مقاله‌ي پژوهشي

هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۲۸، سال هشتم، پاییز ۱۴۰۰، صص ۱۸۹-۱۶۳

Hydrogeomorphology, Vol. 8, No. 28, Fall 2021, pp (163-189)
CC BY-NC

ارزيابي ريسک ياحساسيت آلودگي منابع آب سطحي در حوضه‌ي آبريز سد احمدبيگلو با استفاده از مدل وراستيک

محمد ولی اوغلی[۱]، محمود ذاکری نیری[*۲]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد رشته‌ی مهندسی و مدیریت منابع آب، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

وصول مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۰۷ تأیید نهایی مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰

چکیده

ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب و پهنه‌بندی آلودگی‌ها می‌تواند اطلاعاتی سودمند جهت کنترل کیفی این منابع ایجاد کند. در این راستا همسو با سیاست‌های جلوگیری از آلودگی منابع آب و کنترل آلاینده‌ها، استفاده بهینه از منابع آب، تعیین میزان پتانسیل ریسک‌های ناشی از منابع آلاینده در حوضه‌های آبریز لازم و ضروری به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش ارزیابی ریسک آلایندگی حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو با استفاده از روش WRASTIC می‌باشد. با عنایت به اینکه تحقیقات اخیر صرفاً به ارزیابی ریسک با شاخص‌های مرسوم پرداخته است و یکی از مسایل مهم در مدل‌سازی ریسک در طبیعت بررسی صحت مدل و کارایی آن مدل می‌باشد؛ بنابر این در پژوهش حاضر برای ارزیابی کارایی شاخص وراستیک و تطابق با محیط واقعی از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) استفاده شد. طبق نتایج حاصله، میزان ریسک شاخص‌های تخلیـه فاضلاب، فعالیت‌های تفریحی و گردشگری، فعالیت‌های کشاورزی، اندازه حوضه‌ی آبریز، راه‌های ارتباطی، فعالیت‌های صنعتی و کاربری اراضی برای زیرحوضه‌های A1, A2, A3 ,A4, A5, A6, A7 به ترتیب برابر با ۱۸، ۱۶، ۲۹، ۲۸، ۴۴، ۳۵، ۳۵ می‌باشد. نتایج گویای این واقعیت است که میزان ریسک از مناطق کم‌جمعیت، بکر و کمتر توسعه‌یافته صنعتی و تفریحـی بـه مناطق پرجمعیت، دارای دسترسی، نزدیک به شهر، توریستی و دارای صنایع رو به افزایش است. طبق نتایج اعتبارسنجی مدل با وضعیت فعلی آلودگی آب در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو، زیرحوضه‌ی A2 در محل ایستگاه پایش کیفی شماره ۲ دارای مطابقت ۷۰ درصدی و در محل ایستگاه پایش کیفی شماره ۳ دارای مطابقت ۸۱ درصدی و زیرحوضه‌ی A3 در محل ایستگاه پایش کیفی شماره ۴ دارای مطابقت ۸۸ درصدی با شاخص ریسک به دست آمده می‌باشد.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، سوانح آلودگی، مدل WRASTIC، شاخص $IRWQI_{SC}$، سد احمدبیگلو، اردبیل.

* نویسنده‌ی مسئول **E-mail:**zakeriiau@gmail.com

۱- مقدمه

از مهم ترین معضلات مرتبط با آب، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است که بیشتر ناشی از فعالیت‌های بشر است که در حال‌حاضر بسیاری از منابع آبی جهان را در معرض تهدید قرار داده است (راهنمای پایش کیفیت منابع آب[1]، ۲۰۰۹: ۱۴). بروز بلایای طبیعی از جمله سیل و زلزله، انتشار تصادفی و عمدی آلاینده‌ها به منابع آب و حوادث دیگر از جمله حوادث در تاسیسات، نقل و انتقال و جابه جایی مواد خطرناک که اثرات مخربی بر محیط‌زیست دارد، از مهم‌ترین مسایلی است که در حال حاضر بسیاری از جوامع را تحت ثاثیر قرار داده است (سیامنو و همکاران[2]، ۲۰۰۳: ۱۶). در این راستا کشورهای مختلف با تدوین قوانین و مقررات، تدوین استانداردها، افزایش جرایم آلودگی منابع آب، اقدام به افزایش ایمنی در سیستم‌های توزیع آب کرده‌اند (هاک و همکاران[3]، ۲۰۰۳، ۴۱).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده و مدیریت منابع آبی کشور مطلوب نبوده و در حال حاضر مشکلات و نارسایی‌های گوناگونی در این خصوص مشاهده می‌گردد. لذا با گذشت زمان، آنچه که در طرح‌ریزی مدیریت استراتژیک منابع آب اهمیت می‌یابد، اداره نظام اجرایی، بهره‌برداری، برنامه‌ریزی و تخصیص آب به نحوی است که با نگرشی جامع به مجموعه نیازها و امکانات در سطح ناحیه‌ای، منطقه‌ای، ملی، فراملی و بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی، مدیریت آب بتواند نقش در خور و شایسته‌ای را در توسعه‌ی ملی ایفا نماید. با توجه به محدودیت منابع آب کشور و تشدید نیاز بخش‌های مختلف، تامین آب مناسب برای مصارف مختلف، یکی از اصلی‌ترین چالش‌های دولت برای دست یافتن به توسعه‌ی پایدار محسوب شده و در این راستا همسو با سیاست‌های جلوگیری از آلودگی منابع آب و کنترل آلاینده‌ها، استفاده بهینه از منابع آب و اجرای صحیح قوانین و مقررات حفاظت از منابع آب، بایستی پالایش شده و استفاده مجدد از پساب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به عنوان یکی از جهت‌گیری‌های مهم دهه آینده بایستی مورد توجه قرار گیرد (محمودی، ۱۳۸۲: ۶).

ارزیابی ریسک یک روش منطقی برای تعیین اندازه کمی و کیفی خطرات و بررسی پیامدهای بالقوه ناشی از حوادث احتمالی بر روی افراد، مواد، تجهیزات و محیط‌زیست است (قهرمانی، ۱۳۸۴: ۵).

ریسک به طور کلی شامل تعریف دو مشخصه می‌باشد: ۱- آسیب‌پذیری محیط فیزیکی و آلودگی‌ها، ۲- خطری که در نتیجه فعالیت‌های انسانی حاصل می‌شود. این دو عامل در تعامل با یکدیگر می‌باشند؛ به طوری که ممکن است آسیب‌پذیری بالا با خطر آلودگی کم و برعکس آسیب‌پذیری کم با خطر آلودگی زیادتر وجود داشته باشد. به منظور دستیابی به یک روش مناسب و مؤثر برای حفاظت از منابع آب از آلودگی‌هایی که آنها را تهدید

1- Surface water quality monitoring guidelines
2- Simeono & et al.
3- Ho KC & et al.

می‌کنند، روش‌های مختلف ارزیابی آسیب‌پذیری از جمله وراستیک توسعه‌یافته است (رحیمی بلوچی، ۱۳۹۱: ۴). پروژه‌های سدسازی ریسک بیشتری نسبت به پروژه‌های دیگر دارند؛ زیرا این پروژه‌ها مستلزم مخارج زیاد و شرایط مکانی پیچیده هستند. بنابراین پژوهش کنونی در صدد شناسایی منابع مولد ریسک آلودگی در محدوده‌ی سد احمدبیگلو و بررسی و ارزیابی منابع آلاینده جهت تعیین مهم‌ترین ناهنجاری‌های زیست‌محیطی و اثرگذارترین آنها در این پروژه است.

ارزیابی ریسک محیط‌زیستی فرآیندی است که توسط آن خطرات شناسائی شده و میزان مواجهه نیز محاسبه می‌شود و روابط پاسخ به دوز برای مشخصات ریسک تعیین می‌شوند (ریبلو و همکاران[1]، ۲۰۱۴: ۲۶).

بررسی سابقه‌ی استفاده از مدل وراستیک نشان می‌دهد که مدل مذکور کارایی بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد (ولی‌اللهی و همکاران[2]، ۲۰۱۹: ۶). طبق مطالعه‌ای که در حوضه‌ی آبریز شهر سانتافز انگلیس با مدل WRASTIC انجام شده است، پس از ایجاد و تولید شکل‌های مورد نیاز و بدست آوردن عدد شاخص WRASTIC آسیب‌پذیری منطقه تعیین شده است. عدد شاخص بدست آمده نشان‌دهنده‌ی میزان کم ریسک نسبت به سوانح آلودگی می‌باشد (منتظرالضهور و همکاران، ۱۳۹۸). در تحقیقی در حوضه‌ی آبریز ناواجو بلمفیلد انگلیس پس از انجام مراحل کار و رتبه‌دهی و وزن‌دهی و برآورد شاخص WRASTIC ریسک بالای حوضه نسبت به آلوگی منابع آب‌های سطحی را در حوضه نشان داد (ویلیام[3]، ۲۰۰۷). در پژوهشی پتانسیل‌های آلایندگی منجر به ریسک سد شفارود در استان گیلان در مرحله‌ی بهره‌برداری مورد مطالعه قرار گرفته شده است و برای انجام این پژوهش از مدل WRASTIC و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. میزان ریسک به دست آمده از محاسبه مدل نشان دهنده ریسک متوسط تا زیاد ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی برای این محیط هیدرولوژیکی است(حسن‌پور کورنده و فتائی، ۱۳۹۲). در پژوهشی از میان روش‌های موجود از شاخص WRASTIC جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبهای سطحی حوضه‌ی آبریز رودخانه چهارباغ واقع در استان خراسان رضوی استفاده شده است. نتایج شاخص نشان می‌دهد که ریسک آلودگی حوضه‌ی چهارباغ ۵۰ می‌باشد و میزان این ریسک نشان‌دهنده‌ی ریسک آلودگی متوسط ناشی از فعالیت‌های انسانی برای این محیط هیدرولوژیکی است (نیک‌نیا، ۱۳۹۳).

در تحقیقی جهت تعیین آسیب‌پذیری حوضه‌ی آبریز گلستان در استان خراسان رضوی، از روش WRSTIC که یکی از کاربردی‌ترین روش‌های ارزیابی ریسک است، استفاده شده است و میزان ریسک به دست آمده از محاسبه‌ی این شاخص نشان‌دهنده‌ی ریسک زیاد ناشی از فعالیت‌های انسانی برای این محیط هیدرولوژیکی

1- Rebelo & et al.
2- Valiallahi & et al.
3- William

است. بر این اساس نظارت و کنترل بر فعالیت‌های انسانی در جهت بهسازی این حوضه ضرورت می‌یابد (ربانی و عظیمی‌قالیباف، ۱۳۹۳).

همچنین در تحقیقی، ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب سطحی را به شیوه‌ای جدید مورد بررسی قرار داده‌اند. بخش عمده‌ای از محدوده مطالعاتی تهران و سمنان به دلیل تمرکز جمعیت و فعالیت‌های مختلف به ترتیب در معرض ریسک زیاد و خیلی زیاد برای منابع آب‌های سطحی می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵).

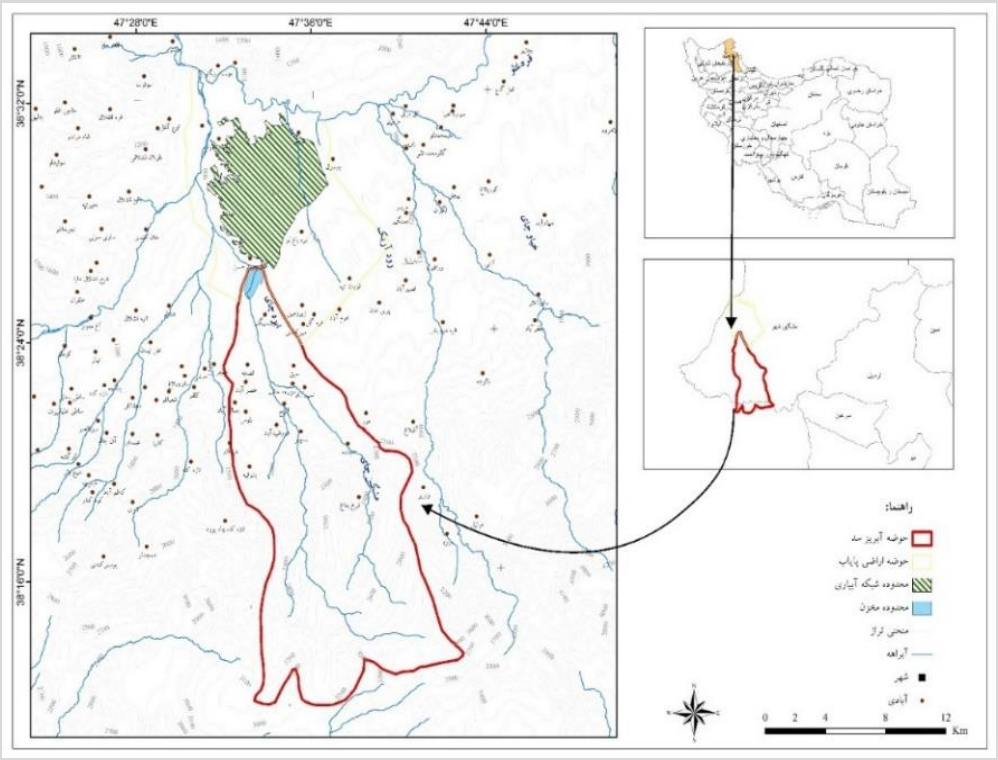
در پژوهشی با شاخص کیفیت آب IRWQI به ارزیابی آلودگی و تأثیر مکانی – زمانی کاربری اراضی بر کیفیت آب تالاب چغاخور پرداخته شده است (صمدی، ۱۳۹۵).

در پژوهشی دیگر جهت ارزیابی حساسیت آلودگی منابع آب سطحی از شاخص وراستیک و جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آن از شاخص محیط‌زیست نیومکزیکو (NMED) استفاده شده است و نتایج تحقیق نشان‌دهنده‌ی ریسک آلودگی متفاوتی در زیرحوضه‌ها می‌باشد (راثی نظامی و همکاران، ۱۳۹۸).

باتوجه به اینکه تأمین‌بخشی از آب شرب شهر مشگین‌شهر از سد احمد بیگلو برنامه‌های آتی وزارت نیرو است، بنابر این با توجه به اهمیت حفاظت از منابع آب شرب، از روش WRASTIC برای بررسی ریسک آلایندگی منابع آب حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو استفاده شده است. بر این اساس پژوهش حاضر به منظور شناسایی، طبقه‌بندی و مدیریت ریسک سوانح آلودگی سدها در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو انجام گرفت. هدف کلی این تحقیق پیش‌بینی حوادث احتمالی، شناسایی فاکتورهای ریسک، شناسایی پتانسیل‌های بالقوه و ریسک‌های موجود در سوانح آلودگی سدها در حوضه مورد مطالعه می‌باشد. در محدوده‌ی مورد مطالعه پژوهش‌های که انجام گرفته‌اند اغلب برای پایش وضعیت کیفی آب بوده است و مطالعه‌ی جامعی برای محاسبه ریسک انجام نگرفته است.

۲-مواد و روش

سد مخزنی احمدبیگلو در دامنه‌های شمالی سلسله جبال سبلان واقع در شهرستان مشگین‌شهر واقع در استان اردبیل، با هدف تأمین آب مطمئن برای توسعه‌ی کشاورزی در حدود ۳۶۰۰ هکتار از اراضی دشت مشگین غربی و تأمین بخشی از آب شرب شهر مشگین‌شهر طراحی شده است. ساختگاه سد مذکور در مختصات جغرافیایی ۴۷° ۳۳، ۶/۵ً طول شرقی و ۳۸° ۲۶ ، َ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). طرح حاضر قادر به تنظیم سالانه حدود ۱۷/۵ میلیون مترمکعب آب برای آبیاری باغات و اراضی کشاورزی پایین‌دست سد می‌باشد.



شکل (۱): موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه
Fig (1): The study area

در تحقیق حاضر برای ارزیابی ریسک آلایندگی حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو از روش WRASTIC و برای ارزیابی کارایی این روش از شاخص کیفت آب‌های سطحی ایران[1] استفاده شده است. برای تعیین محدود مطالعاتی و زیرحوضه‌های آن از الحاقیه Arc Hydro در محیط نرم‌افزار Arc Gis استفاده شده است. مراحل انجام تحقیق شامل جمع‌آوری اطلاعات و مرور سوابق مطالعاتی، شناسایی عوامل تأثیرگذار بر رودخانه بر اساس اطلاعات موجود، بازدید از منطقه (شامل: شناسایی صنایع، کارگاه‌های برداشت شن و ماسه (مصالح رودخانه‌ای)، کارگاه‌های پرورش ماهی، اراضی کشاورزی، تاسیسات آبی، فاضلاب‌ها و روان آب‌ها و سایر فعالیت‌های تأثیرگذار بر رودخانه در وضعیت موجود)، تهیه‌ی شکل پراکنش فعالیت‌های تأثیرگذار در محیط GIS و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات با استفاده از شاخص WRASTIC می‌باشد.

1- IRan Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters, IRWQISC

روش WRASTIC روشی سیتماتیک برای سنجش پتانسیل آلودگی حوضه‌ی آبریز و در نهایت توان پذیرش آلودگی جدید توسط رودخانه‌ها به شمار می‌رود. این روش توسط انجمن آبرسانی آمریکا (AWW[1]) و با در نظر گرفتن دستورالعمل‌ها و راهنماهای مربوط[2] معرفی شده است. در این روش، تنظیمات حوضه که ترکیبی است از خصوصیات اصلی و پارامترهای کاربری حوضه(که بر روی پتانسیل آلودگی تاثیرگذار هستند) مبنای اصلی کار را تشکیل می‌دهند. این ویژگی‌ها عبارتند از: وجود فاضلاب (W)، وجود فعالیت‌های تفریحی (R)، فعالیت‌های کشاورزی (A)، اندازه‌ی حوضه (S)، راه‌های حمل و نقل (T)، فعالیت‌های صنعتی (I)، و مقدار پوشش گیاهی منطقه (C). با استفاده از چنین روشی و ترکیب پارامترهای فوق، میزان حساسیت کلی حوضه‌ی مد نظر نسبت به آلودگی‌های بالقوه قابل ارزیابی خواهد بود. این ویژگی‌ها هم چنین قابل ترسیم گرافیکی به صورت شکل می‌باشند.

به بیان دیگر با تهیه شکل حساسیت WRASTIC می‌توان مشخص نمود که چه بخش‌هایی از حوضه‌ی آبریز توان تحمل کاربری آلاینده را (همانند محل دفن جدید پسماند) دارا می‌باشد.

پس از مشخص شدن پارامترهای فوق با استفاده از معادله‌ی ۱ جهت تعیین شاخص WRASTIC برای حوضه‌ی مورد نظر استفاده اقدام شد(۶):

$$\text{WRASTIC Index} = W_R W_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W \quad (۱)$$

در این معادله اندیس R برای تخصیص امتیاز [3] و اندیس W برای وزن پارامتر [4] می‌باشد. بر اساس معادله فوق، هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، پتانسیل آلودگی حوضه بالاتر است. لازم به ذکر است که برای ارزیابی بهتر و دقیق‌تر باید از قضاوت‌های حرفه‌ای نیز بهره گرفت. از سوی دیگر در بررسی یک حوضه، ارزیابی میزان حساسیت آن، تهیه‌ی شکل‌های گرافیکی WRASTIC از منطقه‌ی مورد نظر بسیار سودمند خواهد بود. جداول (۱) تا (۳) به ترتیب وزن‌دهی، امتیازدهی و پارامترهای موثر در این روش را مشخص نموده است (دیامنتینو و همکاران[5]، ۲۰۰۰: ۳۹).

1- American Water Works Association
2- Appenkix J- Watershed Control Program , of the Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water System Using Surface Water Sources developed for EPA (1991)- American Water Works Association
3- Rating Factor
4- Weight Factor
5- Diamantino & et al, 2000

جدول(۱): وزن پارامترهای موثر در شاخص WRASTIC (مأخذ: انجمن آبرسانی آمریکا AWWA)

Table (1): Weight of effective parameters in WRASTIC index

شاخص	وضعیت شاخص	امتیاز	ضریب وزنی
وجود فاضلاب	خروجی تصفیه خانه‌های فاضلاب عمومی به حوضه تخلیه می‌شود و سیستم‌های سپتیک تانک مجزا وجود دارد	۵	۳
	خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عمومی به حوضه تخلیه می شود.	۴	
	بیش از ۵۰ سیستم سپتیک تانک مجزا وجود دارد	۳	
	کمتر از ۵۰ سپتیک تانک مجزا وجود دارد	۲	
	هیچ تخلیه‌ی فاضلابی وجود ندارد	۱	
فعالیت‌های تفرجی	فعالیت قایق‌های موتوری و دیگر تجهیزات موتوری در سطح دریاچه مجاز	۵	۲
	فعالیت‌های غیرموتوری در سطح دریاچه مجاز است	۴	
	دسترسی ماشین‌ها وجود دارد	۳	
	دسترسی بدون ماشین وجود دارد	۲	
	فعالیت تفرجی وجود ندارد	۱	
فعالیت‌های کشاورزی	پنج یا بیش از پنج فعالیت کشاورزی وجود دارد	۵	۲
	۴ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۴	
	۳ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۳	
	۲ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۲	
	۱ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۱	
اندازه‌ی حوضه	بیش از ۱۹۴۲,۳۵ کیلومترمربع	۵	۲
	۱۹۴۲,۳۵-۳۸۸,۴۷ کیلومترمربع	۴	
	۳۸۸,۴۷-۱۵۵,۳۹ کیلومترمربع	۳	
	۱۵۵,۳۹-۳۸,۸۵ کیلومترمربع	۲	
	کمتر از ۳۸,۸۵ کیلومترمربع	۱	
راه‌ها و حمل و نقل	خطوط را آهن و وجود راه‌های بین استانی در سطح حوضه	۵	۱
	وجود بزرگراه در حوضه	۴	
	وجود بزرگراه های داخل استانی و راه‌های آسفالته	۳	
	راه‌های خاکی و شوسه وجود دارد	۲	
	هیچ راه ارتباطی وجود ندارد	۱	
پوشش گیاهی	۰-۵ درصد	۵	۱
	۶-۱۹ درصد	۴	
	۲۰-۳۴ درصد	۳	
	۳۵-۵۰ درصد	۲	
	بیش از ۵۰ درصد	۱	

جدول (۲): نحوه‌ی تلفیق عوامل وضع موجود سد احمدبیگلو در پارامترهای اصلی شاخص WRASTIC

Table (2): Integration of status factors in the main parameters of the WRASTIC index

ردیف	پارامتر شاخص WRASTIC	زیرشاخص‌ها	حدودامتیاز	ضریب وزنی
۱	فاضلاب	جمعیت شهری و روستایی رستوران‌های بین شهری ویلاها و پلاژها مراکز انتقال و دفع زباله بیمارستان‌ها و مراکز درمانی مراکز نظامی	۱-۵	۳
۲	فعالیت‌های تفرجی	فعالیت قایق موتوری و غیرموتوری نوع و نحوه دسترسی به دریاچه یا منابع آبی منتهی به آن	۱-۵	۲
۳	فعالیت‌های کشاورزی	باغ‌ها و مزارع کشاورزی (آبی/ دیم) دامپروری گلخانه‌های محصولات کشاورزی (و محصولات زینتی)	۱-۵	۲
۴	اندازه‌ی حوضه	مساحت حوضه	۱-۵	۲
۵	راه‌ها و حمل و نقل	نوع راه‌ها موجود طول راه‌ها نحوه مجاورت با دریاچه یا منابع آبی منتهی به آن	۱-۵	۱
۶	اثرات صنعتی	شهرک‌های صنعتی انواع صنایع و واحدهای معدنی عمده	۱-۸	۴
۷	پوشش گیاهی	میزان پوشش گیاهی سطح زمین براساس آخرین آمار موجود	۱-۵	۱

جدول (۳): جمع‌بندی نهایی روش WRASTIC

Table (3): Final summary of the WRASTIC index

شاخص WRASTIC	میزان ریسک	امکان احداث تاسیسات جدید
بیش از ۵۰	زیاد	ممنوع
بین ۲۶ تا ۵۰	متوسط	با اتخاذ تدابیر لازم بلامانع
کم تر از ۲۵	کم	بلامانع

تنها محدودیت روش WRASTIC، عدم انجام زون‌بندی و ارائه یک امتیاز واحد ریسک به کل حوضه‌ی آبریز سد می‌باشد. بدین منظور در مطالعه حاضر تلاش شد تا این محدودیت نیز مرتفع گردد. برای این منظور با در نظر گرفتن شرایط فیزیوگرافی حوضه و شبکه‌ی هیدرولوژیک، ابتدا محدوده مطالعاتی به چند زیرحوضه تقسیم گردید و سپس هر پهنه، جداگانه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل ریسک قرار گرفت. بدین منظور کل حوضه‌ی

آبریز سد احمدبیگلو با درنظر گرفتن شرایط فیزیوگرافی حوضه، الزامات و مبانی مدیریت ریسک به ۷ بخش مختلف تقسیم گردیده است (شکل ۲).

بدین ترتیب با بدست آوردن درصد سهم مساحت هر بخش مطالعاتی نسبت به کل حوضه و اعمال آن در ارزش ریسک ارزیابی شده همان بخش از طریق رابطه‌ی ۲ میزان ریسک سد مورد مطالعه محاسبه گردیده است.

(۲)

$$R_B = \sum_{i=0}^{n} \frac{R_{zi} \times s_{zi}}{s_B}$$

RB= ریسک آلودگی کل حوضه‌ی آبریز سد

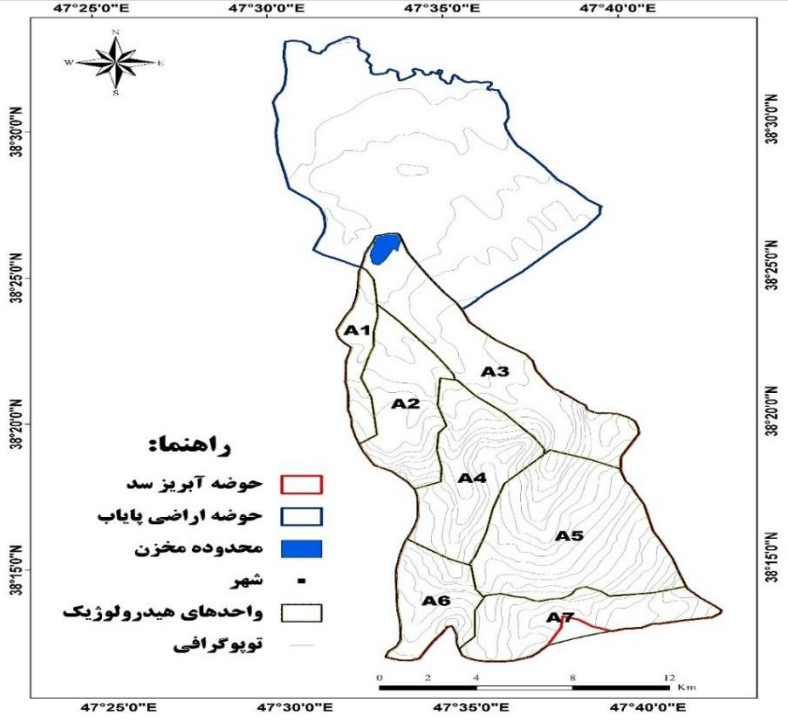
RZi= امتیاز ریسک بخش مطالعاتی i

SZi= مساحت زیربخش مطالعاتی i

SB= مساحت کل حوضه‌ی آبریز سد

پارامترها براساس شرایط حوضه، نمراتی بین ۱ تا ۵ به خود اختصاص می‌دهند و فقط در مورد یک پارامتر نمره‌دهی در مقیاس ۱ تا ۸ صورت می‌پذیرد. پس از بررسی وضعیت حوضه سد در مورد هریک از این شاخص‌ها و نمره‌دهی آن، به منظور اعمال اهمیت پارامترها نسبت به یکدیگر، هر پارامتر به طور جداگانه وزن‌دهی می‌گردد. حاصل ضرب نمره اختصاص داده شده به هر پارامتر، در اهمیت وزنی آن، امتیاز نهایی آن پارامتر را تشکیل داده و در نهایت حاصل جمع امتیازات کلیه پارامترها امتیاز شاخص نهایی می‌باشد که در حقیقت نشان‌دهنده‌ی وضعیت حساسیت منبع آبی به ریسک آلودگی می‌باشد. با توجه به مبانی این روش هرچه شاخص نهایی عدد بزرگ‌تری باشد حساسیت بیش‌تری نیز به ریسک آلودگی وجود دارد (دیامنتینو و همکاران، ۲۰۰۰: ۴۲ و گیلنتین، ۲۰۰۰: ۲۵)[1].

1- Diamantino & et al.; Gillentine



شکل (۲): واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو
Fig (2): Hydrological units of Ahmad Biglou Dam

۲-۱- شاخص کیفیت منابع آب سطحی ایران برای پارامترهای متداول (IRWQISC)[1]

این شاخص ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هست که در آن داده‌های چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی که با یک عدد، میزان سلامتی آب را نشان می‌دهد؛ شرکت داده می‌شوند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته‌بندی می‌شود.

هدف پروژه تدوین شاخص کیفیت منابع آب ایران، تهیه‌ی شاخصی با توجه به شرایط طبیعی و مسایل و مشکلات منابع آب در ایران بوده است، به‌گونه‌ای که شاخص تدوین شده بتواند چشم‌انداز و فهم و درک مناسبی از وضعیت کیفی منابع آب در ایران ارائه کند (سازمان حفاظت محیط‌زیست، ۱۳۹۰: ۲).

مراحل محاسبه‌ی شاخص IRWQISC عبارتست از:

1 - IRan Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters, IRWQISC

(۱) انتخاب پارامترها بر اساس جدول[۱] ۳

(۲) تبدیل غلظت اکسیژن محلول (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) به درصد اشباع (در صورت نیاز)[۲]

(۳) تعیین وزن هر پارامتر با استفاده از جدول شماره ۳

(۴) به دست آوردن مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی (شکل ۳ و ۴).

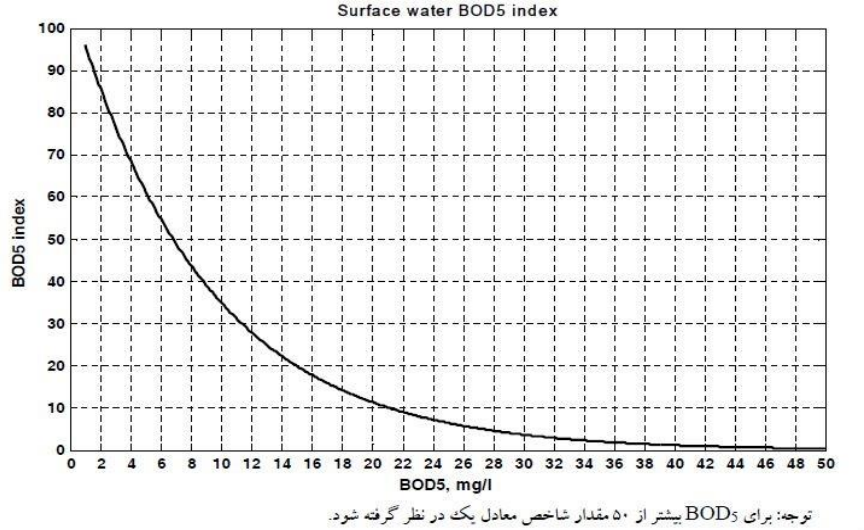
جدول(۳): پارامترهای شاخص IRWQISC و وزن‌های آنها
Table (3): IRWQISC index parameters and their weights

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴۰	برحسب MPN/100ml
۲	BOD_5	۰/۱۱۷	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰۸	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	بر حسب درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر
۶	COD	۰/۰۹۳	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۷	آمونیم	۰/۰۹۰	مجموع آمونیم
۸	فسفات	۰/۰۸۷	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰/۰۶۲	برحسب NTU
۱۰	سختی کل	۰/۰۵۹	بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۱۱	پ هاش	۰/۰۵۱	واحد استاندارد

۱- با وجود این که پارامتر دمای آب جزو پارامترهای موثر در محاسبه‌ی شاخص کیفیت آب نمی‌باشد، ولی به دلیل تاثیر آن بر تصحیح مقادیراکسیژن محلول، قویاً توصیه می‌شود در تمام برنامه‌های پایش کیفیت آب دمای آب در محل اندازه‌گیری شود.

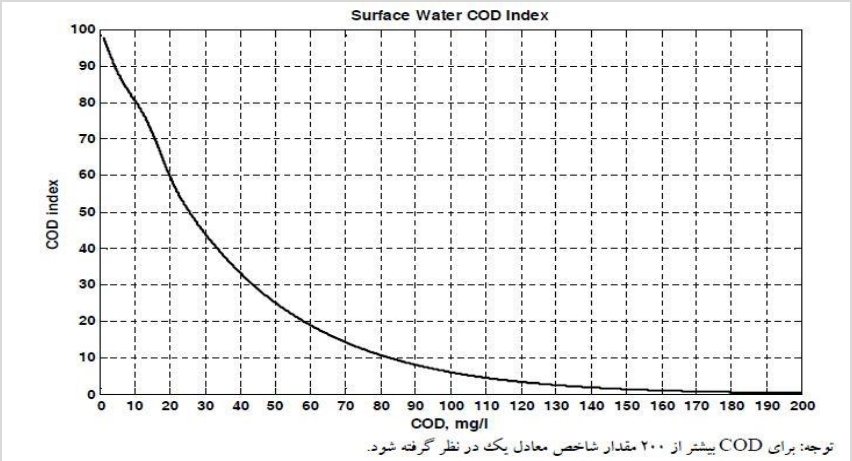
۲ – برای محاسبه درصد اشباع اکسیژن محلول لازم است ابتدا غلظت اشباع اکسیژن محلول در شرایط محلی با توجه به فشار هوا (ارتفاع)، دمایآب، و شوری (یا هدایت الکتریکی) محاسبه شود. پس از آن غلظت اکسیژن محلول اندازه‌گیری شده بر غلظت اشباع تقسیم و حاصل در صدضرب و درصد اشباع به دست می‌آید. همچنین برای محاسبه غلظت اشباع می‌توان از جداول و فرمول‌های مختلفی که در این زمینه ارائه شده است،استفاده کنید. برای اطلاعات بیشتر به مرجع "مدلسازی کیفی آب‌های سطحی: سینتیک، ثوابت و نرخ‌ها، مترجم علی ترابیان و سید حسین هاشمی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۱" رجوع کنید.

علاوه بر این بسیاری از دستگاه‌های پرتابل علاوه بر اندازه‌گیری غلظت اکسیژن محلول درصد اشباع اکسیژن محلول را نیز نمایش می‌دهند. ولی برخی از این دستگاه‌ها درصد اشباع را فقط بر اساس دمای آب تصحیح می‌کنند و پارامترهای شوری/هدایت الکتریکی و فشار را لحاظ نمی‌کنند. در این موارد لازم است تصحیحات لازم پیش از محاسبه شاخص توسط کارشناسان انجام شود.



شکل (۳): :منحنی رتبه‌بندی BOD5 برای آب‌های سطحی

Fig (3): BOD5 rating curve for surface waters



شکل (۴): منحنی رتبه‌بندی COD برای آب‌های سطحی

Fig (4): COD rating curve for surface waters

(۳)

$$IRWQI_{SC} = [\prod_{i=1}^{n} I_i{}^{Wi}]^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$$

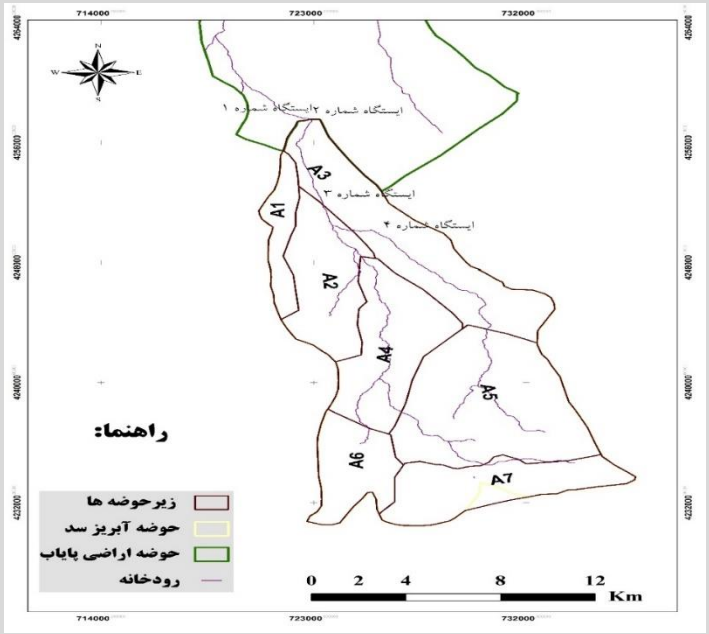
W_i= وزن پارامتر i ام، n= تعداد پارامترها[۱]، I_i= مقدار شاخص برای پارامتر i ام از منحنی رتبه‌بندی، می‌باشد. در ادامه طبق جدول (۴) کیفیت آب بر اساس مقدار شاخص بدست آمده نهایی طبقه‌بندی می‌شود.

جدول (۴): طبقه‌بندی کیفیت آب براساس شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران

Table (4): Water quality classification based on Iran's surface water quality index

بیشتر از ۸۵	۷۰,۱-۸۵	۵۵,۱-۷۰	۴۵-۵۵	۳۰-۹/۴۴	۱۵-۹/۲۹	کمتر از ۱۵	مقدار شاخص
بسیار خوب	خوب	نسبتاً خوب	متوسط	نسبتاً بد	بد	خیلی بد	معادل توصیفی

بنابر این برای بررسی کارایی شاخص WRASTIC ابتدا شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران (IRWQISC) برای ایستگاه‌های داخل حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو (شکل ۵) محاسبه شد و در نهایت با استفاده از رابطه‌ی ۳ مقدار نهایی شاخص برای هر ایستگاه پایش به دست آمد. در جدول ۵ نیز پارامترهای اندازه‌گیری شده ارایه شده است.



شکل (۵): ایستگاه نمونه‌برداری در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو

Fig (5): Sampling station in the catchment area of Ahmad Biglou Dam

۱- در صورتی که تعداد پارامترهای اندازه گیری شده کمتر از یازده پارامتر مندرج در جدول ۳ باشد، رابطه بالا قابل استفاده است و نیازی به هیچ گونه تصحیحی نمی باشد.

جدول (۵): مقادیر اندازه‌گیری عوامل شیمیایی شاخص آلودگی رودخانه‌ی مشگین‌چای (مهر و دی ۱۳۹۶)
Table (5): Measuring values of chemical agents, pollution index, Meshgin River

محل‌های اندازه‌گیری		pH	BOD_5	COD	DO	دمای آب C°	DO اشباع	کدورت
نقطه شماره۱	مهر	۷/۸۵	۴/۱	۸/۹	۷/۱	۱۸/۶	۹/۳۵	۳/۴۰
	دی	۷/۴۹	۰/۵	۱/۰	۶/۸۲	۲/۹	۱۳/۴۸	۲۲/۸
نقطه شماره۲	مهر	۷/۵۴	۳/۸	۸/۳	۵/۳	۱۹/۲	۹/۳۵	۲/۹۰
	دی	۷/۵۱	۰/۵	۱/۰	۴/۵۱	۴/۵	۱۲/۸	۱۴/۸
نقطه شماره۳	مهر	۷/۱۷	۱	۱	۷/۷	۱۸/۵	۹/۵۴	۰/۵
	دی	۷/۳۵	۰/۵	۱/۰	۵/۶	۴/۴	۱۳/۱۳	۴/۲۷
نقطه شماره۴	مهر	۷/۴۷	۷/۹	۱۵/۴	۶/۴	۱۹/۱	۹/۳۵	۸۲/۱۰
	دی	۷/۴۹	۰/۵	۱/۰	۴/۳۶	۳/۸	۱۳/۱۳	۱/۹۸
استاندارد آب مشروب (مقدار مجاز)	مهر	۶/۵-۹			۳-۵			۵

مأخذ: شرکت آب منطقه‌ای اردبیل، ۱۳۹۹ (واحد میلی‌گرم بر لیتر)

۳-یافته‌ها و بحث

برای ارزیابی ریسک حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو، حوضه‌ی مطالعاتی براساس مطالعات میدانی و به‌ویژه پتانسیل‌های آلودگی و با استفاده از الگوهای هیدروگرافی به ۷ زیرحوضه تقسیم گردید و بر اساس حرف اول سد احمدبیگلو نام‌گذاری شد($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$). بدین ترتیب ارزیابی ریسک در سطح زیر حوضه‌ها انجام و میزان ریسک حاصل از هریک تعیین شد (جدول۶)

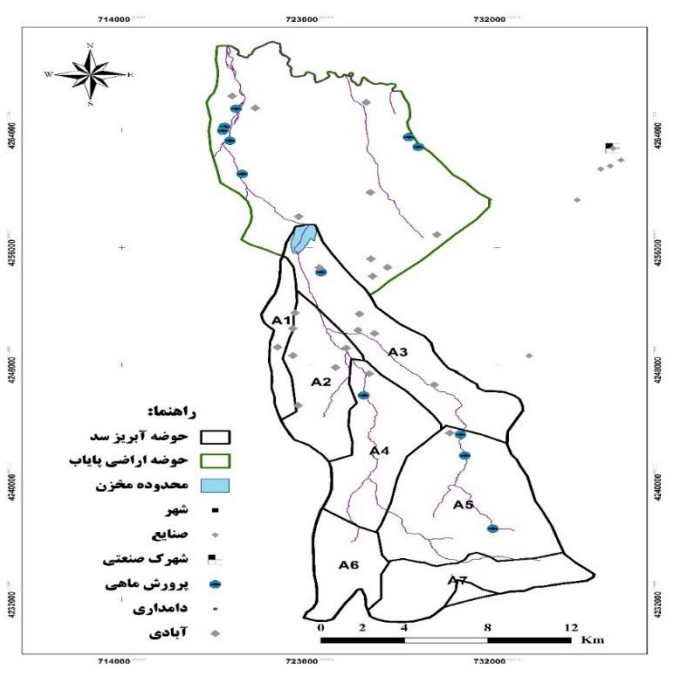
جدول (۶): طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها از لحاظ ریسک
Table (6): Classification of sub-basins in terms of risk

بخش مطالعاتی	امتیاز ریسک	طبقه ریسک
A1	۳۵	متوسط
A2	۳۵	متوسط
A3	۴۴	متوسط
A4	۲۸	متوسط
A5	۲۹	متوسط
A6	۱۶	کم
A7	۱۸	کم

با توجه به پارامترهای تشکیل‌دهنده‌ی ریسک، مقادیر ریسک بر اساس اجزاء شاخص مدل وراستیک به شرح زیر بدست آمد:

۳-۱- شاخص تخلیه فاضلاب به منابع آب (W)

برای تعیین مقدار و منابع تولید فاضلاب درحوضه‌ی سد احمدبیگلو ضمن برآورد کل جمعیت ساکن شهری و روستایی در منطقه‌ی مطالعاتی و نحوه دفع فاضلاب انسانی که به صورت چاه جذبی و یا در مناطق مسکونی کنار رودخانه‌ها به طور مستقیم وارد رودخانه‌ها می‌شوند. همچنین مراکز صنعتی و تفریحی، مراکز دفن زباله، کشتارگاه‌ها و مزارع پرورش ماهی و آب‌های گرم معدنی نیز تعیین گردید (شکل ۶). و در ادامه رتبه‌بندی شاخص تخلیه فاضلاب مطابق جدول ۷ ارایه شد.



شکل (۶): جانمایی مناطق مسکونی و صنایع حریم رودخانه ها درحوضه‌ی سد احمدبیگلو

Fig (6): Location of residential areas and river industries in the basin of Ahmad Biglou Dam

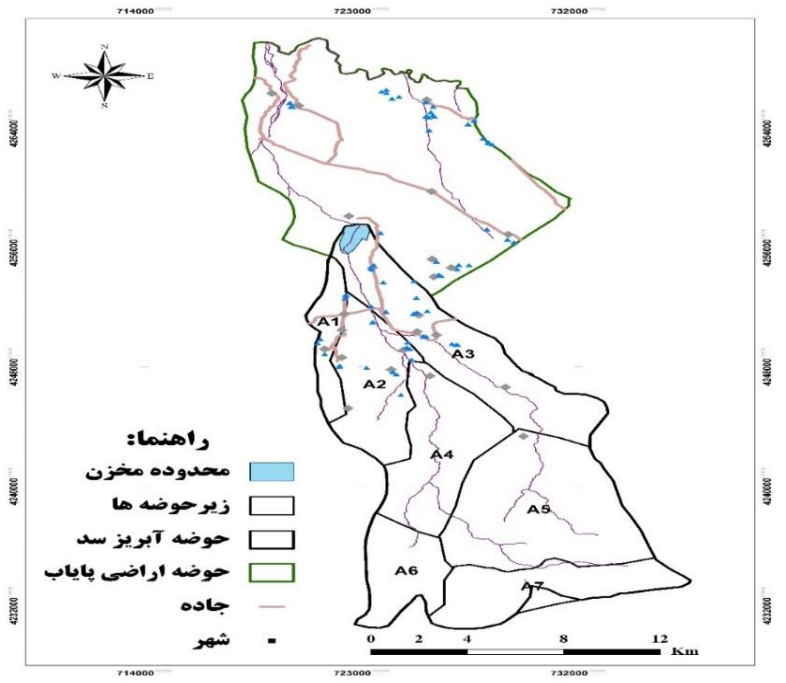
جدول (۷): امتیازدهی شاخص تخلیه فاضلاب در زیرحوضه‌های سد احمدبیگلو

Table (7): Scoring of wastewater discharge index in the sub-basins of Ahmad Biglou Dam

علل نمره‌دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
نمره‌دهی بر اساس جمعیت شهری و روستایی، رستوران‌ها، ویلاها و پلاژها، مراکز انتفال و دفع زباله، بیمارستان و مراکز نظامی می‌باشد.	۹	۶	۹	۶	۶	۳	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۲	۱	۱

۳-۲- شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری (R)

در حوضه‌ی سد احمدبیگلو چشمه‌های مختلف و طبیعت بکر یکی از جاذبه‌های تفرجی حوضه می‌باشد که عمدتاً در کنار رودخانه‌های حوضه قرار دارد. این مناطق سالانه پذیرای تعدادی مسافر در فصول بهار و تابستان می‌باشد. به علت عدم مراعات گردشگران مواد زائد جامد در برخی از مناطق وارد رودخانه می‌شود که نزدیک بودن به شهرمشگین شهر نیز مزید بر علت می‌باشد (شکل ۷). رتبه‌بندی شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری مطابق جدول ۸ می‌باشد.



شکل(۷): جانمایی مراکز تفریحی واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Fig (7): Location of recreation centers of hydrological units of Ahmad Biglou Dam

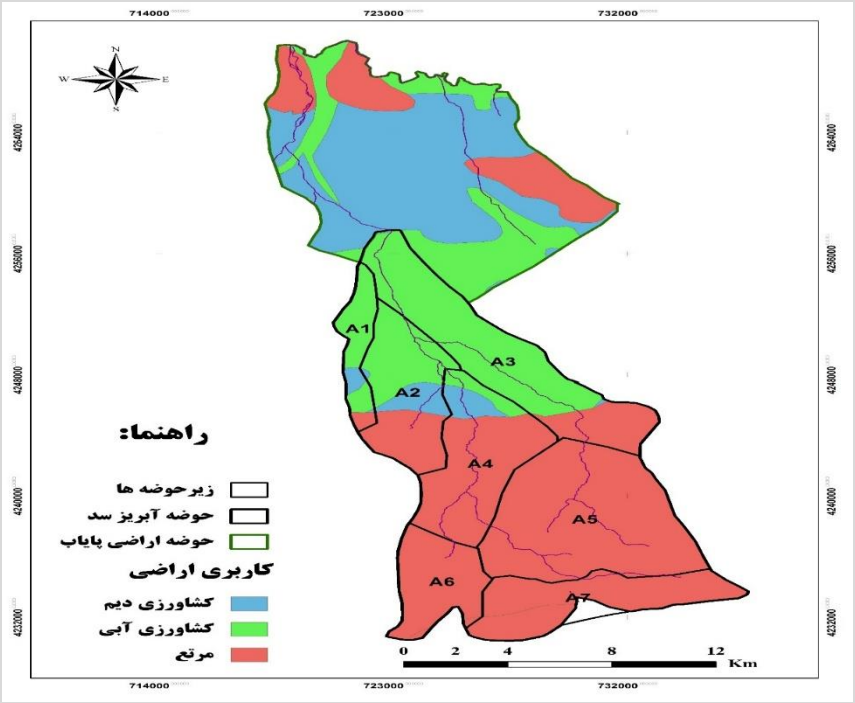
جدول (۸): امتیازدهی شاخص فعالیت های تفرجی و گردشگری در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Table (8): Scoring index of recreational and tourism activities

علل نمره‌دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
دسترسی ماشین‌ها و وجود چشمه‌های آبگرم و پیست اسکی و پیکنیک	۶	۶	۸	۴	۴	۲	۴	۲	۳	۳	۴	۲	۲	۱	۲

۳-۳- شاخص فعالیت‌های کشاورزی (A)

در خصوص پارامتر فعالیت‌های کشاورزی تأثیرگذار در مدل مورد استفاده، بدست آوردن وسعت اراضی کشاورزی و به تبع آن تعیین میزان کود و سموم مصرفی از مهم‌ترین شاخص‌ها می‌باشد. برای این کار مناطقی که به صورت گسترده تحت فعالیت‌های کشاورزی بودند در منطقه مشخص گردید و همین طور جانمایی فعالیت‌های کشاورزی، دامپروری، استخرهای پرورش ماهی مشخص شد و در مدل مورد استفاده گردید(شکل ۸). رتبه‌دهی شاخص فعالیت‌های کشاورزی در جدول ۹ آورده شده است.



شکل (۸): مناطق مربوط به فعالیت‌های کشاورزی موجود در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Fig (8): Areas related to agricultural activities in the hydrological units of Ahmad Biglou Dam

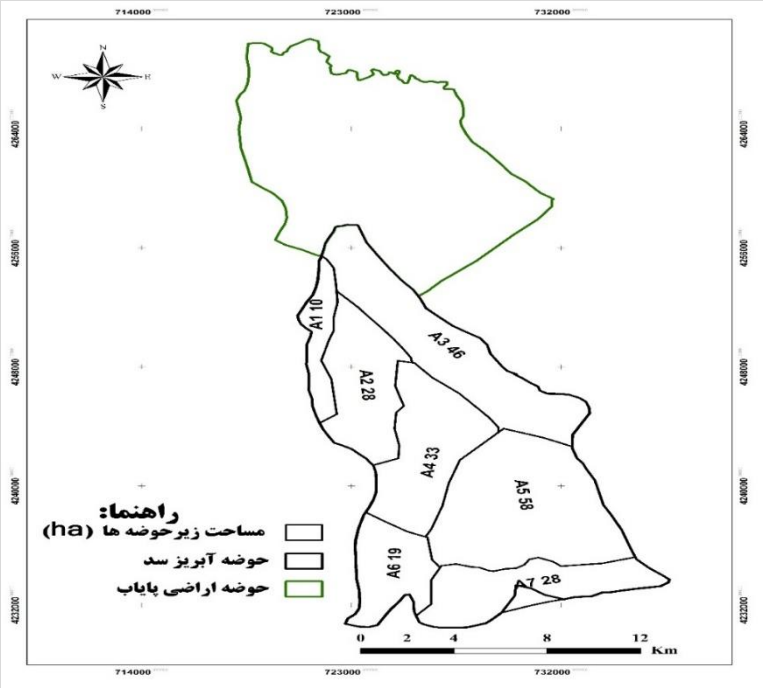
جدول (۹): امتیازدهی شاخص فعالیت‌های کشاورزی در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Table (9): Scoring the index of agricultural activities in the hydrological units

علل نمره‌دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
باغ‌ها و مزارع کشاورزی(دیم) دامپروری، آبزی پروری و پرورش قارچ	۴	۶	۸	۴	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۴	۲	۱	۱	۱

۳-۴- شاخص بزرگی حوضه‌ی آبریز (S)

با استفاده از لایه‌های جغرافیایی از طریق نرم‌افزار GIS بزرگی کل حوضه و زیرحوضه‌ها محاسبه گردید (شکل۹). بر این اساس رتبه‌دهی شاخص بزرگی حوضه‌ی آبریزسد احمدبیگلودر جدول ۱۰ آورده شده است.



شکل (۹): مساحت حوضه و واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو
Fig (9): Basin area and hydrological units of Ahmad Biglou Dam

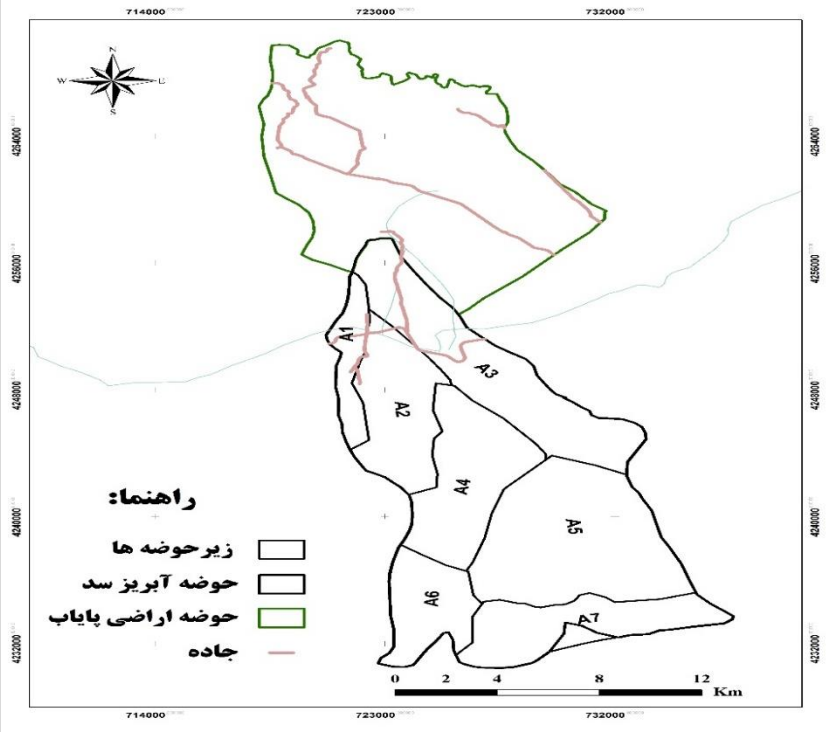
جدول (۱۰): امتیازدهی شاخص اندازه حوضه در زیرحوضه‌های سد احمدبیگلو
Table (10): Scoring of the basin size index in the sub-basins

علل نمره‌دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
اندازه حوضه به کیلومتر مربع	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱

۳-۵- شاخص راه‌های ارتباطی و حمل و نقل (T)

پارامتر راه ارتباطی از عوامل اساسی دخیل در برآورد مدل می‌باشد (شکل۱۰). لازم به ذکر است که در این شاخص اندازه‌ی تقریبی راه‌ها و نحوه مجاورت آن‌ها با دریاچه‌ی سد مورد نیاز می‌باشد. شاخص راه‌های ارتباطی

بر اساس نوع راه ارتباطی و حریم استاندارد آنها در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو مورد بررسی قرار گرفت. رتبه‌دهی شاخص راه‌های ارتباطی و حمل و نقل در جدول ۱۱ آورده شده است.



شکل (۱۰): کل راه‌های ارتباطی موجود در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Fig (10): All communication channels available in hydrological units of Ahmad Biglou Dam

جدول (۱۱): امتیازدهی شاخص راه‌های ارتباطی در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

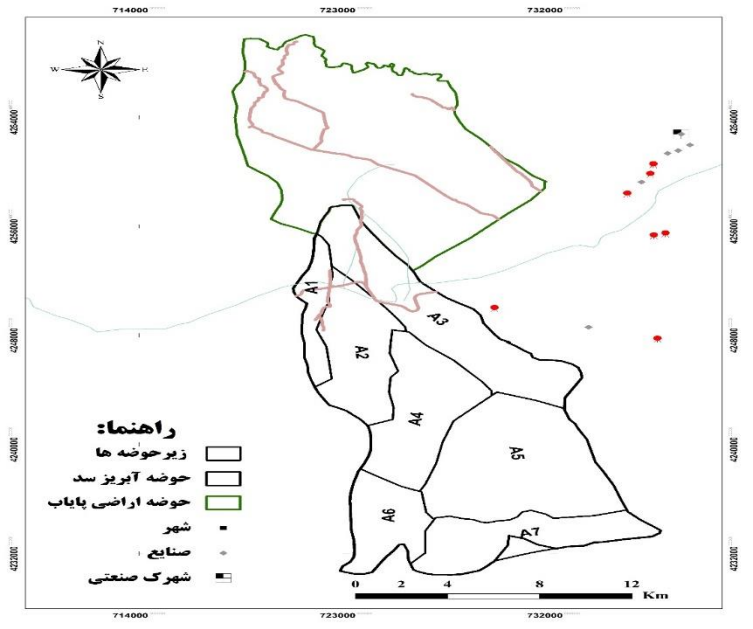
Table (11): Scoring of communication routes index in the hydrological units

علل نمره‌دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
وجود یا عدم وجود راه ارتباطی	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۱	۳	۲	۳	۲	۲	۲	۲

۳-۶- شاخص اثر فعالیت‌های صنعتی (I)

پتانسیل ریسک حاصل از شاخص فعالیت‌های صنعتی بر اساس نوع فعالیت صنعتی آن به خصوص تخلیه فاضلاب در منابع آبی حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو مورد بررسی قرار گرفت. مشخص کردن شهرک‌های صنعتی، انواع صنایع و واحدهای معدنی عمده و در نهایت بدست‌آوردن تعداد واحدهای صنعتی در هر زیرحوضه، و برآورد میزان فاضلاب تولیدی، آلاینده‌های شاخص موجود و همچنین نوع واحد صنعتی و تعداد آنها از مهم‌ترین

اطلاعات می‌باشد که در نتایج ریسک بیشترین دخالت را دارند. لذا بدین منظور واحدهای صنعتی فعال، در دست احداث و در مرحله‌ی صدور مجوز بهره‌برداری مشخص و مختصات آنها بر روی شکل حوضه‌ی مطالعاتی منتقل گردید(شکل۱۱). رتبه‌دهی شاخص اثر فعالیت‌های صنعتی در جدول ۱۲ آورده شده است.



شکل (۱۱): جانمایی فعالیت‌های صنعتی موجود در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Fig (11): Location of industrial activities in the hydrological units of Ahmad Biglou Dam

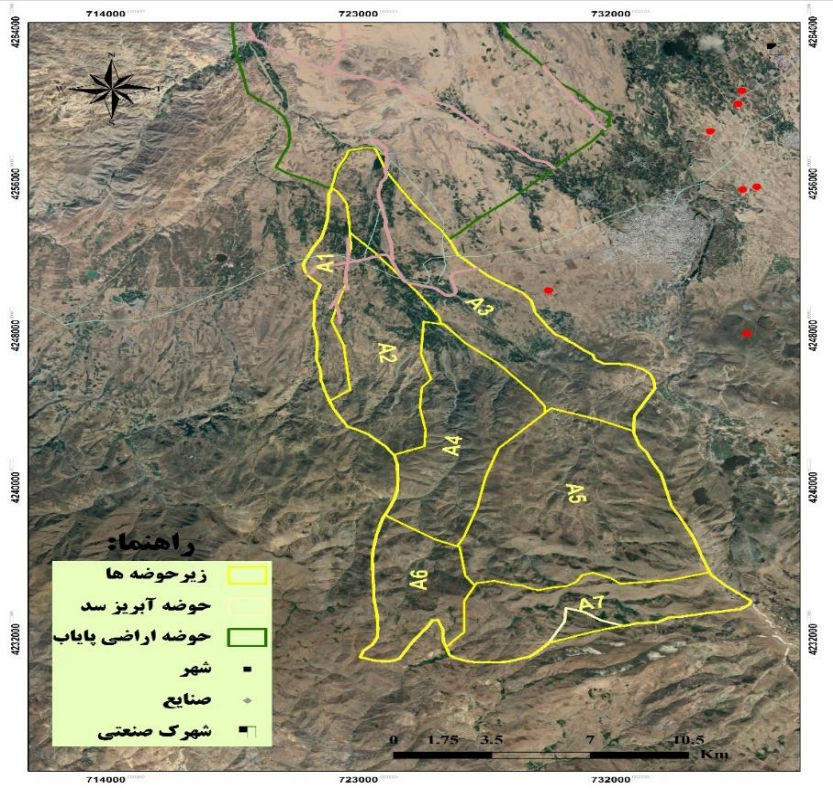
جدول (۱۲): امتیازدهی شاخص اثرات صنعتی در زیرحوضه‌های سد احمدبیگلو

Table (12): Industrial Impact Index Scoring

علل نمره‌دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
حجم فاضلاب و تعداد واحدهای صنعتی و نوع واحدهای صنعتی	۸	۱۲	۱۲	۸	۸	۲	۲	۴	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۱

۳-۷- شاخص پوشش گیاهی (C)

شاخص کاربری اراضی بر اساس نوع کاربری موجود و پتانسیل ریسک حاصل (با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های موجود) از آن در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو مورد بررسی قرار گرفت (شکل۱۲). رتبه‌دهی شاخص پوشش گیاهی در جدول ۱۳ ارایه شده است.



شکل (۱۲): تراکم تاج پوشش گیاهی موجود در واحدهای هیدرولوژیک
Fig (12): Vegetation canopy density in hydrological units

جدول (۱۳): امتیازدهی شاخص پوشش گیاهی در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو
Table (13): Vegetation index scoring

علل نمره دهی/(زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک							ضریب	امتیاز						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
پوشش گیاهی حوضه بر اساس آخرین آمار موجود	۴	۲	۲	۳	۵	۴	۴	۱	۴	۲	۲	۳	۵	۴	۴

۳-۸-میزان نهایی ریسک حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو

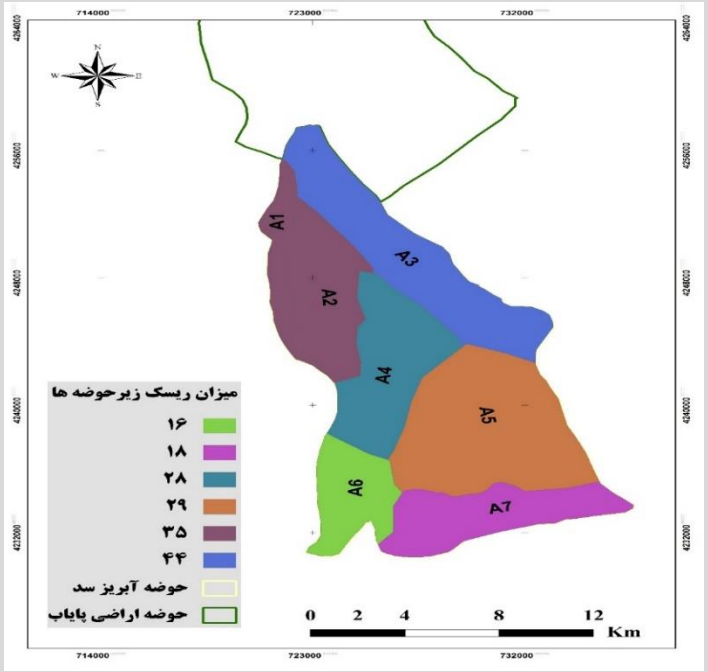
نتایج نهایی ارزیابی ریسک آلودگی کل حوضه مشخص نمود که کل شاخص ریسک آلودگی آب سد احمدبیگلو برابر ۳۰/۵۲ می‌باشد. با توجه به اینکه مساحت هر یک از زیرحوضه‌ها متفاوت می‌باشد لذا جهت تعیین میزان ریسک نهایی کل حوضه از حاصل‌ضرب مساحت زیرحوضه‌ها در ارزش ریسک هر زیرحوضه استفاده گردید (جدول ۱۱). نتایج نهایی ارزیابی ریسک آلودگی آب سداحمدبیگلو در زیرحوضه‌ها در جدول ۱۴ آورده شده است.

جدول (۱۴): نتایج ارزیابی ریسک حوضه و واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Table (14): Results of basin risk assessment and hydrological units

نام بخش مطالعاتی(z)	مساحت (S_z)	ارزش ریسک (R_Z)	$R_{zi} * S_{zi} / SB$
A1	۱۰	۳۵	۱/۵۷
A2	۲۸	۳۵	۴/۴۱
A3	۴۶	۴۴	۹/۱۱
A4	۳۳	۲۸	۴/۲
A5	۵۸	۲۹	۷/۵۷
A6	۱۹	۱۶	۱/۳۶
A7	۲۸	۱۸	۲/۳
کل حوضه	۲۲۲	۲۰۵	۳۰/۵۲

با عنایت به نتایج حاصل از طبقه‌بندی ریسک با استفاده از مدل WRASTIC در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو و بر اساس محدوده‌ی امتیازدهی در ایـن مدل می‌توان اذعان داشت که ریسک زیرحوضه‌های A1 تا A5 در طبقه متوسط و ریسک زیرحوضه‌های A5 و A6 در حد کم می‌باشد (شکل ۱۳).

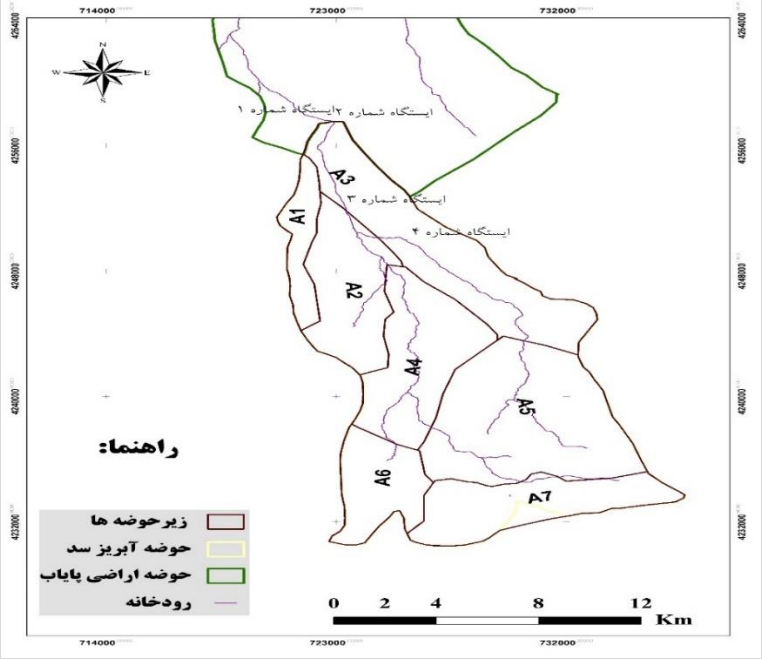


شکل (۱۳): طبقه‌بندی ریسک آلودگی در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو

Fig (13): Pollution risk classification in the hydrological units of Ahmad Biglou Dam

۳-۹- اعتبارسنجی شاخص وراستیک

با عنایت به عدم وجود شاخصی برای اعتبار سنجی‌صحت مدل وراستیک، در این تحقیق برای اعتبارسنجی نتایج ریسک حاصله با وضعیت فعلی آلودگی آب در حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو، از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) استفاده شد. در این راستا ابتدا شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران برای ایستگاه‌های نمونه‌برداری موجود در داخل حوضه محاسبه شد. همانطور که نتایج تحقیق نیز نشان داد زیرحوضه‌های A2 وA3 دارای بیشترین میزان آلاینده‌ها و بیشترین میزان ریسک می‌باشد. بنابر این میزان ریسک این زیرحوضه های با شاخص‌های به دست آمده ایستگاه‌های نمونه برداری مورد مقایسه و مطابقت قرار گرفت. میزان شاخص $IRWQI_{SC}$ برای ایستگاه شماره دو برابر ۵۰/۴، ایستگاه شماره سه برابر ۵۷ و ایستگاه شماره ۴ برابر ۵۰ به دست آمد (شکل ۱۴). با توجه به اینکه هرچه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد وضعیت آب مطلوب می‌باشد ولی در شاخص وراستیک هر چه میزان عددی ریسک بیشتر باشد در اصل کیفیت منابع آب آن حوضه رو به کاهش می‌باشد؛ بنابر این برای یکسان‌سازی مقیاس این شاخص‌ها برای مقایسه با همدیگر، مقدار عددی شاخص $IRWQI_{SC}$ از ۱۰۰ کم شد و مقدار عددی شاخص ریسک بر باقیمانده این عدد تقسیم شد. عدد به دست آمده درصد مطابقت میزان ریسک با وضعیت واقعی ریسک آلودگی در حوضه می‌باشد. با عنایت به داده‌های به دست آمده، زیرحوضه A2 در محل ایستگاه پایش کیفی شماره ۲ دارای مطابقت ۷۰ درصدی و در محل ایستگاه پایش کیفی شماره ۳ دارای مطابقت ۸۱ درصدی با شاخص ریسک به دست آمده می‌باشد. همچنین زیرحوضه A3 در محل ایستگاه پایش کیفی شماره ۴ دارای مطابقت ۸۸ درصدی با شاخص ریسک به دست آمده می‌باشد.



شکل(۱۴): ایستگاه نمونه‌برداری در واحدهای هیدرولوژیک سد احمدبیگلو
Fig (14): Sampling station in the hydrological units of Ahmad Biglou Dam

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارزیابی ریسک حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو و ارزیابی مطابقت این شاخص با نتایج داده‌های پایش کیفی در حوضه مدنظر جهت افزایش دقت مدل است. بر این اساس میزان ریسک پارمترهای اصلی شاخص وراستیک در حوضه محاسبه شد. طبق نتایج حاصله، میزان ریسک شاخص‌های تخلیه‌ی فاضلاب، فعالیت‌های تفریحی و گردشگری، فعالیت‌های کشاورزی، اندازه‌ی حوضه‌ی آبریز، راه‌های ارتباطی، فعالیت‌های صنعتی و کاربری اراضی بـرای زیرحوضـه‌های A1, A2, A3 ,A4, A5, A6, A7 ,A8 به ترتیب برابر با ۳۵،۳۵،۴۴،۲۸،۲۹،۱۶ و ۱۸ می‌باشد. بیشترین میزان ریسک به دست آمده مربوط به زیرحوضه A3 و کمترین میزان ریسک به دست آمده برای زیرحوضه A6 با امتیاز ریسک ۱۶ می‌باشد که در جدول ۱۴ میزان این ریسک‌ها با احتساب مساحت مربوط به هر زیرحوضه ارایه شده است. نتایج گویای این واقعیت است که میزان ریسک از مناطق کم‌جمعیت، بکر و کمتر توسعه‌یافته صنعتی و تفریحی به مناطق پرجمعیت، دارای دسترسی، نزدیک به شهر مشگین‌شهر، توریستی و دارای صنایع رو به افزایش است. کریمی و همکاران نیز، در ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب سطحی استان‌های سمنان، قم، مازنـدران و البرز با استفاده از روش WRASTIC به این نتیجه دست یافتند که ریسک‌های زیاد و خیلی زیاد بدست آمده در حوضه‌ی مورد مطالعه به دلیل تمرکز

جمعیـت و فعالیت‌های مختلف صنعتی و کشاورزی می‌باشد (کریمی و همکاران[1]، ۲۰۱۶: ۱). هم‌چنین نتایج پژوهش شیمتنگو و همکاران در جنوب مالاوی نیز این نتیجه را نشان دادکه بالا بودن ریسک حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی مورد مطالعه ناشی از افزایش فعالیت‌های انسانی بوده می‌باشد (شیامنتو و همکاران[2]، ۲۰۱۳: ۱).

شاخص ریسک آلودگی آب در کل حوضه‌ی سد احمدبیگلو برابر ۳۰/۵۲ می‌باشد. مقایسه عدد بدست آمده با مقادیر کمی شاخص ریسک نشان می‌دهد که سد احمدبیگلو از نظر ریسک‌پذیری آلودگی در طبقه متوسط قرار دارد. در این راستا نیک‌نیا در پژوهشی با استفاده از شاخص WRASTIC جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های سطحی حوضه‌ی آبریز رودخانه چهارباغ واقع در استان خراسان رضوی مشخص نمود که حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه دارای ریسک آلودگی متوسط می‌باشد (نیک‌نیا[3]، ۲۰۱۴: ۱). بر اساس ضوابط و معیارهای شـــاخص WRASTIC، حوضه‌هایی که در طبقه‌ی ریسک متوسط به بالا قرار می‌گیرند، موظفند ظرف حداکثر سه سال بـرای از بین بردن یا کنترل عوامل ریسک، اقـدامات کنترلـی انجام دهند.

با عنایت به اینکه از مهم‌ترین شاخص‌های آلوده‌کننده حوضه‌ی آبریز سد احمدبیگلو، ورود فاضلاب‌های خانگی روستایی و پساب فعالیت‌های آبزی‌پروری و کشاورزی و چشمه‌های معدنی می‌باشد و با عنایت به تأمین‌بخشی از آب شرب شهر مشگین‌شهر از سد مذکور، نیاز به مدیریت بهینه‌ی پساب‌های ورودی جهت جلوگیری از آلودگی مخزن سد و کاهش هزینه‌های تصفیه‌ی آب می‌باشد. با عنایت به محدودیت‌های این مدل پیشنهاد می‌گردد جهت تدقیق و تطابق مدل در تحقیقات بعدی زیرمعیارهـای شاخص‌هـای موثر در مدل با استفاده از روش‌های تلفیقی دیگری از قبیل فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فازی یا تاپسـیس نیز مورد بررسی قرار گیرد. همچنین نظر به نتایج حاصل از ارزیابی ریسک و مطابقت آن با شاخص IRWQIsc پیشنهاد می‌شود جهت رفع نواقص و خطاهای مدل وراستیک، از شاخص کیفیت منابع آب‌های سطحی ایران استفاده شود.

1- Karimi et al.
2- Chimtengo & et al.
3- Niknia

۵-منابع

Abbaspour, Majid. (2003). *Environmental Engineering*, Volume 1, Water Pollution.

Fathi, Seyed Saeed and Khoshnoodi Khorshtami, Behnam and Bani Khidmat, Ashkan (2019). *Evaluation of surface rankings using WRASTIC method Case study: Kuchesfahan area)*, the third international conference on architecture, civil engineering, agriculture and environment

Hassanpour Korandeh, Hamed, Fataei, Ibrahim. (2013). *Accident risk assessment to dams using WRASTIC model Case study of Shafa River Dam in Guilan*, Iran. Journal of Environmental Geology. 7 (25), 19-36.

Karimi S, Sadat Alavipour F, Ghorbaniniya Z. (2016). *Integration of WRASTIC Method by Multi-Criteria Evaluation and a Fuzzy Model to Evaluate the Risk of Surface Water Pollution (Case study: Tehran Province and Part of Neighboring Provinces).* Iranian Journal of Geography and Development. 14(44):25-44.

Karimi, Saeed, Alavipour, Fatemeh Sadat, Ghorbaninia, Zahra, Jafari, Hamidreza. (2016). *Combining WRASTIC method with multi-criteria evaluation and fuzzy model to evaluate surface water evaluation (study: Tehran province and some of its neighboring provinces)*. Geography and Development Quarterly, 44-25.

Mahmoudi, Sattar (2003). *Water Management, Development Management*, Bulletin No. 11 of the National Committee for Sustainable Development

Montazeralzohour M, Ghasemi Ziyarani1 E, Malmasi S, and Rafati3River M.(2019). *Water Quality Assessment Using WRASTIC and Organizing Methods: A Case Study in Three Sub-Watersheds of Karaj River (Varangeh Rud, Doab, and Varian)*. Journal of Pollution, 2(1):1-6.

Niknia A. (2014). *Chaharbagh River catchment pollution risk assessment using WRASTIC index*. 7th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, Tehran. https://civilica.com/doc/318630.

Rabbani, Elham and Ehsan Azimi Qalibaf. (2012). *Evaluation Evaluation of Golestan catchment using WRASTIC model*, Iran Electronic Conference on Environment and Energy, Safashahr, Kharazmi International Educational and Research Institute.

Rahimi Baluchi, Leila. (2012). *Methodology for Assessing Acceptable Damage to Surface Water Resources (Case Study of Jarahi River Basin)*. Sixth National Conference on Environmental Engineering. University of Tehran.

Samadi, Javad. (2016). *Investigation of spatial use of lands on water quality of Choghakhor wetland using IRWQI index and statistical methods*. Iranian Water Resources Research, 11 (3), 159-171.

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

Championship A. (2005). *Fire Risk Assessment*, Second Port Safety Conference.

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.

Diamantino, C., Henriques, M. J., Oliveira, M. M., & Ferreira, J. P. L. (2007). *Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems*. IAHS publication, 310, 298.

Environmental Protection Agency, 1445 Ross Avenue, Dallas, TX 75202-2733.

EPA, DRASTIC*: A Standardized System for Evaluating Grand Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings*, (1987).

Gillentine J. (2000). *State of New Mexico - Source water assessment and protection program*. State of New Mexico. Environment Department, Drinking Water Bureau.

Ho KC, Chow YL, Yau JTS. (2003). *Chemical and microbiological qualities of The East River Dongiang water*, with particular reference to drinking water supply in Hong Kong, Chomosphere. 52, 1441-50.

Rebelo A, Ferra I, Gonçalves I, & Marques AM. (2014). *A Risk Assessment Model for Water Resources*: Releases of dangerous and hazardous substances. Journal of environmental management; 140, 51-59.

Simeono, V, Stratis JA, Samara C, Zachariadis G, Voutsa D, Anthemidis A, Sofoniou M, & Kouimtzis.(2003). *Assessment of the Surface Water Quality in Northern Greece*," Water Research, 37: 4119–4124

Vice President for Strategic Planning and Supervision, *Surface water quality monitoring guidelines*. (2009). Publication No. 522.

Williams N. (2009). *USEPA State Source Water Assessment and Protection Programs Final Guidance (EPA 816-R-97-009)*. United States.