ارزیابی آلودگی آب سطحی دشت شمیل تخت با استفاده از شاخص وراستیک و بهینه‌یابی شبکه پایش کیفی رودخانه

مجید دشتی برمکی[۱]، زهرا یزدانی نوری[۲]، مسعود مرسلی[۳*]

۱. دکتری هیدروژئولوژی، شرکت مهندسین مشاور ساحل امید ایرانیان، تهران، ایران.
۲. کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۳. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۰ تاریخ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۰/۱

چکیده

طراحی و بهینه‌یابی شبکه پایش کیفی در محدوده‌های با چند زیرحوضه نیازمند آگاهی از معیارهای مؤثر بر آن‌ها است به‌نحوی که در هر زیرحوضه، وجود یا عدم وجود ایستگاه پایش و پارامترهای لازم برای این عملیات تعیین گردد. در این راستا، استفاده از شاخص آلودگی آب سطحی وراستیک می‌تواند مفید واقع شود. مدل وراستیک روشی کاربردی و پیشرفته برای ارزیابی ریسک و پتانسیل آلودگی در زیر حوضه‌های آبریز است. پایش کیفی محدوده مطالعاتی شمیل تخت به دلیل تأمین آب آشامیدنی شهر بندرعباس از اهمیت بسیاری برخوردار است. ازاین‌رو، به‌منظور ارزیابی ریسک آلودگی در این دشت، ابتدا محدوده با استفاده از نرم‌افزار Global Mapper به ۱۶ زیر حوضه تقسیم شده است. شاخص وراستیک به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی مختلف ارائه و عدد آن برای هر زیرحوضه با رتبه‌دهی به روش قضاوت کارشناسانه، وزن‌دهی به روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و ادغام لایه‌ها با استفاده از همپوشانی وزنی محاسبه شد. نتایج نشان داد که سه زیرحوضه دارای ریسک بالا و سه زیرحوضه دارای ریسک پایین هستند. سپس، بر اساس وضعیت آبراهه‌های جاری در هر زیرحوضه، شاخص آلودگی در هر کدام و میزان اهمیت آن‌ها، تعداد ایستگاه‌های پایش کیفی و پارامترهای ضروری در این حیطه تعیین شدند. بر این اساس، ۵ ایستگاه پیشنهادی در نقاط مختلف به ۱۰ ایستگاه هیدرومتری موجود افزوده شد. در ۱۵ ایستگاه نهایی، سنجش پارامترهای عمومی و یون‌های اصلی در دستور کار پیشنهادی قرار گرفت. همچنین، سنجش پارامترهایی نظیر فسفات/فسفر و نیترات/نیتریت در دستور کار ۶ زیرحوضه و فلزات سنگین در دستور کار ۳ زیرحوضه قرار گرفت.

کلید واژه‌ها: بهینه‌یابی، وراستیک، شمیل تخت، ریسک، شاخص آلودگی.

مقدمه

در سال‌های اخیر، پایش کیفیت آب به یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با مدیریت منابع آب تبدیل شده است. شبکه پایش کیفی بایستی به‌نحوی طراحی و بهینه‌یابی شود که چگونگی توزیع مکانی متغیرها و نوع آن‌ها معرف نسبتاً کاملی از شرایط

* نویسنده مسئول: m.morsali@sci.ui.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.22034/JEG.2023.17.4.1019232

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

کیفیت آب منطقه باشد. آنچه در بهینه‌یابی شبکه‌های پایش کیفی در منابع آب مورد توجه قرار می‌گیرد، بررسی گزینه‌های مختلف مکانی و زمانی از پارامتر یا پارامترهای تحت پایش و افزودن یا حذف نقاط پیشنهادی جهت پایش آن خواهد بود. اینکه از یک یا چند پارامتر مهم جهت بهینه‌یابی استفاده شود همیشه جای بحث بوده است. اما، با دانستن شرایط حساسیت‌پذیری نقاط مختلف واقع در دشت، می‌توان برای برنامه‌ریزی پارامترهای پایش و تواترهای مکانی – زمانی مربوط به آن برنامه‌ریزی کرد. در طراحی شبکه پایش کیفی، اهداف مختلفی دنبال می‌شود که ازجمله می‌توان به بررسی وضعیت کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، انجام نمونه‌برداری کیفی از منابع آب سطحی و زیرزمینی، تعیین بازه‌های بحرانی رودخانه، طراحی شبکه پایش کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی و ارائه راهکارهای سازه‌ای و مدیریتی جهت کاهش و پیشگیری آلودگی منابع آب اشاره کرد. به‌طورمعمول، از پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان با عنوان شاخص دراستیک پهنه‌بندی جهت پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان استفاده می‌شود و از این شاخص جهت کمک به بهبود و بهینه‌یابی شبکه پایش آب زیرزمینی استفاده کرد. همچنین، استفاده از شاخصی که بتوان آسیب‌پذیری آب سطحی را نشان دهد نیز قابل‌توجه خواهد بود. در این مورد، می‌توان از شاخص WRASTIC به‌عنوان حساسیت حوضه آبریز در مقابل آلودگی آب سطحی استفاده کرد. در روش WRASTIC حساسیت حوضه آبریز در مقابل آلودگی آب سطحی با ویژگی‌های هیدرولوژیکی که دارد و با توجه به کاربری زمین ارزیابی انجام می‌شود. این شاخص ازجمله متداول‌ترین و پیشرفته‌ترین روش‌ها برای ارزیابی ریسک و پتانسیل آلودگی حوضه بر اساس خواص حوضه است (Alavipoor et al., 2016; Banikhedmat et al., 2018). این مدل اولین بار در سال ۱۹۹۱ در توسط انجمن آب آژانس بین‌المللی حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا ارائه و ارتقای آن در بخش محیط‌زیست آب‌های سطحی ایالت نیومکزیکو انجام شد (Diamantino et al., 2005; Gallegos et al., 2000). این روش از سال ۲۰۰۰ رواج یافته است و در بین روش‌های ارزیابی خطر منابع آب‌های سطحی، در مقایسه با سایر روش‌ها از جامع‌ترین روش‌های کاربردی است و به همین دلیل در دهه اخیر نیز بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرد (Valiallahi et al., 2019). محققین مختلفی از این شاخص جهت آسیب‌پذیری سطحی استفاده کرده‌اند. نخعی مثال‌های کاربردی بسیاری در رابطه نقش زمین‌آمار در مفاهیم زمین‌شناسی ارائه داده است (نخعی، ۱۳۸۹). علوی پور و همکاران (Alavipoor et al., 2016)، از مدل فازی- دراستیک جهت ارزیابی خطر آلودگی آب سطحی استفاده کردند. کریمی و همکاران (۱۳۹۵)، از شاخص وراستیک برای ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی در استان تهران و استان‌های هم‌جوار آن استفاده کردند و عقیده داشتند که تراکم بالای کاربری‌های مختلف به‌مرورزمان خطر آلودگی منابع آب‌های سطحی را به مقداری زیادی افزایش داده‌اند. برای مثال، با توجه به عبور رودخانه‌های دائمی جاجرود و لار از مناطقی به ترتیب با ریسک‌های خیلی زیاد و زیاد در آینده مشکلات زیادی رو پیش روی تراکم جمعیتی بالای این منطقه خواهد گذاشت. راثی نظامی و همکاران (۱۳۹۸) جهت ارزیابی پتانسیل ریسک آلودگی در دشت کوچصفهان، از دو شاخص وراستیک و نیومکزیکو استفاده کرده‌اند. آن‌ها، زیرحوضه‌های مختلفی در دشت تعریف کرده‌اند و پتانسیل ریسک آلودگی را در هر کدام تشریح نموده‌اند. به عقیده ایشان، مناطق دارای آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی و نیز فاضلاب‌های خانگی، پتانسیل بالاتری نسبت به سایر مناطق از نظر ریسک داشتند. ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و بهداشتی حوضه آبریز سد سبلان با استفاده از مدل وراستیک (فتائی، ۱۳۹۹) نشان داد که مهم‌ترین شاخص‌های آلوده‌کننده حوضه آبریز سد سبلان، ورود فاضلاب‌های خانگی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

و پساب‌های فعالیت‌های آبزی‌پروری، کشاورزی و چشمه‌های آبگرم معدنی بودند. ملکی و همکاران (Maleki et al., 2020) در ارزیابی ریسک آلودگی خلیج گرگان، دو فعالیت انسانی شامل فعالیت‌های کشاورزی و تفریحی را به‌عنوان عوامل آلودگی و آسیب‌پذیری بالا در نظر گرفتند. ایشان همچنین عقیده داشتند که رودی آب شیرین رودخانه‌های فصلی به خلیج گرگان در هنگام وقوع سیلاب می‌تواند آلودگی حوضه را به خلیج منتقل کند. اشتری با استفاده از نرم افزار GS+ بهینه‌یابی شبکه کیفی و کمی آبخوان تهران را با حذف چند ایستگاه که برداشت آن‌ها اهمیت کمتری دارند و اضافه نمودن آن در نواحی که حساسیت بیشتری در منابع آب دارند را با تلفیق مطالب مرتبط با هیدروژئولوژی انجام داد. ولی اوغلی و ذاکری (۱۴۰۰) برای ارزیابی کارایی شاخص وراستیک و تطابق با محیط واقعی از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{sc}$) استفاده کردند. نتایج نشان می‌دهند که میزان ریسک از مناطق کم‌جمعیت، بکر و کمتر توسعه‌یافته صنعتی و تفریحی به مناطق پرجمعیت، دارای دسترسی، نزدیک به شهر، توریستی و دارای صنایع رو به افزایش است. ارزیابی خطر آلودگی آب شهری منطقه بوپال (Maheshwari and Vyas, 2023) نشان داد که این حوضه در معرض خطر بالاست به شرحی که، اگر محدودیت ورود آلاینده‌ها به آن در سه سال آتی اعمال نشود، تهدیدها در داخل و اطراف حوضه همچنان افزایش‌یافته و دریاچه زودتر با خطر بیشتری مواجه خواهد شد.

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی آلودگی آب سطحی دشت شمیل تخت با استفاده از شاخص وراستیک و کارایی آن در بهینه‌یابی شبکه پایش آب سطحی در این دشت انجام‌گرفته است.

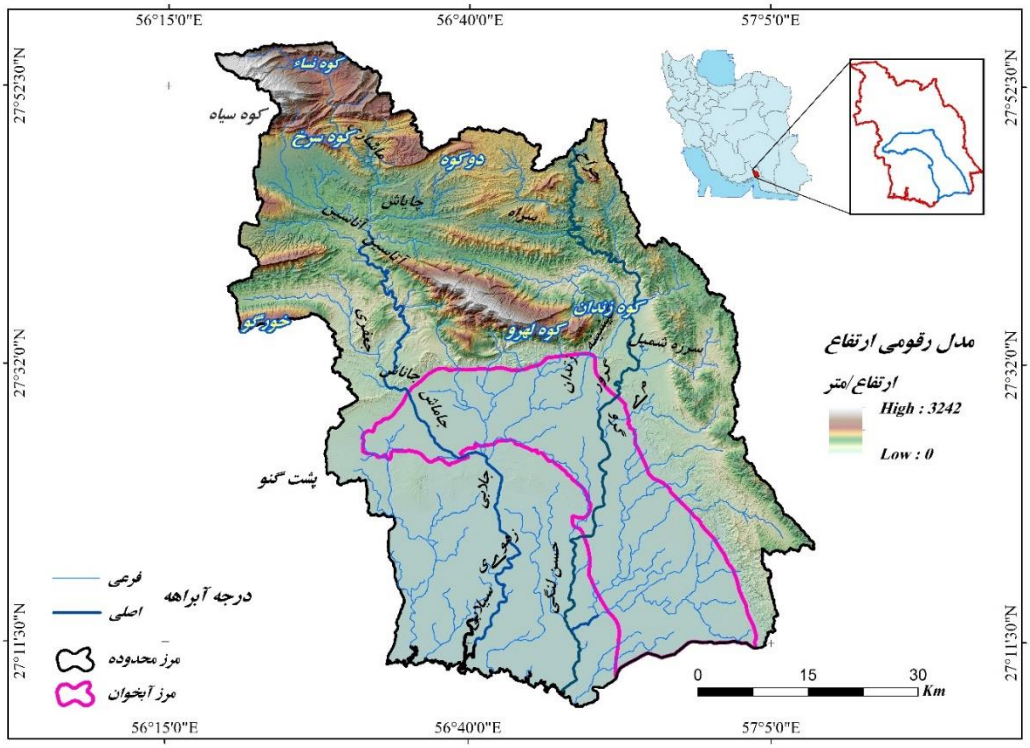
مواد و روش‌ها

معرفی محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی شمیل- تخت با وسعتی برابر با ۴۱۳۰ کیلومترمربع شامل بخش‌های تخت و قلعه‌قاضی و قسمتی از بخش مرکزی شهرستان بندرعباس و نیز قسمتی از بخش مرکزی شهرستان میناب می‌باشد که جزء حوضه‌ی آبریز رودخانه‌های بین بندرعباس- سدیج است. از ارتفاعات مهم واقع در محدوده فوق می‌توان به ارتفاعات کوه نسا (۱۰۶۰ متر)، پشت‌گنو (۲۵۴۶ متر)، شمال‌غرب قلعه‌قاضی کوه‌های خورگو (۱۰۸۰ متر)، کوه سیاه و قلاتک، کوه زندان با امتداد نسبی شمال‌غرب جنوب‌شرق با ارتفاعی در حد ۱۰۸۰ در سمت شمال‌شرق روستای شمیل، کوه سرخ، دوکوه، لهرو پایین (۱۸۲۷ متر)، کوه شمیل، شق جغان و ... اشاره نمود. در محدوده‌ی مطالعاتی شمیل- تخت، آبخوان گسترده شمیل- تخت در بخش جنوبی گسترش یافته است (شکل ۱). رودخانه‌های مهم حوضه در دشت، حسنلنگی و جلابی نام دارند. رودخانه‌ی حسنلنگی شامل دو شاخه شمیل و زندان است. سدهای مخزنی شمیل و نیان بر روی این دو رودخانه احداث گردیده که به دلیل نزدیکی به هم و شرایط توپوگرافی، دریاچه پشت سدها مشترک است. رودخانه جلابی، ادامه رودخانه جاماش در دشت تخت - قلعه‌قاضی هست. منطقه مورد مطالعه وظیفه اصلی تأمین آب شرب بخش‌هایی از بندرعباس و همچنین بخش‌های تخت و قلعه قاضی را بر عهده دارد. به همین دلیل شبکه پایش کیفیت آب این منطقه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]



شکل ۱. موقعیت آبخوان شمیل – تخت در محدوده مطالعاتی
Fig. 1. Location of Shamil-Takht aquifer in the study area

روش کار

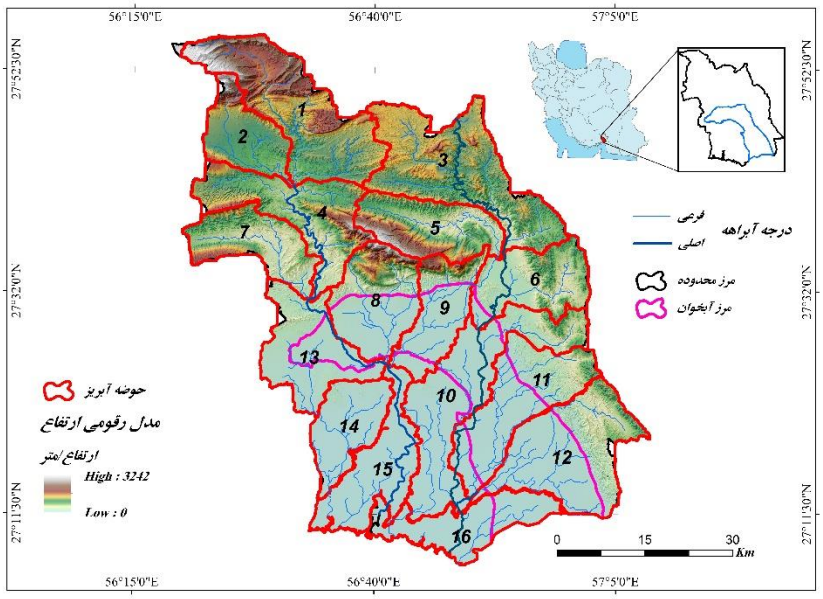
گام اول ارائه مدل وراستیک جمع‌آوری پارامترهای موردنیاز جهت پهنه‌بندی است. در این راستا، مراحل انجام تحقیق شامل جمع‌آوری اطلاعات و مرور سوابق مطالعاتی در محدوده مطالعاتی، شناسایی عوامل تأثیرگذار بر رودخانه‌های واقع در محدوده مطالعاتی شامل شناسایی صنایع، کارگاه‌های برداشت شن و ماسه و مصالح رودخانه‌ای، شیپ‌فایل مناطق صنعتی موجود، کارگاه‌های پرورش ماهی، اراضی کشاورزی، مراکز مسکونی و تجاری، مراکز درمانی و قبرستان‌ها، فاضلاب‌ها و روان آب‌ها و سایر فعالیت‌های تأثیرگذار بر رودخانه در وضعیت موجود خواهد بود. پس از آن وضعیت پراکنش فعالیت‌های تأثیرگذار در محیط GIS و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات با استفاده از شاخص WRASTIC می‌باشد. مراحل مختلف تحقیق در ادامه ارائه شده است.

تقسیم محدوده مطالعاتی به زیر حوضه‌های مختلف

در مدل‌های یکپارچه و پهنه‌بندی، برای رتبه‌دهی پارامترهای مختلف، شرایط فیزیکی تمام سطح حوضه یکسان در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، هرچه حوضه آبریز مورد نظر کوچک‌تر باشد کاربرد این مدل‌ها برای آن مناسب‌تر خواهد بود. بر این اساس، گام اول در پهنه‌بندی محدوده مطالعاتی شمیل – تخت، تقسیم آن به زیر حوضه‌های هیدرولوژیکی با خصوصیات یکسان خواهد بود. محدوده مطالعاتی شمیل-تخت، دارای سه دشت مجزا با نام‌های تخت و قلعه قاضی, دشت سرزه خارو و دشت فورخورج با وسعت‌های برابر با ۱۵۱۷، ۱۰ و ۲۲ کیلومترمربع (مجموع دشت‌ها ۱۵۵۰ کیلومترمربع) می‌باشد. مجموع ارتفاعات

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

محدوده مطالعاتی نیز برابر با ۲۶۳۸ کیلومترمربع می‌باشد. محدوده مطالعاتی، بر اساس نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰،۰۰۰ و با استفاده از نرم‌افزار Global Mapper به ۱۶ زیرحوضه تقسیم شده است (شکل ۲). مشخصات زیرحوضه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲. حوضه‌بندی محدوده مطالعاتی

Fig. 2. Basin classification of the study area

جدول ۱. مشخصات زیر حوضه‌های محدوده مطالعاتی

Table 1. Characteristics of the sub-basins of the study area

شماره حوضه آبریز	نام حوضه آبریز	وسعت حوضه آبریز (کیلومترمربع)	آبراهه اصلی
1	نساء	388	ماشاری
2	کوه سیاه	161	
3	جراح	415	جراح
4	آناسین	284	آناسین
5	کوه زندان	214	زندان
6	شمیل	211	شمیل
7	خورگو	191	جعفری
8	کوه لهرو پایین	237	-
9	زندان	183	گیشینه
10	گرو	394	گرور
11	شرق آبخوان	298	-
12	جنوب آبخوان	362	-
13	جاماش	247	جاناش (جاماش)
14	غرب آبخوان	171	-
15	جلابی	227	جلابی
16	پایاب حسن لنگی	203	حسن لنگی
مساحت کل		4187	

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

پارامترهای مؤثر در پهنه‌بندی ارزیابی ریسک آلودگی آب سطحی – مدل وراستیک

در مدل WRASTIC، هفت پارامتر تأثیرگذار مشتمل بر وجود فاضلاب (W)، وجود فعالیت‌های تفریحی (R)، فعالیت‌های کشاورزی (A)، اندازه حوضه (S)، راه‌های ارتباطی و حمل‌ونقل (T)، فعالیت‌های صنعتی (I) و میزان پوشش گیاهی (C) در نظر گرفته‌شده‌اند.

شاخص اول - وجود فاضلاب (W): وجود تخلیه فاضلاب در هر زیرحوضه، می‌تواند ازجمله شاخص‌های تأثیرگذار بر ارائه پهنه‌بندی کیفیت آب سطحی تلقی شود. انجمن آب‌رسانی آمریکا (American Water Works Association) امتیازات متفاوتی را بر هر حوضه در نظر گرفته است که از شرایط بدون فاضلاب (کمترین امتیاز) تا تخلیه خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب عمومی به زیرحوضه و وجود سپتیک تانک مجزا (بیشترین امتیاز) تغییر می‌کند (جدول ۲).

شاخص دوم - وجود فعالیت‌های تفریحی (R): برای تهیه فعالیت‌های تفریحی- تفرجی اثرگذار بر روی حساسیت منابع آب ابتدا نقشه محدوده پارک‌های جنگلی، مناطق حفاظت‌شده و شکارممنوع، موزه‌ها و آب‌انبارهای واقع در محدوده تهیه شد. سپس، با توجه به قیدهای زیر، نقشه فعالیت‌های تفرجی در هر زیرحوضه تهیه شد.

- عموماً فعالیت‌های تفریحی متمرکز وجود دارد: سایت باستانی و پارک‌ها و موزه‌ها و منطقه ورزشی و استادیوم و مقبره تاریخی و امامزاده.
- فعالیت‌های تفریحی متمرکز بیشتر و گسترده کمتر: اردوگاه و استخر پرورش ماهی
- فعالیت‌های تفریحی گسترده بیشتر و متمرکز کمتر: جنگل و باغ
- عموماً فعالیت‌های تفریحی گسترده وجود دارد :دریاچه و رودخانه و چشمه و غار و مانداب و آبشار.

در این معیار، فعالیت‌های متمرکز، درجه بیشتری از اهمیت را به خود اختصاص می‌دهند. زیر حوضه‌های فاقد فعالیت‌های تفریحی نیز، فاقد اهمیت هستند (جدول ۲).

شاخص سوم - فعالیت‌های کشاورزی (A): استفاده از کودهای شیمیایی ازجمله آلاینده‌های آب سطحی محسوب می‌شود و بنابراین، کاربری اراضی محدوده مطالعاتی در این رده قرار خواهد گرفت. وجود فعالیت‌های مختلف کشاورزی ازجمله معیارهای مهم آلاینده آب‌های سطحی محسوب می‌شود. برای تهیه این معیار، نقشه کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی تهیه‌شده است. این معیار بر اساس کاربری‌های مختلف مشتمل بر کشت آبی و باغات و کشت دیم و درختکاری و علف‌زارها و مرتع و بوته‌زارها تقسیم‌بندی شدند. در این معیار، باغات و کشاورزی با توجه به استفاده از سموم مختلف، می‌توانند درجه اهمیت و رتبه بالاتری به خود اختصاص دهند.

شاخص چهارم - اندازه حوضه (S): به‌طورکلی، میزان شاخص بسته به‌اندازه حوضه می‌تواند تغییر کند (Rahimi-Baluchi et al., 2015). بر این اساس، محدوده مطالعاتی به ۱۶زیرمحدوده تقسیم شده که مساحت‌های حداقل و حداکثر آن‌ها برابر با ۱۶۱ کیلومترمربع (زیرحوضه شماره ۲؛ کوه‌سیاه) تا ۴۱۵ کیلومترمربع (زیرحوضه شماره ۳؛ جراح) می‌باشد. در این شاخص، زیرحوضه‌هایی با مساحت کمتر، درجه اهمیت بیشتری دارند.

شاخص پنجم – حمل‌ونقل (T): اثر موقعیت و نوع جاده در هر زیرحوضه می‌تواند تعیین‌کننده میزان آلایندگی آب سطحی تلقی شود. انواع جاده‌های آسفالته، شوسه، مال‌رو و خاکی (جیپ‌رو) در محدوده مطالعاتی شمیل - تخت به‌عنوان معیارهای

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

آلایندگی تعیین شده است به شرحی که در زیرحوضه، راه ارتباطی غالب و رتبه متعلق به آن اعمال شد. برای تهیه لایه راه‌های محدوده مطالعاتی، انواع مختلف راه‌ها شامل راه‌های اصلی (آسفالته) و فرعی (مال‌رو، شوسه و جیپ‌رو) مشخص شد. سپس تابع فاصله بر روی آن‌ها اعمال گردید و مناطق دورتر مناسب‌تر در نظر گرفته شد.

شاخص ششم - فعالیت‌های صنعتی (I): وجود فعالیت‌های صنعتی در محدوده مطالعاتی ازجمله معیارهای مهم آلاینده محسوب می‌شود. بر این اساس، نقشه زیرحوضه‌های دارای صنایع آلاینده در هر زیرحوضه تعیین شد.

شاخص هفتم - پوشش گیاهی (C): تراکم پوشش گیاهی در محدوده مطالعاتی ازجمله عواملی است که می‌توان جهت تهیه نقشه ریسک آلودگی آب سطحی مورداستفاده قرار گیرد. شاخص NDVI ازجمله شاخص‌های معمول جهت تعیین تراکم پوشش گیاهی بر حسب درصد است. برای تهیه این نقشه، از باندهای ۴ و ۵ تصویر ماهواره‌ای LANSAT $ETM^{+}9$ استفاده شده است. معادله (۱) تعیین‌کننده تراکم پوشش گیاهی بر اساس این معیار است.

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (۱)$$

که در آن، NIR باند مادون‌قرمز نزدیک (باند ۵) و RED باند قرمز (باند ۴) این ماهواره است. این معیار به سه دسته فاقد تراکم، کم تراکم، تراکم متوسط و تراکم بالا تقسیم شده است.

نقشه نهایی، میزان حساسیت کلی حوضه نسبت به آلودگی‌های بالقوه را نشان می‌دهد.

$$\text{WRASTIC Index} = wr_W + wr_R + wr_A + wr_S + wr_T + wr_I + wr_C \quad (۲)$$

که در آن، w و r وزن هر معیار و رتبه‌دهی به رده‌های مختلف در آن‌ها می‌باشد. پس از همپوشانی وزنی و محاسبه عدد شاخص ریسک، مقدار آن در سه رده میزان ریسک کم، ریسک متوسط و ریسک زیاد تقسیم می‌شود (جدول ۳).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

جدول۲. پارامترهای شاخص وراستیک و رتبه‌بندی آن‌ها در محدوده مطالعاتی

Table 2. The WRASTIC index parameters and their ranking in the study area

شاخص	وضعیت شاخص					امتیاز
تخلیه فاضلاب (W)	بدون تخلیه فاضلاب					1
	وجود ۵۰ (یا کمتر از ۵۰) سپتیک تانک					2
	وجود بیش از ۵۰ سپتیک تانک					3
	تخلیه خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب عمومی به زیرحوضه					4
	تخلیه خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب عمومی به زیرحوضه و وجود سپتیک تانک مجزا					5
فعالیت تفریحی (R)	وجود فعالیت‌های تفریحی متمرکز					5
	فعالیت‌های تفریحی متمرکز بیشتر و گسترده کمتر					4
	فعالیت‌های تفریحی گسترده بیشتر و متمرکز کمتر					3
	وجود فعالیت‌های تفریحی گسترده					2
	عدم وجود فعالیت تفریحی					1
کاربری زمین (A)	زمین لخت					0
	پوشش سنگی					0
	مراتع فقیر					1
	باغ و کشاورزی					5
	جنگل					2
وسعت زیر حوضه (کیلومترمربع) (S)	300 - 450					2
	200 - 300					3
	< 200					5
راه‌ها و حمل‌ونقل (T)	فاصله (متر)	آسفالته	جیپ‌رو	شوسه	مال‌رو	
	<۲۵	9	7	5	3	
	۲۵-۵۰	7	5	3	2	
	۵۰-۱۰۰	5	3	2	1	
	۱۰۰-۳۰۰	3	2	1	1	
	۳۰۰-۵۰۰	2	1	1	1	
	>۵۰۰	1	1	1	1	
اثر فعالیت‌های صنعتی (I)	حوضه آبریز فاقد فعالیت صنعتی					1
	حوضه آبریز با فعالیت صنعتی و پساب متوسط					4
	حوضه آبریز با فعالیت صنعتی و پساب قابل‌توجه					6
اثر پوشش گیاهی (C)	پوشش کم تراکم تا فاقد تراکم					1
	پوشش با تراکم متوسط					3
	پوشش پرتراکم					5

جدول۳. طبقه‌بندی مقادیر کمی شاخص ریسک آلودگی به روش وراستیک

Table 3. Classification of quantitative values of pollution risk index by WRASTIC method

شاخص آلودگی مدل WRASTIC	میزان ریسک
< 25%	کم
25 – 50 %	متوسط
51 – 100 %	زیاد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

نتایج و بحث

تحلیل و نتایج شاخص حساسیت وراستیک

برای ارزیابی ریسک محدوده مطالعاتی شمیل - تخت، حوضه مطالعاتی با استفاده از الگوهای هیدروگرافی به ۱۶ زیرحوضه تقسیم گردید (جدول ۱). وضعیت و اثر هر معیار در زیر حوضه‌های محدوده مطالعاتی به شرح زیر می‌باشد:

شاخص اول - وجود فاضلاب (W): بر اساس بررسی‌های انجام‌شده، وجود ۵۰ (یا کمتر از ۵۰) سپتیک تانک در زیرحوضه‌های مطالعاتی معمول است و تنها زیر حوضه شماره ۳ محدوده بدون تخلیه فاضلاب و دارای امتیاز کمتری است. بنابراین، این معیار در اکثر پهنه موجود امتیاز متوسط ۲ را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۳).

شاخص دوم - وجود فعالیت‌های تفریحی (R): وجود دریاچه سد نیان در زیرحوضه شماره ۶ و تالاب تیاب در زیرحوضه شماره ۱۶ این دو زیرحوضه را از سایر زیرحوضه‌ها متمایز کرده است. بنابراین، این دو زیرحوضه امتیاز بالاتری نسبت به سایر زیرحوضه‌ها به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳).

شاخص سوم – فعالیت‌های کشاورزی (A): برای تهیه این معیار، نقشه کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی تهیه‌شده است. نتیجه اینکه وجود باغات و زمین‌های کشاورزی در جنوب محدوده مطالعاتی و محدوده دشتی (زیر حوضه‌های ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳)، امتیاز بالاتری را به زیر حوضه‌های موجود در این بخش اختصاص داده است (شکل ۳).

شاخص چهارم - اندازه حوضه (S): معمولاً زیر حوضه‌های با پهنه کم تأثیر شدیدتری از آلاینده‌های محیطی می‌گیرند و این مهم، اهمیت زیرحوضه‌های ۲، ۷، ۹ و ۱۴ را دوچندان می‌کند (شکل ۳).

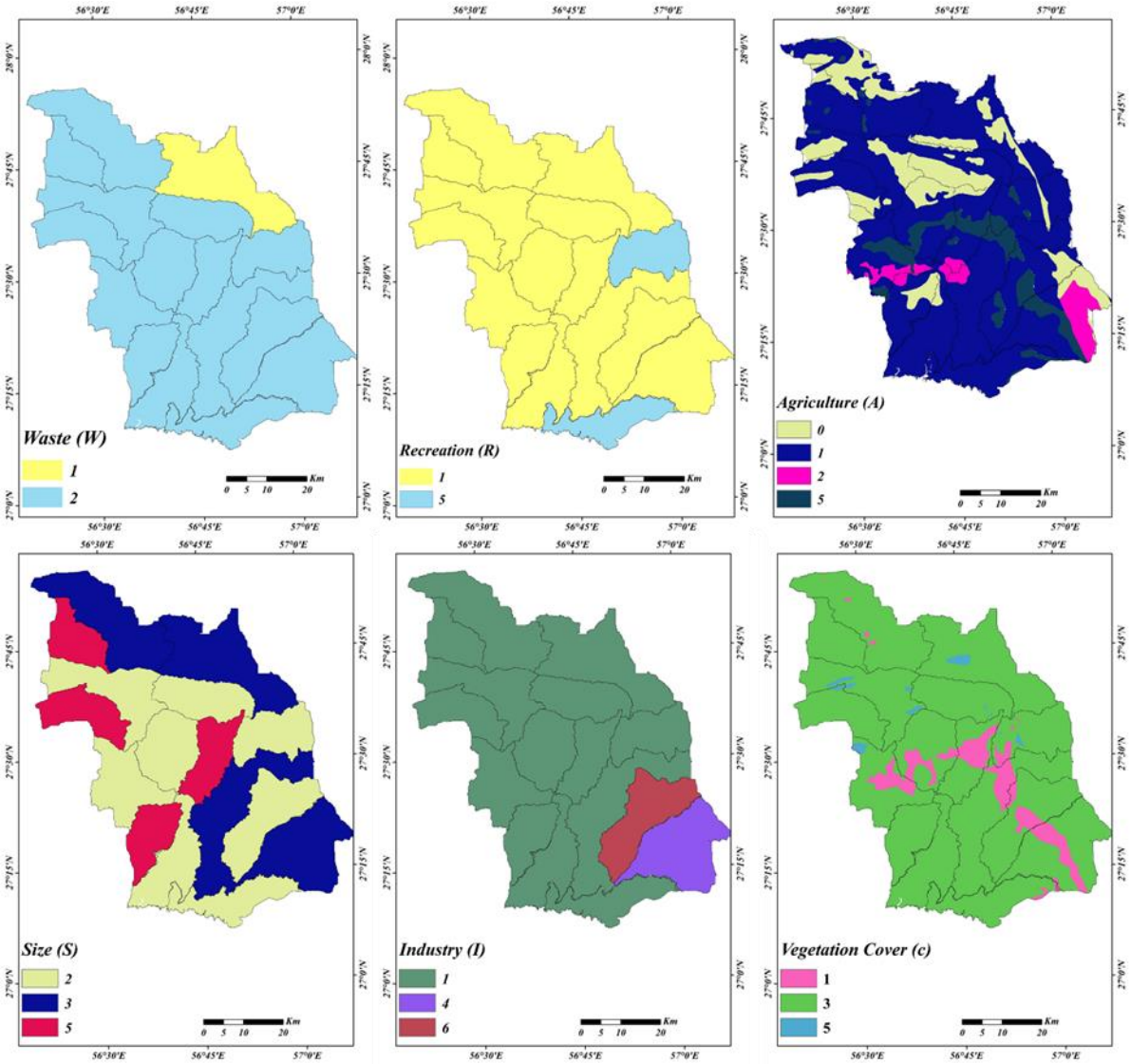
شاخص پنجم – حمل‌ونقل (T): نقشه موقعیت جاده‌ها در شکل ۴ نمایش داده شده است. تراکم جاده‌های اصلی در زیرحوضه‌های ۱۰،۱۱، ۹ و ۱۴ حاکی از اهمیت این زیرحوضه‌هاست.

شاخص ششم - فعالیت‌های صنعتی (I): وجود فعالیت‌های صنعتی در محدوده مطالعاتی ازجمله معیارهای مهم آلاینده محسوب می‌شود. بر این اساس، نقشه موقعیت صنایع آلاینده در هر زیرحوضه تعیین شد. عمده فعالیت‌های صنعتی در محدوده مطالعاتی متعلق به زیرحوضه ۱۱ و پس از آن زیرحوضه ۱۲ است و در سایر زیرمحدوده‌ها فعالیت خاص صنعتی وجود ندارد (شکل ۳).

شاخص هفتم - پوشش گیاهی (C): تراکم پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI نشان‌دهنده اهمیت این معیار در زیرحوضه‌های ۳، ۴، ۶ و ۱۳ است (شکل ۳).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

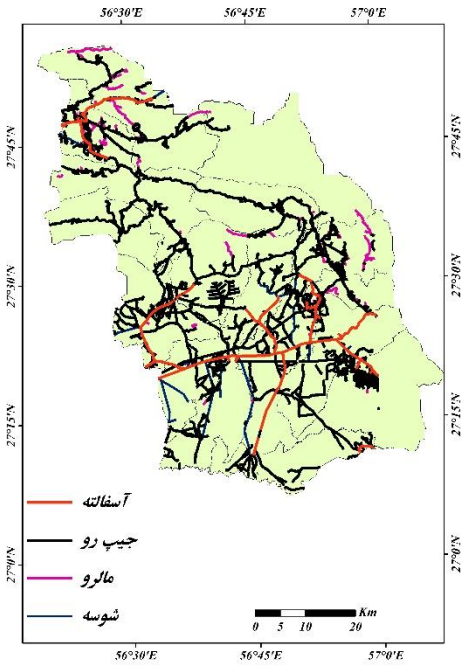


شکل ۳. پارامترهای مؤثر بر شاخص وراستیک و رتبه‌بندی آن‌ها در محدوده مطالعاتی: فاضلاب (W)، فعالیت تفریحی (R)، فعالیت کشاورزی (A)، اندازه زیرحوضه (S)، فعالیت صنعتی(I)، پوشش گیاهی (C)

Fig. 3. Parameters affecting the WRASTIC index and their ranking in the study area: Wastewater presence (W), Recreational activity (R), Agricultural impact (A), Size of watershed (S), industrial impact (I), vegetation cover (C)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]



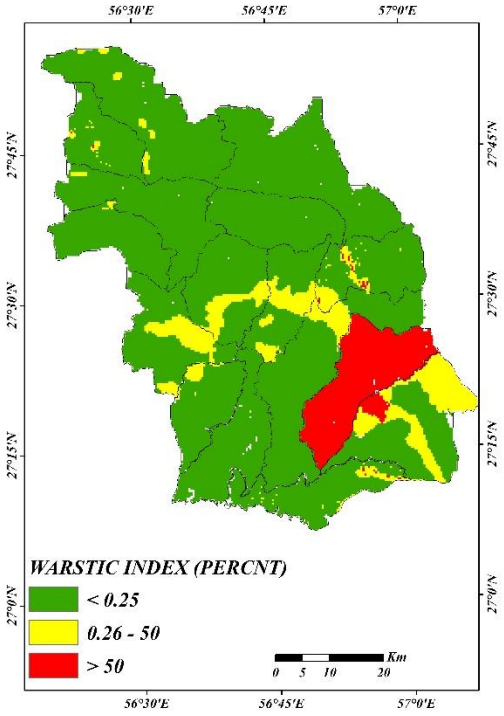
شکل ۴. اعمال پارامتر حمل‌ونقل در شاخص وراستیک

Fig. 4. Applying the transport parameter in the WRASTIC index

پس از تهیه نقشه‌های معیار، نقشه نهایی شاخص وراستیک در محدوده مطالعاتی با استفاده از سیستم تصمیم‌ساز فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تهیه شد(شکل ۵). بدین ترتیب، ارزیابی ریسک در سطح زیر حوضه‌ها انجام و میزان ریسک حاصل از هریک تعیین شد (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهد که زیر حوضه‌های ۱۱ و ۱۲ مهم‌ترین زیر حوضه‌های تأثیرپذیر در ارزیابی شاخص حساسیت آب سطحی محسوب می‌شوند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]



شکل ۵. نقشه ریسک آلودگی آب سطحی به روش شاخص وراستیک

Fig. 5. Risk map of surface water pollution using the WRASTIC index method

جدول۴. طبقه‌بندی میزان آلایندگی ریسک آلودگی به روش وراستیک

Table 4. Classification of the amount of pollution risk by WRASTIC method

زیرحوضه	متوسط عدد WRASTIC	رده WRASTIC		
		کم	متوسط	زیاد
1	1.82	❋		
2	2.01		❋	
3	1.84	❋		
4	1.84	❋		
5	1.52	❋		
6	2.04			❋
7	1.7	❋		
8	1.86			❋
9	1.97			❋
10	2.15		❋	
11	2.52			❋
12	2.45			❋
13	1.92			❋
14	2.03		❋	
15	1.63	❋		
16	2.02	❋		

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

ارائه برنامه پایش کیفی در محدوده مطالعاتی

تعیین ایستگاه‌های پایش

بر اساس دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های سطحی (جاری) (نشریه شماره ۵۲۲) (وزارت نیرو، ۱۳۸۸)، عواملی نظیر تعداد و موقعیت شاخه‌های فرعی و اصلی و مساحت زیر حوضه‌ها و نیز تعداد و موقعیت منابع آلاینده (شامل اراضی کشاورزی (کانال‌های زهکشی)، سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی در انتخاب تعداد ایستگاه پایش مؤثر است. وجود ۱۰ ایستگاه هیدرومتری در محدوده مطالعاتی شمیل – تخت (جدول ۵) نشان‌دهنده کمبود این ایستگاه‌ها برای پایش کیفی جامع خواهد بود. بنابراین، ۵ نقطه پیشنهادی با توجه به الگوی فیزیوگرافی پیشنهادی، به این ایستگاه‌ها افزوده شده است (جدول ۶). با توجه به عدم وجود آبراهه اصلی در زیرحوضه شماره ۸، در این منطقه، ایستگاه پایش در نظر گرفته نشده است. نقشه ایستگاه‌های هیدرومتری موجود و پایش پیشنهادی در شکل ۶ نمایش داده شده است.

جدول۵. ایستگاه‌های هیدرومتری موجود جهت پایش کیفی منابع آبی

Table 5. Existing hydrometric stations for quality monitoring of surface water resources

نام ایستگاه	نام رودخانه	کد حوضه آبریز	نام ایستگاه	نام رودخانه	کد حوضه آبریز
سیخوران	جاماش	1	نیان	زندان گرو	9
سلویم	کلم	3	حسنلنگی	حسنلنگی	10
سنگ درباغ	جاماش	4	سرمقسم	جاماش	13
تنگه زندان	زندان	5	جلابی	جلابی	15
شمیل	شمیل	6	سرخون	شورخورجل	16

جدول۶. ایستگاه‌های پیشنهادی پایش کیفی منابع آبی

Table 6. Proposed water resources quality monitoring stations

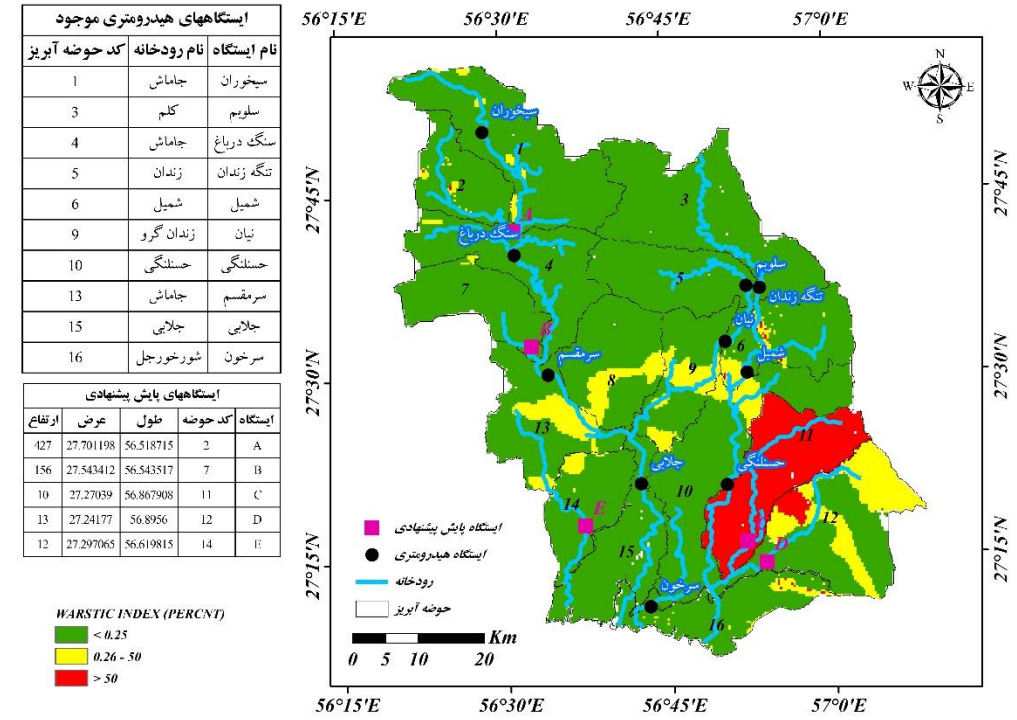
ایستگاه	کد حوضه	طول	عرض	ارتفاع
A	2	56.518715	27.701198	427
B	7	56.543517	27.543412	156
C	11	56.867908	27.27039	10
D	12	56.8956	27.24177	13
E	14	56.619815	27.297065	12

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

ایستگاههای هیدرومتری موجود		
نام ایستگاه	نام رودخانه	کد حوضه آبریز
سیخوران	جاماش	1
سلویم	کلم	3
سنگ درباغ	جاماش	4
تنگه زندان	زندان	5
شمیل	شمیل	6
نیان	زندان گرو	9
حسنلنگی	حسنلنگی	10
سرمقسم	جاماش	13
جلایی	جلایی	15
سرخون	شورخورجل	16

ایستگاههای پایش پیشنهادی				
ایستگاه	کد حوضه	طول	عرض	ارتفاع
A	2	56.518715	27.701198	427
B	7	56.543517	27.543412	156
C	11	56.867908	27.27039	10
D	12	56.8956	27.24177	13
E	14	56.619815	27.297065	12



شکل ۶. شبکه پایش کیفی پیشنهادی
Fig. 6. Proposed quality monitoring network

تعیین پارامترهای پایش

پارامترهای پایش‌شونده عموماً به دو دسته فیزیکی- شیمیایی و زیستی تقسیم می‌شوند (وزارت نیرو، ۱۳۸۸) که مورد اول در برنامه‌های پایش کیفی آب سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در برنامه‌های پایش کیفیت آب (پارامترهای فیزیکی - شیمیایی) پارامترهایی مانند بده، اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز زیستی /شیمیایی، دما، pH، کدورت، فسفر و نیترات و جامدات کل (و محلول و معلق) قابل اشاره می‌باشند. از بین این‌ها به‌طورمعمول، پنج پارامتر اول از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده و در بسیاری از برنامه‌های پایش کیفیت آب گنجانده می‌شوند (وزارت نیرو، ۱۳۸۸). در صورت وجود منابع آلاینده صنعت، معدنی، کشاورزی، شهری و یا پروژه‌های عمرانی نیاز به پایش سایر پارامترها (و نیز فلزات سنگین یا عناصر نادر) است.

در جدول ۷، پارامترهای تحت پایش در زیرحوضه‌های مختلف ارائه شده‌اند. نوع پارامترهای پایش با توجه به وضعیت هر زیرحوضه به شرح زیر است:

اراضی زراعی: کدورت، فسفات، نیترات، دما، جامدات کل و معلق و محلول، بر، سلنیم، سدیم، کلسیم، منیزیم و کلی‌فرم‌های مدفوعی ازجمله پارامترهایی هستند که در این‌گونه اراضی بایستی تحت پایش قرار گیرند. زیر حوضه‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ در محدوده مطالعاتی شمیل تخت ازجمله مناطقی هستند که لزوم پایش این پارامترها در آن‌ها احساس می‌گردد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

آزمایشگاه‌ها و بیمارستان‌ها و مراکز درمانی و شیرابه مناطق دفع پسماندها: اطلاعات کسب شده نشان‌دهنده وجود مراکز درمانی در زیرحوضه‌های ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۶ است که فاضلاب و پساب ناشی از آن‌ها می‌تواند خطر محیطی آب سطحی را افزایش دهد. بنابراین، پارامترهایی نظیر اکسیژن محلول، اکسیژن موردنیاز زیستی و شیمیایی، کدورت، هدایت الکتریکی، فسفر کل، فسفات، کربن آلی کل، فلزات ، pH، نیترات، نیتروژن محلول آلی، باکتری‌های مدفوعی، دما، جامدات کل و سنگین مانند جیوه، انواع انگل‌ها، آمیب‌ها و میکروب‌های بیماری‌زا در این محدوده‌ها از اهمیت بالقوه‌ای برخوردارند.

خروجی فاضلاب صنعتی: وجود فاضلاب صنعتی در زیرحوضه شماره ۱۱ (و ۱۲ در وهله بعد)، اهمیت آن را بالا خواهد برد. در مناطقی که با خطر فاضلاب صنایع مواجه‌اند پارامترهایی نظیر اکسیژن موردنیاز زیستی، اکسیژن موردنیاز شیمیایی، pH ، دما، هدایت الکتریکی، جامدات کل بایستی مورد پایش قرار گیرند. علاوه بر آن، با توجه به نوع معدن و محصولات اصلی و جنبی و نوع مواد شیمیایی موجود در کانسارهای مورداستفاده یا مورداستفاده در فرآیندهای معدن، باید نوع پارامترها (مانند آلومینیوم، کادمیم، مس، آهن، منگنز، روی، نیکل، طلا، سیانور و غیره) برای پایش انتخاب شوند.

پساب‌های معادن: وجود دو معدن در زیرحوضه شماره ۱۰ با نام‌های کرومیت فاریاب (شمال زیرحوضه) و سنگ لاشه قلات بالا (جنوب زیرحوضه) بر بررسی پارامترهای مرتبط با این مهم تأکید می‌کند. بنابراین، در این زیرحوضه، علاوه بر پارامترهای عمومی (دما، هدایت الکتریکی، جامدات معلق و محلول و pH)، چندین پارامتر دیگر نیز نظیر بایستی در دستور کار پایش قرار گیرد. البته باید در نظر گرفت که معادن سنگ لاشه دارای کمترین حجم تولید فاضلاب هستند، فاضلابی که در آن‌ها تولید می‌شود شیمیایی نیست و می‌توان از آن در مصارف صنعتی و کشاورزی بهره گرفت. اما اثر معدن کرومیت مهم خواهد بود. مقدار کروم خاک ناشی از پساب‌های معادن کرومیتی به‌شدت تحت تأثیر نوع خاک‌های رس منطقه، اکسیدهای آهن (با تشکیل اکسیدهای آهن آبدار) و مقدار مواد آلی خاک می‌باشند. افزایش اسیدیته آب‌های منطقه منجر به افزایش حضور کروم IIIو در نهایت کروم VIدر این محلول‌ها شده است. بنابراین، ارزیابی این پارامتر در حوضه شماره ۱۰ اولویت دارد.

تصفیه فاضلاب انسانی از نوع سپتیک یا پکیج‌ها (روستاها و شهرک‌ها): ثبت باکتری‌های مدفوعی، نیترات، فسفات، اکسیژن محلول، اکسیژن موردنیاز زیستی، هدایت الکتریکی و دما در زیر حوضه‌های با چنین شرایطی (زیر حوضه‌های محدوده مطالعاتی به‌جز شماره ۳) ضروری است.

جدول۷. ارائه برنامه پایش پارامترهای مختلف در زیرحوضه‌های محدوده مطالعاتی

Table 7. Providing a monitoring program for various parameters in the sub-basins of the study area

نوع ایستگاه	نام ایستگاه	کد حوضه آبریز	پارامترهای عمومی	یون‌های اصلی	سایر پارامترها			
					فسفر/فسفات	نیترات/نیتریت	زیستی	فلزات سنگین
ایستگاه هیدرومتری موجود	سیخوران	1	*	*	-	-	-	-
	سلوبم	3	*	*	-	-	-	-
	سنگ درباغ	4	*	*	-	-	-	-
	تنگه زندان	5	*	*	-	-	-	-
	شمیل	6	*	*	-	-	-	-
	نیان	9	*	*	*	*	*	-

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

	حسنلنگی	10	*	*	*	*	*	*
	سرمقسم	13	*	*	*	*	*	-
	جلابی	15	*	*	-	-	-	-
	سرخون	16	*	*	*	*	*	-
ایستگاه پیشنهادی	A	2	*	*	-	-	-	-
	B	7	*	*	-	-	-	-
	C	11	*	*	*	*	*	*
	D	12	*	*	*	*	*	*
	E	14	*	*	-	-	-	-

پارامترهای عمومی: آبدهی، اکسیژن محلول و اکسیژن موردنیاز زیستی/ شیمیایی، دما، pH، کدورت، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و معلق
یوهای اصلی: کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بیکربنات، کربنات، سولفات، کلر
پارامترهای زیستی: کلی‌فرم کل، کلی‌فرم مدفوعی،انواع انگل‌ها، آمیب‌ها و میکروب‌های بیماری‌زا

نتیجه‌گیری

این تحقیق باهدف ارزیابی آسیب‌پذیری آب سطحی با استفاده از شاخص وراستیک و ارائه شبکه پایش کیفی در محدوده مطالعاتی شمیل تخت در حوضه آبریز سدیج – بندرعباس انجام‌شده است. خروجی آب‌های سطحی این محدوده به سد شمیل منتهی می‌شود که آب شرب بخش‌هایی از بندرعباس و همچنین بخش‌های تخت و قلعه قاضی را تأمین می‌کند. در مرحله اول، میزان ریسک پارامترهای اصلی شاخص وراستیک در حوضه محاسبه شد. بر اساس شاخص وراستیک، محدوده مطالعاتی به سه رده ریسک آلودگی کم، متوسط و زیاد تقسیم شده است. حدود ۸۳ درصد از وسعت محدوده مطالعاتی در رده ریسک آلودگی کم و ۹ درصد نیز در رده متوسط قرار دارند. از کل محدوده مطالعاتی، ۸ درصد در رده ریسک آلودگی بالا قرار دارند که زیرحوضه آبریز شماره ۱۱ را شامل می‌شوند. به عبارتی، میزان ریسک شاخص‌های تخلیه فاضلاب، فعالیت‌های تفریحی و گردشگری، فعالیت‌های کشاورزی، اندازه حوضه آبریز، راه‌های ارتباطی، فعالیت‌های صنعتی و کاربری اراضی برای زیرحوضه‌های ۱۱، ۱۲و ۱۰ در بالاترین مقدار قرار دارد. این سه زیرحوضه، آسیب‌پذیرترین مناطق واقع در محدوده مطالعاتی هستند. کمترین میزان آسیب‌پذیری نیز به زیر حوضه‌های ۵، ۱۵، ۷، ۱ و ۳ تعلق دارد. نتیجه اینکه در کل محدوده مطالعاتی، تراکم زیاد کاربری‌های مختلف (به‌ویژه صنعتی و کشاورزی) خطر آلودگی منابع آب‌های سطحی را به مقداری زیادی افزایش داده و میزان ریسک از مناطق کم‌جمعیت، کوهستانی و کمتر توسعه‌یافته به مناطق پرجمعیت، دارای دسترسی، دارای صنایع و با کاربری اراضی زراعی رو به افزایش است.

شبکه پایش کیفی در محدوده مطالعاتی و تعیین پارامترهای آن با استفاده از الگوی فیزیوگرافی و حوضه‌بندی سطحی، وجود محدوده‌های حساس کشاورزی، صنعتی و مسکونی- بهداشتی در کل محدوده مطالعاتی و در نهایت ارزیابی شاخص وراستیک انجام شده است. با توجه به موقعیت آبراهه‌های موجود در محدوده و زیر حوضه‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاعی، علاوه بر ۱۰ نقطه پایش واقع در ایستگاه‌های هیدرومتری موجود، ۵ نقطه پیشنهادی نیز افزوده شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

که اندازه‌گیری پارامترهای عمومی شیمیایی و یون‌های اصلی در تمامی ایستگاه‌ها ضروری است. اما سنجش سایر پارامترها (فسفر/فسفات، نیترات/نیتریت، زیستی) تنها در ایستگاه‌های هیدرومتری نیان، حسنلنگی، سرمقسم، سرخون و ایستگاه‌های پیشنهادی C و D ضروری است. همچنین سنجش فلزات سنگین موجود در آب تنها در سه ایستگاه با شاخص آلودگی وراستیک بالا (ایستگاه هیدرومتری حسنلنگی و ایستگاه‌های پیشنهادی C و D) الزامی است. نتایج فوق با شرایط کاربری اراضی حوضه نیز کنترل شده است. امید است روش ارائه شده در مطالعات کیفی آب سطحی و بهینه‌یابی شبکه پایش موجود کارآ باشد.

منابع

اشتری، ح.، ۱۴۰۲. بهینه یابی شبکه پایش کمی و کیفی آبخوان تهران با استفاده از +GS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.

راثی نظامی، س.، بنی خدمت، ا.، فیضی خانکدی، ا.، ۱۳۹۸. ارزیابی پتانسیل ریسک آلودگی منابع آب سطحی با استفاده از شاخص‌های وراستیک و نیومکزیکو در محیطArcGIS ، مطالعه موردی: محدوده آستانه کوچصفهان در استان گیلان، https://civilica.com/doc/1801193

فتائی، ا.، ۱۳۹۹. ارزیابی ریسک زیست‌محیطی و بهداشتی حوضه آبریز سد سبلان با استفاده از مدل وراستیک. سلامت و بهداشت. ۱۱ (۴) :۵۵۵-۵۷۳

کریمی، س.، علوی پور، ف.، قربانی نیا، ز.، جعفری، ح، ر.، ۱۳۹۵. تلفیق روش WRASTIC با ارزیابی چندمعیاره و مدل فازی به‌منظور ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی (مطالعه موردی: استان تهران و بخشی از استان‌های هم‌جوار آن). جغرافیا و توسعه، ۱۴(۴۴)، ۲۵-۴۳. SID. https://sid.ir/paper/77143/fa

نخعی، م.، ۱۳۸۹. مقدمه‌ای بر زمین‌آمار، انتشارات آراد.

وزارت نیرو.، ۱۳۸۸. دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های سطحی، نشریه شماره ۵۲۲ ،۱۳۸۸

ولی اوغلو, م.، ذاکری نیری، م.، ۱۴۰۰. ارزیابی ریسک یا حساسیت آلودگی منابع آب سطحی در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو با استفاده از مدل وراستیک. هیدروژئومورفولوژی، ۸(۲۸)، ۱۸۹-۱۶۳. doi: 10.22034/hyd.2021.47234.1599

Alavipoor, F S., Ghorbaninia, Z., Karimi, S., Jafari, H., 2016. Surface Water Contamination Risk Assessment Modeled by Fuzzy-WRASTIC. Water Environ Res. Jul;88(7):589-601. doi: 10.2175/106143016X14609975746361. PMID: 27329055.

Banikhedmat, A., Rasinezami, R., Masumi, F., 2018. Optimal Allocation of Water and Soil Resources Management at the Watershed Scale With a Qualitative and Quantitative Approach by the Use of the Swat Model. Master's thesis. The University of Mohaghegh Ardabili, p. 87.

Diamantino, C., Henriques, M., Oliveira, M., Ferreira, J., 2005. Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems. Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources Portugal, Guimaraes. 73:11-14.

Gallegos, D., Lowance, J., Thomas, C., 2000. State of New Mexico source Water Assessment and Protection Program. Appendix E: Wrastic Index: Watershed Vulnerability Estimation Using Wrastic). http://www.nmenv.state.nmus/dwb/ Documents/SWAPP_2000.PDF.

Maheshwari, S., Vyas, S. 2023. Vulnerability assessment of urban waterbodies based on WRASTIC model. Environ Dev Sustain. https://doi.org/10.1007/s10668-023-03274-1

Maleki, P., Rahman, P., Jafariyan, H., Salmanmahiny, A., Ghorbani, R., Gholizad, M., 2020. The risk assessment of water pollution in the Gorgan Bay catchment using the WRASTIC index. Environmental

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

Nanotechnology, Monitoring & Management, Volume 14, 100393, ISSN 2215-1532, https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100393.

Rahimi-Baluchi, L., Malek-Mohammadi, B., 2013. Detecting environmental change of Shadegan international wetland using remote sensing and WRASTIC index (Case study: Shadegan international wetland). Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science 39 (65), 101–112.

Valiallahi. J., Soltani, A., 2019. Ahmadi Eghbal M. Evaluating Climate Change and Anthropogenic effects on inducing Salt Storms & Aerosol Hazards Risk in Urmia Lake. Anthropogenic Pollution Journal. 3(1): 25-32.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

Evaluation of surface water pollution of Shamil Takht Plain using WRASTIC index and optimization of river quality monitoring network

Majid Dashti Barmaki[1], Zahra Yazdani Noori[2], Massoud Morsali[3*]

1. PhD of hydrogeology and Expert of Sahel Omid Iranian Consulting Engineers, Tehran, Iran.
2. MSc of hydrogeology, Kharazmi University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

Received: 11 Sep 2023 Accepted: 22 Dec 2023

Abstract

In order to design and optimize the quality monitoring network in areas with several sub-basins, it is necessary to know the criteria that affect them, so that in each sub-basin the presence or absence of a monitoring station and the required parameters can be determined. In this respect, the use of the surface water pollution index, namely WRASTIC, can be effective. The WRASTIC model is a practical and advanced method for assessing the risk and potential of pollution in sub-basins. Due to its role in the drinking water supply of the city of Bandar Abbas, monitoring the quality of the Shamil-Takht study area is very beneficial. Therefore, to assess the risk of pollution in this plain, the basin was divided into 16 sub-basins using Global Mapper software. The WRASTIC index was presented as different layers of information, and its value was calculated for each sub-basin by rating by expert judgement method, weighting by hierarchical analysis method, and merging layers using weighted overlap. The results showed that three sub-basins have high risk and three sub-basins have low risk. Then, according to the condition of the streams in each sub-basin, the pollution index and its importance, the number of quality monitoring stations and the necessary parameters in this area were determined. Accordingly, five stations were added to the existing ten hydrometric stations at different locations. In the final 15 stations, the measurement of general parameters and major ions was included in the proposed agenda. The measurement of parameters such as phosphate/phosphorus and nitrate/nitrite was also included in six sub-basins, and heavy metals in three sub-basins.

Keywords: Optimization, WRASTIC, Shamil Takht, Risk, Pollution index.

Introduction

Nowadays, water quality monitoring has become one of the most important issues related to water resources management. The quality monitoring network should be designed and optimized in such a way that the spatial distribution of the variables and their type is a relatively complete representation of the water quality conditions of the region. In this respect, it may be necessary to plan the monitoring parameters and associated spatio-temporal frequencies by knowing the sensitivity conditions of

*Corresponding author: m.morsali@sci.ui.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.22034/JEG.2023.17.4.1019232

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

different points in the plain.The WRASTIC index has been used to locate the sensitivity of the plain to surface water pollutants (e.g., Alavipoor et al., 2016; Banikhedmat et al., 2018). Therefore, we used this index to optimize the surface water monitoring network in Shamil-Takht studies in southern Iran.

Materials and Methods

Study area

The Shamil-Takht basin is located in the south of Iran and in the east of Hormozgan province. The major rivers of the basin in the plain are the Hasanlangi (including the two branches of the Shamil and Zandan) and Jalabi, on which the Shamil and Nyan reservoir dams have been built.

Methods

The first step in zoning the Shamil-Takht study area is to divide it into hydrological sub-basins with the same characteristics. Based on this, the study area was divided into 16 sub-basins using the 1/250,000 topographic maps and Global Mapper software. The effective parameters in the zoning of surface water pollution risk were then investigated using the WRASTIC model. After the preparation of benchmark maps, the final map of the Varastik index in the study area was prepared using the Analytic Hierarchy Process (AHP) decision-making system. Finally, the quantitative values of the pollution risk index were classified into three categories of low, medium and high pollution by the WRASTIC method.

Results and Discussion

The results of the WRASTIC zoning show that sub-basins 11 and 12 are the most important those in terms of the surface water sensitivity index. Agricultural Impact (A) and Industrial Impact are among the most effective indicators in determining the WRASTIC values of this study. The existence of 10 hydrometric stations in the study area of Shamil-Takht indicates the insufficiency of these stations for comprehensive quality monitoring. Therefore, due to the physiographic pattern, five proposed points were added to these stations (Fig. 1).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

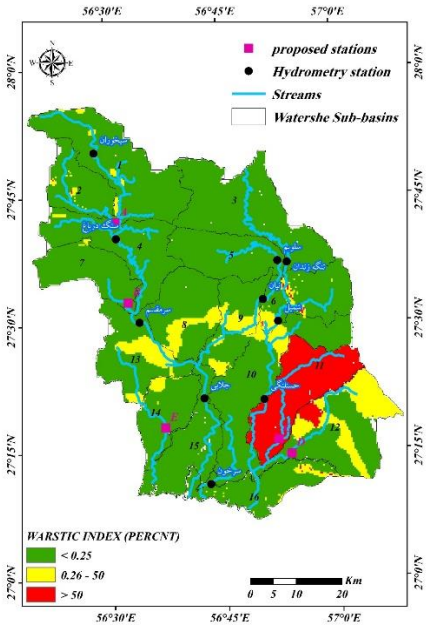


Fig. 1. Proposed quality monitoring network

Presentation of the monitoring program of various parameters, including physical-chemical and biological, in the sub-basins of the study area has been done using the effect of each type of pollutant on the downstream sub-basin (Table 1).

Table 1. Providing a monitoring program for various parameters in the sub-basins of the study area

Station Type	Station Name	Watershed ID	General parameters	Major Ions	Other Parameters			
					Phosphorus/phosphate	nitrate/nitrite	Biological Parameters	heavy metals
Hydrometry station	Sikhoran	1	*	*	-	-	-	-
	Selobam	3	*	*	-	-	-	-
	Darbagh Stone	4	*	*	-	-	-	-
	prison regiment	5	*	*	-	-	-	-
	Shamil	6	*	*	-	-	-	-
	Nyan	9	*	*	*	*	*	-
	Hasanlangi	10	*	*	*	*	*	*
	Head of department	13	*	*	*	*	*	-
	Jalabi	15	*	*	-	-	-	-
	Serkhon	16	*	*	*	*	*	-
Proposed station	A	2	*	*	-	-	-	-
	B	7	*	*	-	-	-	-
	C	11	*	*	*	*	*	*
	D	12	*	*	*	*	*	*
	E	14	*	*	-	-	-	-

General parameters: water discharge, dissolved oxygen and biological/chemical oxygen demand, temperature, pH, turbidity, electrical conductivity, total dissolved and suspended solids.
Major ions: calcium, magnesium, sodium, potassium, bicarbonate, carbonate, sulfate, chlorine
Biological parameters: total coliform, facal coliform, types of parasites, amoeba, and pathogenic microbes

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]

Conclusions

In the present study, the vulnerable areas in the sub-basins of the Shamil-Takht study area were investigated using the WRASTIC method and the existing quality monitoring network was optimized by identifying the sensitive sub-basins. In addition, important parameters for surface water quality monitoring were identified in each sub-basin.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.4.1019232]