی بالاتر و یا پایین تر از سایر مناطق بودند، به عنوان مثال بیشترین میزان کدورت NTU ۲/٤۸ و NTU ۱/٦۲، به ترتیب در منطقه ۳ و ۹ کمترین میزان کدورت NTU ۰/۲۲ در منطقه ۵ اندازه گیری شد. . البته این میزان با توجه به مقدار توصیه شده حداکثر مجاز آن، در رنج استاندارد ملی ایران(NTU ۵) قرار دارد. همچنین بیشترین میزان جمعیت باکتری های هتروتروف به ترتیب در منطقه ۳ و ۹ به میزان cfu/ml ۷۰ و ۱۱۵ شمارش شدند، که این میزان تنها در ۸ درصد مناطق مشاهده شد و با توجه به مقدار توصیه شده حداکثر مجاز آن، در رنج استاندارد (تا حداکثر cfu/ml۵۰۰) قرار دارد. براساس مطالعاتی که فلاح و همکاران انجام دادند، میزان حداقل و حداکثر HPC به ترتیب صفر و ۸۰ cfu/ml بوده است. همچنین میزان حداقل و حداکثر pH به ترتیب ٦/۹۹ و ۷/۵۵ گزارش شده است، که با توجه به استاندارد آن در ۱۰۰٪ موارد مجاز بوده است. حداکثر و حداقل کلر اندازه‌گیری شده به ترتیب ppm ۰/۸ و ۰/٦ می باشد که در ۱۰۰٪ نمونه‌ها کلر باقی‌مانده در حد مطلوب بوده است. میزان کدورت اندازه‌گیری شده در شبکه توزیع حداقل ۰/۱۸ و حداکثر NTU ۱/۰۵ و گزارش گردیده و در مجموع کمتر از حد مجاز بوده است [۲۱] . در مطالعه ناظمی و همکاران، شمارش بشقابی هتروتروفیک بیشتر از ۵۰۰ در ۱۹/۸ درصد از روستاها مشاهده گردید [۲۲] . براساس مطالعه مسافری و همکاران، در ۵۰ ٪ نمونه‌های مورد مطالعه مناطق مختلف شهر باکتری‌های هتروتروف مشاهده شد و در ٦ منطقه شمارش باکتریهای هتروتروف بالای cfu/ml ۵۰۰ گزارش شد [۲۳] .در مطالعه حاضر، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین میزان HPC در مناطق ۳ و ٦ و ۹ شهر کرج بوده است که به ترتیب۷۰ و ۱۱۵ و ۳۲۰ کلنی می‌باشد و در

سایر نقاط این میزان کمتر از ۳ کلنی را نشان داد. در راستای مطالعه حاضر، دو برادران و همکاران، در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که در شرایط کدورت بالا و pH پایین میزان موارد مثبت HPC افزایش می‌یابد و با افزایش کلر آزاد باقی‌مانده موارد مثبت HPC کاهش می‌یابد [۲۴]. در مطالعه‌ای دیگر که توسط نوری سپهر و همکاران، انجام گرفت، نتایج آزمایش‌ها نشان داد که میزان کلر باقیمانده بطور مستقیم بر مقادیر شاخص HPC موثر است، مقادیر بالای HPC با افت میزان کلر باقی‌مانده به وضوح مشاهده می‌شود. در شرایطی که کدورت بالاتر از NTU ۱باشد علیرغم حفظ کلر باقی‌مانده در حد مطلوب میزان HPC کمی افزایش می‌یابد، هر چند در کدورت‌های کمتر از NTU ۱ تاثیر قابل ملاحظه ای به چشم نمی‌خورد [۲۵]. براساس مطالعات زیبا زاده و همکاران، بیشترین جمعیت باکتری های هتروتروف در نقاطی از شبکه که دارای کلرآزاد باقی‌مانده بین ۰/۱-۰ بوده مشاهده گردیده و کدورت در این نقاط معمولا از حد مطلوب بالاتر بوده است [۲۶]. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آزمون‌های آماری حاکی از آن است که بین جمعیت باکتری های هتروتروف با کدورت و کلر باقی‌مانده آزاد ارتباط معناداری وجود داشت($P<0/05$). براساس مطالعه مسافری و همکاران، ارتباط معنی‌داری بین HPC و کلر باقیمانده ($P<0/01$ و $R=0.95$) گزارش شد [۲۳]. در مطالعه فلاح و همکاران، میزان کدورت با HPC نسبت مستقیم داشت که براساس آزمون در سطح ۰/۰۱ معنی داری بود [۲۱]. براساس مطالعه باقری اردبیلیان و همکاران، بیشترین آلودگی به فکال و توتال کلیفرم‌ها، مربوط به باکتری‌های هتروتروف و استافیلوکوکوس اورئوس بود. بین آلودگی استافیلوکوکوس اورئوس با کدورت آب همبستگی معنی دار آماری وجود داشت [۲۷]. از آن جایی که برای حفظ و ارتقای سطح سلامت جامعه تامین آب آشامیدنی سالم از ضروریات اولیه است، لذا پایش مداوم سیستم‌های آبرسانی و شناسایی منابع ورود آلودگی امری ضروری به نظر می‌رسد [۲۸]. همچنین افزون بر مسئله کمیت آب، کیفیت منابع آبی و آلودگی آن‌ها از مسائل محدودکننده می‌باشد. از این رو پهنه بندی آب به عنوان یک متغیر مهم باید مورد توجه قرار گیرد. برای کنترل آلودگی آب ابتدا باید منشأ آلودگی را شناسایی کرد. بنابراین می‌توان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به بررسی روند تغییرات و پهنه بندی باکتریولوژی آب پرداخت. برای بررسی تغییرات کیفیت میکروبی آب در مطالعه حاضر، با توجه به ویژگی‌های مورد مطالعه از مدل‌های کروی و نمایی استفاده شد. نقشه‌های پهنه بندی نشان داد تغییرات میکروبی آب شهر کرج از کیفیت مطلوبی برخوردار است. در مطالعه حاضر مقایسه نتایج پهنه بندی مناطق ۱۲ گانه شهر کرج نشان می دهدکه پهنه بندی کیفیت آب در این مناطق ۱۰۰ درصد همپوشانی دارد. در مطالعه مقامی و همکاران، در شهرستان آباده مقایسه نتایج پهنه بندی نشان داد پهنه بندی کیفیت آب ۸۵ درصد هم پوشانی دارد. روند تغییرات HPC با توجه به کدورت، کلر و pH در مناطق ۱۲ گانه شهر کرج در شکل‌های ۱ تا ۱۲ نقشه کیفی به صورت پهنه بندی ترسیم شد. نتایج حاصل از پهنه بندی کیفیت میکروبی آب شرب شهر کرج در محدوده مورد مطالعه، جدای از میزان صحت و دقت اعمال شده، نشان دهنده کیفیت مطلوب آب آشامیدنی می‌باشد. در مطالعه زاهدی‌فر و همکاران، روش کریجینگ معمولی نقطه ای روش تخمین مناسب شناخته و نقشه‌های پهنه بندی نیز با استفاده از آن تهیه شد. ساختار مکانی ویژگی‌های مورد مطالعه از مدل‌های کروی و نمایی با دامنه تاثیر ۶۷۰۰ تا ۱۴۰۶۰۰ متر و حدود آستانه ۰/۰۰۲ تا ۲/۳۳ تبعیت نمود و کلاس وابستگی مکانی در محدوده متوسط تا قوی قرار گرفت. نقشه‌های پهنه بندی نشان داد آب‌های زیرزمینی نیمه جنوبی منطقه نسبت به نیمه شمالی از کیفیت نامطلوب تری برخوردار بوده **است** [۲۹]. در پژوهش خزایی و همکاران، برای بررسی تغییرات مکانی روش کریجینگ استفاده شد، نتایج نشان داد غلظت آلاینده در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در دامنه ۳/۸۵ تا ۱۴/۹۲ میلی گرم بر لیتر **متغیر است** [۳۰]. **در** مطالعه مقامی و همکارانش، روش کریجینگ با سمی واریوگرام های نمایی و دایره ای برای میان یابی **و در** نهایت پهنه‌بندی کیفیت آب شرب مناسب ترین روش‌ها هستند. [۳۱]

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان HPC در کلیه نمونه‌ها در محدوده مقدار توصیه شده استانداردهای ملی ایران قرار داشت. نتایج حاصل از پهنه بندی کیفیت میکروبی آب با استفاده از روش کریجینگ معمولی نقطه ای، نشان دهنده کیفیت مطلوب آب

آشامیدنی و همپوشانی کامل آن در موارد مورد مطالعه می‌باشد.

تشکر و سپاسگزاری

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی با عنوان" پهنه بندی کیفیت میکروبی آب شهر کرج از نقطه نظر شاخص شمارش باکتریهای هتروتروفیک با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)"مصوب دانشگاه علوم پزشکی البرز (کد طرح ۲٤۲۸۸٥٤) می‌باشد.

References

1. A raygan shirazi, S rezaee, A jamshidi. survey the microbiological and chemical quality of drinking water in central part of the rural areas of Boyer ahmad city. JHSR 1391;8(3): 431-7. [In Persian]
2. Eslami F, Shokoohi R, Mazloomi S, et al. Evaluation of Water Quality Index (WQI) of Groundwater Supplies in Kerman Province in 2015.Ocup and Env Hlth. 2017;3(1): 48-58. [In Persian]
3. J Aryal, B Gautam, N Sapkota. Drinking Water Quality Assessment. JN Hlth Res Counc. 2012;10(22): 192-6.
4. Darvishmotevalli M, Moradnia M, Noorisepehr M, et al. Evaluation of carcinogenic risks related to nitrate exposure in drinking water in Iran. MethodsX 2019;6: 1716-27.
5. M pirsaheb, M moradi, K sharafi. Evaluate the relationship between microbial quality of drinking water and the prevalence of cross-related diseases - study about the Kangavar city. J Hlth in Fld. 1392;1(2): 9-16. [In Persian]
6. S ahmadizad, A pourjam. Identify nuisance algae and productive taste and Odor in drinking water and survey of algae removal methods by the approach reduce and control pollution of surface water sources, rivers and reservoirs of behind dams. Int. J. Water Resour. Env. Eng. 2016;10(21): 1594-69. [In Persian]
7. A asle hashemi. Analysis of the physical and chemical and biological incidents of drinking water in Tabriz. The use of chemicals in the environment 1391;3(10): 5-10. [In Persian]
8. Motevalli M, Naghan D, Mirzaei N, et al. The reusing feasibility of wastewater treatment plant (conventional activated sludge) effluent of tomato paste factory for agricultural irrigation-a case study. Int. J. Pharm. Technol. 2015;7(3): 9672-9.
9. SA mokhtari, M fazlzadeh, B daraji. Survey of the microbial quality of drinking water in rural outskirts of the city of Ardabil. Ardbl Hlth and hygn Journal 1373-66:(1):25-31. [In Persian]
10. GH ahmari, S kalantari. Survey of Factors Affecting the growth of heterotrophic bacteria in drinking water distribution system in Arak. J Adv Environ Health Res. 2016;4(3): 135-141. [In Persian]
11. M ghanadi. Criteria and guidelines for drinking water quality analysis. 48-49, editor. [In Persian]
12. M alighadri, T sadeghi, P bagheri ardabiliyan. Heterotrophic bacteria in drinking water distribution network in Ardabil. Ardbl Hlth and hygn Journal 1394;6(2): 226-35. [In Persian]
13. A dargahi, A karami, A almasi, T amiriyan. Ssurvey of Hpc index to assess the heterotrophic bacteria in drinking water distribution network in Kermanshah. Manag Pollut Environ J. 1393;18(2)1-4. [In Persian]
14. sedighi M. Survey of Application of Geographic Information System (GIS) in available earth science documents Organizing at the Center for Scientific Information and Documentation Iran. Inf scince, 138;20(1,2): 29-49. [In Persian]
15. V Jovanovic, A Njegus. The Application Of Gis And Its Components In Tourism. Jugoslav Journal 2008;18(2): 261-72.
16. A moghadam, M takmedash, K esmaeeli. Survey of spatial and temporal trends of water quality parameters of Mashhad plain using GIS. J. of Water and Soil Conservation 1392;20(3): 211-25. [In Persian]
17. M madadiniya, M monavari, A karbasi. Water quality monitoring in the Karoon River of Ahvaz using Water Quality Index. Env Sciences and tech 1393;16(1): 49-60. [In Persian]
18. Ghozikali MG, Mosaferi M, Naddafi K. Environmental health problems and indicators in tabriz, iran. Health Promot Perspect 2013;3(1): 113-23. [In Persian]
19. Zazouli M. Comprehensive Textbook of water and wastewater technology. 2, editor: sama.2012. [In Persian]
20. Mahvi A, Norouzi R, Faraji H. Zoning the quality changes of groundwater resources in Bandargaz city with geographic information system. J Env Sci Tech. 2013;3(3): 13-23. [In Persian]
21. Houriye F, Molana Z, Hajiahmadi M. Survey of water quality Babolsar city by using HPC Index. 2010;https://www.civilica.com/Paper-NCEH13-NCEH13_051.html[In Persian]
22. Nazemi S. survey of microbial quality of drinking water in villages of city Maravetappeh.Env Hlth Eng. 2012;1(1):20-29 [In Persian]
23. Mosaferi M, Shakerkhatibi M, Mehri A. Heterotrophic bacteria in drinking water in tabriz, iran. SJSP Hlth and IPHR 2011;8(4):25-31. [In Persian]

24. Dobaradaran S, Bina B, Isfahani BN. The effect of some physical and chemical parameters on regrowth of aeromonas bacterium and heterotrophic bacteria in Isfahan drinking water system. Journal of water and wastewater 2006;17(1): 8-13. [In Persian]

25. Fahimeh A, Noorisepehr M, Shahroodi M. Analysis of Microbial Quality of Drinking Water Distribution Networks in Semnan Province by HPC Index and Related Parameters. Water and Wastewater Operation Approach; Iran1387 https://www.civilica.com/Paper-NCWW02-NCWW02_046.html. [In Persian]

26. Zibazadeh M, Ghodrat R, Ahadi M. Qualitative Monitoring of Hamadan Drinking Water Resources. Water and Wastewater Operation Approach; Iran, Tehran: Faculty of Environment, University of Tehran; 1387. https://www.civilica.com/Paper-NCWW02-NCWW02_029.html. [In Persian]

27. Bagheri Ardebilian P, Sadeghi H, Fazlzadeh davil M, et al. Quality Indices of Water in Nir Thermal Springs: Emphasizing on Staphylococcus aureus. Journal of Health and Env. 2014;5(2): 115-26. [In Persian]

28. Shabankareh fard E, Hayati R, Dobaradaran S. Evaluation of physical, chemical and microbial quality of distribution network drinkingwater in Bushehr, Iran. Iran South Med J 2015;17(6): 1223-35. [In Persian]

29. Zahedifar M, Moosavi Saa, Rajabi M. Zoning the groundwater chemical quality attributes of fasa plain using geostatistical approaches. journal of water and soil (agricultural sciences and technology) 2013;27(4). [In Persian]

30. Khazaei Sh, Abbasitabar H, Taghizadeh mehrjerdi R. Spatial Distribution of Nitrate Contamination in Groundwater Using Geostatistic in Fars Province (Case study: Siakh Darengoun Area). Natural Env J. 2011; 64 (3) : 267-79. [In Persian]

31. Maghami Y, Ghazavi R. Evaluation of various interpolation methods for mapping water quality using GIS (Case Study: city Abade). Geog and Env planning 2011; (2) 22.171-182 [In Persian]

AUMJ Journal Alborz University of Medical Sciences

Alborz University of Medical Sciences Journal, October 2020, Vol. 9, No. 4: 464-476 *Original Article*

Microbial Water Quality of Karaj City in Terms of Heterotrophic Bacteria Count Index: Zoning by the Geographic Information System (GIS)

Mohammad Darvishmotevalli[1], Mohammad Noorisepehr[1, 2*], Sajad Mazloomi [3]

[1] *Research Center for Health, Safety and Environment (RCHSE), Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran*

[2] *Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran*

[3] *Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Ilam University of Medical Sciences, Ilam, Iran*

***Corresponding Author:**
Research Center for Health, Safety and Environment (RCHSE), Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

Tel: 09123344072
E-mail: dr.nooriseper@gmail.com

Received: 20 May 2020 ; Accepted: 25 Jul 2020

Abstract

Background and Purpose: The aim of this study was to evaluate the microbial quality of drinking water in Karaj, Iran in terms of heterotrophic bacteria count index (HPC) and its variation trend using geographic information system (GIS) in 2016.

Materials and methods: In this study, water sampling was carried out in Karaj distribution network in all 12 regions and based on this, 3 samples were taken from each region by grab sampling technique.

Results: The findings indicated that the mean terms of free residual chlorine, turbidity, and pH in the 12 regions of Karaj were respectively measured 0.2-0.8 mg/l, 0.22-0.94 NTU, and 7.3-7.8. The highest levels of HPC in regions of 3, 6 and 9 of Karaj were detected at 70, 115 and 320 colonies, respectively. The highest turbidity rates were 2.48 and 1.62 NTU in regions 3 and 9, respectively, and the lowest rate was 0.22 NTU in region 5.

Conclusion: According to results, in all samples, the obtained HPC levels were within the recommended national standards. Furthermore, the results of water quality zoning using ordinary point kriging represent high quality drinking water and its complete overlap in the studied cases.

Keywords: Zoning, Microbial quality, Drinking water, Heterotrophic bacteria, GIS