

استفاده از یک روش تلفیقی برای ارزیابی کیفیت آب و خاک در محدوده رودخانه حله (از شاخه‌های رود فرات)

ابوالفضل قنبری^{۱*}، صادق فرج هنعویسار^۲

*۱- دانشیار دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

ایمیل نویسنده مسئول: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۹

چکیده

رودخانه حله از شهرهای متعددی عبور می‌کند و پساب‌ها و فاضلاب صنعتی، کشاورزی و خانگی آن را تحت تأثیر قرار داده است که این موضوع نسبت به سایر مناطق رود فرات کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بر همین اساس در تحقیق حاضر با استفاده از روش‌های مختلف تحلیلی از قبیل عملیات آزمایشگاهی، آنالیز پارامترهای کیفی، شاخص کیفیت آب (WQI)، ارزیابی همبستگی و تحلیل‌های سنجش از دور و GIS به بررسی کمی و کیفی کیفیت آب و خاک در محدوده رودخانه حله اقدام شده تا مشخص شود که این رودخانه در چه سطحی از آلودگی قرار دارد. در این راستا نمونه‌های مربوط به آب و خاک در ماه‌های مختلف سال ۲۰۲۱ از ۱۰ نقطه جمع‌آوری گردیده است. مطابق نتایج آنالیز کیفی آب، غلظت پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب به استثنای چند ماه در اغلب دوره از حد مجاز عبور نکرده است اما بر اساس شاخص کیفیت آب شرب و با توجه به محل نمونه‌ها آب رودخانه حله از نظر کیفیت در سطح ضعیف و بسیار ضعیف طبقه‌بندی شده است که نواحی جنوبی به دلیل تمرکز اراضی زراعی و ورود زباله و پساب‌های مختلف به آب از کیفیت پایین‌تری نسبت به نواحی مرکزی تا شمالی آن برخوردار می‌باشد. از طرفی دیگر، خاک‌های دارای بافت سنی از نظر پارامترهایی از قبیل رسانایی الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کلسیم، منیزیم و سدیم غنی‌تر از خاک‌های رسی مخلوط هستند و نیز pH و کربنات کلسیم خاک‌های رسی بیشتر از خاک‌های سنی بوده است. همچنین نتایج تحلیل همبستگی چنین مشخص نموده است که در مواردی همبستگی بسیار زیادی بین پارامترهای کیفیت آب و خاک وجود دارد اما بین هیچ یک از باندهای طیفی و کیفیت آب همبستگی خاصی وجود نداشته است و بنابراین، شاخص کیفیت آب را نمی‌توان با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست برای ارزیابی وضعیت کیفیت آب رودخانه حله مورد استفاده قرار داد.

کلمات کلیدی

"کیفیت آب"، "کیفیت خاک"، "سنجش از دور"، "GIS"، "رودخانه حله".

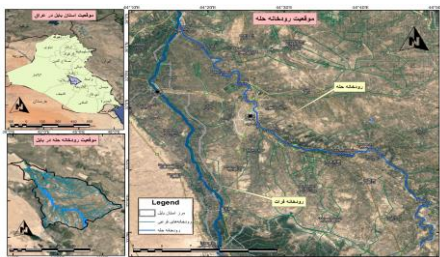
۱- مقدمه

بیولوژیکی بدنه‌های آبی و شناسایی منبع هر گونه آلودگی یا آلاینده‌ی احتمالی است که ممکن است باعث کاهش کیفیت آب شود (Usali & Ismail, ۲۰۱۰). در مقابل، کیفیت خاک نیز ظرفیت دائم خاک در انجام وظایف خود به عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت بهره‌برداری‌های متفاوت قلمداد می‌شود (Vadde et al, ۲۰۱۸). از طرفی خواص خاک و آب در فضای افقی با توجه به زمان و عمق آن‌ها متفاوت است که تعیین دقیق وضعیت کیفی هر یک از این منابع را دشوار می‌کند (Obade et al, ۲۰۱۳). علاوه بر این، به دلیل ویژگی‌های جریان آب، رودخانه‌ها در برابر آلودگی‌های خارجی آسیب‌پذیر هستند و هنگامی که یک آلودگی در اثر عوامل انسانی یا طبیعی در آن رخ می‌دهد، این آلودگی به راحتی می‌تواند به کل حوضه رودخانه‌ای سرایت نماید (Wang et

در طول صد سال گذشته، رودخانه‌ها با وضعیتی بحرانی مواجه شده‌اند و ورود مواد و ترکیبات مضر از قبیل فلزات سمی، ضایعات کشاورزی و پسماندهای شیمیایی صنعتی به آب، اکوسیستم‌های رودخانه‌ای در مناطق مختلف را با چالش مواجه ساخته است (Akhtar et al, ۲۰۲۱). این امر به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه به دلیل روند روزافزون رشد اقتصادی و افزایش جمعیت بیشتر صدق می‌کند (Abbas, ۲۰۱۳). در این نواحی با توجه به رشد سریع صنایع، دفع زباله‌های مایع و جامد به‌طور فزاینده‌ای افزایش یافته و به دنبال آن کیفیت آب‌های سطحی و خاک‌های مجاور آن‌ها تحت تأثیر قرار گرفته است (Jayalakshmi & Velappan, ۲۰۱۵). اساساً کیفیت آب فرآیندی برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و

ابزارهایی مفید و جامع در ارزیابی و پایش کیفیت آب و خاک مطرح هستند. نظر به اهمیت به کارگیری رویکردهای مناسب در ارزیابی کیفیت آب در محیط‌های رودخانه‌ای، در مطالعات مختلفی به تحلیل و بررسی پیرامون آن پرداخته شده است. رنگزن و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه خود قابلیت تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ و لندست ۸ و تلفیق تصاویر در پهنه‌بندی فصلی شاخص‌های کیفی NSFQI و IRWQIsc در آب‌های سطحی رودخانه کارون را ارزیابی کرده‌اند. نتایج نشان داد که بهترین نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص NSFQI در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب بر اساس به کارگیری باند ۲ تصویر مبتنی بر BT، باند ۲ تصویر مبتنی بر IHS، باند ۲ و باند ۴ تصویر لندست ۸ هستند. همچنین بر مبنای نتایج، روند تغییرات هر دو شاخص در نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی از شمال به جنوب منطقه پژوهش در هر فصل بسیار مشابه است. نتایج ارزیابی فصلی هر دو شاخص حاکی از وضعیت نامناسب آب رودخانه در بیشتر روزهای سال بوده است. ویگنلو و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود از سنجش از دور، مدل پیش‌بینی شاخص کیفیت آب و تحلیل رگرسیون خطی بهره گرفته‌اند و ۱۲ پارامتر فیزیکی شیمیایی در طول ۳ سال را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. قابلیت‌های استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تحقیق به دو صورت اثبات شد یکی برای ردیابی آلودگی آلی (مرتبط با رنگ‌ها) در منابع آب شیرین و دیگری به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری در مدیریت منابع آبی. الحق و همکاران (۲۰۱۹) پارامترهای کیفیت آب را با استفاده از بازتاب‌های طیفی چندزمانه ماهواره‌ای در مناطق خشک عربستان سعودی مطالعه و ارزیابی کرده‌اند. در این راستا، سه شاخص MCI، GNDVI و NDTI محاسبه گردید و تحلیل آماری Zonal در GIS برای بهبود تحلیل رگرسیون بین داده‌های مکانی برآورد شده از تصاویر سنجش از دور و داده‌های غیرمکانی مورد استفاده قرار گرفت. مطابق نتایج آنان ضرایب همبستگی متفاوتی بین داده‌های جمع‌آوری شده واقعیت زمینی و شاخص‌های مربوطه حاصل از داده‌های سنجش از دور وجود دارد. در تحقیق حسین و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تکنیک‌های تحلیلی GIS، شاخص کیفیت آب برای آب‌های سطحی بخش کوفه در نجف عراق در فصل خشک در سال ۲۰۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطابق نتایج تحلیل‌های مکانی و درون‌یابی در محیط GIS، مقدار شاخص کیفیت آب برای منطقه مابین ۵۳/۵۰ تا ۸۷/۵۲ محاسبه گردید. رودخانه‌ها به عنوان یکی از شریان‌های اساسی بقای تمدن انسانی نقش بسزایی در پیدایش و

همچنین با توجه به محدودیت‌های کمی و کیفی موجود و لزوم استفاده بهینه از پتانسیل‌های رودخانه، ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها به منظور شناسایی منابع آلاینده و تدوین استراتژی مؤثر برای مدیریت پایدار منابع آب، حفظ و ارتقای سلامت جوامع انسانی و سایر چالش‌های اجتماعی و اقتصادی مربوطه امری لازم و ضروری است (Son et al, ۲۰۲۰). ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها در هر جامعه‌ای بسیار مهم است. این کار برآورد معقولی از وضعیت فعلی آب‌ها را ارائه می‌دهد و مناسب‌ترین استفاده از آن‌ها را برای هر فعالیت انسانی منعکس می‌کند (Japitana et al, ۲۰۱۹). با این وجود، روش‌های سنتی ارزیابی کیفیت آب اغلب پرهزینه و زمان‌بر هستند و این موضوع به‌ویژه برای پهنه‌های بزرگ آب از قبیل دریاچه‌ها، سدها و رودخانه‌ها که نمونه‌گیری‌ها کل گستره آب را پوشش نمی‌دهد بیشتر اهمیت پیدا می‌کند (Alssgeer et al, ۲۰۱۸). در این راستا امروزه استفاده از سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به منظور استخراج اطلاعات مورد نیاز و تهیه نقشه‌های شاخص کیفیت آب و خاک برای اتخاذ بهینه تصمیمات به جزئی جدایی‌ناپذیر از مدیریت پایدار منابع آب تبدیل شده است (Said & Khan, ۲۰۲۱). در حال حاضر انواع مختلفی از داده‌های سنجش از دور همچون چندطیفی (Multispectral) و فراطیفی (Hyperspectral) وجود دارند که می‌توان از آن‌ها برای نظارت و ارزیابی کیفیت آب استفاده نمود (مومی پور، ۱۳۹۵). در طی دو دهه اخیر، انواع سنجنده‌ها و سیستم‌های دورسنجی برای اندازه‌گیری pH آب، کدورت، اکسیژن محلول و سایر پارامترها به کار گرفته شده‌اند. برخی از سیستم‌های سنجش از دور نیز برای پایش کیفیت محیطی آب در رودخانه‌ها، مصب‌ها و آب‌های ساحلی توسعه یافته‌اند (Shaltami & Bustany, ۲۰۲۱). مواد موجود در آب‌های سطحی می‌توانند به طور قابل توجهی ویژگی‌های بازپراکندگی آب‌های سطحی را تغییر دهند. فناوری‌های سنجش از دور توانایی اندازه‌گیری این تغییرات در امضای طیفی پراکنده از آب و ارزیابی یکپارچه آن توسط مدل‌های تجربی یا تحلیلی را دارا می‌باشند (Ritchie et al, ۲۰۱۶). همچنین GIS و قابلیت‌های تحلیل فضایی آن امکان ترکیب و یکپارچه‌سازی داده‌های آزمایشگاهی با داده‌های جغرافیایی را میسر نموده و به بهبود فرایند مدل‌سازی توزیع مکانی پارامترهای کیفیت آب و خاک منجر شده است (میرعلیزاده و منصور، ۱۳۹۸). بنابراین، فناوری‌هایی مانند سنجش از دور و GIS به عنوان



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

• انتخاب نقاط نمونه برداری

در راستای تعیین و برداشت نمونه‌های کیفی زمینی از عملیات میدانی استفاده شده است. بدین منظور محدوده شهر حله به‌عنوان نقطه مبنا در نظر گرفته شده و به‌موازات رودخانه حله از شمال تا جنوب شهر اقدام به نمونه برداری گردیده است. برای این منظور با لحاظ فراوانی، توزیع و دقت مناسب، تعداد ۱۰ نقطه نمونه با به‌کارگیری دستگاه GPS دستی گارمین جمع‌آوری شده که از این تعداد ۷ نقطه از آب و ۳ نقطه نیز از خاک منطقه برداشت شده است. کار میدانی برای تعیین مکان‌های نمونه برداری مبتنی بر چندین سفر شناسایی بوده که بر مبنای آن مکان‌های ایستگاه‌های اصلی نمونه برداری آب شناسایی گردیده است. سپس دو مرتبه در هر ماه به محل‌های مورد نظر تردد شده و در هر بار تردد نمونه‌های مربوطه برداشت شده است. در این راستا، نمونه‌ها در بطری‌های پلاستیکی با ظرفیت ۱/۵ لیتر و به شکل استاندارد جمع‌آوری شده و درب آن‌ها محکم بسته شد. با توجه به تغییر در ترکیبات، نمونه‌های خاک با توزیع مکانی گسترده‌تر و از مکان‌های با فواصل دورتر از همدیگر در حریم رودخانه حله گرفته شده است و حجم هر نمونه خاک بین ۱ تا کیلوگرم متغیر بوده است. در جدول ۱ مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات نمونه‌های برداشت شده

شماره نمونه	طول جغرافیایی (X)	عرض جغرافیایی (Y)
W	۴۴۴۹۱۲ E	۳۶۰۰۲۵۴ N
	۴۴۶۹۹۱ E	۳۵۹۵۱۱۵ N
	۴۴۸۶۷۷ E	۳۵۸۹۹۷۹ N
	۴۵۳۱۳۷ E	۳۵۸۵۷۶۱ N
	۴۵۶۹۵۱ E	۳۵۸۳۷۲۴ N
	۴۶۲۳۵۴ E	۳۵۸۳۰۸۱ N
	۴۶۸۸۱۴ E	۳۵۸۲۹۰۴ N
S	۴۴۰۷۴۶ E	۳۶۰۸۰۸۴ N
	۴۷۳۲۸۶ E	۳۵۷۸۶۹۶ N
	۴۵۲۴۹۸ E	۳۵۸۹۹۶۰ N

• روش آنالیز نمونه‌ها

توسعه جوامع بشری دارند و علاوه بر این، نقش مهمی در جذب یا انتقال فاضلاب شهری و صنعتی و همچنین رواناب کشاورزی ایفا می‌کنند و عنصری حیاتی در شکل دادن به جنبه‌های طبیعی، فرهنگی و اقتصادی هر منطقه محسوب می‌شوند (Sharma et al, ۲۰۲۰). آب رودخانه حله به دلیل فعالیت‌های مخرب انسانی، فقدان سیستم‌های بهداشتی، دفع نامناسب زباله و ساخت‌وساز بی‌رویه در حال آلوده شدن است. بنابراین، ارزیابی کیفیت آب رودخانه و ایجاد پایگاه داده‌ای برای پایش فضایی آلودگی، ضروری است تا بتوان ارزیابی کیفی را به‌صورت منظم و مستمر تسهیل نمود. این امر با استفاده از روش‌های سنتی در مقایسه با روش‌های نوین بسیار دشوار است. همچنین این روش مرسوم باعث صرف زمان و هزینه زیادی می‌شود. بنابراین، به‌کارگیری تکنیک‌های تلفیقی مناسب همراه با استفاده از سنجش از دور و GIS، کارآمدتر و جامع‌تر بوده و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و زمان ارزیابی را موجب می‌شود. بر همین اساس در تحقیق حاضر به ارزیابی کیفی رودخانه حله با استفاده از روش‌های مختلف سنجش از دور، GIS و عملیات میدانی و آزمایشگاهی اقدام می‌شود تا مشخص شود که این رودخانه در چه وضعیتی از آلودگی واقع شده است.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

رودخانه حله یکی از رودخانه‌های معروف عراق و همچنین بزرگ‌ترین منبع آبی در استان بابل است (شکل ۱). سرچشمه اصلی این رودخانه رود فرات است که از شمال استان بابل سرچشمه یافته و با روند شمال غربی - جنوب شرقی تا جنوب دیوانیه در استان قادسیه جریان می‌یابد. مسیر رودخانه حله یک ناحیه هموار با شیب کم از شمال به جنوب است به‌گونه‌ای که ارتفاع حریم رودخانه در نزدیکی سد هندیه در شمال بابل ۳۱ متر بوده و در جنوب منطقه به ۲۴ متر بالاتر از سطح دریا می‌رسد. طول کل این رودخانه حدود ۱۰۳ کیلومتر با دبی ۲۵۰ متر مکعب بر ثانیه است (Najem & Alwash, ۲۰۱۸). رودخانه حله مهم‌ترین منبع آبی در استان بابل در مرکز کشور عراق به شمار می‌رود که از محدوده وسیعی گذر کرده و چندین نهر فرعی از آن برای تأمین آب زمین‌های کشاورزی سایر استان‌ها و شهرها منشعب می‌شود. رودخانه حله برای مصارف کشاورزی، شرب و همچنین گردشگری استفاده می‌شود اما در سال‌های اخیر این رودخانه مورد بی‌توجهی قرار گرفته و حریم آن به محلی برای انباشت زباله‌ها تبدیل شده است.

آب وارد محاسبات شاخص شده و کیفیت آب مورد ارزیابی قرار گرفته است. معادله شاخص WQI عددی بین ۱ تا ۱۰۰ ایجاد می‌کند که عدد ۰ به معنی ضعیف‌ترین و ۱۰۰ بهترین کیفیت آب است و در این محدوده، برای طبقه‌بندی کیفیت آب پنج طبقه به شرح بسیار ضعیف یا نامناسب، ضعیف، نسبتاً خوب، خوب و عالی تنظیم شده‌اند که مبنای قضاوت و ارزیابی سطح کیفی آب محسوب می‌شوند. در این راستا با توجه به فرآیند طولانی محاسبات شاخص وزنی WQI که باید محاسبات را به صورت جداگانه برای هر نمونه و در تاریخ‌های متعدد انجام داد، لذا ابتدا محاسبات مربوطه بر روی نمونه‌ها و برای هر ماه به انجام رسیده است اما در نمایش فضایی کیفیت آب در ایستگاه‌های نمونه و برای صرف‌نظر از تکرار نقشه‌ها، شاخص WQI میانگین‌گیری شده و یک نقشه کیفیت آب برای کل دوره بر اساس مقادیر نمونه‌های مربوطه ترسیم شده است.

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی شاخص WQI (UNEP, ۲۰۰۷)

طبقه	محدوده عددی	سطح کیفیت آب
۱	۰ - ۴۴	بسیار ضعیف
۲	۴۵ - ۶۴	ضعیف
۳	۶۵ - ۷۹	نسبتاً خوب
۴	۸۰ - ۹۴	خوب
۵	۹۵ - ۱۰۰	عالی

• پردازش تصویر ماهواره‌ای

برای تجزیه و تحلیل ماهواره‌ای، از تصویر ماهواره لندست که توسط سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS) ارائه می‌گردد استفاده شده است. در این راستا تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ برای تاریخ ۲۰۲۱/۰۶/۲۷ از سطح منطقه به‌عنوان داده تصویری موردنیاز برای پردازش انتخاب شده است (جدول ۳).

جدول ۳- مشخصات تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده

کد معرف تصویر	LC۸۱۶۸۰۳۸۲۰۲۰۱۷۹LGN۰۰
نام ماهواره	لندست ۸
نام سنجنده	OLI_TIRS
تاریخ اخذ تصویر	۲۰۲۱-۰۶-۲۷
شماره ردیف	۳۸
شماره گذر	۱۶۸
زون جغرافیایی	UTM ۳۸
تعداد باندها	۱۱

پردازش تصویر ماهواره‌ای با عملیات آماده‌سازی و تصحیحات موردنیاز اولیه آغاز شده است. در این راستا ابتدا منطقه مورد مطالعه که مبتنی بر مسیر رودخانه حله در کشور عراق است، در محیط ERDAS برش داده شده و استخراج گردیده و به‌منظور ارتقای کیفیت و دقت پردازش

برای انجام تست‌های کیفیت بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده به دو آزمایشگاه مختلف در استان بابل مراجعه شده است. عملیات آزمایشگاهی خود در دو مرحله مجزا به انجام رسیده است. در مرحله اول اقدامات آماده‌سازی نمونه‌ها و تفکیک آن‌ها از همدیگر صورت گرفته است که شامل علامت‌گذاری، تعیین تاریخ نمونه‌های آب و خاک، و طبقه‌بندی نمونه‌ها برای آنالیز آزمایشگاهی بوده است. در مرحله دوم از تجهیزات و عملیات آزمایشگاهی برای تجزیه و تحلیل کیفی نمونه‌ها بهره گرفته شده است که دستگاه‌های مختلفی همچون CRISON برای تست پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر روی نمونه‌ها به کار رفته است. در گام بعدی با استفاده از ابزار و امکانات آزمایشگاهی، متغیرهای مختلف فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. برای این منظور ۱۳ پارامتر بر روی نمونه‌ها تست گردیده است. هدایت الکتریکی (EC) و کل جامدات محلول (TDS) با استفاده از یک EC متر و pH نیز با استفاده از pH متر مطابق روش‌های مربوطه سنجیده شده است. ظرفیت یون‌های کلسیم و منیزیم در نمونه‌های آب با استفاده از روش جرم‌گیری سنجیده شده است. سولفات، فسفات و نیترات محلول در آب توسط یک اسپکتروفتومتر سنجیده شده است. غلظت سدیم در آب توسط دستگاه فلیم فوتومتر اندازه‌گیری شده است. کلراید موجود در آب از روش مقیاس‌بندی با استفاده از محلول استاندارد نیترات نقره و با استفاده از محلول کرومات پتاسیم به‌عنوان راهنمای مربوطه برآورد شده و نتایج بر حسب ppm بیان شد. سختی کل (TH) به‌صورت حالت اندازه‌گیری شده کلسیم و منیزیم در آب به واحد میلی‌گرم در لیتر یا ppm سنجیده شد. همچنین برای اندازه‌گیری کدورت آب از دستگاه Turbidimeter استفاده شده است. نهایتاً برای سنجیدن اکسیژن محلول در آب از روش یدومتری (Iodometry) بهره گرفته شده است. از طرفی دیگر، در سنجش کیفیت خاک نیز علاوه بر پارامترهای هدایت الکتریکی، pH، کلسیم، منیزیم و سدیم که در اندازه‌گیری نمونه‌های آب نیز مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، پارامترهای دیگری سنجیده شدند. از جمله نسبت جذب سدیم (SAR) و کربنات کلسیم (CaCo)، که برای سنجش دو عنصر مذکور همانند سایر عناصر از ابزار مخصوص آزمایشگاهی استفاده شده است.

• سنجش کیفیت آب

به‌منظور ارزیابی وضعیت کیفیت آب در سطح منطقه از شاخص WQI استفاده گردیده است. برای این منظور داده‌های مربوط به ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده از سطح

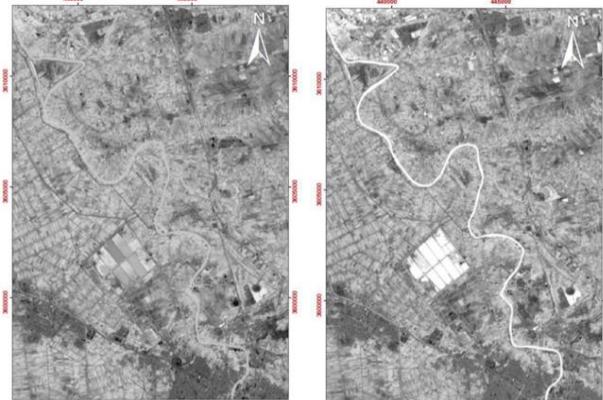
خطرآفرین باشد. از این نظر هر یک از پارامترهای مربوطه دارای حدی مشخص شده و استاندارد در سطح جهانی است و غلظت هر پارامتر نیز بر اساس واحد اندازه‌گیری خاص خود سنجیده می‌شود (جدول ۴).

جدول ۴- غلظت مجاز پارامترهای کیفیت آب (WHO, ۲۰۱۱)

ردیف	نام و نماد پارامترها	مقدار غلظت مجاز
۱	هدایت الکتریکی (EC)	$2000 \mu S cm^{-1}$
۲	سختی کل (TH)	500 ppm
۳	pH	6/5 - 8/5
۴	کل جامدات محلول (TDS)	1500 ppm
۵	سدیم (Na)	200 ppm
۶	کلراید (CL)	600 ppm
۷	کلسیم (Ca)	200 ppm
۸	منیزیم (Mg)	150 ppm
۹	اکسیژن محلول (DO)	6/5 - 8 mg/L
۱۰	سولفات (SO ₄)	400 ppm
۱۱	نیتрат (NO ₃)	50 ppm
۱۲	فسفات (PO ₄)	1 mg/L
۱۳	کدورت (TUR)	5 NTU

بر اساس ارزیابی‌ها، مقادیر pH بین ۶/۶۵ تا ۷/۸۵۵ متغیر بوده است که از این نظر ایستگاه W_۱ در ماه فوریه کم‌ترین و ایستگاه W_۵ در ماه ژوئن بیشترین غلظت را در سطح آب رودخانه حله نشان داده‌اند. لذا سطح pH در آب رودخانه حله مطابق با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی بوده است و از آن فراتر نرفته است و از طرفی سطح آن در اکثر مناطق و ماه‌ها بالاتر از ۷ می‌باشد. مشخصه بارز آب‌های سطحی در اکثر مناطق مرکزی تا جنوبی عراق، ویژگی خنثی یا متمایل به قلیایی است که عامل اصلی آن ساختارهای سنگ‌شناسی آهکی و دولومیتی واقع در مسیر گذر رود فرات می‌باشد که این امر سبب افزایش سطح pH در رودخانه حله نیز گردیده است. از طرفی هدایت الکتریکی آب رودخانه بین حداقل ۸۰۱ در ایستگاه W_۱ در ماه فوریه تا ۱۲۳۸ در ایستگاه W_۲ در ماه نوامبر متغیر بوده است که با استاندارد مجاز سازمان بهداشت جهانی منطبق بوده و لذا از نظر هدایت الکتریکی کیفیت رودخانه حله در سطح مناسبی بوده است. اختلاف مقادیر هدایت الکتریکی در سطح رودخانه حله ناشی از افزایش سطح رودخانه و میزان دبی و به دنبال آن غلظت کم مجموع نمک‌های محلول در آب بوده که سبب تغییرات در ماه‌های مختلف سال می‌شود. کدورت آب نیز بین حداقل ۱/۵ در نمونه W_۲ در ماه می تا حداکثر ۱۰ NTU در ایستگاه W_۴ در ماه فوریه بوده است. کدورت یا کمبود شفافیت در آب، به دلیل وجود مواد معلق یا کلونیدی در آب آشامیدنی است که موجب پراکنده شدن یا جذب نور

و بر اساس قدرت تفکیک مکانی باندها، تعداد ۶ باند تصویر ماهواره‌ای (باندهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) به صورت هم‌زمان مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه به منظور تصحیحات رادیومتریکی، عملیات تبدیل مقدار دیجیتال بازتاب به رادیانس بر روی پیکسل‌های تصویر به انجام رسیده است (شکل ۲). همچنین با استفاده از تکنیک Image to Map تصویر ماهواره‌ای منطقه بر اساس نقشه گوگل ژئورفرنس شده است



شکل ۲- تصویر ماهواره لندست ۸ محدوده مطالعاتی (الف: قبل از تصحیحات؛ ب: بعد از تصحیحات)

۳- نتایج

ارزیابی غلظت پارامترهای آب و خاک پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب بر اساس آنالیزهای آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج به تفکیک هر ماه برای ایستگاه‌های نمونه مشخص شده است. مطابق آنچه که عنوان گردید، تعداد ایستگاه‌های نمونه برداری شده ۱۰ مورد بوده است اما با توجه به نتایج آنالیزهای ارائه شده توسط آزمایشگاه، تعداد ۲ مورد از ایستگاه‌های نمونه آب و یک مورد از خاک فاقد داده‌های کامل و معتبر برای تعدادی از پارامترها بوده‌اند و با توجه به عدم امکان نمونه برداری و آنالیز مجدد، از روند ارزیابی‌ها کنار گذاشته شده‌اند و ارزیابی‌ها بر روی ۷ ایستگاه باقی مانده به انجام رسیده است که از این تعداد پنج ایستگاه برای کیفیت آب و دو ایستگاه برای کیفیت خاک مورد بررسی قرار گرفته است. هر یک از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر در بحث کیفیت آب در حوضه رودخانه حله بر اساس غلظت مجاز خود مورد ارزیابی و قضاوت قرار می‌گیرد. غلظت مجاز در اینجا به معنی حد مجازی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و در مواقعی رادیواکتیو آب است که مصرف آن در کوتاه مدت یا بلندمدت موجب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسانی نشود درحالی که عبور از این حد می‌تواند برای انسان

تاییده شده به آن می شود. کدر بودن آب می تواند علاوه بر تأثیر بر نامطلوب شدن رنگ، طعم و بوی آب باعث ابتلا به بیماری شود. نوشیدن آب با کدورت بالا می تواند منجر به مشکلاتی از جمله ابتلا به بیماری های گوارشی و تشدید بیماری در افراد مبتلا شود. نتایج آنالیز غلظت اکسیژن محلول در آب رودخانه حله نشان داده که مقدار این پارامتر بین حداقل ۶ میلی گرم در لیتر در ایستگاه W_۰ در ماه اکتبر تا حداکثر ۱۱/۸۵ میلی گرم در لیتر در ایستگاه W_۳ در ماه آپریل متغیر می باشد. مطابق غلظت استاندارد تعریف شده توسط سازمان جهانی بهداشت، اکسیژن محلول در آب شرب باید در بازه غلظت ۸ - ۶/۵ میلی گرم در لیتر قرار گرفته باشد که بر اساس نتایج، به استثنای ۶ مورد، در سایر ایستگاه ها حد مجاز اکسیژن محلول برقرار بوده است. شش مورد غیرمجاز اکسیژن محلول در نمونه های W_۰ با سه مورد، W_۲ با دو مورد و W_۴ با یک مورد و در ماه های آگوست و سپتامبر و اکتبر مشاهده شده است. علاوه بر نقش عنصر اکسیژن محلول در آب از نظر گوارا و مطبوع شدن مزه آب برای شرب انسان، این عنصر نقش بسیار مهمی در حیات آبزیان در رودخانه داشته و لذا مقادیر استاندارد آن می تواند از اهمیت بسیار زیادی در رودخانه حله برخوردار باشد. غلظت کل جامدات محلول در منطقه مابین حداقل ۵۰۴/۰۵ تا حداکثر ۷۹۲/۷ ppm برآورد شده است که ایستگاه W_۱ در ماه فوریه کمترین و ایستگاه W_۲ در ماه نوامبر بیشترین مقدار TDS را نشان داده اند. اختلاف در افزایش غلظت کل نمک های محلول در آب های حوضه رودخانه فرات در منطقه مورد مطالعه به دلیل تأثیر آب زهکشی کشاورزی و عدم بارش باران است که منبع اصلی تأمین آب فرات به شمار می رود. آب رودخانه به کاهش مقدار کل نمک های محلول کمک می کند، در حالی که فصول خشک منجر به افزایش غلظت نمک ها می شود. بر اساس آنالیزهای انجام شده، سختی کل آب رودخانه حله در ایستگاه های نمونه رقمی بین ۲۸۸/۵ تا ۶۶۰/۳۵ ppm برآورد شده است که حداقل آن در ایستگاه W_۴ ماه فوریه و حداکثر آن نیز در ایستگاه W_۲ در ماه دسامبر اتفاق افتاده است. علت اصلی سختی آب نمک های کلسیم و منیزیم است و همچنین ممکن است به شستشوی خاک با آب باران نسبت داده شود، به ویژه اینکه خاک عراق اغلب از ترکیبات سنگ آهک تشکیل شده است. به طور کلی کیفیت آب از نظر سختی کل در اکثر موارد مطلوب بوده و تنها در سه مورد در ایستگاه های W_۱ و W_۲ و W_۲ در ماه دسامبر مقداری بالاتر از حد مجاز ثبت گردیده است. نتایج آنالیز پارامتر سدیم برای رودخانه حله حاکی از این بوده است که غلظت سدیم در منطقه بین

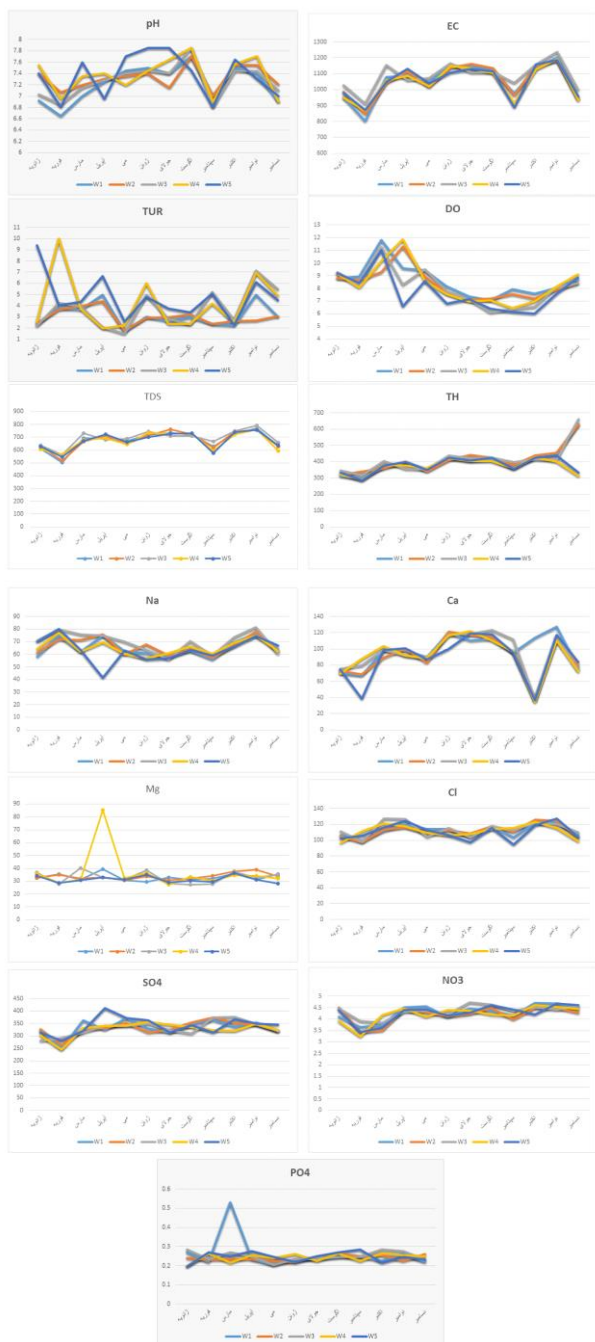
۴۱/۶ تا ۸۱/۵ ppm در تغییر می باشد که حداقل مقدار آن در ایستگاه W_۰ ماه آپریل و حداکثر مقدار آن نیز در ایستگاه W_۲ در ماه نوامبر به ثبت رسیده است. افزایش غلظت سدیم ممکن است به دلیل ترکیب فاضلاب با آب باشد. غلظت بالای یون سدیم همچنین به استفاده از کودهای شیمیایی، فرآیند شستشوی خاک و سازندهای زمین شناسی و همچنین انحلال برخی از اجزای سنگ های موجود در حوضه رودخانه در اثر فرآیندهای هوازدگی، علی الخصوص سنگ های فلدسپات و رسی در طول زمان نسبت داده می شود. آنالیز غلظت عنصر کلسیم در آب رودخانه حله نشان می دهد که حداقل میزان این عنصر با ۳۴/۵ ppm در ایستگاه W_۰ در ماه اکتبر و حداکثر آن نیز ۱۲۷/۱۵ ppm در ایستگاه W_۱ در ماه نوامبر ثبت گردیده است که مطابق با استانداردهای سازمان جهانی بهداشت، این مقدار در سطح مجاز (حداکثر ۲۰۰) واقع شده و آب رودخانه حله به لحاظ شرب منع بهداشتی خاصی ندارد. منبع اصلی یون منیزیم محلول در آب، فاضلاب کشاورزی است که حاوی بقایای کودها و سموم کشاورزی و تأثیر آن بر فاضلاب و همچنین ذوب سنگ آهک، دولومیت و مواد معدنی، سنگ ها و پیروکسن در آب و پسماندهای آب صنعتی است. آنالیز و ارزیابی مقادیر منیزیم در آب رودخانه حله نشان می دهد که غلظت این عنصر در محدوده مورد مطالعه از حداقل ۲۷/۷ در ایستگاه W_۲ در ماه فوریه تا حداکثر ۸۵/۳۵ در ایستگاه W_۴ در ماه آپریل متغیر است و بر اساس استانداردهای کیفیت آب سازمان جهانی بهداشت، این مقدار در سطح قابل قبولی واقع شده و از نظر غلظت منیزیم، آب شرب منطقه منع بهداشتی نداشته است. ارزیابی آنالیزهای مربوط به غلظت پارامتر کلراید نیز نشان می دهد که مقدار آن در منطقه بین ۹۴/۴۵ تا ۱۲۷/۲ متغیر بوده که حداقل آن در ایستگاه W_۰ در ماه سپتامبر و حداکثر آن نیز در ایستگاه W_۲ در ماه مارس مشاهده گردیده است و از این ارقام چنین مشخص است که کیفیت آب به لحاظ کلراید در میزان مناسبی قرار دارد. دلیل غلظت بالای کلراید در مواردی را به تأثیر آب فاضلابی که به رودخانه می ریزد و به دلیل دماهای بالا، فرآیندهای تبخیر و پایین بودن سطح رودخانه فرات و نیز ماهیت لایه های سنگی که جریان رودخانه فرات از آن عبور می کند، نسبت می دهند. همچنین ذوب سنگ های زمینی، به ویژه سنگ های رسوبی در نتیجه فرآیندهای هوازدگی از دیگر عوامل مربوط به این پدیده است. بر اساس ارزیابی نمونه های کیفی آب منطقه، سطح سولفات در آب رودخانه حله بین ۲۴۳/۷ تا ۴۱۲/۵۵ متغیر است که حداقل غلظت در ایستگاه نمونه W_۴ ماه فوریه و حداکثر

غلظت نیز در ایستگاه نمونه W_۰ ماه آپریل مشاهده شده است. از نظر استاندارد مجاز کیفیت عنصر سولفات در آب رودخانه حله به استثنای یک مورد که در ایستگاه نمونه W_۰ ماه آپریل بالاتر از حد مجاز (۴۱۲/۵۵) بوده است، در سطح مطلوبی واقع گردیده است. سطوح بالای سولفات‌ها را می‌توان با افزایش مقدار زباله‌های خانگی و کشاورزی، سنگ‌های گچ و رسی و همچنین ضایعات صنعتی که در رودخانه‌ها که به محیط زیست تخلیه می‌شود توضیح داد. زباله‌های خانگی حاوی مواد آلی حاوی سولفات مانند متانول و استن هستند که در هنگام تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها غلظت بالایی از گوگرد اضافه می‌کنند. سولفات‌ها به تشکیل سختی دائمی در آب کمک می‌کنند، مخصوصاً اگر به شکل سولفات کلسیم یا سولفات منیزیم وجود داشته باشند. منبع نترات‌ها در آب رودخانه‌ها نتیجه تجزیه بیولوژیکی کودهای شیمیایی است که در نتیجه فرآیند تخلیه آب زهکشی از زمین‌های کشاورزی و همچنین پسماندهای صنعتی برای مصارف خانگی که به سمت رودخانه‌ها جاری می‌شوند ایجاد می‌گردد. نترات‌ها عوامل مهمی برای رشد فیتوپلانکتون‌ها هستند که قاعده هرم را در زنجیره غذایی نشان می‌دهند. فرآیندهای فیزیکی نقش مهمی در توزیع مجدد فسفات‌ها و نترات‌ها ایفا می‌کنند و غلظت بالای نترات موجود در آب باعث غنی شدن مواد مغذی می‌شود. ارزیابی مقادیر نترات موجود در نمونه‌های آب منطقه نشان می‌دهد که غلظت آن در بازه بین ۳/۲۳ تا ۴/۷۲ متغیر است که از این حیث تطابق بالایی با استاندارد کیفیت آب شرب سازمان جهانی بهداشت داشته و زیر حد مجاز آن (۵۰) جای گرفته است لذا کیفیت آب شرب از نظر غلظت نترات تأیید گردیده است. نهایتاً فسفات را می‌توان به‌طور طبیعی در سنگ‌ها یافت، بنابراین ممکن است فسفات‌ها به منابع طبیعی آب که از میان این سنگ‌ها جاری می‌شوند، مانند نهرها و رودخانه‌ها نفوذ کنند. آب می‌تواند در نهایت به مخازنی که برای تامین آب آشامیدنی عمومی استفاده می‌شود، برود. گاهی اوقات از فسفات به‌عنوان یک عنصر کود استفاده می‌شود. اگر رواناب سطحی رخ دهد و کودها به آب سطحی ختم شوند، آب ممکن است به‌سمت آب چاه یا منبع آب عمومی حرکت کند. مشخص شده است که فسفات طعم شیرین، تلخ و فلزی دارد، اما در غلظت نسبتاً کم، احتمالاً طعم آن را نمی‌توان چشید. نتایج آنالیز کیفی نمونه‌ها نشان داده است که غلظت عنصر فسفات موجود در نمونه‌ها بین ۰/۱۹۶ تا ۰/۵۳ متغیر بوده است که

غلظت نیز در ایستگاه نمونه W_۰ ماه آپریل مشاهده شده است. از نظر استاندارد مجاز کیفیت عنصر سولفات در آب رودخانه حله به استثنای یک مورد که در ایستگاه نمونه W_۰ ماه آپریل بالاتر از حد مجاز (۴۱۲/۵۵) بوده است، در سطح مطلوبی واقع گردیده است. سطوح بالای سولفات‌ها را می‌توان با افزایش مقدار زباله‌های خانگی و کشاورزی، سنگ‌های گچ و رسی و همچنین ضایعات صنعتی که در رودخانه‌ها که به محیط زیست تخلیه می‌شود توضیح داد. زباله‌های خانگی حاوی مواد آلی حاوی سولفات مانند متانول و استن هستند که در هنگام تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها غلظت بالایی از گوگرد اضافه می‌کنند. سولفات‌ها به تشکیل سختی دائمی در آب کمک می‌کنند، مخصوصاً اگر به شکل سولفات کلسیم یا سولفات منیزیم وجود داشته باشند. منبع نترات‌ها در آب رودخانه‌ها نتیجه تجزیه بیولوژیکی کودهای شیمیایی است که در نتیجه فرآیند تخلیه آب زهکشی از زمین‌های کشاورزی و همچنین پسماندهای صنعتی برای مصارف خانگی که به سمت رودخانه‌ها جاری می‌شوند ایجاد می‌گردد. نترات‌ها عوامل مهمی برای رشد فیتوپلانکتون‌ها هستند که قاعده هرم را در زنجیره غذایی نشان می‌دهند. فرآیندهای فیزیکی نقش مهمی در توزیع مجدد فسفات‌ها و نترات‌ها ایفا می‌کنند و غلظت بالای نترات موجود در آب باعث غنی شدن مواد مغذی می‌شود. ارزیابی مقادیر نترات موجود در نمونه‌های آب منطقه نشان می‌دهد که غلظت آن در بازه بین ۳/۲۳ تا ۴/۷۲ متغیر است که از این حیث تطابق بالایی با استاندارد کیفیت آب شرب سازمان جهانی بهداشت داشته و زیر حد مجاز آن (۵۰) جای گرفته است لذا کیفیت آب شرب از نظر غلظت نترات تأیید گردیده است. نهایتاً فسفات را می‌توان به‌طور طبیعی در سنگ‌ها یافت، بنابراین ممکن است فسفات‌ها به منابع طبیعی آب که از میان این سنگ‌ها جاری می‌شوند، مانند نهرها و رودخانه‌ها نفوذ کنند. آب می‌تواند در نهایت به مخازنی که برای تامین آب آشامیدنی عمومی استفاده می‌شود، برود. گاهی اوقات از فسفات به‌عنوان یک عنصر کود استفاده می‌شود. اگر رواناب سطحی رخ دهد و کودها به آب سطحی ختم شوند، آب ممکن است به‌سمت آب چاه یا منبع آب عمومی حرکت کند. مشخص شده است که فسفات طعم شیرین، تلخ و فلزی دارد، اما در غلظت نسبتاً کم، احتمالاً طعم آن را نمی‌توان چشید. نتایج آنالیز کیفی نمونه‌ها نشان داده است که غلظت عنصر فسفات موجود در نمونه‌ها بین ۰/۱۹۶ تا ۰/۵۳ متغیر بوده است که

حداقل غلظت در ایستگاه نمونه W_۰ در ماه ژانویه و حداکثر غلظت نیز در ایستگاه نمونه W_۱ ماه مارس ثبت شده است. از نظر سطح کیفی آب به لحاظ فسفات نیز مقادیر غلظت این عنصر با استانداردهای مجاز سازمان جهانی بهداشتی (حداکثر ۱ میلی‌گرم در لیتر) منطبق بوده و بنابراین آب رودخانه حله کیفیت مناسبی از نظر پارامتر فسفات ارائه نموده است (شکل ۳).

از طرفی دیگر و با توجه به خصوصیات فیزیکی و بافت نمونه‌های خاک، ایستگاه نمونه اول (S_۱) دارای بافتی از نوع خاک رس مخلوط و ایستگاه نمونه دوم (S_۲) دارای بافتی از نوع خاک شنی بوده است (جدول ۵). بر اساس نتایج آنالیز کیفی خاک، چنین مشخص شده است که خاک‌های منطقه مورد مطالعه دارای درجه واکنش خنثی از پایه و مقادیر pH بین ۷/۹۹ تا ۸/۳۴ می‌باشند که علت اصلی آن به‌دلیل عوامل تشکیل خاک است که باعث افزایش میزان کربنات کلسیم گردیده که این عامل موجب آزاد شدن گاز هیدروژن شده که به نوبه خود باعث افزایش سطح pH می‌گردد. رسانایی الکتریکی در خاک‌های منطقه بین ۹/۴۳ در ایستگاه اول و ۷۹/۶۳ در ایستگاه دوم متغیر بوده که به‌نظر می‌رسد ارتباط زیادی با نوع و بافت خاک داشته باشد به‌نحوی که نمونه خاک از نوع شنی مقدار EC بسیار بالاتری را نسبت به نمونه خاک رسی نشان داده است. مقادیر SAR برای خاک‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده ۹/۵۹ تا ۱۷/۲۸ قرار داشته که سایت S_۱ مقدار کمتری را نسبت به سایت S_۲ ثبت نموده است. افزایش یون سدیم در خاک منجر به ساختار ضعیف می‌شود و چون سدیم باعث تثبیت دانه‌های خاک و سخت شدن آن با تخلخل کمتر و کاهش آن می‌شود، با ضعف تهویه، کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تضعیف رشد گیاه همراه خواهد بود. کربنات کلسیم جزء مهمی در خاک مناطق خشک است و اثرات فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی بر خاک دارد. درصد کربنات کلسیم در خاک در نمونه‌های محدوده ۲۷/۸۰ و ۲۴/۷۰ بوده است و کمترین درصد در نمونه ۱ و بیشترین در نمونه دوم مشاهده شده است. خاک‌های آهکی عراق به‌دلیل موقعیت اقلیمی آن، مشخصه آن محسوب می‌شود و مواد منشأ و محیط اصلی آن و همچنین منبع بیولوژیکی که منجر به افزایش نسبت کربنات کلسیم در بدنه خاک شده است. مقادیر کلسیم در خاک‌های منطقه بین ۵۵۳/۳۳ در نمونه S_۱ تا ۲۹۸۳/۳۳ در نمونه S_۲ متغیر بوده است. کلسیم، یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه است. کلسیم در محتوای پوسته زمینی نسبتاً زیاد است و با توجه



شکل ۳- روند تغییرات غلظت پارامترهای کیفیت آب رودخانه حله

به تفاوت کیفیت خاک و ماده منشأ، مهم‌ترین ویژگی خاک عراق آهکی بودن آن است، به این معنی که کلسیم آن زیاد است. مقادیر منیزیم در خاک مورد مطالعه در دو ایستگاه برابر با $310/35$ و $473/37$ بوده است. منیزیم در خاک به صورت نمک‌های کربنات منیزیم وجود دارد که در خاک تجمع می‌یابند. خاک به دلیل آب آبیاری و آب‌های زیرزمینی به صورت نمک‌های سولفات منیزیم نیز وجود دارد که به نظر می‌رسد یکی از اصلی‌ترین نمک‌های موجود در خاک عراق است و آنچه که این نمک را متمایز می‌کند نقطه انحلال بالای آن است (262 گرم در لیتر). درصد سدیم در محلول خاک ممکن است به دلیل رسوب کلسیم و منیزیم از محلول خاک به صورت ترکیبات کم محلول مانند آهک و گچ افزایش یابد. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که مقدار سدیم در خاک‌های منطقه در دو غلظت به ثبت رسیده است: مقدار $178/48$ برای خاک نمونه S_1 و مقدار $718/18$ برای خاک نمونه S_2 . به طور کلی نتایج ارزیابی کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک در محدوده مورد مطالعه نشان داده است که خاک‌های دارای بافت شنی از نظر پارامترهایی از قبیل رسانایی الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کلسیم، منیزیم و سدیم غنی‌تر از خاک‌های رسی مخلوط هستند و از طرفی pH و کربنات کلسیم خاک‌های رسی بیشتر از خاک‌های شنی بوده است.

جدول ۵- نتایج آنالیز پارامترهای کیفیت خاک

نمونه‌ها/پارامترها	نمونه اول (S_1)	نمونه دوم (S_2)
هدایت الکتریکی (EC)	۹/۴۳	۷۹/۶۳
pH	۸/۳۴	۷/۹۹
نسبت جذب سدیم (SAR)	۹/۵۹	۱۷/۲۸
کلسیم (Ca)	۵۵۳/۳۳	۲۹۸۳/۳۳
منیزیم (Mg)	۳۱۰/۳۵	۴۷۳/۳۷
سدیم (Na)	۱۷۸/۴۸	۷۱۸/۱۸
کربنات کلسیم (CaCo)	۲۷/۸۰	۲۴/۷۰

نتایج شاخص کیفیت آب

نتایج محاسبه شاخص WQI چنین نشان داده است که یک ایستگاه دارای سطح کیفی ضعیف بوده و مابقی ایستگاه‌ها دارای سطح کیفی بسیار ضعیف می‌باشند که حاکی از وضعیت نامناسب آب رودخانه حله می‌باشد. از طرفی به منظور نمایش فضایی کیفیت آب رودخانه حله با استفاده از نقاط معلوم پنج ایستگاه، عملیات درون‌یابی کریجینگ (Kriging) بر روی نمونه‌ها به انجام رسیده است تا وضعیت کیفی دو نمونه دیگر نیز مشخص شود (شکل ۴). مطابق نتایج، کیفیت آب رودخانه حله به تدریج از مسیر ابتدا تا انتهای آن کاهش می‌یابد به نحوی که مقدار

است. همچنین کل جامدات محلول دارای همبستگی زیادی با کلراید و سدیم ($+0/873$ و $+0/872$) و نیترات ($+0/771$) بوده است. همبستگی بین سختی کل و کلراید با مقدار $+0/743$ و اکسیژن محلول با کلسیم با مقدار $+0/735$ در حد زیادی بوده است. پارامتر کلراید دارای همبستگی بسیار زیاد ($+0/981$) با سدیم بوده است. از طرفی دیگر پارامترهای کلسیم و فسفات با ضریب همبستگی $+0/881$ دارای ارتباط مستقیم زیادی بوده‌اند از نظر کیفیت آب بوده‌اند (جدول ۶). علاوه بر این، ارتباط متقابل و دوطرفه پارامترهای کیفیت خاک نیز به صورت همبستگی کاملاً مثبت یا کاملاً منفی اتفاق افتاده است. در این راستا pH دارای ارتباط کاملاً مستقیم با کربنات بوده است. هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم نیز ارتباط کاملاً مستقیمی با کلسیم، منیزیم و سدیم داشته‌اند. به علاوه، کلسیم با دو عنصر منیزیم و سدیم و همچنین منیزیم با سدیم همبستگی کاملاً مستقیم داشته‌اند. از طرفی کربنات کلسیم دارای ارتباط کاملاً معکوس با سه عنصر کلسیم و منیزیم و سدیم بوده است.

شاخص از $45/2$ و سطح کیفی ضعیف در محل نمونه اول به $26/29$ و سطح کیفی بسیار ضعیف در محل نمونه پنجم تنزل یافته است که این امر در درجه اول ناشی از تراکم اراضی زراعی و استقرار صنایع و در وهله بعدی شرایط شیب سطحی این مناطق است که آب‌های آلوده از آبراهه‌های فرعی هم‌جوار به آن منتهی می‌شود.



شکل ۴- نقشه کیفیت آب در محدوده رودخانه حله

تحلیل همبستگی

بر اساس نتایج آزمون همبستگی پیرسون از نظر میانگین سالانه مقادیر پارامترهای کیفیت آب، همبستگی نسبتاً زیادی بین پارامترهای pH و کدورت وجود داشته است ($+0/662$). همچنین همبستگی مستقیم و بسیار زیادی بین هدایت الکتریکی با کل جامدات محلول ($+0/996$)، کلراید ($+0/907$)، سدیم ($+0/897$) و نیترات ($+0/757$) وجود داشته

جدول ۶- نتایج آزمون همبستگی پارامترهای کیفیت آب رودخانه حله

	pH	EC	TDS	TH	DO	TUR	CL	Ca	Mg	Na	SO _r	NO _r	PO ₃
pH	۱	$+0/492$	$+0/434$	$+0/755$	$+0/539$	$+0/662$	$+0/578$	$+0/899$	$+0/305$	$+0/410$	$+0/078$	$+0/599$	$+0/851$
EC		۱	$+0/996$	$+0/682$	$+0/175$	$+0/196$	$+0/907$	$+0/256$	$+0/317$	$+0/897$	$+0/119$	$+0/757$	$+0/159$
TDS			۱	$+0/624$	$+0/258$	$+0/110$	$+0/873$	$+0/194$	$+0/344$	$+0/872$	$+0/074$	$+0/771$	$+0/125$
TH				۱	$+0/341$	$+0/796$	$+0/743$	$+0/471$	$+0/338$	$+0/651$	$+0/075$	$+0/335$	$+0/313$
DO					۱	$+0/802$	$+0/214$	$+0/735$	$+0/514$	$+0/113$	$+0/625$	$+0/204$	$+0/431$
TUR						۱	$+0/477$	$+0/587$	$+0/127$	$+0/377$	$+0/387$	$+0/118$	$+0/296$
CL							۱	$+0/459$	$+0/034$	$+0/981$	$+0/487$	$+0/589$	$+0/185$
Ca								۱	$+0/063$	$+0/302$	$+0/355$	$+0/490$	$+0/881$
Mg									۱	$+0/112$	$+0/883$	$+0/454$	$+0/311$
Na										۱	$+0/527$	$+0/517$	$+0/006$
SO _r											۱	$+0/110$	$+0/096$
NO _r												۱	$+0/610$
PO ₃													۱

مقادیر طیفی ایستگاه‌های نمونه، در ادامه نسبت به ارزیابی همبستگی پارامترهای کیفیت آب و خاک در منطقه اقدام شده است. نتایج ارزیابی آزمون همبستگی مابین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی با باندهای طیفی ماهواره لندست ۸ نشان داده است که به غیر از مواردی محدود با همبستگی ضعیف، در اکثر موارد همبستگی قابل توجهی بین متغیرها وجود نداشته است (جدول ۷). بر این اساس می‌توان چنین گفت که بین هیچ یک از باندهای طیفی و WQI همبستگی وجود ندارد. بنابراین، شاخص کیفیت آب را نمی‌توان با استفاده از باندهای مختلف تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه حله محاسبه نمود و نتایج حکایت از لزوم پردازش‌ها و قابلیت‌های طیفی در سطحی بالاتر به منظور انجام بهترین ارزیابی از منطقه می‌باشد.

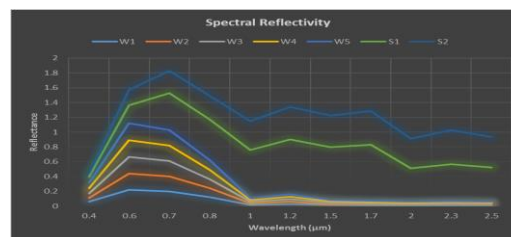
جدول ۷- نتایج همبستگی پارامترهای کیفی و باندهای طیفی لندست

۸

	B	G	R	NIR	SWIR _۱	SWIR _۲
pH	+۰/۱۲۱	+۰/۱۰۸	+۰/۰۱۴	+۰/۲۵۳	+۰/۳۶۵	+۰/۲۹۰
EC	+۰/۱۴۳	+۰/۰۰۶	+۰/۱۸۵	+۰/۴۱۰	+۰/۱۲۴	+۰/۱۲۷
TDS	+۰/۱۶۶	+۰/۲۲۰	+۰/۰۵۰	+۰/۲۱۲	+۰/۳۰۶	+۰/۲۲۰
TH	+۰/۱۹۲	+۰/۱۵۸	+۰/۰۴۶	+۰/۳۰۲	+۰/۰۳۸	+۰/۰۰۲
DO	+۰/۲۰۲	+۰/۲۴۰	+۰/۳۸۶	+۰/۲۱۶	+۰/۱۵۱	+۰/۱۶۴
TUR	+۰/۲۲۰	+۰/۱۴۹	+۰/۰۳۳	+۰/۰۹۹	+۰/۰۴۴	+۰/۱۱۶
CL	+۰/۱۶۶	+۰/۱۱۱	+۰/۰۹۷	+۰/۳۳۸	+۰/۲۰۴	+۰/۲۴۳
Ca	+۰/۰۲۳	+۰/۱۱۸	+۰/۰۴۸	+۰/۰۹۷	-۰/۰۰۳	+۰/۰۶۶
Mg	+۰/۲۲۳	+۰/۰۹۳	+۰/۰۸۶	+۰/۰۷۳	+۰/۰۹۵	+۰/۰۰۳
Na	+۰/۰۱۳	+۰/۰۹۲	+۰/۱۳۸	+۰/۲۳۳	+۰/۱۲۴	+۰/۱۷۶
SO _۴	+۰/۲۴۸	+۰/۱۳۴	+۰/۱۲۵	+۰/۲۴۳	+۰/۲۵۸	+۰/۲۳۸
NO _۳	+۰/۰۰۱	+۰/۱۳۴	+۰/۲۲۷	+۰/۰۸۸	+۰/۰۹۸	+۰/۱۷۸
PO _۴	+۰/۱۰۵	+۰/۱۵۸	+۰/۲۴۲	+۰/۰۷۴	+۰/۱۱۰	+۰/۱۱۹
SAR	+۰/۳۰۲	+۰/۲۰۶	+۰/۰۸۹	+۰/۲۷۴	+۰/۱۷۹	+۰/۱۷۰
CaCo	+۰/۳۳۳	+۰/۳۵۳	+۰/۰۷۵	+۰/۱۵۲	+۰/۴۵۲	+۰/۴۴۹

۴- نتیجه گیری

بر اساس نتایج پردازش تصویر ماهواره‌ای منطقه، رفتار طیفی آب و خاک در نمونه‌های برداشت‌شده بر اساس باندهای مختلف سنجیده شده است. در رابطه با آب باید گفت که مهم‌ترین مشخصه‌ای که بر بازتاب طیفی آب تأثیر می‌گذارد، جذب انرژی الکترومغناطیسی در امواج مادون قرمز نزدیک و امواج کوتاه است. آب رودخانه می‌تواند انرژی این امواج را جذب کند. بنابراین، تشخیص سطوح آبی رودخانه با امواج مادون قرمز تصویر آسان‌تر است. اما از طرفی میزان این جذب نسبت به ترکیبات آب متفاوت است به نحوی که آب خالص بازتاب کمتر و آب کدر بازتاب بیشتری نشان می‌دهد. از طرف دیگر خاک نیز در مقایسه با دیگر پدیده‌ها دارای یک رفتار طیفی بدون نوسان یا کم نوسان است به گونه‌ای که یک روند لگاریتمی را نشان می‌دهد که از طول موج کوتاه به سمت طول موج بلند بر میزان بازتاب آن اضافه می‌گردد (شکل ۵).



شکل ۵- منحنی بازتاب طیفی آب و خاک در محدوده رودخانه حله بر اساس منحنی رفتار طیفی نمونه‌های آب و خاک منطقه، مشاهده می‌شود که بازتاب طیفی نمونه‌های برداشت‌شده از آب و خاک متفاوت از یکدیگر است. به طوری که بیشترین بازتاب طیفی نمونه‌های آب در محدوده مرئی تا مادون قرمز نزدیک به ثبت رسیده است و از مادون قرمز به بعد بازتاب طیفی آب به شدت کاهش یافته و به صفر نزدیک شده است. تفاوت بازتاب طیفی نمونه‌های آب نیز ناشی از محل‌های متفاوت نمونه‌ها و امکان تفاوت در ترکیب و غلظت آب بوده است به گونه‌ای که نمونه W_۱ به دلیل خلوص بالاتر بازتاب کمتری نسبت به نمونه W_۵ که کدورت بالاتری دارد نشان داده است. از طرفی دو نمونه خاک نیز نسبت به هم بازتاب طیفی متفاوتی را نشان داده‌اند. عامل اصلی این زمینه تفاوت در بافت و رطوبت موجود در دو نمونه خاک بوده است، زیرا نمونه S_۱ که از نوع رسی مخلوط بوده است، دارای فاصله‌ای بیشتر از آب رودخانه نسبت به نمونه S_۲ بوده است که موجب شده است رطوبت موجود در نمونه S_۲ رفتار بازتابی طیفی آن را تحت تأثیر قرار داده و مقدار پایین‌تری را نسبت به خاک نسبتاً خشک محل نمونه S_۱ برآورد کرده است. بر اساس

ارائه دهند. بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که برخی از مسیرهای رودخانه به ویژه در منطقه السک (Al Sok) و الفریسی (Al Farisy) که در مرکز و انتهای مسیر رودخانه حله در محدوده استان بابل واقع شده‌اند، آلودگی بالایی دارند که ناشی از تخلیه فاضلاب، ضایعات محصولات کشاورزی، ضایعات کشتارگاه‌ها زباله‌های کارخانه‌ها و غیره است و کدورت آب در این نواحی بسیار بالاتر از مناطق شمالی رودخانه بوده است. از طرفی به دلیل شرایط آلاینده‌های وارده به آب که همبستگی بین پارامترها را مختل می‌کند، همبستگی روشن و واضحی بین پارامترهای کیفیت آب وجود نداشته است اما کاملاً مشخص است که بین منابع آلودگی و میزان آلودگی رودخانه رابطه فضایی وجود دارد. مطابق یافته‌های پژوهش، می‌توان گفت که استفاده از قابلیت‌ها و تحلیل‌های مکانی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل فراهم بودن امکان تجزیه و تحلیل مجموعه عظیمی از داده‌ها موجب پایش سریع و کنترل به موقع آلودگی آب در حوضه رودخانه حله می‌شود و با توجه به محدودیت‌های مربوط به تصاویر لندست، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی و طیفی بالاتر همچون Quick Bird یا IKONOS می‌تواند به بهبود فرایند ارزیابی کیفیت آب در این منطقه کمک نماید.

خاک، آب‌های سطحی و سفره‌های آب زیرزمینی حفاظت‌نشده کم‌عمق از جوانب مهم محیط زیست هستند که به آسانی در معرض خطر قرار می‌گیرند و آلودگی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت در این نواحی به طور مستقیم بر پایداری اکوسیستم‌ها و سلامت انسان تأثیر می‌گذارند. فعالیت‌های روزمره انسانی مانند استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها در کشاورزی و زراعت، یا مواد زاید تر و خشک‌نشت شده از کارخانه‌های صنعتی، دفع زباله و سایر موارد، بر کیفیت خاک و آب تأثیر منفی می‌گذارد و در حال حاضر منابع سطحی به‌طور فزاینده‌ای از سوءمدیریت در بسیاری از مناطق رنج می‌برد. منابع غالب آلاینده‌ها منجر به آلودگی غیر نقطه‌ای می‌شود که دفع و کنترل بسیار دشوار است. جنگ‌ها، حوادث و موارد غیرمترقبه طبیعی مانند سیل‌های فاجعه‌بار که تا حدی به دلیل شهرنشینی و به هم خوردن تعادل آب جهانی رخ می‌دهد نیز به افزایش کلی بارهای آلاینده مختلف در خاک و آب می‌افزاید. بر همین اساس، امروزه، ما بسیار بیشتر از قبل به وابستگی کامل خود به سلامت اکوسیستم‌ها آگاه هستیم که عمده‌تاً توسط کیفیت بخش‌های اساسی آن‌ها تعیین می‌شود: خاک و آب. به همین منظور، مطالعات پایش خاک و آب باید جدیت لازم برای جلوگیری، پایش یا به حداقل رساندن آلودگی قبل از اینکه آسیب زیست‌محیطی بیش از حد ادامه یابد،

منابع

- رنگزن، ک.، فتاحی مقدم، مهدی، صابری، عظیم، حسینی زارع، نادر، موبد، پریش. ۱۳۹۱. برآورد کیفیت آب رودخانه کارون محدوده اهواز توسط داده‌های زمینی، طیف‌سنج فیلداسپک ۳ و داده‌های فراطیفی سنجنده هایپریون. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، جلد ۱، شماره ۴، ص ۹۸-۱۰۸.
- مومی پور، م. ۱۳۹۵. مطالعه کیفیت آب‌های ساحلی با تصاویر ماهواره‌ای فراطیفی Hyperion مطالعه موردی ساحل اروندکنار. مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۱۵، شماره ۱، ص ۱۱۱-۱۲۰.
- میرعلیزاده فرد، س.، منصور، ش. ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص‌های سنجش از دور در مطالعات کمی و کیفی آب‌های سطحی با تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸ (مطالعه موردی: جنوب استان خوزستان). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، سال دهم، شماره دوم، ص ۶۳-۸۴.
- Abbas, J., ۲۰۱۳. Assessment of water quality in Tigris River-Iraq by using GIS mapping. *Natural Resources*, ۴(۶), P. ۴۴۱-۴۴۸.
- Akhtar, N., Syakir Ishak, M. I., Bhawani, S. A., & Umar, K. ۲۰۲۱. Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. *Water*, ۱۳(۱۹), P. ۲۶۶۰.
- Alssgeer, H. M. A., Gasim, M. B., Hanafiah, M. M., Abdulhadi, E. R. A., & Azid, A. ۲۰۱۸. GIS-based analysis of water quality deterioration in the Nerus River, Kuala Terengganu, Malaysia. *Desalination Water Treat*, ۱۱۲, P. ۳۳۴-۳۴۳.
- Elhag, M., Gitas, I., Othman, A., Bahrawi, J., & Gikas, P. ۲۰۱۹. Assessment of water quality parameters using temporal remote sensing spectral reflectance in arid environments, Saudi Arabia. *Water*, ۱۱(۳), P. ۵۵۶.

- Hussein, A. K., Kadhim, N. A., Jaber, A. S., & Abojassim, A. A. ۲۰۲۰. Water quality index for surface water assessment by using GIS techniques, Alnajaf, Kufa, Iraq. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering ۹۲۸(۷), P. ۰۷۲۰۲۳. IOP Publishing.
- Japitana, M. V., Demetillo, A. T., Burce, M. E. C., & B Taboada, E. ۲۰۱۹. Catchment characterization to support water monitoring and management decisions using remote sensing. Sustainable Environment Research, ۲۹(۱), P. ۱-۱۰.
- Jayalakshmi, S., & Velappan, E. ۲۰۱۵. Assessment of Water Quality Index in the St. Thomas Mount Block Using GIS and Remote Sensing. Polish Journal of Environmental Studies, ۲۴(۴).
- Najem, H.M.R. and Alwash, M.S. ۲۰۱۸. Evaluating The Water of the Hilla River Through the Study of Physical and Chemical Properties and Microbial Content. Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences, ۲۶(۷), P. ۱۸-۳۱.
- Obade, V., Lal, R., & Chen, J. ۲۰۱۳. Remote sensing of soil and water quality in agroecosystems. Water, Air, & Soil Pollution, ۲۲۴(۹), P. ۱-۲۷.
- Ritchie, J. C., Zimba, P. V., & Everitt, J. H. ۲۰۰۳. Remote sensing techniques to assess water quality. Photogrammetric engineering & remote sensing, ۶۹(۶), P. ۶۹۵-۷۰۴.
- Said, S., & Khan, S. A. ۲۰۲۱. Remote sensing-based water quality index estimation using data-driven approaches: a case study of the Kali River in Uttar Pradesh, India. Environment, Development and Sustainability, ۲۳(۱۲), P. ۱۸۲۵۲-۱۸۲۷۷.
- Shaltami, O. R., Bustany, I. ۲۰۲۱. Water quality – a review. ۲nd International Symposium on Geosciences (ISG۲۰۲۱), Apri ۲۰۲۱, Proceeding book.
- Sharma, R., Kumar, R., Satapathy, S. C., Al-Ansari, N., Singh, K. K., Mahapatra, R. P., & Pham, B. T. ۲۰۲۰. Analysis of water pollution using different physicochemical parameters: A study of Yamuna River. Frontiers in Environmental Science, ۸, P. ۵۸۱۵۹۱.
- Son, C. T., Giang, N. T. H., Thao, T. P., Nui, N. H., Lam, N. T., & Cong, V. H. ۲۰۲۰. Assessment of Cau River water quality assessment using a combination of water quality and pollution indices. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua, ۶۹(۲), P. ۱۶۰-۱۷۲.
- UNEP. ۲۰۰۷. Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report. Prepared and published by the United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme.
- Usali, N., & Ismail, M. H. ۲۰۱۰. Use of remote sensing and GIS in monitoring water quality. Journal of sustainable development, ۳(۳), P. ۲۲۸.
- Vadde, K. K., Wang, J., Cao, L., Yuan, T., McCarthy, A. J., & Sekar, R. ۲۰۱۸. Assessment of water quality and identification of pollution risk locations in Tiaoxi River (Taihu Watershed), China. Water, ۱۰(۲), P. ۱۸۳.
- Vignolo, A., Pochettino, A., & Cicerone, D. ۲۰۰۶. Water quality assessment using remote sensing techniques: Medrano Creek, Argentina. Journal of Environmental Management, ۸۱(۴), P. ۴۲۹-۴۳۳.
- Wang, Y., Liu, Y., Huang, J., Wu, T., & Huang, J. ۲۰۲۰. Analysis and Prevention of Urban River Pollution. In Journal of Physics: Conference Series, ۱۵۴۹(۲), P. ۰۲۲۰۵۶. IOP Publishing.
- World Health Organization, WHO., & World Health Organisation Staff. ۲۰۰۴. Guidelines for drinking-water quality, Vol. ۱. World Health Organization.

Using an integrated approach to investigate water and soil quality in the Hillah river basin (a branch of the Euphrates river)

Abolfazl Ghanbari^۱ ; Sadeq Faraj Hanoaa Alyasar^۲ ;

^۱ Associate Professor, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^۲ M. A, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

The Helleh River passes through several cities and industrial, agricultural and domestic sewage has affected it, which has received less attention than other areas of the Euphrates River. Accordingly, in this research, using various analytical methods such as laboratory operations, analysis of qualitative parameters, water quality index (WQI), correlation evaluation and remote sensing analysis and GIS to quantitatively and qualitatively investigate the quality of water and soil in the area of the Helleh River. Efforts have been made to determine the level of pollution in this river. In this regard, water and soil samples have been collected from ۱۰ points in different months of ۲۰۲۱. According to the results of the water quality analysis, the concentration of the chemical and physical parameters of the water has not exceeded the permissible limit except for a few months, but according to the drinking water quality index and according to the location of the samples, the water quality of the Helleh River is at a poor and very poor level. It has been classified that the southern areas have a lower quality than the central to northern areas due to the concentration of agricultural lands and the entry of various wastes and effluents into the water. On the other hand, sandy soils are richer than mixed clay soils in terms of parameters such as electrical conductivity, sodium, calcium, magnesium and sodium absorption ratio, and the pH and calcium carbonate of clay soils are higher than sandy soils. Also, the results of the correlation analysis have indicated that in some cases there is a very high correlation between water and soil quality parameters, but there is no specific correlation between any of the spectral bands and water quality, and therefore, the water quality index cannot be determined using satellite images. Landsat was used to assess the water quality of the Helleh River. Surface water pollution remains a major problem worldwide, caused by both natural processes and anthropogenic activities. Over much of the last ۱۰۰ years, rivers have been in a state of crisis and Many rivers became rich in toxic metals, agricultural slurry and industrial chemicals. This is a global issue which happening throughout the world and has caused a high amount of toxic substances and metals to be discharged into rivers in developed and developing countries, and the quality of water and soil resources in river ecosystems is endangered. Water quality is the process to determine the chemical, physical and biological characteristics of water bodies and identifying the source of any possible pollution or contamination which might cause degradation of the water quality. On the other hand, soil quality is determined by the permanent capacity of soil in its function as a living vital system within the ecosystem and under different exploitations. Due to the rapid growth of industries, the disposal of liquid and solid wastes is increasing, thereby polluting soil and water. If the waste is not disposed of properly, then it percolates into the ground and causes problems like groundwater contamination, degradation of vegetation, soil contamination and modification of soil properties, etc. Water quality monitoring is crucial in every community providing a reasonable estimate of the current state of waters and reflects their most appropriate use for any human activities. Nevertheless, traditional methods of water quality monitoring are often expensive and time-consuming. This is especially important for large water bodies such as lakes, dams, and rivers where sampling does not cover the entire body of water. Nowadays, remote sensing can overcome the limitations of water quality assessment in different regions by inventing an alternative method for water quality monitoring and the spatial expansion and temporal sequence of satellite images have provided many advantages in this field. Publicly available RS data are collected at regional scales and temporal resolutions (i.e., repeat collection time) that are much more frequent than field sampling campaigns. The physics and chemical characteristics of water can be determined from spectral signatures. Also, extracting water quality measurements directly from satellite imagery can allow rapid identification of impaired waters, potentially leading to faster responses by water agencies. Remote sensing data is an appropriate alternative to monitoring water resources due to its time and cost-effectiveness in a wide range of temporal and spatial scales. Currently, there are various types of remote sensing data such as

hyperspectral and multispectral data that can be used to monitor and evaluate water quality. Geographical information systems (GIS) and remote sensing (RS) have been used extensively to assess the water quality all over the world. The advancement of GIS and spatial analysis helps us to integrate laboratory data with geographic data, and to model the spatial distributions of water quality parameters robustly and accurately. The Euphrates River is one of the most important rivers in Iraq, which has hosted various civilizations in the ancient Mesopotamia region since ancient times and is still of great importance to the urban and rural communities of Iraq. The Hillah River is one of the two main branches of the Euphrates River, which flows eastward by branching off from it. This river is the most important river in the Babylon governorate in Iraq, which passes through a wide area and several small streams flow from it to supply water to agricultural lands in other governorates. The Hillah River passes through several cities and is affected by industrial, agricultural, and domestic wastewater, which has received less attention than other areas of the Euphrates River. For this purpose, in this research, a detailed assessment of the quality and pollution of the Hillah River in the Babylon governorate is carried out using different methods of remote sensing, GIS, and field and laboratory operations to determine the quality of this river

Methodology

The current study is a research paper and one of the applied research projects which was done with descriptive-analytical method and the purpose of its performance is to assess the quality of water and soil for the area of Hillah River in Babylon governorate in Iraq. The method of collecting data and information needed to perform quantitative and qualitative analyzes in research was based on field, laboratory and library operations, and various software tools were used in data processing. In order to determine and collect water and soil quality samples, field operations have been used. For this purpose, the area of Hillah city is considered as the base point and samples have been collected parallel to the river Hillah in the north and south of the city. Accordingly, in terms of number, distribution and accuracy in field sampling, ۱۰ points were collected from the area by using Garmin handheld GPS device, ۷ points were taken from water and ۳ points were taken from the soil of the area. The field work to determine the sampling locations was based on several reconnaissance trips and as a result, the locations of the main water sampling stations were identified. Then, they visited the desired places twice a month, and each time they visited, relevant samples were taken. The samples were collected in standard plastic bottles with a capacity of ۱,۰ liters and their lids were tightly closed. Paying attention to the change in composition, soil samples were taken with a wider spatial distribution and from places with far distances from each other in the Hillah river basin, and the volume of each soil sample varied between ۱ and ۱,۰ kg. Two different laboratories in Babylon governorate have been referred to perform quality tests on the collected samples. The laboratory measures have been carried out in two separate stages. In the first step, the measures of preparing the samples and separating them from each other have been carried out, which includes labeling, determining the date of water and soil samples, and classifying the samples for laboratory analysis. In the second stage, laboratory equipment and operations have been used for the qualitative analysis of the samples, and various devices such as CRISON have been used to test the physical and chemical parameters on the samples. Using laboratory tools and facilities, various physical and chemical variables of water quality have been measured based on the collected samples. For this purpose, ۱۳ parameters have been tested on the samples. Electrical conductivity and total dissolved solids were measured using an EC meter and pH using a pH meter according to the relevant methods. The capacity of calcium and magnesium ions in water samples has been measured using the weighing method. Soluble sulfate, phosphate and nitrate were measured by a spectrophotometer. Sodium concentration in water was measured by flame photometer. Chloride in water was estimated from the scaling method using silver nitrate standard solution and using potassium chromate solution as the relevant guide and the results were expressed in ppm. Total hardness was measured as calcium and magnesium in water as milligrams per liter or ppm. Turbidimeter is used to measure water turbidity. Finally, the iodometric method has been used to measure dissolved oxygen in water. In soil quality measurement, in addition to the parameters of electrical conductivity, pH, calcium, magnesium and sodium, which are also evaluated in the measurement of water samples, other parameters were also measured. including sodium absorption ratio (SAR) and calcium carbonate (CaCo). For the measurement of the mentioned two elements, special laboratory tools have been used like other elements. WQI index has been used to evaluate the water quality at the region of the Hillah river. For this purpose, the data related to the stations sampled from the water level were entered into the

calculations of the WQI index, and based on this index, the water quality was evaluated on a monthly basis, and water quality maps were prepared for the region. The WQI index equation creates a range between 1 and 100, where 1 means the poorest and 100 the best water quality, and within this range, five classes are set to classify the water quality as very poor or inadequate, poor, moderately good, good and excellent. For satellite images processing, Landsat satellite imagery data provided by the United States Geological Survey (USGS) database archive has been used. In this regard, the image of Landsat 8 satellite OLI sensor for the date 2021/06/27 of the area has been selected as the main satellite data for processing.

Conclusion

The research results can be presented in several sections. In the analysis of water quality in terms of quality parameters, it has been determined that, except for several cases in different months, in most cases, the concentration of chemical parameters of water did not exceed the permissible limit, and the physical parameters were appropriate. However, the results of the drinking water quality index have shown that the water of the Hillah River is at a poor and very poor level in terms of quality according to the location of the samples, and the spatial quality map of the Hillah river has also shown that the central to northern areas are of a more suitable quality than The southern regions have it, the main reason of which is the concentration of agricultural lands and the entry of waste and various effluents into the water in those areas. The results of evaluating the physical and chemical quality of soil in the studied area have also shown that soils with sandy texture are richer than mixed clay soils in terms of parameters such as electrical conductivity, sodium, calcium, magnesium, and SAR, and on the other hand, pH and calcium carbonate of Clay soils were more than sandy soils. The evaluation of the correlation of the parameters between the values of the water and soil samples has been done and the coefficient of the correlation between them has been obtained, and in some cases, there has been a high correlation between the parameters. Finally, by evaluating the correlation between the quality parameters and the Landsat image bands in terms of combinations and band ratios, it has been determined that there was a direct correlation in a few cases, and on the other hand, the linear relationship also indicated the absence of a relationship between the WQI index and the spectral bands.

Keywords

Soil Quality; Water Quality; Remote Sensing; GIS; Hillah River.