فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال هفتم، شماره ۲۵، زمستان ۱۳۹۲

ارزیابی ریسک سوانح منجر به آلودگی سدها با استفاده از مدل WRASTIC(مطالعه موردی سد شفارود گیلان، ایران)

حامد حسن پور کورنده[۱]، ابراهیم فتائی[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابنHasanpour66@gmail.com
۲- استادیار گروه محیط‌زیست ،دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اردبیل

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۸/۱۳

چکیده

امروزه بخش مهمی از آبهای مورد نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت از منابع آب سطحی تأمین می‌شود. افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی و همچنین توسعه در بخش‌های صنعت و کشاورزی باعث افزایش ریسک آلاینده‌گی منابع آبی شده است. لذا استفاده از ابزارهای مناسب جهت مدیریت کیفیت آبهای سطحی لازم و ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش پتانسیل-های آلودگی منجر به ریسک سد شفارود استان گیلان که در شمال ایران واقع شده است، در مرحله بهره‌برداری مورد مطالعه قرار گرفت. در این پژوهش با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیک حوضه آبخیز پتانسیل پذیرش آلودگی آن در برابر آلاینده‌ها پهنه‌بندی شدند. برای انجام این پژوهش از مدل WRASTIC و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. داده‌های مورد نیاز این الگو به سه شیوه تحقیق پیمایشی، مطالعات و گزارشات اسنادی و استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان جمع‌آوری شد. بدین منظور ابتدا با مطالعات میدانی نسبت به شناسایی منطقه مورد مطالعه اقدام گردید. در گام بعدی اقدام به شناسایی منابع آلاینده تأثیرگذار در حوضه آبخیز سد شفارود گردید. محل استقرار منابع آلاینده شناسایی شده از طریق GPS ثبت گردید سپس نقشه منابع آلاینده از طریق نرم افزار GIS تهیه گردید. در نهایت میزان ریسک منابع آلاینده از طریق مدل WRASTIC بر اساس شاخص‌های اصلی، وسعت منطقه و کاربری اراضی محاسبه گردید. میزان ریسک بدست آمده از محاسبه مدل نشان‌دهنده ریسک متوسط تا زیاد ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی برای این محیط هیدرولوژیکی است.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدیریت ریسک، منابع آب سطحی، تلفیق وزنی، طبقه‌بندی ریسک.

مقدمه

آب های سطحی یکی از منابع مهم آب برای میلیون ها نفر در جهان می باشد که آلوده شدن آن ها تاثیرات عمده‌ای برسلامت انسانها، فعالیت صنایع کشاورزی و محیط زیست دارد[۸]. وجود منابع مهم آلاینده‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی به منابع آبی و نفوذ این آلاینده‌ها به شبکه هیدرولوژیک موجب کاهش کیفیت آب سطحی می‌شود. کیفیت آبهای سطحی تحت تأثیر عوامل طبیعی(مانند فیزیوگرافی، خاک، زمین‌شناسی، بارش و و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی) قرار دارد. کیفیت

آب در هر نقطه از رودخانه منعکس کننده اثر چندین پارامتر شامل سنگ‌شناسی حوضه آبخیز، شرایط آب و هوایی و مواد آلاینده‌ای که منشأ انسانی و طبیعی دارند، می‌باشد[17]. ارزیابی ریسک سوانح آلودگی روشی متناسب و کم هزینه در شناسایی نواحی مستعد به آلودگی است. ارزیابی ریسک منابع آبی یکی از شاخص‌های مهم در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای آنهاست. حفاظت و نگهداری کیفیت آب در یک حوزه وسیع شامل دو مجموعه مشخصات هیدرولوژیکی و سیاست‌های مدیریتی منابع آب می‌باشد که به طور کلی می‌توان این دو مورد را توسط مؤلفه‌های ارزیابی ریسک بررسی و تشریح کرد.

شناخت کیفی آبهای سطحی به دلیل اهمیت آن بر سلامت انسان، محصولات زراعی و محیط‌های آبی بسیار مهم است [۷].

سدها سازه‌های عظیم انسان ساخت هستند که از یک طرف به لحاظ پیچیدگی و تعدد مشخصه‌های گوناگون و از طرفی دیگر به علت سرمایه گذاری‌های سنگین، می باید ایمنی بالایی برای آنها قائل شد [۳].

آسیب دیدن و شکست سدها اگرهم با خسارت‌های جانی و مالی همراه نباشد، می تواند لطمه زیادی به بخش اجتماعی و محیط زیست تلقی شود. بنابراین با تغییرات مناسب در طراحی و ساخت، تا اندازه زیادی می‌توان بر تخریب‌های حاصل از احداث سدها بر محیط زیست فائق آمد [٦].

مفهوم ارزیابی ریسک محیط زیستی، مشخص کننده این است که در صورت بروز تنش، خطرها با چه شدتی و تا چه مسافتی محیط‌های انسانی و طبیعی را تهدید می‌کنند [9]. ارزیابی ریسک محیط زیستی گامی فراتر از ارزیابی ریسک بوده و درآن علاوه بربررسی وتحلیل جنبه های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیط زیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیط زیست متأثر و همچنین ارزش‌های خاص زیست محیطی منطقه نیز در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته می‌شود [13]. ارزیابی ریسک محیط زیستی به عنوان نیاز قانونی برای فعالیت‌هایی است که دارای قدرت مخرب بر روی سلامتی انسان و یا محیط زیست هستند [15].

بنابراین استفاده از روش های ارزیابی ریسک محیط زیستی یکی از ابزارهای مهم در مطالعات مدیریت محیط زیست و شناسایی و کاهش عوامل بالقوه آسیب رسان محیط زیستی در حوضه آبخیز سد جهت حصول به توسعه پایدار است [۲].

بررسی سابقه استفاده از مدلWRASTIC در ارزیابی ریسک نشان می‌دهد که این روش در مقایسه با سایر روش‌ها کاربردی تر بوده است. در مطالعه ارزیابی ریسک سوانح آلودگی، هفت سد آب شرب در استان تهران میزان پذیرش ریسک آلودگی توسط هر سد مشخص شد و نقشه طبقات مختلف ریسک آلودگی تهیه و سپس برنامه مدیریت برای هر سد ارائه شد[۷]. در تحقیق دیگر که در حوزه آبخیز سانتافز در ایالت نیوجرسی آمریکا انجام گرفت اقدام به تشریح مدل شد و سپس با کمک عملیات میدانی و تولید نقشه‌ها در محیط GIS عدد شاخص ریسک بدست آمد و ضوابط و معیارها برای انجام دوره‌ای برنامه ارزیابی ریسک ارائه شد [12]. کاترینا دیامانتینو و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای بر روی حوضه آبخیز شانگهای چین با استفاده از مدل WRASTIC انجام دادند، نتایج منتهی به تعیین میزان آسیب‌پذیری حوضه در برابر سوانح آلودگی گردید که نتایج نشان دهنده

پتانسیل بالای منطقه در پذیرش ریسک آلودگی بود.

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز سدشفارود در ارتفاعات شمالی کوه‌های البرز در محدوده جغرافیایی'٤٠ °٤٨ تا ' ٠٥ °٤٩ طول شرقی و ' ٢٢ °٣٧ تا '٣٥ °٣٧ عرض شمالی واقع است. مساحت این حوزه ۳۵۰ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط آن ۱۵۵۷متر، شیب متوسط حوزه ۷/۷ درصد و طول رودخانه ٣٤/٥ کیلومتر است. رودخانه شفارود از رودخانه‌های مستقل حوزه آبریز دریای خزر بوده و در استان گیلان، در بخش هشت‌پر تالش واقع شده و جنوبی‌ترین رودخانه زیرحوضه تالش به شمار می‌رود. شفارود از ارتفاعات ۲۵۸۰ متری، سرچشمه گرفته و بخش مهمی از آن در منطقه کوهستانی قرار دارد [١و٤ و٥]. (نقشه ۱)

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای تعیین پتانسیل سوانح آلودگی سد شفارود گیلان از مدل WRASTIC استفاده گردید مدل ارزیابی ریسک WRASTIC برای تعیین پتانسیل آلودگی آبهای سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل بر اساس شاخص‌های هیدرولوژیک منطقه و کاربری زمین بنا نهاده شده است. مدل مذکور نخستین بار در سال ۱۹۹۱ در آژانس بین‌المللی حفاظت محیط‌زیست در ایالت متحده آمریکا توسط انجمن آب ارائه شد و پس از آن توسط دپارتمان محیط‌زیست آب‌های سطحی در ایالت نیومکزیکو تعدیل و ارتقاء داده شد [11].

این مدل از هفت پارامتر مؤثر در انتقال آلودگی به شرح زیر تشکیل گردیده است:

۱- وجود تخلیه فاضلاب به منابع آب
۲- اثر فعالیت‌های تفرجی وگردشگر
۳- اثر فعالیت‌های کشاورزی
٤- بزرگی حوضه آبریز
٥- راههای ارتباطی و حمل و نقل
٦- اثر فعالیت‌های صنعتی
۷- پوشش گیاهی حوضه

واژه WRASTIC مخفف حروف اول هفت پارامتر اصلی تاثیرگذار در این روش می‌باشد. این هفت پارامتر در محیط نرم‌افزار GIS به صورت هفت لایه که تحلیل‌های لازم بر روی آن‌ها انجام می‌شود، ظاهر می‌گردند [11,14].

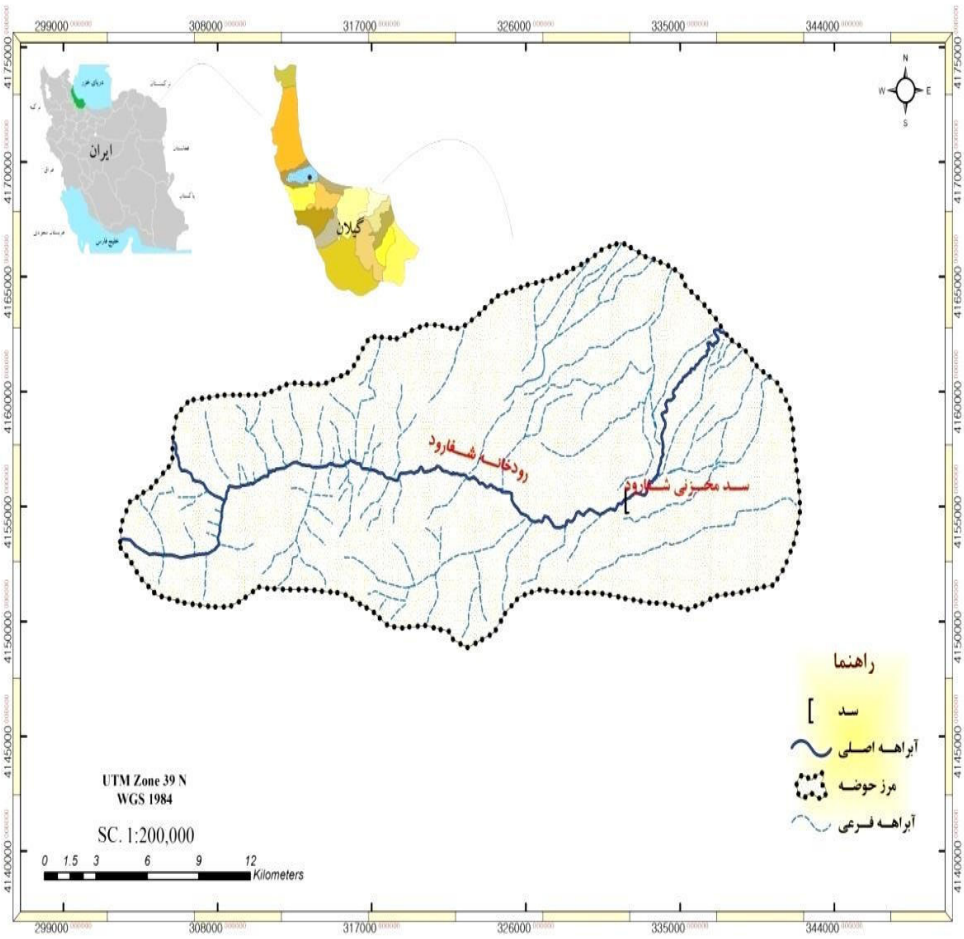
برای تعیین اهمیت نسبی هر کدام از عوامل هفت‌گانه‌ی استفاده شده در مدل، هر پارامتر نسبت به سایر عوامل ارزیابی می‌شود به طوری که به هر کدام با توجه به اهمیت تأثیر در آلودگی یک وزن نسبی، از یک تا پنج، تعلق می‌گیرد که پنج مؤثرترین و یک کم اثرترین آن‌ها است. در این مدل به بازه های هر یک از پارامترهای هیدرولوژیک نیز یک رتبه از ۱ تا ۵ بر اساس تأثیر آنها بر آسیب‌پذیری اختصاص داده می‌شود. بجز پارامتر اثرات صنعتی که امتیاز ۱ تا ۸ را به خود اختصاص می‌دهد که نشان از حساسیت مدل بر روی شاخص اثرات صنعتی می‌باشد جدول (۱).

چنانچه در جدول (۲) مشخص است برای ارزیابی ریسک آلودگی منابع آب سدهای مورد مطالعه صرفاً از شاخص‌های اصلی مدل WRASTIC استفاده نشده است بلکه تلاش گردیده تا با تعریف زیرشاخص‌ها و استفاده از اطلاعات وضع موجود برخی فاکتورهای کلیدی که می‌توانند بر ریسک آلودگی آب اثر داشته باشند نیز در نظر گرفته شوند و دلیل این امر این می

باشد که عدد بدست‌آمده از مدل به واقعیت نزدیکتر باشدتا محاسبه درست از پتانسیل بالقوه پذیرش آلودگی منطقه را به ما نشان دهد.در نهایت براساس امتیازدهی هر یک از پارامترها در محدوده‌های عددی تعیین شده در مدل و اعمال ضریب وزنی، نتایج با یکدیگر جمع می‌شوند که عدد حاصل نتیجه ارزیابی هرچه عدد حاصل از محاسبه مدل WRASTIC بزرگتر باشد، نشان دهنده پتانسیل ریسک آلودگی بالامی‌باشد.

فرمول محاسبه این مدل به شرح ذیل می‌باشد:

WRASTIC Index = WRWW + RRRW + ARAW + SRSW + TRTW + IRIW +CRCW



شکل ۱- موقعیت حوضه آبخیز سد شفارود و منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- نحوه محاسبه اندازه شاخص WRASTIC بر اساس پارامترهای مختلف

شاخص	وضعیت شاخص	امتیاز	امتیاز محدوده مطالعاتی	ضریب وزنی
تخلیه فاضلاب	خروجی تصفیه خانه‌های فاضلاب عمومی به حوضه تخلیه می شود و سیستمهای سپتیک تانک مجزا وجود دارد	٥		
	خروجی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عمومی به حوضه تخلیه می شود.	٤		
	بیش از ٥٠ سیستم سپتیک تانک مجزا وجود دارد	٣	١ - ٥	١ - ٥
	کمتر از ٥٠ سپتیک تانک مجزا وجود دارد	٢		
	هیچ تخلیه فاضلابی وجود ندارد	١		
فعالیتهای تفرجی	فعالیت قایقهای موتوری و دیگر تجهیزات موتوری در سطح دریاچه مجاز	٥		
	فعالیتهای غیر موتوری در سطح دریاچه مجاز است	٤		
	دسترسی ماشینها وجود دارد	٣	١ - ٥	١ - ٥
	دسترسی بدون ماشین وجود دارد	٢		
	فعالیت تفرجی وجود ندارد	١		
فعالیت‌های کشاورزی	پنج یا بیش از پنج فعالیت کشاورزی وجود دارد	٥		
	چهار فعالیت کشاورزی وجود دارد	٤		
	سه فعالیت کشاورزی وجود دارد	٣	١ - ٥	١ - ٥
	دو فعالیت کشاورزی وجود دارد	٢		
	یک فعالیت کشاورزی وجود دارد	١		
بزرگی حوضه آبریز	بیش از ١٩٤٢.٣٥ کیلومترمربع	٥		
	بین ٣٨٨.٤٧ - ١٩٤٢.٣٥ کیلومترمربع	٤		
	بین ١٥٥.٣٩- ٣٨٨.٤٧ کیلومترمربع	٣	١ - ٥	١ - ٥
	بین ٣٨.٥٥ - ١٥٥.٣٩ کیلومترمربع	٢		
	کمتر از ٣٨.٨٥ کیلومترمربع	١		
راهها و حمل و نقل	خطوط راه‌آهن و جود راههای بین استانی در سطح حوضه	٥		
	وجود بزرگراه در حوضه	٤		
	وجود بزرگراه‌های داخل استانی و راه‌های آسفالته	٣	١ - ٥	١ - ٥
	راه‌های خاکی و شوسه وجود دارد	٢		
	هیچ راه ارتباطی وجود ندارد	١		
ثر فعالیت‌های صنعتی	دارای تخلیه پساب خیلی بالا و تاثیر خیلی سنگین بر حوضه	٨		
	دارای تخلیه پساب بالا و تاثیر سنگین بر حوضه	٦		
	صنعت دارای تخلیه پساب متوسط ومحدود و تاثیر متوسط بر حوضه	٤	١ - ٨	١ - ٥
	صنعت دارای تخلیه پساب کم و محدود و تاثیر کم بر حوضه	٢		
	عدم وجود صنعت خاص در حوضه	١		
پوشش گیاهی حوضه	بین ٠ - ٥ درصد	٥		
	بین ٦ - ١٩ درصد	٤		
	بین ٢٠ - ٣٤ درصد	٣	١ - ٥	١ - ٥
	بین ٣٥ - ٥٠ درصد	٢		
	بیش از ٥٠ درصد	١		

جدول ۲- نحوه تلفیق فاکتورهای وضع موجود سد شفارود در پارامترهای اصلی شاخص WRASTIC

ردیف	پارامتر شاخص	زیرشاخص‌ها	حدود امتیاز	ضریب وزنی
۱	فاضلاب	جمعیت شهری و روستایی رستوران‌های بین‌شهری ، ویلاها و پلاژها مراکزانتقال و دفع زباله بیمارستان‌ها و مراکز درمانی مرکز نظامی	۵ - ۱	۳
۲	فغالیت‌های تفرجی	فعالیت قایق موتوری و غیرموتوری نوع و نحوه دسترسی به دریاچه یا منابع آبی منتهی به آن	۵ - ۱	۲
۳	فعالیت‌های کشاورزی	باغ‌ها و مزارع کشاورزی (آبی/دیم) دامپروری گلخانه‌های محصولات کشاورزی و محصولات زینتی	۵ - ۱	۲
٤	اندازه حوضه	مساحت حوضه	۵ - ۱	۱
۵	راه‌ها و حمل و نقل	نوع راه‌های موجود طول راه‌ها نحوه مجاورت با دریاچه یا منابع آبی منتهی به آن	۵ - ۱	۱
٦	اثرات صنعتی	شهرک‌های صنعتی انواع صنایع و واحدهای معدنی عمده فعالیت‌های آبزی‌پروری جایگاه‌های سوخت گیری (پمپ بنزین‌ها)	۸ - ۱	٤
۷	پوشش گیاهی	میزان پوشش گیاهی سطح زمین بر اساس آخرین آمار موجود	۵ - ۱	۱

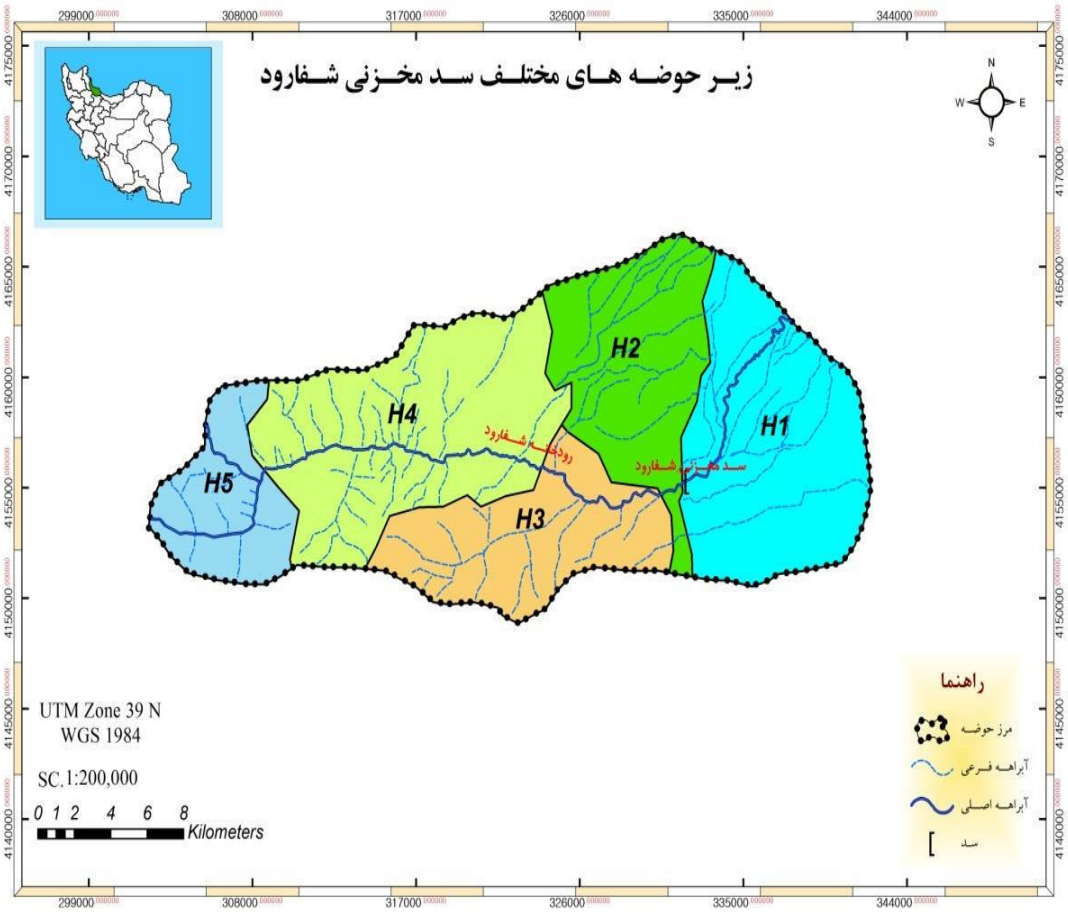
که در آن اندیس‌های هر فاکتور شامل موارد زیراست:

R : امتیاز فاکتورها

W : ارزش وزنی فاکتورها

از مزایای این روش می‌توان اندک بودن نسبی داده-های لازم، سهولت حصول داده‌ها، دقت آماری، هزینه کم و استفاده در مناطق وسیع را نام برد [6,10].

تنها محدودیت مدل WRASTIC، عدم انجام زون-بندی و حوضه آبریز سد می باشد. بدین منظور در تحقیق حاضر تلاش شده تا این محدودیت نیز مرتفع گردد.ارائه یک امتیاز واحد ریسک به کل برای این منظور با در نظر گرفتن فیزیوگرافی حوضه و شبکه هیدرولوژیک، ابتدا محدوده مطالعاتی به چند پهنه تقسیم گردیده و سپس هر پهنه، جداگانه مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل ریسک قرار گرفت (شکل۲).



شکل۲- زیرحوضه‌های مختلف سد مخزنی شفارود

پس از محاسبه عدد شاخص ریسک، مقدار آن‌را با مقادیر کمی شاخص ریسک مورد مقایسه قرار می‌گیرد (جدول ۳).

جدول(۳) طبقه بندی مقادیر کمی شاخص ریسک به روش WRASTIC

شاخص ریسک مدل WRASTI	میزان ریسک
بیش از ۵۰	زیاد
بین ۲۶ – ۵۰	متوسط
کمتر از ۲۶	کم

بکارگیری روش WRASTIC با تلفیق‌وزنی ارزیابی-ریسک بخشهای مطالعاتی حوضه‌ها نتایج کامل‌تری ارائه می دهد. زیرا اثر ریسک ارزیابی شده در زون-های مختلف حوضه با درنظر گرفتن سهم آن زون در مساحت کل حوضه در نتیجه نهایی اعمال خواهد شد بدین ترتیب نتیجه نهایی واقع گرایانه تر و سازگارتر با نتایج ارزیابی ریسک زیرحوضه‌ها خواهد بود. جهت تعیین ارزش وزنی هر بخش مطالعاتی و اعمال آن در ارزیابی‌ریسک سد مساحت هر بخش درنظر گرفته شده و نسبت سطح هربخش مطالعاتی به کل سطح حوضه آبریز محاسبه گردید. 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 با استفاده از رابطه (۱) میزان ریسک سد مورد مطالعه محاسبه گردید.

$$R_b = \sum_{i=1}^{n} \frac{R_{zi} \times S_{zi}}{S_b} \qquad (۱)$$

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

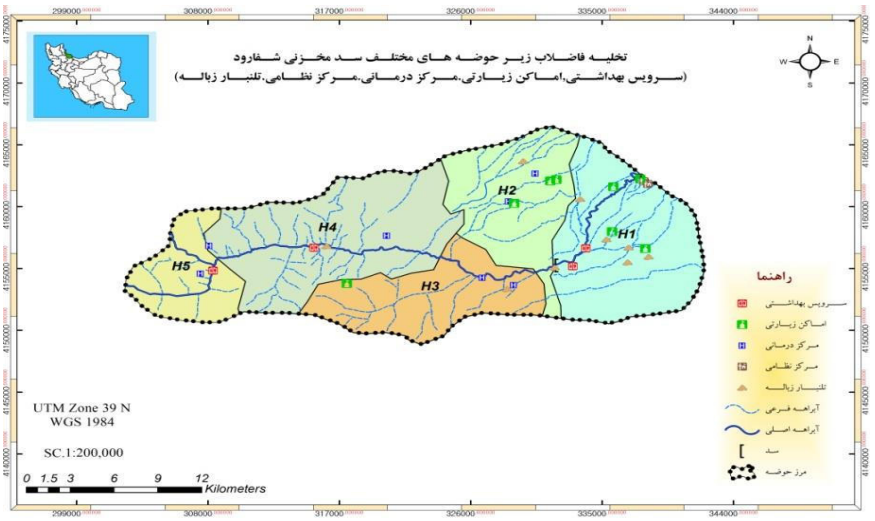
داده‌های مورد نیاز این الگو به سه شیوه تحقیق پیمایشی،مطالعات و گزارشات اسنادی و استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان جمع‌آوری شد.

نتایج

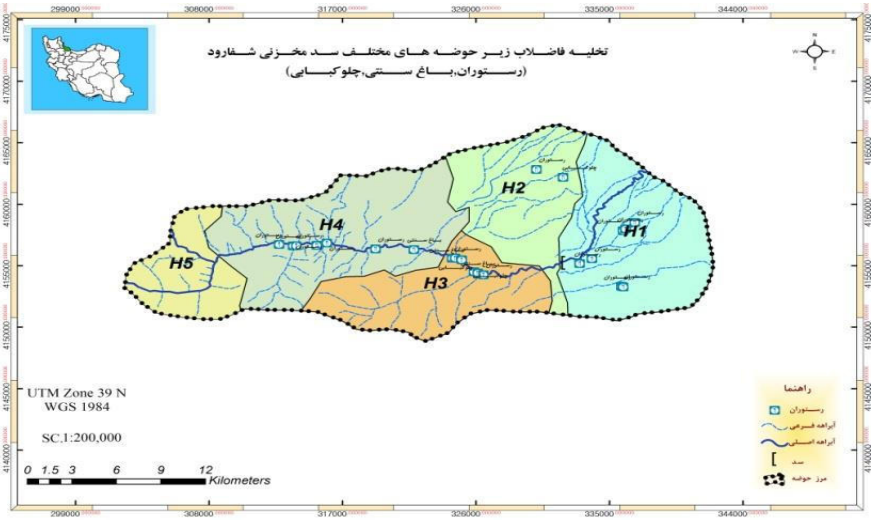
با استفاده از نقشه‌های رقومی تهیه شده و بر طبق جدول رتبه‌بندی شاخص‌های مختلف (جدول ۱)، اقدام به تهیه لایه‌های رتبه‌بندی شده گردید. این عمل با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGis 9.2 صورت گرفت و اجزای درون هر معیار در دامنه مشخص خود رتبه‌بندی شد.

شاخص تخلیه فاضلاب به منابع آب (W):

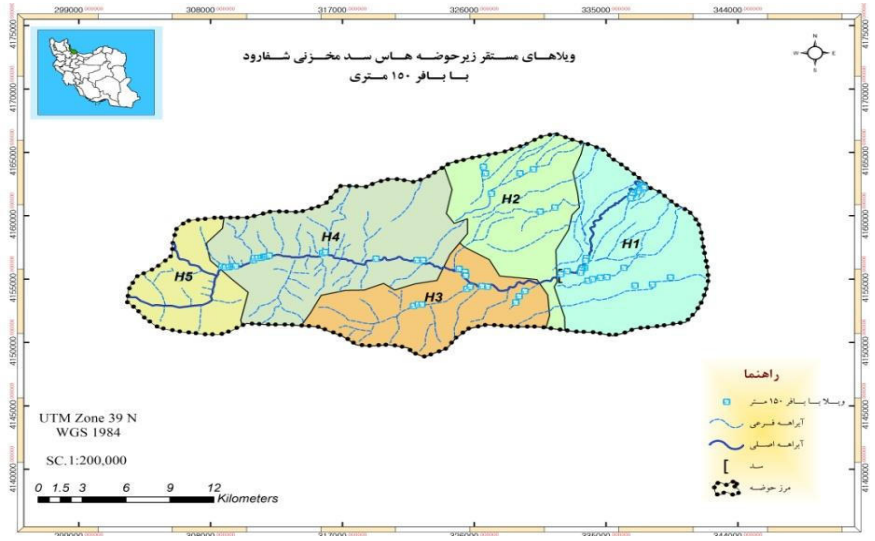
برای تعیین مقدار و منابع تولید فاضلاب در حوضه مورد مطالعه ضمن برآورد کل جمعیت ساکن شهری و روستایی در منطقه مطالعاتی و نحوه دفع فاضلاب انسانی، تعداد و محل رستوران‌ها، ویلاها، پلاژها، باغ-ها، هتل‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز درمانی، مراکز دفن پسماند، کشتارگاه‌ها، مراکز نظامی تعیین گردید (شکل۲و۳) بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست در خصوص حریم استاندارد تخلیه پساب و فاضلاب به رودخانه، بافر ۱۵۰ متری برای منابع تولید فاضلاب مذکور نقشه مربوطه تهیه گردید(شکل ٤). رتبه‌بندی شاخص تخلیه فاضلاب مطابق جدول ٤ می‌باشد.



شکل۳- جانمایی مراکز تخلیه



شکل٤-جانمایی مراکز تخلیه فاضلاب



شکل۵- ویلاهای مستقر با بافر ۱۵۰متری از حریم کیفی رودخانه

شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری (R)

شاخص فعالیت‌های تفرجی بر اساس وضعیت فعالیت‌های تفرجی در محل سد و حوضه تحت تأثیرمورد بررسی قرار گرفت . رتبه‌دهی شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری مطابق جدول (۵) می‌باشد.

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 (شکل ۵).

شاخص بزرگی حوضه آبریز(S)

با استفاده از لایه‌های جغرافیایی و توانمندی نرم افزار GIS بزرگی کل حوضه و زیرحوضه‌ها محاسبه گردید (شکل ٦). رتبه‌دهی شاخص فعالیت‌های کشاورزی و شاخص بزرگی حوضه آبریزدر جدول (٦) آورده شده است.

شاخص راه‌های ارتباطی و حمل و نقل(T)

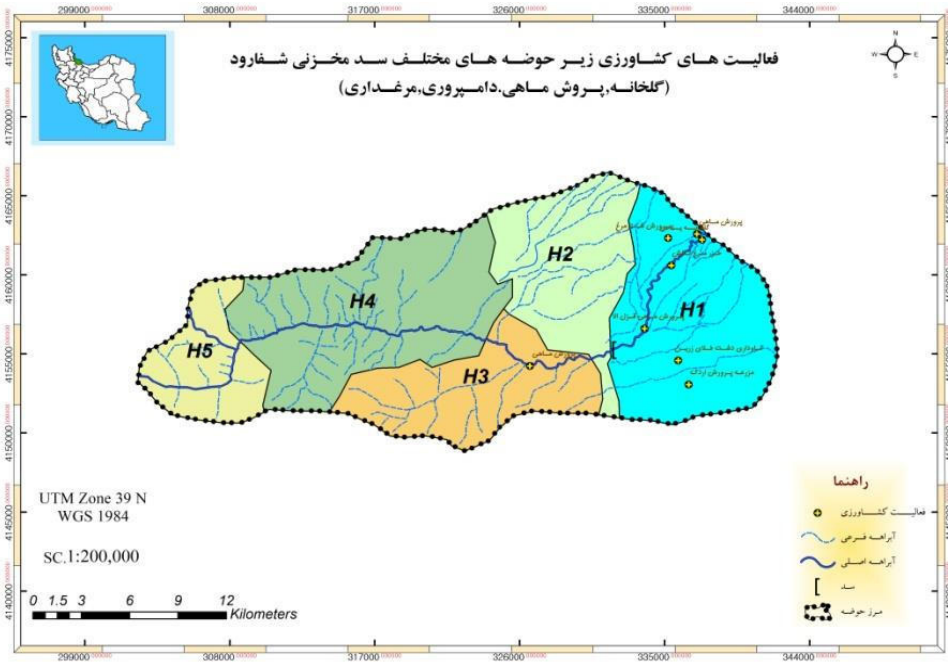
پارامتر راه ارتباطی از عوامل اساسی دخیل در برآورد مدل می‌باشد (شکل ۷) لازم به ذکر است که در این شاخص ما به اندازه تقریبی راه‌ها و نحوه مجاورت آن‌ها با دریاچه سد مورد نیاز می‌باشد.

جدول ٤- امتیازدهی شاخص تخلیه فاضلاب در زیرحوضه‌های سد شفارود

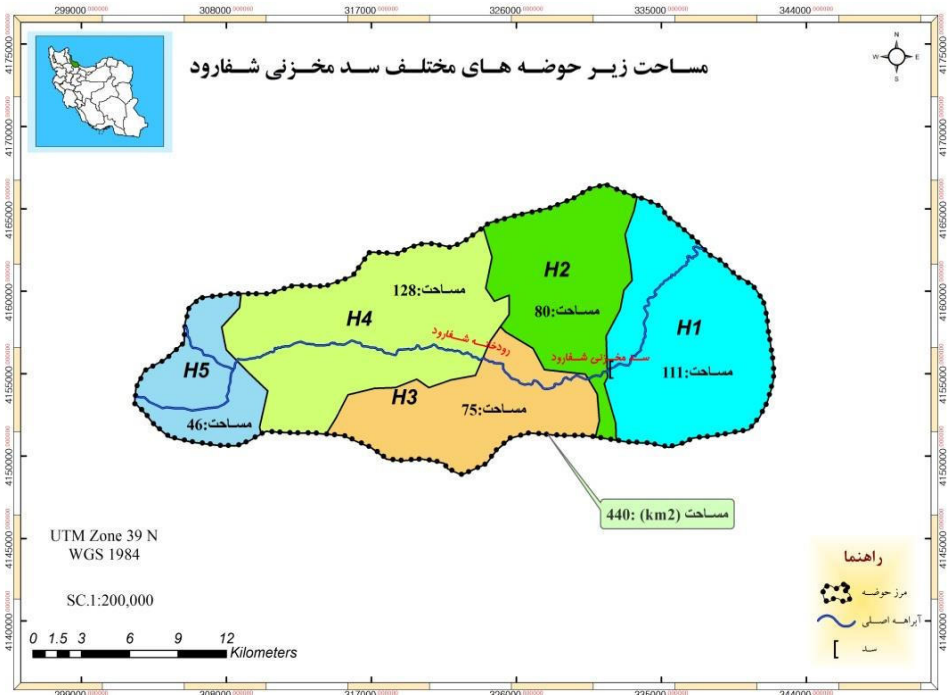
امتیاز					ضریب	شاخص ریسک					علل نمره دهی
H1	H2	H3	H4	H5		H1	H2	H3	H4	H5	(زیرشاخص‌ها)
۵	٤	۳	۳	۲	۳	۱۵	۱۲	۹	۹	٦	نمره دهی بر اساس جمعیت شهری و روستایی،رستورانها،ویلاها و پلاژها،مراکز انتقال و دفع زباله، بیمارستان و مراکز نظامی می‌باشد.

جدول ۵- امتیازدهی شاخص فعالیت‌های تفرجی و گردشگری در زیرحوضه‌های سد شفارود

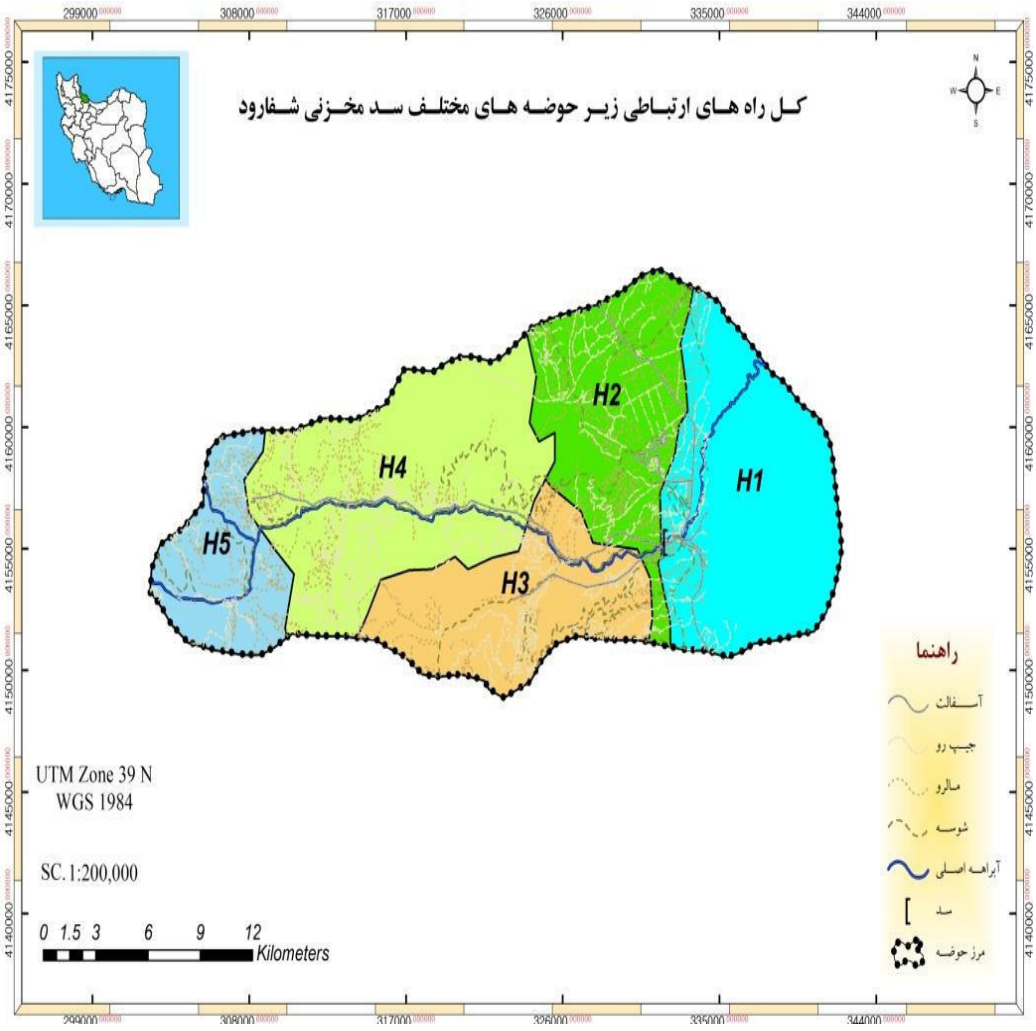
امتیاز					ضریب	شاخص ریسک					علل نمره دهی
H1	H2	H3	H4	H5		H1	H2	H3	H4	H5	(زیرشاخص‌ها)
۳	۳	۱	۳	۱	۲	٦	٦	۲	٦	۲	فعالیت‌های قایق موتوری و غیر موتوری، نوع ونحوه دسترسی به دریاچه



شکل ٦- مناطق مربوط به فعالیت‌های کشاورزی موجود در زیرحوضه‌های سد



شکل۷- مساحت حوضه و زیرحوضه‌های سد شفارود



شکل ۸- کل راه‌های ارتباطی موجود در زیرحوضه‌های سد شفارود

شاخص راه‌های ارتباطی بر اساس نوع راه ارتباطی و حریم استاندارد آنها در حوضه آبخیز سد شفارود مورد بررسی قرار گرفت رتبه‌دهی شاخص راه‌های ارتباطی و حمل و نقل در جدول ۸ آورده شده است.

شاخص اثر فعالیت‌های صنعتی (I)

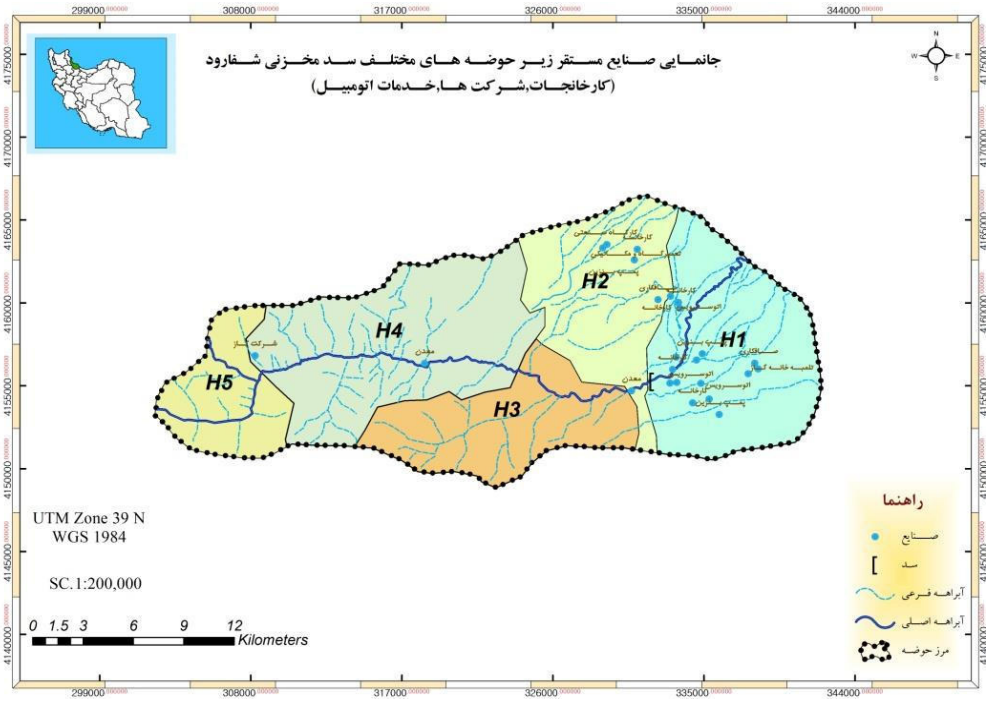
پتانسیل ریسک حاصل از شاخص فعالیت‌های صنعتبر اساس نوع فعالیت صنعتی آن به خصوص تخلیه فاضلاب در منابع آبی حوضه آبخیز سد شفارود مورد بررسی قرار گرفت مشخص کردن شهرک‌های صنعتی، انواع صنایع و واحدهای معدنی عمده و در نهایت بدست‌آوردن تعداد واحدهای صنعتی در هر زیرحوضه، و برآورد میزان فاضلاب تولیدی، آلاینده‌های 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 مرحله صدور مجوز بهره‌برداری مشخص و مختصات آنها بر روی نقشه حوضه مطالعاتی منتقل گردید شکل (۸). رتبه‌دهی شاخص اثر فعالیت‌های صنعتی در جدول ۹ آورده شده است.

شاخص پوشش گیاهی (C)

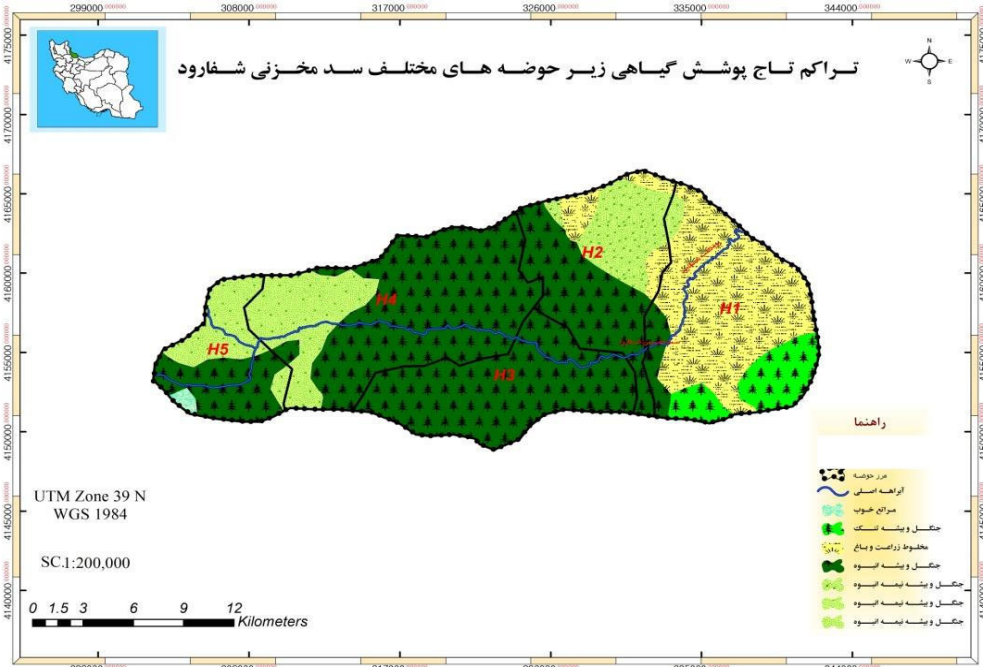
شاخص کاربری اراضی بر اساس نوع کاربری موجود و پتانسیل ریسک حاصل از آن در حوضه آبخیزسد شفارود مورد بررسی قرارگرفت (شکل ۱۰). نقشه تاج پوشش گیاهی از تلفیق نقشه‌های پراکنش جنگل و نقشه تاج پوشش گیاهی بر اساس آخرین آمار موجود در سازمان منابی طبیعی و جنگلداری استان گیلان در محیط GIS تهیه گردید. رتبه‌دهی شاخص پوشش گیاهی در (جدول ۱۰) آورده شده است.

جدول ٦- امتیازدهی شاخص راه‌های ارتباطی در زیرحوضه‌های سد شفارود

علل نمره دهی (زیرشاخص‌ها)	شاخص ریسک					ضریب	امتیاز				
	H5	H4	H3	H2	H1		H5	H4	H3	H2	H1
وجود یا عدم وجود راه ارتباطی	۲	۲/۵	۲/۵	۳/۵	۳/۵	۱	۲	۲/۵	۲/۵	۳/۵	۳/۵



شکل ۹- جانمایی فعالیت‌های صنعتی موجود در زیرحوضه‌های سد شفارود



شکل ۱۰- تراکم تاج پوشش گیاهی موجود در زیرحوضه‌های سد شفارود

میزان نهایی ریسک سوانح آلودگی حوزه آبخیز سد شفارود:

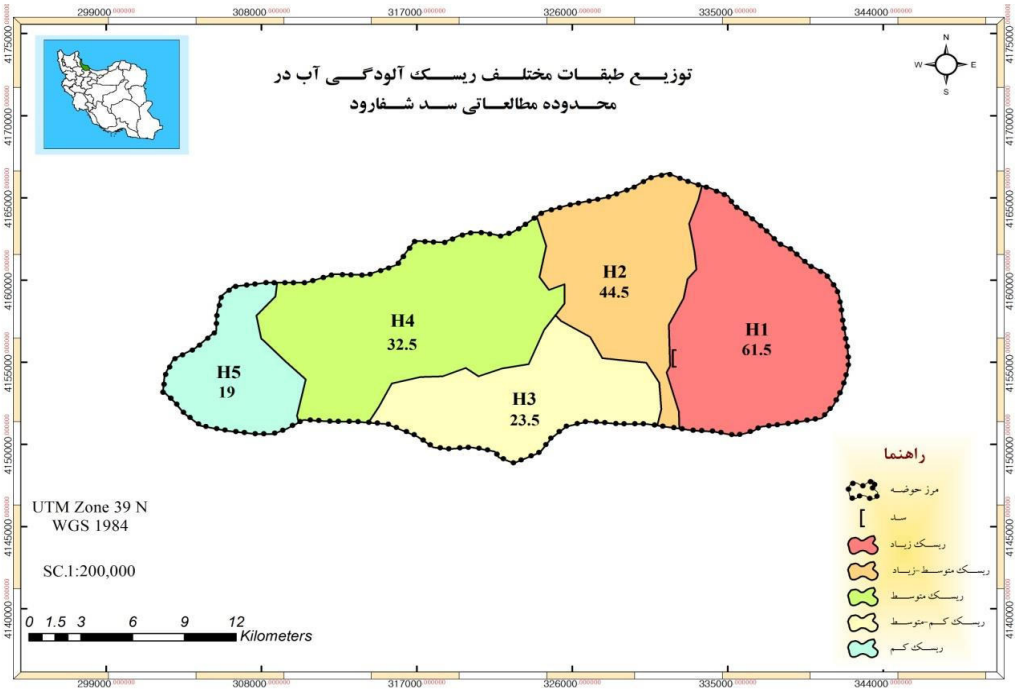
با توجه به اینکه مساحت هر یک از زیرحوضه‌ها متفاوت می‌باشد لذا جهت تعیین میزان ریسک نهایی کل حوضه از حاصلضرب مساحت زیرحوضه‌ها در

بحث

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک شاخص های، تخلیه فاضلاب، فعالیت‌های تفرجی، فعالیت‌های کشاورزی، اندازه حوضه، راه‌های ارتباطی، فعالیت‌های صنعتی و کاربری اراضی نشان داد میزان ریسک برای زیرحوضه‌های H1، H2، H3، H4 و H5 به ترتیب برابر ٦١/٥، ٤٤/٥، ٢٣/٥، ٣٢/٥ و ١٩ می‌باشد که بیشترین ریسک مربوط به زیرحوضه H1 و کمترین آن برای H5 می‌باشد (جدول ١٢). نتیجه حاکی از آن است که میزان ریسک از پایین‌دست به بالادست مشخص نمود که کل شاخص ریسک آلودگی آب سد شفارود برابر ٣٤/٠٧ می‌باشد.کاهش می‌یابد که علت آن کاهش دسترسی انسان به نتایج نهایی ارزیابی ریسک آلودگی کل حوضه علت صعب‌العبور بودن و افزایش ارتفاع برای انواع توسعه می‌باشد. لذا کنترل این ریسک‌ها با لحاظ مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست قابل کنترل خواهد بود. مقایسه مقادیر ریسک بدست آمده با مقادیر کمی شاخص ریسک مدل WRASTIC (جدول١) نشان می‌دهد که تنها زیرحوضه H1 دارای میزان ریسک زیاد بوده و میزان ریسک زیرحوضه‌های H2 و H4 درحد متوسط قرار داشته و دو زیرحوضه دیگر یعنی H3 و H5 از میزان ریسک کمتری برخوردارند (جدول١٢وشکل١١).

جدول ١٢- طبقه بندی ریسک بخشهای مطالعاتی حوضه آبریز سدشفارود

بخش مطالعاتی	امتیاز ریسک	طبقه ریسک
H1	٦١/٥	زیاد
H2	٤٤/٥	متوسط- زیاد
H3	٢٣/٥	کم- متوسط
H4	٣٢/٥	متوسط
H5	١٩	کم



شکل ۱۱- طبقات مختلف ریسک آلودگی در محدوده مطالعاتی سد شفارود

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک آلودگی کل حوضه (جدول ۱۲) مشخص نمود که کل شاخص ریسک آلودگی حوضه آبخیز سد شفارود برابر ۳٤/۰۷ می-باشد. مقایسه عدد بدست آمده با مقادیر کمی شاخص ریسک (جدول۳) نشان می‌دهد که سد شفارود گیلان از نظر ریسک پذیری آلودگی در طبقه متوسط قرار دارد. 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.

تحلیل کلی از نتایج ارزیابی ریسک نشان داد که ورود فاضلاب‌های کشاورزی و انسانی در مناطق پرجمعیت شهری و همچنین احتمال وقوع ریسک‌های تکتونیکی در ساختگاه سد و به دنبال آن شکست سد منجر به وقوع ریسک‌های طبیعی از جمله سیل در حوضه مورد مطالعه بود. علت بالابودن عدد شاخص ریسک در زیرحوضه H1 و H2 تحت تأثیر بودن این زیرحوضه‌ها به ریسک‌های انسانی و طبیعی می‌باشد. در ۳ زیرحوضه باقیمانده عمدتاً تحت تأثیر ریسک-های طبیعی و تکتونیکی و انسانی با درجه کمتر می-باشند.

با توجه به عدد به دست آمده از محاسبه مدل، نظارت و کنترل فعالیتهای انسانی در مقیاس حوضه آبریز در جهت بهسازی شرایط بوم‌شناختی و منابع آبی این ناحیه ضرورت می یابد. در واقع ثبات رژیم تامین آب برای منابع آبی موجود در این ناحیه طی چند دهه گذشته به خاطر اجرای طرح‌های توسعه مقیاس بزرگ در بالادست حوضه رودخانه برهم خورده و در معرض تغییرات عمده در کمیت، کیفیت و تغییرات

فصلی می‌باشد .این طرح‌های توسعه نه تنها آب زیادی را از سیستم رودخانه برداشت و مصرف می کنند، بلکه زه‌آبهای زیادی را هم که حاوی آلاینده های مختلف هستند به درون شبکه رودخانه‌ای این ناحیه وارد می کنند .با توجه به اینکه اجرای هر گونه طرح توسعه در داخل حوضه و یا هر تغییری در میزان جریان آب رودخانه، خواه از نظر کیفی یا کمی نهایتاً در شرایط و تعادل طبیعی منطقه تأثیر گذار خواهد بود، مدیریت منابع آبی منطقه ضرورت می-یابد از راهکارهای لازم جهت مدیریت حوزه آبریز سد شفارود می توان موارد زیر را نام برد:

- پیاده سازی مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه آبریز
- اتخاذ و پیاده سازی استراتژی‌های مدیریت خشکسالی
- برنامه‌های بهره‌برداری از منابع آب حوضه آبریز سد شفارود منوط به تامین نیاز آبی منابع آبی در منطقه باشد،
- حفظ کیفیت آب شبکه رودخانه‌ای در حد کیفیت تعیین شده بوسیله سازمان حفاظت محیط‌زیست،
- قرار گرفتن حفاظت از موجودیت منابع آبی در اولویت‌های برنامه توسعه انسانی در منطقه.

نتیجه‌گیری

به‌دلیل بروز حوادث غیرمترقبه طبیعی یا انسان‌ساخت استفاده از روش‌های علمی در برآورد ریسک آلایندگی سدها به عنوان یکی از منابع مهم تأمین نیاز آبی 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 منطقه و کاربری زمین بنا نهاده شده است. هدف از این تحقیق معرفی این مدل برای کشور ایران و بررسی کارایی مدل در کشور برای برآورد ریسک سدها می‌باشد.

همچنین از جمله برنامه‌های پیشنهادی که بعد از انجام ارزیابی ریسک انجام می‌شود، مدل‌های ردیابی اثرات آلودگی در مخزن سد به روش MIKE و WASP و غیره می‌باشد که تأثیر بسزایی در ردیابی آلودگی احتمالی در مخزن سد خواهد داشت.

بدین‌ترتیب 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 نهایتا میزان ریسک سدهای مختلف مورد مطالعه را با یکدیگر مقایسه نمود.

منابع

۱- افشین، ی، (۱۳۷۳)، رودخانه‌های ایران، جلد دوم، انتشارات وزارت نیرو، شرکت مهندسین مشلور جاماب، تهران. ۲۲۳ ص.

۲- جان قربان، ش، (۱۳۸۷) ، ارزیابی و مدیریت ریسک محیط زیستی مناطق حساس اکولوژیک با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره- مطالعه موردی، منطقه حفاظت شده موند، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۱٦٥ص.

۳- جلالی، ح، (۱۳٦٦)، مجموعه مقالات اولین سمینار سدسازی در ایران، چاپ اول، نشر کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۲۸۲ ص.

٤. – شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس، (۱۳۷۵)، طرح سد مخزنی شفارود مطالعات مرحله دوم، گزارش هیدرولوژی، ۱۵۰ص.

۵- شرکت مهندسین مشاور نشتاک، (۱۳۷٦)، مطالعات جامع توسعه کشاورزی، حوزه آبریز سفیدرود-مرداب تالش، مطالعات تکمیلی منابع آب، جلد اول- واحد هیدرولوژیکی تالش، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. ص ۱-۳۰.

٦- نجمایی، م، (۱۳۸۲)، سد ومحیط زیست، وزارت نیرو کمیته ملی سدهای بزرگ، ص۵۵ - ۲۱.

۷- نظری دوست، ع، (۱۳۹۰)، ارزیابی ریسک آلودگی **سدهای** آب شرب در استان های تهران و البرز (ایران) . همایش ارائه ریسک آلودگی آب تهران، شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران،۲۸ آذر، ۱۹ص.

۸- فتائی، ابراهیم، ۱۳۹۱، ارزیابی کیفی آب های زیرزمینی چاه های بهره برداری دشت اردبیل، فصلنامه زمین‌شناسی و محیط-زیست، سال ششم، شماره ۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، ص ٦۵-۷٦.

9- Achterberg D, et al .(2003).Dam Safety Risk Analysis Methodology . U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation .Service Center Technical .Denver, Colorado,:28-31 PP.

10- Aller, L., Bennet, T., Leher, J. H., Petty, R. J. & Hackett, G., (1987).DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydro-geological setting", U. S. Environmental Protection Agency, Ada OK., USA. EPA 600/2-87-035:622p.

11- 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, 11-14 jully,73P.

12- Gallegos D, Lowance J, Thomas C. (2000). Watershed Vulnerability Estimation Using Wrastic New Mexico Water Quality Control Commission. Water Quality and Water Pollution Control in New Mexico. A Report Submitted to the Congress of the United States Pursuant to Section 305(b) of the Federal Water Pollution Control Act. Prepared by the NMED Surface Water Quality Bureau,104P.

13- Heller S. (2006). Managing Industrial Risk-having a Tasted and Proven System to Prevent and Assess Risk. Journal of Hazardous Material , PP:1-2.

14- NMED/DWB or Gillentine J. (2000). State of New Mexico - Source water assessment and protection program. State of New Mexico, Environment Department, Drinking Water Bureau,

15- Olsen T. et al. (2001) .Life Cycle Impact Assessment and Risk Assessment of Chemical-A Methodological, 400P.

16- Rosen, L., (1994), A study of the DRASTIC methodology with emphasis on Swedish conditions", Ground Water, Vol. 32: 278–285pp.

17- Singh, K. P., Malik, A., Mohan, D., Sinha, S., (2004). Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India):a case study.Water Research 38. 3980-3992PP.