بررسی مکان‌مند انتشار آلودگی مواد نفتی در منابع آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل‌گر زمین آمار در دشت شازند

شراره پور ابراهیم [۱]
مهرداد هادی‌پور [۲]
مهدی مردیان [۳]
امیر انصاری [٤]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۹٦/۰۲/۲۳

****

چکیده

در این پژوهش به بررسی تأثیر صنایع نفتی محدوده دشت شازند بر تغییرات مکانی کیفی منابع آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته شد. هدف این پژوهش شناسایی محدوده تأثیرپذیر و عوامل مؤثر در آلودگی است تا پهنه مناسب تأمین آب شرب و کشاورزی را از نظر کیفی در محدوده مطالعاتی شناسایی نمود. بدین منظور با نمونه‌برداری از آب چاه‌های محدوده مطالعاتی، آنالیزهای آزمایشگاهی مواد نفتی و آروماتیک انجام شد. سپس با تکنیک زمین آمار و به روش معکوس فاصله وزنی، روند تغییرات مکانی غلظت پارامترهای کیفی بررسی شد. برای این کار، منظور از تحلیل‌گر زمین آمار در نرم افزار ArcGIS 10.3 بهره گرفته شد. همچنین مقایسه مقادیر با حد مطلوب و حد مجاز استانداردهای محیط زیست بررسی گردید. نتایج نشان داد از نظر آلودگی‌های نفتی به جز در چند مورد استثناء، در بیشتر موارد آلودگی قابل توجهی وجود ندارد. بیشتر حساسیت‌ها در این بخش در چاه شماره ۱۰ مربوط به دو پارامتر Anthracene و Pyrene از ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای بود که مقادیر آلاینده چندین برابر استاندارد محیط زیست دیده شد. با توجه به توسعه مجتمع‌های نفتی شازند در سال‌های اخیر و نقطه روشن‌های آلودگی، هر چند بصورت محدود، به نظر می‌رسد خطر آلایندگی منابع آب زیرزمینی دشت شازند در آینده بیش از پیش افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی نفتی، منابع آب، زیرزمینی، تغییرات مکانی، تحلیل‌گر زمین آمار، دشت شازند

****

۱- دانشیار پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایرانsh_pourebrahim@ut.ac.ir
۲- دانشیار دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک ، ایران (نویسنده مسئول)Mhadipour50@yahoo.com
۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اراک، ایرانmehdimardian@gmail.com
٤- استادیار دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک ، ایران a-ansari@araku.ac.ir

۱- مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهان، گسترش شهرها و اتمام بخش قابل توجهی از منابع غیر قابل احیاء مثل نفت، بیش از پیش مسئله مدیریت جامع و یکپارچه منابع آب و بهره‌برداری از آن به عنوان یک منبع پایدار را در سطح بین‌المللی مطرح ساخته است *(محمدی و همکاران، ۱۳۸۷)*. رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه‌های محل دفع زباله و رواناب‌های سطحی باعث گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب شده است *(نصیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ سمرقندی و همکاران، ۱۳۹۲)*. به همین جهت، حفاظت منابع آب، خصوصاً حفاظت آب‌های شیرین یکی از عوامل اصلی در حفظ بهداشت و توسعه جوامع می‌باشد *(وادانانوکیج[1]، ۱۹۹٤)*.

امروزه با پیشرفت صنایع و افزایش جمعیت بشر و عدم رعایت استانداردهای محیط زیست، خطرات زیادی از لحاظ آلودگی منابع آب و خاک وجود دارد *(کاشی زنوز و همکاران، ۱۳۹۰)*. علاوه بر مشکلات کمی، توجه به کیفیت منابع آب نیز در دهه‌های اخیر بخصوص در مناطق شهری و صنعتی بیشتر مورد توجه بوده است. غالباً صنایع مهم و استراتژیک در مکان‌هایی احداث می‌گردند که دسترسی به آب فراوان در آن مناطق میسر باشد. لذا احتمال آلودگی آب از جمله آلودگی‌های نفتی و آروماتیک در محدوده صنایعی نظیر پتروشیمی و پالایشگاه مهم می‌باشد. هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHS)[2] گروهی از ترکیبات آلی هستند که دارای دو یا چند حلقه آروماتیک به هم پیوسته از اتم‌های کربن و هیدروژن هستند. این ترکیبات از نفتالن با دو حلقه شروع شده و به کرونین با هفت حلقه ختم می‌شوند *(پرداختی و همکاران، ۱۳۸۱؛ آنیاکورا[3] و همکاران، ۲۰۰۵)*. در این راستا در دو دهه اخیر، پایش مقدار کل آلاینده نفتی (TPH)[4] و ترکیبات هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای یکی از مهمترین آلاینده‌های آلی پایدار در محیط زیست، مورد توجه قرار گرفته است. از ۱۰۰ ترکیب پلی‌آروماتیک حلقوی شناسایی شده، آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا ۱٦ ترکیب که دارای خاصیت سرطان‌زایی و جهش‌زایی در حیوانات و انسان هستند را به عنوان آلاینده‌های پیشگام معرفی کرده است *(فیضی و شجاع جمال آباد، ۱۳۸۹، ماسکاوی و هو[5]، ۲۰۰۹)*.

اهمیت موضوع باعث شده است تا تهیه نقشه آلودگی منابع آب زیرزمینی در محدوده مناطق صنعتی به منظور مدیریت منابع طبیعی و شناخت استعداد اراضی از اهمیت بسزایی برخوردار باشد که می‌تواند به عنوان یک منبع اطلاعاتی برای اتخاذ تصمیمات در جهت تدوین برنامه‌های مدیریتی به کار برده شود. تهیه نقشه مذکور می‌تواند در اجرای طرح‌های مرتبط با پایش کیفی منابع آب و خاک و نیز مدیریت کاربری اراضی مورد توجه قرار گیرد. یکی از روش‌های بررسی تغییرات مکانی متغیرهای کیفیت آب نیز استفاده از روش‌های زمین آمار می‌باشد. روش‌های زمین آمار، وجود همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را بررسی می‌نمایند. در زمین آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت، فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد *(حسنی پاک، ۱۳۸۹)*. در این بین «سیستم اطلاعات جغرافیایی»[6] با ظرفیت ذخیره، سازمان‌دهی، آنالیز، بازیابی، نمایش و تهیه خروجی‌های مناسب، به عنوان ابزار مناسبی است که می‌تواند در کنار روش‌های زمین آمار محققین را در دستیابی به روش مناسب میان‌یابی و فهم شرایط هیدرولیکی و محیطی کمک نماید *(ان جی[7] و همکاران، ۲۰۰۵)*. در بررسی تغییرات کیفی منابع آب زیرزمینی و آلودگی‌ها با استفاده از روش‌های زمین آماری، تحقیقات متنوعی صورت گرفته است. زاهدی‌فر و همکاران (۱۳۹۲) با پهنه‌بندی ویژگی‌های شیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت فسا، به مدیریت صحیح بهره‌برداری از منابع

1 - Vathananukij
2 - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
3 - Anyakora
4 - Totol Petroleum Hedrocarbons
5 - Maskaoui K, Hu
6 - Geographic Information System
7 - Ng

آب و استفاده از الگوهای کشاورزی اشاره دارند. ملایی (۱۳۹۱) با بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در منطقه دشت آب کرمان، به افزایش غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی در شرق دشت به دلیل مصرف کودهای شیمیایی اشاره کرده است. خزاعی و همکاران (۱۳۹۰) با پهنه‌بندی آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی منطقه سیاخ دارنگون استان فارس، نقشه‌های حاصل را ابزاری کارآمد برای تصمیم‌گیری مدیران دانسته‌اند. کمالی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی آنالیز مکانی کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار و GIS، مراکز تجمع آلودگی را معرفی نمودند. فیضی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی گسترش آلاینده‌های نفتی ناشی از تأسیسات پالایشگاه و پتروشیمی در آب زیرزمینی دشت شازند نتیجه گرفتند که متوسط غلظت ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک (PAHs) در مقایسه با مقادیر مجاز برای مصارف شرب نامناسب و برای مصارف کشاورزی و آبیاری مناسب است. همچنین مقادیر داخل پالایشگاه و پتروشیمی کمتر از مقادیر بیرونی است و مقادیر غلظت در چاه‌های خارج پالایشگاه و پتروشیمی با دور شدن از منبع در جهت جریان، کاهش می‌یابد. السی[1] و همکاران (۲۰۱۲) با ارزیابی مکانی و زمانی تغییرات کیفی آب زیرزمینی در غرب ترکیه، نشان دادند که فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بر روی تغییرات مکانی و زمانی و پارامترهای کیفی تأثیرگذار می‌باشد. یوان و کای[2] (۲۰۱۰) با پهنه‌بندی غلظت نیترات آب زیرزمینی شهر قونیه در ترکیه، به اهمیت وجود مراکز صنعتی در افزایش آلودگی اشاره دارند. فتوانی[3] و همکاران (۲۰۰۸) با ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی اراضی آبی در شمال شرقی مراکش، همبستگی مکانی بین آلودگی نیترات و میکروبی را مشاهده کردند.

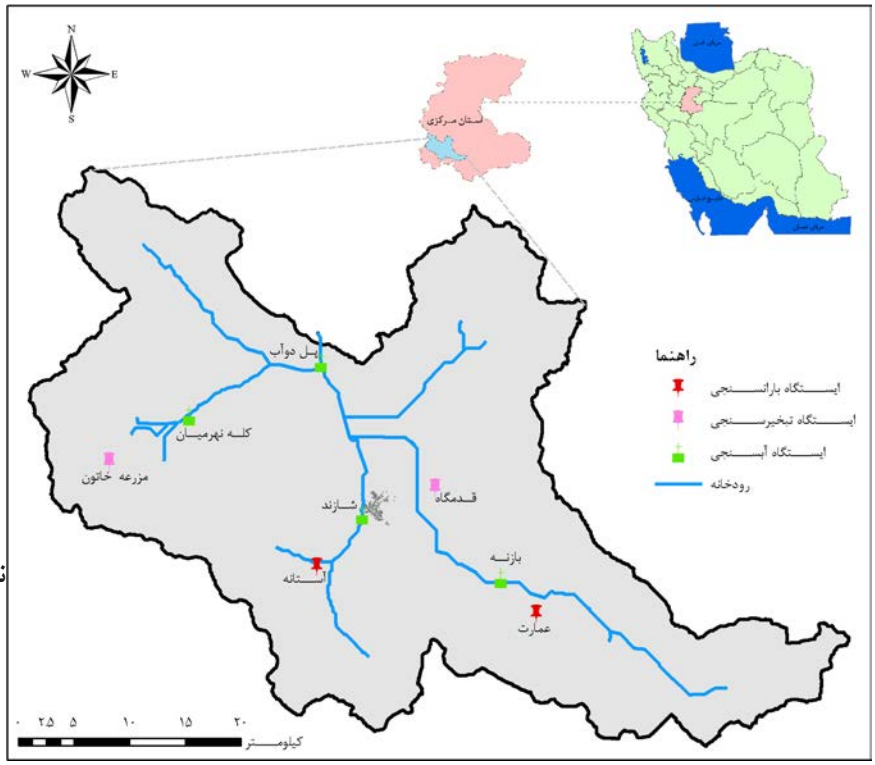
در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر، در معادن اکتشافی نفت، پالایشگاه‌ها و... به دلایلی مانند نشت آلاینده‌های نفتی از مخازن نگهداری آن‌ها، نشت از خطوط انتقال به دلیل پوسیدگی و خرابی لوله‌های انتقال فرآورده‌های نفتی و غیره، آب‌های زیرزمینی و خاک اطراف این مکان‌ها دچار آلودگی‌های نفتی می‌شوند. با توجه به اینکه منبع آلودگی آب در محدوده مناطق صنعتی بیشتر در ارتباط با آلاینده‌های نقطه‌ای است، لذا می‌توان با بررسی تغییرات زمانی و مکانی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی، با دقت قابل قبول، انگشت نگاری آلایندگی را پایش نمود. در حال حاضر نیز یکی از مشکلات و معضلات دشت شازند اراک، آلودگی منابع آب زیرزمینی با فاضلاب‌های صنایع نفتی بزرگ این منطقه از قبیل پتروشیمی، پالایشگاه و نیروگاه حرارتی است. این آلودگی‌ها سبب تغییرات کیفی و ناکارآمدی منابع آب برای مصارف مهم به ویژه کشاورزی می‌گردد. با داشتن اطلاعات در خصوص کیفیت آب چاه‌های منطقه و شناسایی منابع آلاینده و انتقال اطلاعات در محیط GIS می‌توان پهنه مناسب تأمین آب را از دید کیفی شناسایی نمود و پهنه‌های آلوده را نیز شناسایی کرد. همچنین با داشتن اطلاعات مذکور می‌توان، تأثیرات مراکز تولید آلودگی را بر منابع آب زیر زمینی منطقه بررسی کرد. هدف از انجام این تحقیق، تهیه نقشه‌های کیفی آلودگی نفتی منابع آب زیرزمینی محدوده دشت شازند، در محیط GIS و بررسی تأثیر صنایع نفتی منطقه بر کیفیت آب‌های این منطقه است تا بدین ترتیب بتوان محدوده تأثیرپذیر را مشخص نمود و عوامل مؤثر را شناسایی کرد. سپس پهنه مناسب تأمین آب شرب و کشاورزی را در محدوده از نظر کیفی مورد بررسی قرار داد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مطالعاتی

حوضه آبخیز پل دوآب شازند با مختصات جغرافیایی ´۱۵ ´٤ °٤۹ تا ´۱۲ ´۵۲ °٤۹ طول شرقی و ´٤۲ ´٤٤ °۳۳ تا ´۱۳ ´۱۲ °۳٤ عرض شمالی یکی از زیرحوضه‌های دریاچه نمک است. رودخانه خروجی آبخیز که به شراء معروف است، از سه زهکش اصلی به نام‌های بازنه، شازند و نهرمیان تغذیه می‌شود. این رودخانه در پایین‌دست پس از ادغام با

1 - Elci
2 - Uyan and Cay
3 - Fetouani



نگاره ۱: موقعیت حوضه آبخیز پل دوآب شازند

سرشاخه‌های اصلی رودخانه قره‌چای که از استان همدان منشأ می‌گیرند، در نهایت به سد الغدیر ساوه منتهی می‌شود. نگاره ۱ نشان دهنده موقعیت و جدول ۱ بیانگر خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبخیز پل دوآب شازند می‌باشد.

دشت شازند به وسعت ۸/ ۱۰۲۱ کیلومتر مربع از نظر تقسیمات کشوری جزء شهرستان شازند استان مرکزی می‌باشد. این محدوده از شمال و شمال غرب به دشت شراء (شهرستان خنداب) از غرب به دشت ملایر (شهرستان ملایر) و دشت میرقاسم، از جنوب و جنوب شرق به دشت‌های ازنا- الیگودرز (استان لرستان) و خمین (شهرستان خمین) و از شرق به دشت اراک (شهرستان اراک) محدود می‌شود. تأسیسات صنعتی نفتی نظیر پالایشگاه و پتروشیمی در منطقه و برداشت مقادیر زیادی آب‌های زیرزمینی سبب تهی شدن سفره‌های آب زیرزمینی و نیز آلودگی آنها به مواد نفتی شده است و الزاماً باید برداشت از آب‌های زیرزمینی و تخلیه پساب‌های نفتی طی برنامه مدون و حساب شده‌ای صورت گیرد.

۲-۲- نمونه‌برداری

به منظور نمونه‌برداری از چاه‌های آب دشت شازند و بررسی آلودگی نفتی در آنها، ابتدا موقعیت چاه‌های موجود در دشت و خصوصاً چاه‌های واقع در اطراف مجتمع‌های پالایشگاه و پتروشیمی مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد با توجه به جهت جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی در دشت و حرکت آنها که عمدتاً از نواحی کوهپایه‌ها به سمت مرکز دشت و ادامه مسیر به سمت نقطه خروجی دشت (پل دوآب) می‌باشد (جهت عمومی‌حرکت آب‌های زیرزمینی در دشت جهتی جنوبی- شمالی است)، سعی شد چاه‌هایی انتخاب گردند که در بالادست و پایین دست مجتمع‌های پالایشگاه و پتروشیمی قرار دارند. بر این اساس در مرحله اول، از تعداد ١٤ حلقه چاه نمونه‌برداری شد و مختصات آنها با استفاده از GPS برداشت گردید (نگاره ۲).

در مرحله بعد، برای جمع‌آوری و حمل نمونه‌ها، از ظروف یک لیتری شیشه‌ای استفاده شد. در ابتدا، ظروف دو بار با آب منطقه نمونه‌برداری شسته شد و سپس از

جدول ۱: خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبخیز پل دوآب شازند و زیرحوضه‌های اصلی

خصوصیات فیزیوگرافی	پل دو آب	نهرمیان	شازند	بازنه	میان مقطع
مساحت (کیلومترمربع)	۱۷۵۱	۲۷۷	۲۶۱	۲۹۵	۹۱۸
محیط (کیلومتر)	۲۸۵/۱۹	۷۱/۷۸	۷۵/۹٤	۹۹/٤۱	۱۸۷/۸۷
طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	۷۱/۲	۲۰/٦	۲۳/٤	۳۸/۳	۳۲/۹
شیب متوسط (درصد)	۲۰/٤٦	۱٦/۲۳	۲۱/۱۷	۲۵/٦۲	۱۹/٤۵
ارتفاع حداکثر (متر)	۳۳۸۰	۳۲۰۰	۳۳٤۰	۳۳۰۰	۳۳۸۰
ارتفاع حداقل (متر)	۱۸۳٤	۱۹۰۰	۱۹۱۸	۱۹٤۵	۱۸۳٤
ارتفاع متوسط (متر)	۲۳۷٤	۲۲۵۷	۲۳۰۳	۲۳٦۲	۲۱۰۱
زمان تمرکز (ساعت)	۱۱/۲۵	٤/۱	٤/٤٤	٦/۷۸	۵/٦٤
دبی متوسط سالانه (مترمکعب بر ثانیه)	٤/۵۹۷	۰/۹۲۲	۰/۸۷۱	۰/۷۱۷	---

آب همان منطقه پر شدند. نمونه‌های برداشت شده پس از ثبت زمان و مکان نمونه‌برداری، در مجاورت یخ برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر به آزمایشگاه معتمد محیط زیست منتقل شدند و غلظت پارامترهای PAHs و TPH با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی اندازه‌گیری شد. آشکارسازی و اندازه‌گیری این ترکیبات با استفاده از دتکتور FID که برای مواد آلی دارای حلقه آروماتیک مناسب است، انجام شد.

۲-۳- مدل‌سازی کیفی

در مدل‌سازی کیفی آب چاه‌ها، اطلاعات هر چاه به صورت منفک مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. لذا به منظور نمایش گرافیکی تغییرات مکانی پارامترهای کیفی آب چاه‌ها، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از تکنیک زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی شد. تکنیک‌های زمین آماری سطح پیوسته‌ای را از اندازه‌گیری‌های نمونه‌برداری شده تولید می‌کنند که این سطح، توانایی پیش‌بینی و نمایش آماری وقوع پدیده‌ها در مکان‌های خاص را داراست. بدین منظور پس از جمع‌آوری داده‌های ترکیبات هیدروکربنی چند حلقه‌ای آروماتیک و مقدار کل آلاینده نفتی، داده‌ها به صفحه کاری GIS انتقال داده شد. سپس با استفاده از بسته الحاقی «تحلیل‌گر زمین آماری»[1]، به روش درونیابی «معکوس فاصله وزنی»، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی آب چاه‌ها شد. در نهایت ضمن بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت شازند، به بررسی تغییرات در ارتباط با مقادیر آستانه پرداخته شد. بدین منظور از منابعی نظیر نشریه ٦٦۹٤ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۱)، نشریه ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۸) و نشریه ۵۳۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور استفاده شد.

در روش زمین آماری معکوس فاصله وزنی، فرض بر این است که نسبت همبستگی‌ها و شباهت‌ها بین همسایه‌ها متناسب است با فاصله بین آنها که می‌تواند به صورت تابع عکس فاصله هر نقطه از نقاط همسایگی‌اش تعریف شود *(جلالی و همکاران، ۱۳۹۲)*. در این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی براساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرند. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود؛ بطوری که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همجوار

1 - Geostatistical Analyst

نگاره ۲: موقعیت محدوده و چاه‌های مطالعاتی دشت شازند

توزیع می‌کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد؛ یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه تخمین هستند، دارای وزن یکسانی می‌باشند (سرمدیان، ۱۳۸۸). معکوس فاصله یک روش وزن‌دهی متوسط بوده که در آن داده‌ها از طریق رابطه انحراف معیار یک نقطه از سایر نقاط با استفاده از گره‌های شبکه بندی شده، وزن‌دهی می‌شوند. هنگامی که گره شبکه برآورد می‌گردد، وزن‌های تخصیص یافته به نقاط، برابر یک می‌باشد. زمانی که یک نقطه بر گره شبکه منطبق شود، فاصله این نقطه تا گره برابر با صفر بوده؛ بنابراین در این حالت وزن تخصیص داده شده به نقطه یاد شده برابر یک و وزن سایر نقاط اطراف گره برابر با صفر می‌باشد. روابط مورد استفاده در این روش به شکل زیر است:

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^{N} \frac{z_j}{h_{ij}}}{\sum_{i=1}^{N} \frac{1}{h_j^B}} \quad (۱)$$

$$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \sigma^2} \quad (۲)$$

که hij اختلاف فاصله مؤثر بین گره شبکه (j) و نقطه همسایگی گره z,(i) مقدار تخمین زده شده پارامتر zj،z مقدار واقعی پارامتر z در همسایگی گره، dij فاصله بین گره شبکه (j) و نقطه همسایگی گره B,(i) توان وزن داده شده و σ ضریب هموارکننده می‌باشد *(شعبانی، ۱۳۸۷)*.

۳- نتایج

پارامترهای نفتی و آروماتیک آب همراه با نتایج آنالیزهای آزمایشگاهی در جدول ۲ آمده است. با توجه به نتایج، مقدار عددی بیشتر پارامترها بر اساس دقت دستگاه کمتر از ۰/۱ میلی گرم بر لیتر می‌باشد.

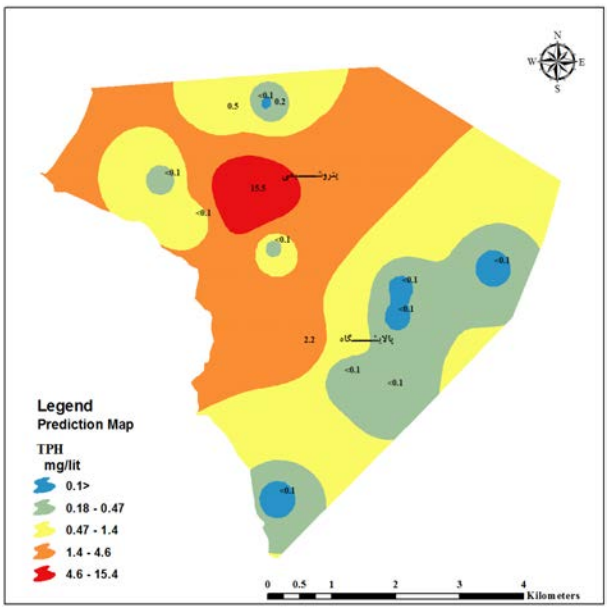
بنابراین تغییرات مکانی در ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای آب چاه‌های مطالعاتی دشت شازند دیده نمی‌شود. به طوری که فقط در دو پارامتر Anthracene و Pyrene در چاه شماره ۱۰ محدوده مطالعاتی مقادیر بیشتر از ۰/۱ میلی

جدول ۲: نتایج پارامترهای نفتی و آروماتیک آب چاه‌ها (واحد: میلی گرم بر لیتر)

ردیف	عنوان آزمایش ۱		شماره چاه ۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤		حداکثر مجاز
۱	Naphthalene (N)	ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای (PAHs)	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۲	Acenaphthylene (Acl)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۳	Acenaphthene (Ace)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
٤	Fluorene(F)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
٥	Phenanthrene(P)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
٦	Anthracene(An)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	٤	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۷	Fluoranthene(Fl)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۸	Pyrene(Py)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۹/۸	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۹	Benzo [a] Anthracene(BaA)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱۰	Chrysene(C)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱۱	Benzo [b] Fluoranthene(BbF)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱۲	Benzo [k] Fluoranthene(BkF)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱۳	Benzo [a] Pyrene(BaP)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱٤	Indeno [1.2.3-c.d] Pyrene(ID)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱٥	Dibenzo [a.h] Anthracene(DA)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱٦	Benzo [g.h.i] Perylene(BgP)		<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۲
۱۷	مقدار کل آلاینده نفتی (TPH)		<۰/۱	<۰/۱	۲/۲	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۰/۲	۰/۵	۱۵/۵	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱

گرم بر لیتر می‌باشد.

در مورد مقدار کل آلاینده نفتی نتایج تا حدودی متفاوت است. بطوری که در چاه‌های شماره ۳، ۸، ۹ و بخصوص چاه شماره ۱۰ مقادیر بیشتر از ۰/۱ میلی گرم بر لیتر می‌باشند که نقشه پهنه‌بندی و روند تغییرات مکانی در نگاره‌های ۳ و ٤ آمده است. همچنین شاخص‌های آماری توصیفی کل آلاینده نفتی آب چاه‌ها و مقایسه با حد مجاز در جدول ۳ آمده است.



نگاره ۳: تغییرات مکانی کل آلاینده نفتی آب چاه ها در محدوده مطالعاتی دشت شازند

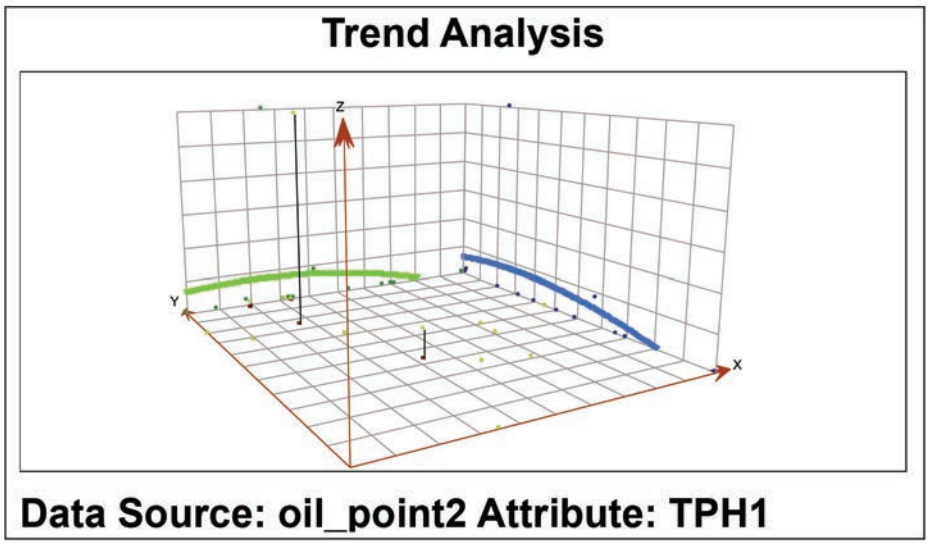
با توجه به روند تغییرات مکانی کل آلاینده نفتی آب چاه‌های مطالعاتی دشت شازند، از جنوب به شمال ابتدا روند افزایشی و سپس روند کاهشی وجود دارد. همچنین از غرب به شرق منطقه روند کاهشی دیده می‌شود. نتایج شاخص‌های آماری توصیفی در مقایسه با حد استاندارد نشان می‌دهد که پارامتر کل آلاینده نفتی در محدوده چاه شماره ۱۰ که در پتروشیمی واقع شده است با آلودگی روبروست.

جدول ۳: شاخص‌های آماری توصیفی کل آلاینده نفتی آب چاه‌ها و مقایسه با حد مجاز

پارامتر	TPH (mg/lit)
حداقل	<۰/۱
حداکثر	۱۵/۵
میانگین	۱/٤
حد مطلوب	-
حد مجاز	۷/۷

٤- نتیجه‌گیری

این پژوهش با توجه به ظهور و بروز پاره‌ای نشانه‌های آلودگی‌های نفتی عمقی و سطحی محدودهٔ اطراف پالایشگاه و پتروشیمی دشت شازند به منظور سنجش برخی شاخص‌های مهم آلودگی نفتی انجام شد. بدین منظور با نمونه‌برداری از آب ١٤ چاه محدوده مطالعاتی، آنالیزهای آزمایشگاهی مواد نفتی و آروماتیک انجام شد. سپس با تکنیک زمین آمار ضمن بررسی تغییرات مکانی غلظت پارامترهای کیفی، مقایسه با حد مطلوب و حد مجاز



نگاره ٤: تغییرات مکانی کل آلاینده نفتی آب چاه‌ها در محدوده مطالعاتی دشت شازند

استانداردهای محیط زیست انجام شد. با توجه به نتایج، آب چاه‌های محدوده پالایشگاه و پتروشیمی دشت شازند از نظر آلودگی‌های نفتی در چند مورد استثناء، در بیشتر موارد فاقد آلودگی بودند. عمده حساسیت‌ها در این بخش در چاه شماره ۱۰ مربوط به دو پارامتر Anthracene و Pyrene از ترکیبات حلقوی چند هسته‌ای بود که مقادیر آلاینده چندین برابر استاندارد محیط زیست بود. ترکیبات PAHs گروهی از ترکیبات هیدروکربنی هستند که از سه حلقه بنزنی و یا بیشتر تشکیل و حداقل دو حلقه بنزنی آنها توسط دو اتم کربن به اشتراک گذاشته شده است. خطرناکترین ترکیب سرطان‌زای PAHs بنزو (α) پیرن است که در این تحقیق مقدار آن کمتر از استاندارد محیط زیست بود و مشکل آلودگی نداشت. از دیگر ترکیبات PAHs که سرطان‌زایی آنها در انسان توسط سازمان بهداشت جهانی و کمیته نظارت بر مواد غذایی تأیید شده است، دی بنزو (a,h) می‌باشد که این پارامتر نیز مشکل کیفی برای آب چاه‌ها ندارد. با این حال مقدار بالای دو پارامتر Anthracene و Pyrene در چاه شماره ۱۰ می‌توانند زمینه‌ای برای افزایش پتانسیل آلودگی منابع آب زیرزمینی دشت شازند باشند.

در مورد مقدار کل آلاینده نفتی (TPH) در چاه‌های شماره ۳، ۸ ، ۹ و ۱۰ نیز مقادیر اندازه‌گیری شده بیشتر از سایر چاه‌هاست که البته در مورد چاه شماره ۱۰ مقدار پارامتر مذکور خیلی بیشتر است. با توجه به نتایج PAHs و TPH به نظر می‌رسد پتانسیل آلودگی در چاه شماره ۱۰ بالا باشد. با توجه به توسعه مجتمع پالایشگاه شازند در سال‌های اخیر و نقطه روشن‌های آلودگی هر چند بصورت محدود، به نظر می‌رسد خطر آلایندگی منابع آب زیرزمینی دشت شازند بیش از پیش افزایش یابد. این امر ضرورت ارائه یک برنامه مدیریتی مناسب از جمله پایش منظم را نشان می‌دهد. چرا که علاوه بر توسعه صنایع در دشت شازند به دلیل قرارگیری در منطقه‌ای استراتژیک، پتانسیل افزایش جمعیت و مناطق مسکونی نیز در این محدوده بالاست. لذا با توجه به نتایج این تحقیق، احتمال و پتانسیل آلودگی آب از جهت پارامترهای نفتی بالاست که می‌تواند در آینده سلامت محیط زیست منطقه را به خطر اندازد. بنابراین پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های کیفی آب‌های سطحی و زیرزمینی و نیز خاک و هوا در آینده مدنظر قرار گیرد.

قدردانی

استخراج این مقاله از طرح پژوهشی با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت انسانی سازمان حفاظت محیط زیست طی قرارداد ۹۳/۱۰۲/۷۳٤ با دانشگاه اراک انجام گردیده است.

منابع و مآخذ

۱. آب- آب آشامیدنی بسته‌بندی شده - ویژگی‌ها، ۱۳۸۱، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، نشریه ٦٦۹٤.
۲. آب آشامیدنی- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، ۱۳۸۸، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، نشریه ۱۰۵۳.
۳. پرداختی، ع.اسماعیلی ساری ، ع واسلامی،ا، بررسی کمی و کیفی «هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای» در هوای تهران در تابستان ۱۳۸۱ ، مجله محیط شناسی، شماره ۳۳ . بهار ۱۳۸۳ ، ۱٦-۲۰.
٤. جلالی، ق.، طهرانی، م.م.، برومند، ن. ن. و سنجری، ص. (۱۳۹۲). مقایسه روش‌های زمین آمار در تهیه نقشه پراکنش مکانی برخی عناصر غذایی در شرق استان مازندران. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۷(۲): ۲۰٤-۱۹۵.
۵. حسنی پاک، علی اصغر، (۱۳۸۹). زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱٤ ص.
٦. خزاعی، س.ح.، عباسی تبار، ح. و تقی زاده مهرجردی، ر. (۱۳۹۰). پهنه‌بندی آلودگی نیترات در آب‌های زیرزمینی استان فارس با استفاده از روش زمین آمار (مطالعه موردی: منطقه سیاخ دارنگون)، نشریه محیط زیست طبیعی (مجله منابع طبیعی ایران)، ٦٤(۳): ۲٦۷-۲۷۹.
۷. زاهدی‌فر.، م. موسوی، س.ع.ا. و رجبی، م. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی ویژگی‌های شیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت فسا با استفاده از روش‌های زمین آماری. نشریه آب و

خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(٤): ۸۲۲-۸۱۲.
۸. سرمدیان، ف.؛ تقی‌زاده مهرجردی، ر. (۱۳۸۸). مقایسه روش‌های درونیابی جهت نقشه‌های خصوصیات کیفی خاک مطالعه موردی (مزرعه دانشکده کشاورزی). تحقیقات آب و خاک ایران. ٤۰(۲): ۱۵۷-۱٦۵.
۹. سمرقندی، م.ر.، ویسی، ک.، ابویی مهریزی، ا.، کاسب، پ. و دانایی، ع. (۱۳۹۲). بررسی کیفیت آب دریاچه سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان با بهره‌گیری از شاخص کیفی NSFWQI. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، ۵(۱): ٦۹-٦۳.
۱۰- شعبانی، م. (۱۳۸۷). تعیین مناسب‌ترین روش زمین آمار در تهیه نقشه تغییرات pH و TDS آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت ارسنجان). مهندسی منابع آب، ۱(۱): ۵۷-٤۷ .
۱۱. فیضی، و. و شجاع جمال آباد، م. ۱۳۸۹. اندازه گیری بقایای آلودگی های نفتی «هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای» درآب های ۳ تالاب بین المللی (آلاگل، آلماگل و آجی گل) در شمال ایران، فصلنامه علمی محیط زیست، ٦۳-٤۹:۵۷.
۱۲. کاشی زنوز، ل.، نامدار، م. و سعادت، ح. (۱۳۹۰). بررسی عوامل مؤثر در شوری خاک، با استفاده از مدل آماری رگرسیون چند متغیره خطی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز هرزند چای). پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور، ۹ص.
۱۳. کمالی، م.ا.، عصاری، م. و محمدی، ک. (۱۳۸۷). آنالیز مکانی کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین آمار و GIS. دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۰ ص.
۱٤. محمدی، ک.، رازدار، ب. و محمدولی سامانی، ج. (۱۳۸۷). بررسی کیفیت آب رودخانه پسیخان با استفاده از مدل CE-QUAl-W2 WASP در مورد پارامترهای نیترات و فسفات و مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی با نرم افزار WASP. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، ۸ ص.
۱۵. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پس‌آب‌ها. ۱۳۸۹، وزارت نیرو، ۱۵۵ ص.
۱٦. ملایی، ع. (۱۳۹۱). بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در منطقه دشت آب کرمان با استفاده از روش‌های زمین آماری (چکیده). مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت: ٤۲٦۳٤.
۱۷. نصیراحمدی، ک.، یوسفی، ذ. و ترسلی، ا. (۱۳۹۱). پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص .NSFWQI مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ۲۲: ۷۱-٦٤.
18. Anyakora C, Ogbeche A, Palmer P, Coker H. Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons in marine samples of Siokolo Fishing Settlement. J chromatogr A 2005; 1073: 323-330.
19. Elci A., Gunduz O., Simsek C. and Celalttin S. (2012). Spatial and temporal assessment of groundwater quality indicators and hydrogeological characterization of a karstic aquifer in western turkey. Araliable from:http://kisi.deu.edu.ir: 12p.
20. Fetouani, S., Sbaa, M., Vanclooster, M. and Bendra, B. (2008). Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (north-east Morocco). Journal of Agricultural Water Management, 95: 133-142.
21- Maskaoui K, Hu Z. Contamination and ecotoxicology risks of polycyclic aromatic hydrocarbons in Shantou coastal waters, china. Bulletin of environmental contamination and toxicology 2009; 82: 172-178.
22. Ng, S.M.Y., Wai1, O.W.H., Xu1, Z.H., Li1, Y.S., and Jiang, Y.W. (2005). Application of GIS for Retrieval and Display of Hydrodynamic and Water Quality Data for the Pearl River Estuary. Environmental Informatics Archives, 3: 372–378.
23. Uyan, M. and Cay, T. (2010). Geostatistical methods for mapping groundwater nitrate concentrations. 3rd International conference on cartography and GIS: 12-20.
24. Vathananukij, H. (1994). Water Quality Analysis on the chao-phra-ya Estuary using remote Sensing Data. Kasetsart University RIO Thailand.