Journal of Health

Vol. 11, No. 4, Autumn 2020, Pages 555-573

The Assessment of Environmental and Health Risks in Sabalan Dam Basin Using WRASTIC Model

Fataei E*

Associate Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran
**** Corresponding author.*** Tel: +989143549400, Fax: +9845337277799, E-mail: eafataei@iauardabil.ac.ir

Received: Sep 6, 2020 Accepted: Oct 22, 2020

ABSTRACT

Background & objectives: One of the most important water-related issues is the pollution of water resources, which is mainly due to human activities and currently threatens many water resources in the world. Therefore, the use of appropriate tools to manage surface water quality seems necessary. This study was conducted to determine the potential risks of pollutants in Sabalan Dam using a WRASTIC model.

Methods: WRASTIC evaluation model and GIS software were used to assess the risk of Sabalan Dam pollution accidents. To determine the level of pollution risk, the catchment area of Sabalan Dam was divided into 8 sub-basins. Then, in each sub-area, pollution source maps including various indicators of industrial effluents, agriculture, housing, recreation and transportation accidents were prepared in GIS software environment. Then scoring for each indicator was performed based on the potential intensity of pollutant sources. Finally, based on the obtained data, sub-basins were classified in terms of risk.

Results: The results showed that based on the model used in terms of health and environmental pollution risk, the average risk of water pollution for the catchment area of Sabalan Dam was 48.29. Classification of the level of pollution risk in the sub-basins of Sabalan Dam showed that sub-basin S1 had a high level of risk and the level of risks in sub-basins S2 and S4 were moderate.

Conclusion: The use of WRASTIC model in determining the risk level of Sabalan Dam pollution accidents showed that the most important indicators of Sabalan Dam catchment was the entry of domestic wastewater and effluents of aquaculture and agricultural activities and mineral hot springs. The results of this study indicated the desirability of using the WRASTIC model in determining the pollution risk of the Sabalan dam catchment.

Keywords: Risk Assessment; Pollution Accidents; Water Quality; WRASTIC Model; Sabalan Dam

ارزیابی ریسک زیست محیطی و بهداشتی حوضه آبریز سد سبلان با استفاده از مدل وراستیک

ابراهیم فتائی

دانشیار، گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۴۳۵۴۹۴۰۰ فکس: ۳۳۷۲۷۷۹۹ ۰۴۵ ایمیل: eafataei@iauardabil.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: یکی از مهم ترین مسایل مرتبط با آب، آلودگی منابع آب می‌باشد که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های بشر بوده و در حال حاضر بسیاری از منابع آبی جهان را در معرض تهدید قرار داده است. لذا استفاده از ابزارهای مناسب جهت مدیریت کیفیت آب‌های سطحی لازم و ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق به منظور تعیین میزان پتانسیل ریسک‌های ناشی از منابع آلاینده در سد سبلان با استفاده از مدل وراستیک انجام گرفت.

روش کار: برای ارزیابی ریسک سوانح آلودگی سد سبلان از مدل ارزیابی WRASTIC و نرم افزار GIS استفاده گردید. برای تعیین سطح ریسک آلایندگی، حوزه آبریز سد سبلان به ۸ زیر حوزه تقسیم گردید. سپس در هر زیرحوزه نقشه های منابع آلاینده شامل شاخص‌های مختلف پساب‌های صنعتی، کشاورزی، مسکونی، تفرج و سوانح حمل و نقل در محیط نرم‌افزار GIS تهیه گردیدند. سپس امتیازدهی برای هر شاخص؛ بر اساس شدت پتانسیل منابع آلاینده انجام گرفت. در نهایت بر اساس داده های بدست آمده، زیرحوضه ها از لحاظ ریسک طبقه‌بندی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بر اساس مدل استفاده شده از نظر میزان ریسک آلایندگی بهداشتی و زیست محیطی، میانگین شاخص ریسک آلودگی آب برای حوضه آبریز سد سبلان برابر ۴۸/۲۹ بود. طبقه بندی سطح ریسک آلایندگی در زیر حوضه های سد سبلان مشخص نمود که زیرحوضه S_1 دارای میزان ریسک زیاد بوده و میزان ریسک زیرحوضه‌های S_2، S_4، در حد متوسط می باشد.

نتیجه گیری: استفاده از مدل وراستیک در تعیین سطح ریسک سوانح آلودگی سد سبلان مشخص نمود که مهمترین شاخص‌های آلوده کننده حوضه آبریز سد سبلان، ورود فاضلاب‌های خانگی و پساب‌های فعالیت‌های آبزی پروری، کشاورزی و چشمه های آبگرم معدنی بودند. نتایج این تحقیق نشان دهنده مطلوبیت استفاده از مدل WRASTIC در تعیین ریسک آلایندگی حوضه آبریز سد سبلان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، سوانح آلودگی، کیفیت آب، مدل WRASTIC، سد سبلان

دریافت: ۹۹/۶/۱۶ **پذیرش:** ۹۹/۸/۱

مقدمه

همزمان با توسعه ناپایدار فعالیت‌های شهری، کشاورزی و صنعتی در چند دهه گذشته، بسیاری از رودخانه‌ها و آب‌های جاری تحت آسیب‌های جدی و جبران ناپذیری واقع گردیده‌اند که بیشتر از هر زمان دیگر، توجه به ممنوعیت و سازمان یابی فعالیت‌ها در محدوده‌های حریم و بستر رودخانه‌ها را ضروری نموده است (۱). در حال حاضر اکثر منابع آب شیرین به‌دلیل افزایش جمعیت و تبع آن توسعه در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعت و خدمات و تامین مصارف

شرب و بهداشت کاهش یافته است (۲). یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با آب، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های بشر است که در حال حاضر بسیاری از منابع آبی جهان را در معرض تهدید قرار داده است (۳). 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 جابجایی مواد خطرناک که اثرات مخربی بر محیط زیست دارد، از مهم‌ترین مسائلی است که در حال حاضر بسیاری از جوامع را تحت ثاثیر قرار داده است. افزایش رو به رشد این گونه رخدادها در خلال چند دهه گذشته باعث شده تا بسیاری از جوامع اقدامات گسترده ای را برای جلوگیری از تکرار و تشدید این موارد اتخاذ کنند (٤). تدوین قوانین و مقررات، افزایش ایمنی در سیستم‌های توزیع آب، تدوین استانداردها، افزایش جرایم آلودگی منابع آب و... از جمله اقداماتی بوده که در طول سال‌های گذشته در بسیاری از کشورها به اجرا گذاشته شده است (۵)

بخش عظیمی از مناطق کشور با محدودیت منابع آب روبرو است و استفاده نادرست از منابع محدود آب و ایجاد آلودگی در این منابع منجر به بروز بحران‌ها و فاجعه‌های زیست محیطی خواهد شد (۶). روند روبه‌رشد توسعه کشور، گسترش مراکز صنعتی، استفاده بیش از حد از کود و سموم در کشاورزی، تخلیه پساب‌ها به منابع آبی پذیرنده، زهاب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های بیمارستانی، خانگی و... کمیت و کیفیت منابع آبی محدود و ارزشمند کشور را به‌شدت تهدید می‌کند. گسترش روزافزون نیازها و تقاضاها در جامعه برای دسترسی به منابع آب با کیفیت مناسب، افزایش چشمگیر هزینه‌های تأمین آب جدید و ضرورت کنترل آلودگی منابع آب با درنظرگرفتن محدودیت منابع آبی کشور، مدیریت منابع آب را از جنبه‌های مختلف با چالش‌های جدی روبرو ساخته است (۷).

ارزیابی ریسک محیط زیستی گامی فراتر از ارزیابی ریسک بوده و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیط زیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیط زیست متاثر و همچنین ارزش‌های خاص زیست محیطی و بهداشتی منطقه نیز در تجزیه تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته می‌شود (۸). توجه کافی نداشتن به تاثیرپذیری شدید کیفیت آب از کمیت آن و در حاشیه بودن مدیریت کیفی آب در غالب مطالعات جامع منابع آب؛ امروزه باعث مشکلات زیست محیطی فراوانی در طول مسیر رودخانه‌ها و خصوصاً مناطق پایین‌دست آنها شده است. با توجه به این واقعیت که کشور ایران در ناحیه‌ای خشک و نیمه خشک قرار گرفته، و از طرف دیگر تغییرات آب و هوایی، و توسعه ناپایدار کیفیت منابع آبی را تحت تاثیر قرار داده است. لزوم مطالعات کیفی منابع آب و اهمیت‌دادن به این موضوع در قالب اعمال محدودیت‌های قانونی جهت ساماندهی کیفی هر یک از رودخانه‌های کشور از اهمیت ویژه ای برخوردار است (۹،۱۰). بنابراین استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک در مدیریت پروژه‌ها و نیل به توسعه پایدار بسیار مهم می‌باشد.

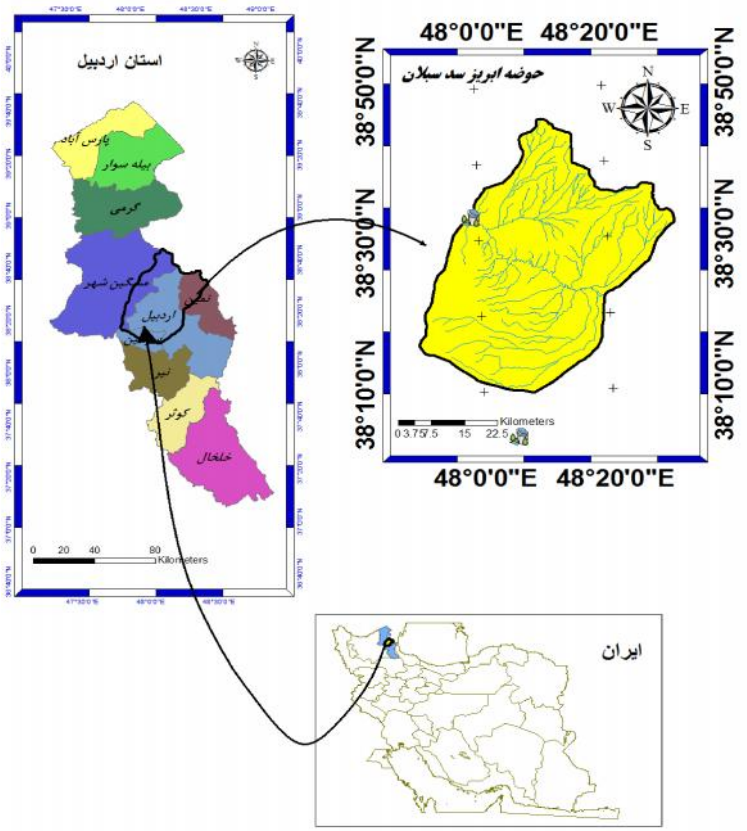
ارزیابی ریسک محیط زیستی فرآیندی است که توسط آن مخاطرات شناسائی می‌شوند، میزان مواجهه محاسبه می‌شود و روابط پاسخ برای مشخصات ریسک تعیین می‌شوند (۱۱). در روش WRASTIC حساسیت حوضه آبریز در مقابل آلودگی آب سطحی با ویژگی‌های هیدرولوژیکی که دارد و با توجه به کاربری زمین ارزیابی انجام می‌شود. این روش از سال ۲۰۰۰ رواج یافته است و در بین روش‌های ارزیابی ریسک منابع آب‌های سطحی، در مقایسه با سایر روش‌ها از جامع‌ترین روش‌های کاربردی می‌باشد و به همین دلیل نیز بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲). بررسی سابقه استفاده از مدل وراستیک نشان می‌دهد که مدل مذکور کارایی بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد (۱۰). نتایج پژوهشی بر روی

رودخانه یانگ تسه در کشور چین نشان داد خطرات اکولوژیکی قابل توجهی از آلاینده‌های آلی خاص شامل استرهای فتالات، هیدروکربن‌های نفتی و بنزن‌ها در مصب رودخانه یانگ تسه وجود دارد (۱۳). نتایج پژوهشی در جنوب مالاوی نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی بر شرایط جریان‌های زیست‌محیطی با افزایش روزهای جریان صفر در حوضه آبریز رودخانه ریویریوی تاثیر منفی گذاشته‌اند (۱٤). نتایج بررسی کریمی و همکاران در ارزیابی ریسک آلودگی آب‌های سطحی استان‌های تهران، البرز، قم، سمنان و مازندران با استفاده مدل وراستیک نشان داد به دلیل تمرکز جمعیت و فعالیت‌های مختلف باعث ریسک زیاد تا خیلی زیاد شده بودند (۱۵). دیوید مطالعه‌ای را در حوضه آبریز شهر سانتافز انگلیس با مدل WRASTIC انجام داد که در این مطالعه پس از ایجاد و تولید نقشه‌های مورد نیاز و بدست آوردن عدد شاخص WRASTIC آسیب پذیری منطقه انجام شد. عدد شاخص بدست‌آمده در این تحقیق برابر با ۱۷ بود که نشان‌دهنده میزان کم ریسک نسبت به سوانح آلودگی بود (۱۶). ویلیام در تحقیقی در حوضه آبریز ناواجو بلمفیلد انگلیس پس از انجام مراحل کار و رتبه‌دهی و وزن‌دهی و برآورد شاخص WRASTIC مشخص نمود که عدد ریسک حوضه مورد مطالعه برابر ۶۱ می‌باشد که نشان‌دهنده ریسک بالای حوضه نسبت به آلوگی منابع آب‌های سطحی بود (۱۷). در تحقیق دیگری حسن پور کورنده و همکاران ریسک حوضه آبریز سد شفارود را با استفاده از مدل WRASTIC مورد مطالعه قرار دادند، میران ریسک به‌دست‌آمده از این مدل نشان‌دهنده ریسک متوسط تا زیاد ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی برای این محیط هیدرولوژیکی حوضه آبریز مورد مطالعه بود (۱۸).
به دلیل بروز حوادث غیرمترقبه طبیعی یا انسان‌ساخت استفاده از روش‌های علمی در برآورد ریسک آلایندگی سدها به عنوان یکی از منابع مهم تامین نیاز آبی در مصارف مختلف شرب، صنعت و کشاورزی یکی از ضروریات می‌باشد. مدل ارزیابی ریسک WRASTIC ارائه شده در این تحقیق برای تعیین پتانسیل آلودگی آب‌های سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بر اساس شاخص‌های هیدرولوژیک و کاربری زمین بنا نهاده شده است. هدف از این تحقیق ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب منطقه مورد مطالعه و بررسی کارایی مدل برای برآورد ریسک سدها می‌باشد. با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه تحقیق‌هایی که انجام گرفته‌اند اغلب برای پایش وضعیت کیفی آب بوده است و مطالعه جامعی برای محاسبه ریسک انجام نگرفته، بنابراین با توجه به امکانات و شرایط موجود از روش WRASTIC برای بررسی ریسک آلایندگی آب حوضه آبریز سد سبلان استفاده شده است.

روش کار

محدوده طرح

ساختگاه منتخب سد سبلان بر روی رودخانه قره‌سو در ۳۰ کیلومتری (فاصله هوایی) شمال شرق مشکین‌شهر (استان اردبیل) در دامنه‌های شمالی کوه سبلان در نظر گرفته شده است. مختصات محل تلاقی رودخانه با محور سد ′۳۲-°۳۸ و ′۵۸-°٤۷ می‌باشد. مساحت این حوضه ۲۱۳۱ کیلومتر مربع، ارتفاع متوسط ۱۶۰۱ متر و شیب متوسط حوضه ۱۰/۲ درصد و طول رودخانه اصلی ۵۸ کیلومتر است (شکل ۱). به طورکلی هدف از اجرای طرح سد و شبکه آبیاری و زهکشی سبلان، استفاده بهینه از منابع آب و خاک حوضه آبریز قره‌سو جهت توسعه اراضی کشاورزی و تأمین آب شرب مشکین‌شهر می‌باشد. با اجرای این طرح حدود ۱۲۵۰۰ هکتار از اراضی پایین‌دست سد سبلان تحت بهبود و توسعه کشاورزی قرار می‌گیرند (۱۹).



شکل ۱. موقعیت زیرحوضه سد سبلان در استان اردبیل و ایران

در این تحقیق توصیفی- تحلیلی برای ارزیابی ریسک آلایندگی حوضه آبریز سد سبلان از روش‌های WRASTIC و قابلیت URSM نرم افزار GIS استفاده شد. برای تعیین محدوده مطالعاتی و زیرحوضه‌های آن از الحاقیه ARC HYDRO در محیط نرم افزار ARC GIS استفاده گردید. مراحل انجام تحقیق به طور خلاصه شامل جمع‌آوری اطلاعات و مرور سوابق مطالعاتی، شناسایی عوامل تاثیرگذار بر رودخانه بر اساس اطلاعات موجود و بازدید از منطقه (شامل: شناسایی صنایع، کارگاه‌های برداشت شن و ماسه (مصالح رودخانه‌ای)، کارگاه‌های پرورش ماهی، اراضی کشاورزی، تاسیسات آبی، تخلیه‌های شهری و روستایی (فاضلاب‌ها و رواناب‌ها) و سایر فعالیت‌های تاثیرگذار بر رودخانه در وضعیت موجود با استفاده از پیمایش میدانی)، تهیه بانک اطلاعاتی و ثبت داده‌ها و اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل: عکسبرداری و ثبت موقعیت فعالیت‌های تاثیرگذار و محل ورود فاضلاب آنها به رودخانه‌ها از طریق گیرنده ماهواره‌ای (GPS)، تهیه نقشه پراکنش فعالیت‌های تاثیرگذار در محیط GIS، ثبت ویژگی‌های فعالیت‌های تاثیرگذار در بانک اطلاعاتی شامل: اطلاعات عمومی، آلودگی‌های شاخص و مقدار آنها، منبع پذیرنده آلاینده‌ها و مختصات محل تخلیه، و در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها و اطلاعات با استفاده از شاخص WRASTIC بود. لذا با استفاده از نقشه‌های رقومی تهیه شده و بر طبق جدول رتبه‌بندی شاخص‌های مختلف (جدول ۱)، اقدام به تهیه لایه‌های رتبه‌بندی‌شده گردید. این عمل با استفاده از از قابلیت‌های نرم افزار ArcGIS 10 صورت گرفت و اجزای درون هر معیار در دامنه مشخص خود رتبه‌بندی شد. با استفاده از روش WRASTIC آسیب پذیری حوضه نسبت به آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفت

روش WRASTIC روشی سیتماتیک برای سنجش پتانسیل آلودگی حوزه آبریز و در نهایت توان

پذیرش آلودگی جدید توسط رودخانه‌ها به شمار می‌رود. این روش توسط AWWA[1] و با درنظرگرفتن دستورالعمل‌ها و راهنماهای مربوطه[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 و پارامترها در مدل وراستیک عبارتند از: وجود فاضلاب (W)، وجود فعالیت‌های تفریحی (R)، فعالیت‌های کشاورزی (A)، اندازه 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 حوضه مد نظر نسبت به آلودگی‌های بالقوه ارزیابی گردید.

روش WRASTIC به دنبال احساس نیاز برای وجود روشی همچون DRASTIC (قابل استفاده برای آب‌های زیرزمینی) می‌باشد که پاسخگوی نیازهای مشابه برای آب‌های سطحی و تعیین حساسیت این‌گونه منابع باشد، به وجود آمده است. این روش به منظور کمک به طراحان، مهندسان، و مسئولان جهت ارزیابی حساسیت منابع آب سطحی نسبت به منابع گوناگون آلاینده و شناسایی مشکلات بالقوه در حوضه مد نظر به کار می‌رود و چنانچه به صورت مناسبی در مراحل اولیه فرایند برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار گیرد، کمک زیادی به بهره‌وری موثر و مناسب از منابع آب و کاربری اراضی منطقه می‌تواند داشته باشد. مزیت عمده این روش سهولت شناسایی خصوصیات حوضه آبریز و عدم نیاز به جمع اطلاعات جزئی و دقیق علمی می‌باشد. لازم به ذکر است که از این روش به هیچ عنوان نمی‌توان به عنوان جایگزینی برای بازرسی‌های محلی و منطقه‌ای استفاده نمود. از نتایج این روش می‌توان برای ارزیابی مقایسه‌ای از مناطق با توجه به پتانسیل آلودگی آب‌های سطحی استفاده نمود.

پس از مشخص شدن مقادیر پارامترهای ذکرشده در مدل، از معادله زیر جهت تعیین شاخص WRASTIC برای هر حوضه می‌توان استفاده نمود (۶):

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

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، تهیه نقشه‌های گرافیکی WRASTIC از منطقه مورد نظر بسیار سودمند است. با توجه به اینکه منابع علمی ارائه‌دهنده روش WARSTIC، محل دفن پسماند را جزو کاربری‌های موجود، مورد توجه قرار نداده‌اند، اما بدیهی است که وجود این گونه مراکز در حوضه‌های آبریز بر کاهش توان خود پالایی رودخانه‌ها و در نتیجه توان پذیرش آلودگی جدید اثرگذار خواهند بود. از این رو در مطالعه حاضر، برای تکمیل روش WARSTIC، محل‌های دفن پسماند موجود نیز با وزن ٤ به عنوان یکی از کاربری‌های مهم اضافه گردیده است. جداول ۱ تا ۳ به ترتیب وزن دهی، امتیازدهی و پارامترهای موثر و پارامتر محل دفن پسماند در این روش را مشخص نموده است (۱۶).

[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

جدول ۱. وزن پارامترهای موثر در روش WRASTIC

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 می‌شود.	٤	
	بیش از ۵۰ سیستم سپتیک تانک مجزا وجود دارد	۳	
	کمتر از ۵۰ سپتیک تانک مجزا وجود دارد	۲	
	هیچ تخلیه 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	٤	
	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
	٤ فعالیت کشاورزی وجود دارد	٤	
	۳ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۳	
	۲ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۲	
	۱ فعالیت کشاورزی وجود دارد	۱	
اندازه حوضه	بیش از ۱۹٤۲,۳۵ کیلومترمربع	۵	۲
	۱۹٤۲,۳۵-۳۸۸,٤۷ کیلومترمربع	٤	
	۳۸۸,٤۷-۱۵۵,۳۹ 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	٤	
	وجود بزرگراه‌های 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	٤	
	۲۰-۳٤ درصد	۳	
	۳۵-۵۰ درصد	۲	
	بیش از ۵۰ درصد	۱	

جدول ۲. نحوه تلفیق فاکتورهای وضع موجود سد سبلان در پارامترهای اصلی شاخص WRASTIC

ردیف	پارامتر شاخص WRASTIC	زیرشاخص‌ها	حدود امتیاز	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 (ومحصولات زینتی)	۱-۵	۲
٤	اندازه 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	٤
۷	پوشش گیاهی	میزان پوشش گیاهی سطح زمین براساس آخرین آمار موجود	۱-۵	۱

جدول ۳. امتیازدهی پارامتر محل دفن پسماند در روش WRASTIC

محدوده	امتیاز
لندفیل کلاس I	٤
لندفیل کلاس II	۳
لندفیل کلاس III	۲
عدم وجود هر گونه محل دفن	۱

در نهایت نتایج حاصل از تعیین حساسیت منابع آب سطحی به روش WRASTIC به صورت سه وضعیت تعریف شده در جدول ٤ تعریف می‌گردد.

جدول ٤. جمع بندی نهایی برای تعیین سطح ریسک در روش WRASTIC

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

تنها محدودیت روش WRASTIC، عدم انجام زون‌بندی و ارائه یک امتیاز واحد ریسک به کل حوضه آبریز سد می‌باشد. بدین منظور در مطالعه حاضر تلاش شد تا این محدودیت نیز مرتفع گردد. برای این منظور با در نظرگرفتن فیزیوگرافی حوضه و شبکه هیدرولوژیک، ابتدا محدوده مطالعاتی به چند پهنه تقسیم گردید، سپس هر پهنه، جداگانه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل ریسک قرار گرفت. بدین ترتیب محدوده مطالعاتی هر سد در پهنه‌های مختلف مورد ارزیابی ریسک قرار می‌گیرد و در نتیجه ارزش ریسک هر پهنه، متناسب با پتانسیل ریسک موجود در آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. در مطالعه حاضر کل حوضه آبریز سد سبلان با در نظرگرفتن شرایط فیزیوگرافی حوضه و الزامات و مبانی مدیریت ریسک به ۸ بخش مختلف تقسیم گردید.

بکارگیری روش WRASTIC با تلفیق وزنی ارزیابی ریسک بخش‌های مطالعاتی حوضه‌ها، نتایج کامل‌تری ارائه می‌دهد. زیرا اثر ریسک ارزیابی شده در زون‌های مختلف حوضه با درنظر گرفتن سهم آن زون در مساحت کل حوضه در نتیجه نهایی اعمال خواهد شد و بدین ترتیب نتیجه نهایی واقع گرایانه‌تر و سازگارتر با نتایج ارزیابی ریسک زیرحوضه‌ها خواهد بود. اگر ارزیابی ریسک بطور یکپارچه و بدون درنظرگرفتن نتایج ارزیابی ریسک بخش‌های مطالعاتی صورت پذیرد، نتیجه بطور یکسان متاثر از شرایط کل حوضه است و هیچ وزن‌دهی برای ریسک‌های ناحیه‌ای حوضه صورت نمی‌پذیرد و در این صورت نتیجه نهایی از جامعیت لازم برخوردار نخواهد بود و با شرایط واقعی حوضه مطابقت کمتری خواهد داشت. بنابراین جهت ارزیابی یکپارچه سد مورد مطالعه و امکان مقایسه تطبیقی آنها با یکدیگر از روش تلفیق وزنی ریسک بخش‌های مطالعاتی هر حوضه استفاده شده است. برای این منظور بخش‌های مطالعاتی هر سد مورد بررسی قرار گرفته و جهت تعیین ارزش وزنی هر بخش مطالعاتی و اعمال آن در ارزیابی ریسک سد مربوطه مساحت هر بخش درنظر گرفته شده و نسبت سطح هر بخش مطالعاتی به کل سطح حوضه آبریز محاسبه گردیده است. بدین ترتیب با بدست‌آوردن درصد سهم مساحت هر بخش مطالعاتی نسبت به کل حوضه و اعمال آن در ارزش ریسک ارزیابی شده همان بخش به شرح ذیل میزان ریسک هر سد مورد مطالعه محاسبه گردیده است.

$$R_B = \sum_{i=1}^{n} \frac{R_{zi} \times S_{zi}}{S_B}$$

R_B= ریسک آلودگی کل حوضه آبریز سد

R_{Zi}= امتیاز ریسک بخش مطالعاتی i

S_{Zi}= مساحت زیربخش مطالعاتی i

S_B= مساحت کل حوضه آبریز سد

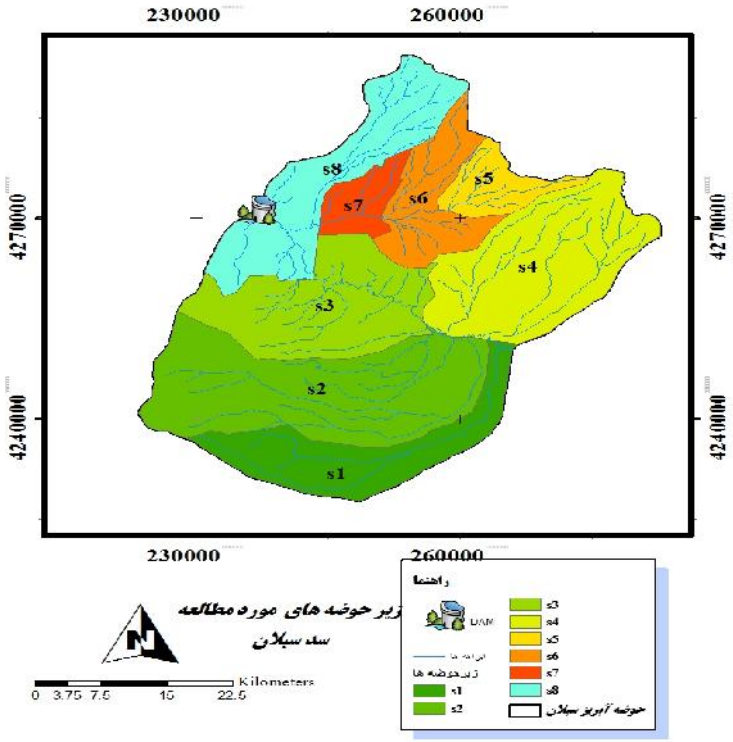
بدین ترتیب می‌توان با استفاده از روش WRASTIC میزان ریسک آلودگی آب هر حوضه سد را متناسب با شرایط ریسک بخش‌های مختلف حوضه آبریز آن بطور یکپارچه برای کل حوضه محاسبه نمود و نهایتاً میزان ریسک سدهای مختلف مورد مطالعه را با یکدیگر مقایسه نمود.

این 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 خواهد پذیرفت. پس از بررسی وضعیت حوضه آبخیز در مورد هریک از این شاخص‌ها و نمره‌دهی آن، به‌منظور اعمال اهمیت پارامترها نسبت به یکدیگر هر پارامتر به طور جداگانه وزن دهی می‌گردد. حاصل ضرب نمره اختصاص داده به هر پارامتر، در اهمیت وزنی آن، امتیاز نهایی آن پارامتر را تشکیل داده و نهایتاً حاصل جمع امتیازات کلیه پارامترها امتیاز شاخص نهایی بوده است که در حقیقت نشان‌دهنده وضعیت حساسیت منبع آبی به ریسک آلودگی منبع آبی می‌باشد. با توجه به مبانی این روش هرچه شاخص نهایی عدد بزرگتری باشد حساسیت بیشتری نیز به ریسک آلودگی وجود دارد (۲۰،۲۱).

یافته‌ها

برای ارزیابی ریسک حوضه آبریز سد سبلان، حوضه مطالعاتی بر اساس مطالعات میدانی و بویژه پتانسیل‌های آلودگی و با استفاده از الگوهای هیدروگرافی به ۸ زیرحوضه تقسیم گردید و بر اساس حرف اول سد سبلان نامگذاری شد (S_1, S_2, S_3 ,S_4, S_5, S_6, S_7 ,S_8) (شکل ۲).

نتایج بررسی سطح ریسک آسیب پذیری حوضه آبریز سد سبلان نسبت به آلاینده‌ها با استفاده از روش WRASTIC به شرح جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۲. نقشه تقسیمات زیرحوضه‌های سد سبلان

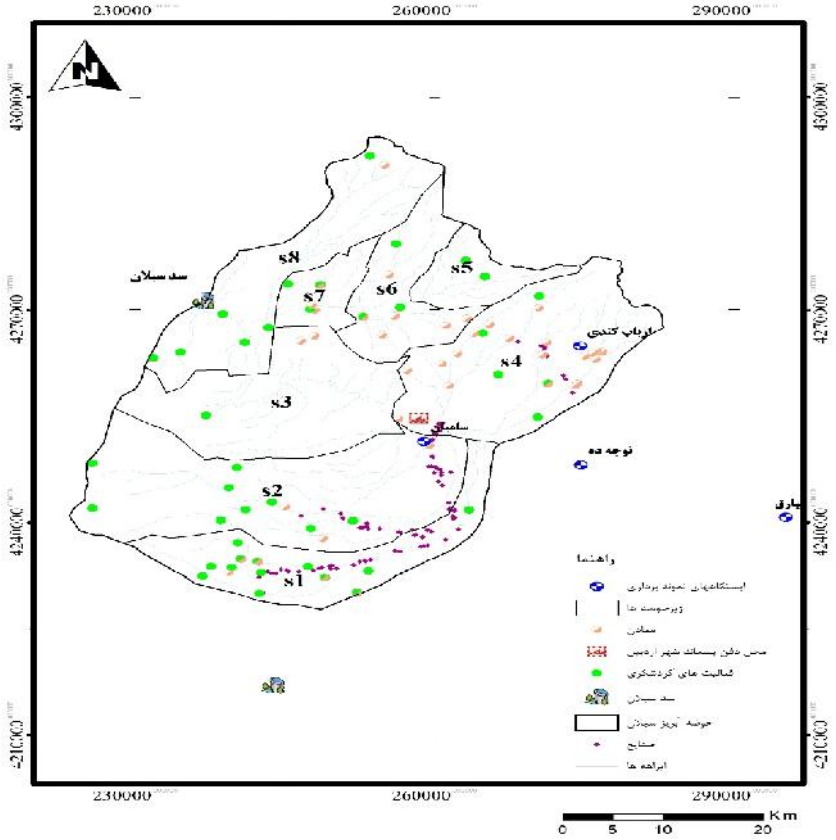
جدول ۵. طبقه بندی زیرحوضه‌ها از لحاظ امتیاز و طبقه ریسک با استفاده از مدل وراستیک

بخش مطالعاتی	امتیاز ریسک	طبقه ریسک
S1	۶۹	زیاد
S2	۶۳	زیاد
S3	۳۳	متوسط
S4	۶۶	زیاد
S7	۲۳	کم
S5	۲٤	کم
S6	۳۳	متوسط
S8	۳۲	متوسط

مقادیر ریسک مشخص شده بر اساس اجزاءِ شاخص مدل وراستیک در حوضه آبریز سد سبلان به شرح زیر بدست آمد:

شاخص تخلیه فاضلاب به منابع آب (W)

برای تعیین مقدار و منابع تولید فاضلاب درحوضه سد سبلان ضمن برآورد کل جمعیت ساکن شهری و روستایی در منطقه مطالعاتی و نحوه دفع فاضلاب انسانی که به صورت چاه جذبی و یا در مناطق مسکونی کنار رودخانه‌ها؛ مراکز صنعتی و تفریحی، مراکز دفن زباله، کشتارگاه‌ها و مزارع پرورش ماهی و آب‌های گرم معدنی نیز شناسایی گردید (شکل ۳). نتایج نشان داد که فاضلاب و پسآب‌های تولید شده وارد رودخانه‌ها می‌شوند. نتایج رتبه‌بندی شاخص تخلیه فاضلاب مطابق جدول ۶ می‌باشد.



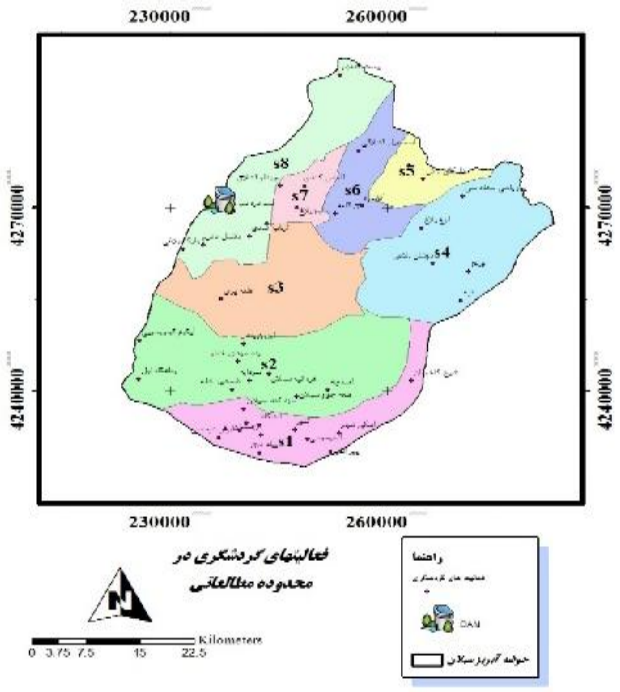
شکل۳. نقشه جانمایی مناطق مسکونی و صنایع حریم رودخانه‌هادرحوضه سدسبلان

جدول ۶. امتیازدهی شاخص تخلیه فاضلاب در زیرحوضه‌های سد سبلان

علل نمره دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
نمره دهی بر اساس جمعیت شهری و روستایی، رستوران‌ها، ویلاها و پلاژها، مراکز انتفال و دفع زباله، بیمارستان و مراکز نظامی می‌باشد.	۱۶	۱۶	۱۲	۱۲	٤	۸	۱۲	۱۲	٤	٤	٤	۳	۳	۱	۲	۳	۳

شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری (R)

در حوضه آبریز سد سبلان آبگرم قوتورسویی یکی از مناطق مهم تفرجی شهر مشگین می‌باشد که سالانه پذیرای انبوهی از مسافران است. به علت عدم مراعات گردشگران، مواد زائد جامد زیادی وارد رودخانه در این زیرحوضه می‌گردد (شکل ٤). رتبه‌بندی شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری حوضه مورد مطالعه مطابق جدول ۷ است.



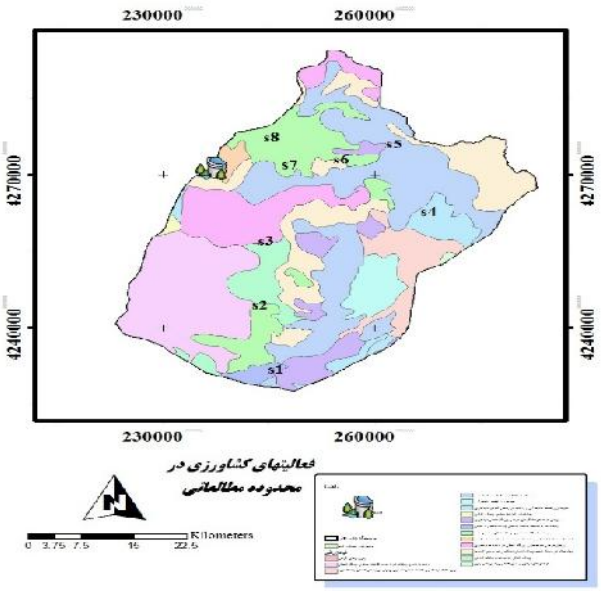
شکل ٤. جا نمایی مراکز تفریحی حوضه سد سبلان

جدول ۷. امتیازدهی شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری در زیرحوضه‌های سد سبلان

علل نمره دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
دسترسی ماشین‌ها و وجود چشمه‌های آبگرم و پیست اسکی و پیک‌نیک	۶	۶	۶	٤	٤	۲	٤	٤	۲	۳	۳	۳	۲	۲	۱	۲	۲

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 همینطور جانمایی فعالیت‌های کشاورزی، دامپروری، استخرهای پرورش ماهی و پرورش قارچ مشخص شد و در مدل مورد استفاده لحاظ گردید (شکل ۵). رتبه‌دهی شاخص فعالیت‌های کشاورزی در جدول ۸ آورده شده است.



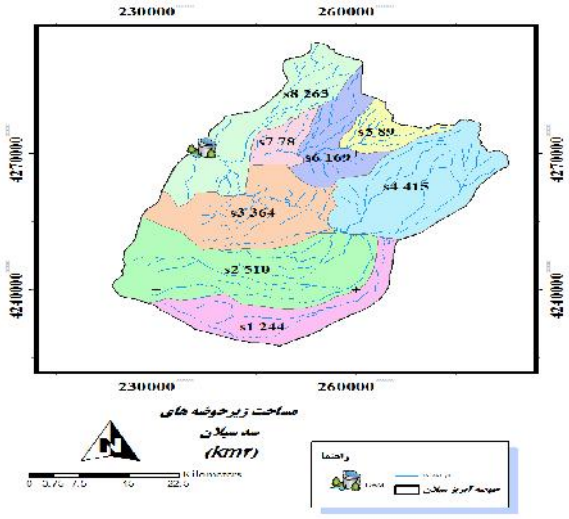
شکل ۵. نقشه مناطق مربوط به فعالیت‌های کشاورزی موجود در زیرحوضه‌های سد سبلان

جدول ۸. امتیازدهی شاخص فعالیت‌های کشاورزی در زیرحوضه‌های سد سبلان

علل نمره دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
باغ‌ها و مزارع کشاورزی (دیم) دامپروری، آبزی پروری و پرورش قارچ)	۸	۱۰	۶	۸	٤	٤	۶	۶	۲	٤	۵	۳	٤	۲	۲	۳	۳

شاخص بزرگی حوضه آبریز (S)

با استفاده از لایه‌های جغرافیایی و توانمندی نرم افـزار GIS بزرگی کل حوضه و زیرحوضه‌ها محاسبه گردید (شکل۶). رتبه‌دهی شاخص بزرگـی حوضـه آبریزسـد سبلان در جدول ۹ آورده شده است.



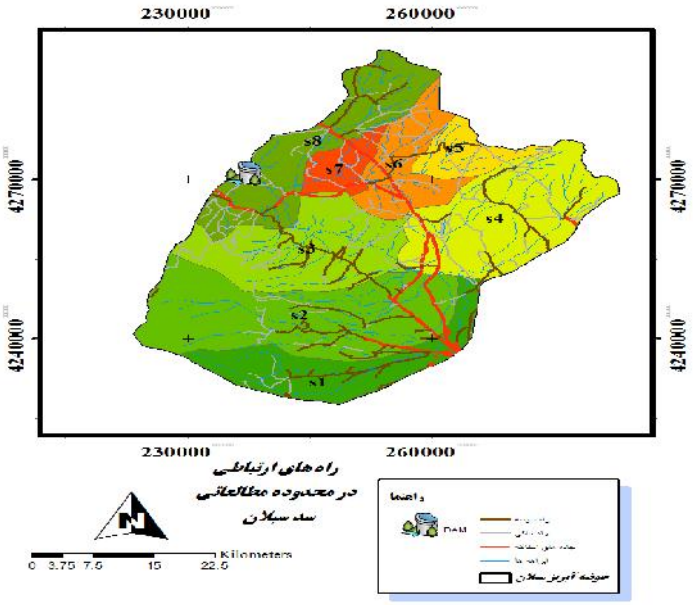
شکل ۶. نقشه مساحت حوضه و زیرحوضه‌های سد سبلان

جدول ۹. امتیازدهی شاخص اندازه حوضه در زیرحوضه‌های سد سبلان

علل نمره دهی	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
(زیرشاخص‌ها)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
اندازه حوضه به کیلومتر مربع	۳	٤	۳	٤	۲	۲	۳	۳	۱	۳	٤	۳	٤	۲	۲	۳	۳

شاخص راه‌های ارتباطی و حمل و نقل (T)

پارامتر راه ارتباطی از عوامل اساسی دخیل در برآورد مدل می‌باشد (شکل ۷). در این شاخص اندازه تقریبی راه‌ها و نحوه مجاورت آن‌ها با دریاچه سد مورد نیاز می‌باشد. شاخص راه‌های ارتباطی بر اساس نوع راه ارتباطی و حریم استاندارد آنها در حوضه آبخیز سد سبلان مورد بررسی قرار گرفت. رتبه‌دهی شاخص راه‌های ارتباطی و حمل و نقل در جدول ۱۰ آورده شده است.



شکل ۷. نقشه راه‌های ارتباطی موجود در زیرحوضه‌های سد سبلان

جدول ۱۰. امتیازدهی شاخص راه‌های ارتباطی در زیرحوضه‌های سد سبلان

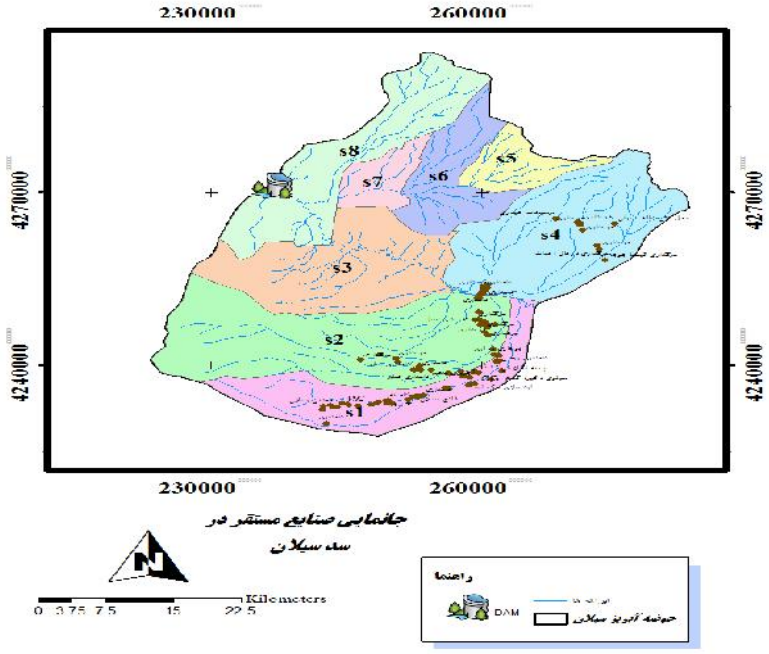
علل نمره دهی	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
(زیرشاخص‌ها)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
وجود یا عدم وجود راه ارتباطی	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱	۳	۳	۲	۲	۲	۲	۳	۲

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 حوضه آبخیز سد سبلان مورد بررسی قرار گرفت. مشخص‌کردن 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. بدین‌منظور واحدهای صنعتی فعال، در دست احداث و در مرحله

صدور مجوز بهره‌برداری مشخص و مختصات آنها بر روی نقشه حوضه مطالعاتی منتقل گردید (شکل ۸).

رتبه‌دهی شاخص اثر فعالیت‌های صنعتی در جدول ۱۱ آورده شده است.



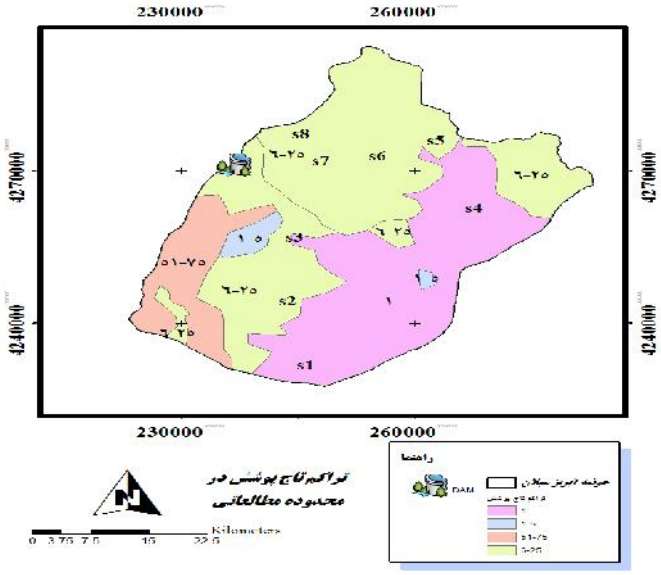
شکل ۸. نقشه جانمایی فعالیت‌های صنعتی موجود در زیرحوضه‌های سد سبلان

جدول ۱۱. امتیازدهی شاخص اثرات صنعتی در زیرحوضه‌های سد سبلان

علل نمره دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
حجم فاضلاب و تعداد واحدهای صنعتی و نوع واحدهای صنعتی	۳۲	۲٤	٤	۱٦	٤	٤	٤	٤	٤	۸	٦	۱	٤	۱	۱	۱	۱

شاخص پوشش گیاهی (C)

شاخص کاربری اراضی بر اساس نوع کاربری موجود و پتانسیل ریسک حاصل از آن در حوضه آبخیز سد سبلان مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۹). رتبه‌دهی شاخص پوشش گیاهی در جدول ۱۲ آورده شده است.



شکل ۹. تراکم تاج پوشش گیاهی موجود در زیرحوضه‌های سد

جدول ۱۲. امتیازدهی شاخص پوشش گیاهی در زیرحوضه‌های سد سبلان

علل نمره دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک								ضریب	امتیاز							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
پوشش گیاهی حوضه بر اساس آخرین آمار موجود	۵	٤	۳	٤	٤	٤	٤	٤	۱	۵	٤	۳	٤	٤	٤	٤	٤

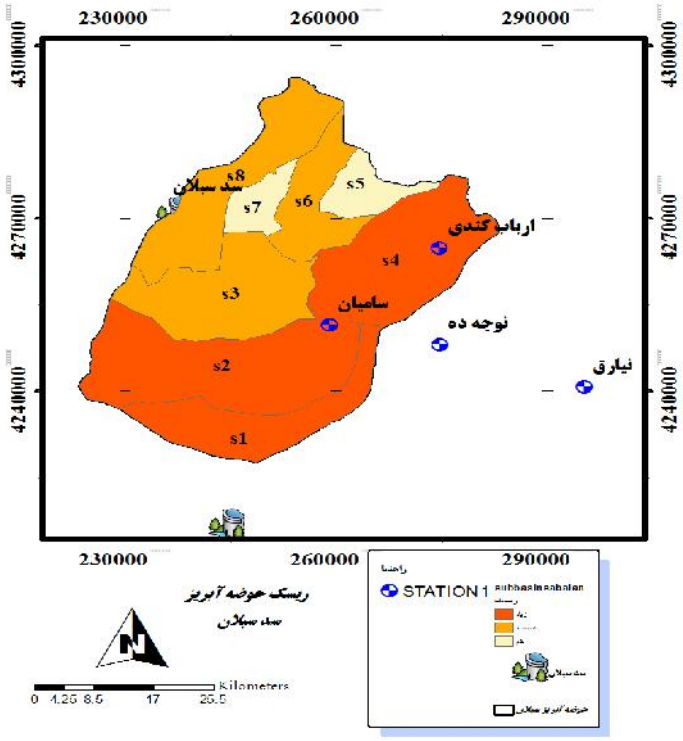
میزان نهایی ریسک حوزه آبخیز سد سبلان

نتایج نهایی ارزیابی ریسک آلودگی کل حوضه مشخص نمود که کل شاخص ریسک آلودگی آب سد سبلان برابر ٤۸/۲۹ 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 ۱۳). نتایج نهایی ارزیابی ریسک آلودگی آب حوضه آبریز سد سبلان در زیر حوضه‌ها در جدول ۱۳ آورده شده است.

جدول ۱۳. نتایج ارزیابی ریسک حوضه و زیر حوضه‌های آبخیز سد سبلان

نام بخش مطالعاتی (z)	مساحت (S_z)	ارزش ریسک (R_Z)	$R_{zi} * S_{zi} / SB$	طبقه ریسک
S1	۲٤٤	۶۹	۷/۹۰	متوسط
S2	۵۱۰	۶۳	۱۵/۰۷	متوسط
S3	۳۶٤	۳۳	۵/۶۳	پایین
S4	٤۱۵	٤۷	۱۲/۸۵	متوسط
S5	۷۸	۲۳	۰/۸٤	پایین
S6	۸۹	۲٤	۱	پایین
S7	۱۶۹	۳۳	۲/۶۲	پایین
S8	۲۶۳	۳۲	۳/۹۵	پایین
کل حوضه	۲۱۳۲	۳۲٤	٤۹/۸۶	-

نتایج حاصل از طبقه بندی ریسک با استفاده از مدل WRASTIC در حوزه آبخیز سد سبلان بر اساس محدوده امتیاز دهی در این مدل نشان داد که زیرحوضه S1 دارای میزان ریسک زیاد بوده و میزان ریسک زیرحوضه‌های S2، S4 در حد متوسط می‌باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. طبقه بندی ریسک آلودگی در حوضه آبریز سد سبلان

بحث

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک شاخص‌های تخلیه فاضلاب، فعالیت‌های تفریحی و گردشگری، فعالیت‌های کشاورزی، اندازه حوضه، راه‌های ارتباطی، فعالیت‌های صنعتی و کاربری اراضی نشان داد میزان ریسک برای زیرحوضه‌های S1, S2, S3 ,S4, S5, S6, S7 ,S8 به‌ترتیب برابر ۶۹، ۶۳، ۳۳، ۴۷ ، ۲۳، ۲۴، ۳۳، ۳۲ بود که بیشترین ریسک مربوط به زیرحوضه S1 و کمترین آن برای زیر حوضه S5 می‌باشد (جدول ۱۲). نتیجه حاکی از آن است که میزان ریسک از مناطق کم‌جمعیت و کمتر توسعه‌یافته صنعتی و تفریحی به مناطق پرجمعیت، توریستی و صنعتی افزایش می‌یابد. کریمی و همکاران، در ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب سطحی استان‌های سمنان، قم، مازندران و البرز به کمک روش WRASTIC مشخص نمودند که ریسک‌های زیاد و خیلی زیاد بدست آمده در حوضه مورد مطالعه به دلیل تمرکز جمعیت و فعالیت‌های مختلف صنعتی و کشاورزی می‌باشد (۲۲). نتایج پژوهش شیمتنگو[1] و همکاران در جنوب مالاوی نیز نشان دادکه بالا بودن ریسک حوضه آبریز رودخانه مورد مطالعه ناشی از افزایش فعالیت‌های انسانی بوده است (۱۴).

نتایج نهایی ارزیابی ریسک آلودگی کل حوضه (جدول ۱۲) مشخص نمود که کل شاخص ریسک آلودگی آب سد سبلان برابر ۴۹/۸۶ می‌باشد. مقایسه عدد بدست‌آمده با مقادیر کمی شاخص ریسک (جدول ۳) نشان می‌دهد که سد سبلان از نظر ریسک‌پذیری

[1] Chimtengo

آلودگی در طبقه متوسط- کم قرار دارد. نیک‌نیا در پژوهشی با استفاده از شاخص WRASTIC جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های سطحی حوضه آبریز رودخانه چهارباغ واقع در استان خراسان رضوی مشخص نمود که حوضه آبریز مورد مطالعه دارای ریسک آلودگی متوسط بود (۲۳). در مطالعه دیگری قربانی و همکاران در بررسی آسیب پذیری حوضه آبریز گلستان در استان خراسان رضوی با استفاده از روش WRSTIC ریسک حوضه مورد مطالعه را زیاد ارزیابی نمودند که ناشی از توسعه فعالیت‌های انسانی بود (۲٤). بر اساس ضوابط و معیارها شاخص WRASTIC حوضه‌هایی که در طبقه ریسک متوسط به بالا قرار می‌گیرند، موظفند تا ظرف سه سال برای از بین بردن یا کنترل عوامل ریسک، اقدامات کنترلی انجام دهند.

نتیجه گیری

نتایج مشخص نمود از مهمترین شاخص‌های آلوده‌کننده حوضه آبریز سد سبلان، ورود فاضلاب‌های خانگی و پساب فعالیت‌های آبزی‌پروری و کشاورزی و چشمه‌های آبگرم معدنی می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی و کاربرد این مدل در ارزیابی پتانسیل ریسک آلایندگی حوضه آبریز سد سبلان نشان‌دهنده میزان واقعی ریسک برآورده شده از عوامل ریسک موجود در منطقه می‌باشد. لذا این تحقیق مطلوبیت استفاده از مدل وراستیک را در ارزیابی ریسک آلاینده‌های سدهای مخزنی تایید می‌نماید. با توجه به اینکه در این مدل زیرمعیارهای عوامل موثر در شاخص‌ها به طور دقیق مورد بررسی قرار نمی‌گیرد، بنابراین پیشنهاد می‌گردد جهت تدقیق مدل در تحقیقات بعدی زیرمعیارهای شاخص‌های موثر در مدل با استفاده از روش‌های تلفیقی دیگری از قبیل فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فازی یا تاپسیس نیزمورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از طرح تحقیقاتی قرار داد شماره ۱۵۶۹/۹٤/ص مورخ ۳/۱/ ۹٤ با اداره کل حفاظت محیط زیست استان اردبیل می‌باشد.

References

1- Mostafavi H, Teimori A. Investigating multiple human pressure types in the southern Caspian Sea Basin Rivers at different spatial scales toward Integrating Water Resource Management (IWRM) in Iran. Anthropogenic Pollution Journal. 2018; 2(1): 38-47

2- Misra AK Climate change and challenges of water and food security. International Journal of Sustainable Built Environment. 2014;3 (1): 153-165.

3- Vice President for Strategic Planning and Supervision, Surface water quality monitoring guidelines. Publication No. 522. 2009.

4- Simeono, V, Stratis JA, Samara C, Zachariadis G, Voutsa D, Anthemidis A, Sofoniou M, Kouimtzis TH. Assessment of the Surface Water Quality in Northern Greece. Water Research. 2003; 37: 4119–4124

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

6- Nazari-Doust A. Risk Management of Pollution Lakes in Dam Lake Under Operation and Execution, Tehran Regional Water Company. Asarab Consulting Engineers Company Report. 2009;72.

7- Ministry of Energy, Vice President for Strategic Planning and Supervision, Office of Engineering and Technical Standards of Water and Water Supply and Sewerage, guide to studies on river self-purification capacity. Journal No. 481. 2010; 151.

8- Heller S. Managing Industrial Risk-having a Tasted and Proven System to Prevent and Assess Risk. Journal of Hazard Material. 2006; 130(1-2):58-63.

9- Ministry of Energy. Guide to risk management of pollution accidents in surface and groundwater resources. Journal No. 407 – A. 2013.
10- Valiallahi J, Soltani A, Ahmadi Eghbal M. Evaluating Climate Change and Anthropogenic effects on inducing Salt Storms & Aerosol Hazards Risk in Urmia Lake. Anthropogenic Pollution Journal. 2019; 3(1): 25-32.
11- Rebelo A, Ferra I, Gonçalves I, Marques AM. A Risk Assessment Model for Water Resources: Releases of dangerous and hazardous substances. Journal of environmental management. 2014; 140: 51-59.
12- EPA. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Grand Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings. National Service Center for Environmental Publications. EPA, 1987; 600:2-8.
13- Du X, Li X, Luo T, Matsuur N, Kadokami K, Chen J. Occurrence and aquatic ecological risk assessment of typical organic pollutants in water of Yangtze River estuary. 2013;18: 882-889.
14- Chimtengo M, Ngongondo C, Tumbare M, Monjerezi M. Analysing changes in water availability to assess environmental water requirements in the Rivirivi River basin, Southern Malawi. Physics and Chemistry of the Earth. 2014;Parts A/B/C, 67: 202-213.
15- Karimi S, Sadat Alavipour F, Ghorbaninia Z, Jafari HR. Combining WRASTIC methods with multi-criteria assessment methods and fuzzy model to assess the risk of surface water pollution (Case study: Tehran provinces, and part from neighboring provinces). Geography and Development. 2016;14(44):25-44.
16- Montazeralzohour1 M, Ghasemi Ziyarani1 E, Malmasi S, and Rafati3River M. 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. 2019, 2(1):1-6.
17- Williams N. USEPA State Source Water Assessment and Protection Programs Final Guidance (EPA 816-R-97-009). United States Environmental Protection Agency, 1445 Ross Avenue, Dallas, 2007; TX 75202-2733.
18- Hassanpour Korandeh H, Fataei E. Accident Risk Assessment of Dam Contamination Using WRASTIC Model (Case Study of Shafarood Dam, Guilan)/ Journal of Environmental Geology. 2013; 7(25):13-30.
19- East Azarbaijan and Ardabil Regional Water Company. Environmental Impact Assessment Report of Sabalan Dam. Netpa Consulting Engineers. 2005.
20- Diamantino C, Henriques M, Oliveira M, Ferreira J. Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems. Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources Portugal, Guimaraes. 2005; 73:11-14.
21- Gillentine J. State of New Mexico - Source water assessment and protection program. State of New Mexico. Environment Department, Drinking Water Bureau. 2000.
22- Karimi S, Sadat Alavipour F, Ghorbaniniya Z. 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. 2016; 14(44):25-44.
23- Niknia A. Chaharbagh River catchment pollution risk assessment using WRASTIC index. 7th National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, Tehran. 2014. https://civilica.com/doc/318630.
24- Ghorbani E, Azimi Qalibaf E. Pollution risk assessment of Golestan catchment using WRASTIC model. National Electronic Conference on Environment and Energy of Iran, Shiraz. 2014. https://civilica.com/doc/301799.