نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال هجدهم- شماره ۶۶- پاییز ۱۴۰۳ Vol. 18, No. 66, Full 2024

بررسی وقایع آسیب‌زای رودخانه تالار با ارائه یک چارچوب پیشنهادی

علی آبگون[۱]، کیومرث ابراهیمی[۲*]، منصوره حیدری[۳]

تاریخ دریافت:٦ /١٤٠٢/٨ تاریخ پذیرش:١٤٠٢/١٠/٢٨
https://doi.org/10.22034/18.66.73

چکیده مبسوط

مقدمه

رودخانه‌ها به عنوان منابع حیاتی آب، نقش اساسی در حفظ سلامت محیط و موجودات زنده دارند. رودخانه‌های حاشیه خزر به عنوان سهل‌الوصول‌ترین منابع آب سطحی شناخته می‌شوند و متأسفانه در برخی موارد به عنوان محل دفع مواد آلاینده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این رودخانه‌ها ارتباط نزدیکی با مناطق جمعیتی و فعالیت‌های اقتصادی دارند و به همین دلیل، مشکلات مربوط به مدیریت آن‌ها به شدت گسترش یافته است. کیفیت آب رودخانه‌ها به طور مستقیم بر سلامت انسان‌ها و بوم‌سازگان‌های آبی تأثیر می‌گذارد. آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی، مانند تخلیه فاضلاب‌ها، می‌تواند به مشکلات جدی بهداشتی و محیط زیستی منجر شود. این چالش‌ها نیازمند رویکردهای مدیریتی و علمی چندجانبه برای توسعه استراتژی‌های حفاظتی است. پژوهشگران در مطالعات خود به تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر شدت سیلاب‌ها و فرسایش اشاره کردند و نیاز به تحلیل دقیق این تغییرات را مورد تأکید قرار دادند. این پژوهش به بررسی آسیب‌های وارده به رودخانه تالار می‌پردازد و چارچوبی برای تحلیل مخاطرات مشابه در سایر رودخانه‌های کشور ارائه می‌دهد. نتایج این تحقیقات نشان‌دهنده ضرورت همکاری میان نهادهای دولتی، محلی و جامعه مدنی برای ایجاد راهکارهای مؤثر در مدیریت پایدار منابع آبی است. با درک عمیق از چالش‌های موجود و اتخاذ شیوه‌های جامع مدیریت، می‌توان به حفاظت از این منابع ارزشمند و بهبود کیفیت زندگی عمومی کمک کرد.

مواد و روش

شاخص WRASTIC روشی سیستماتیک در ارزیابی مستعد بودن حوزه‌های آبخیز در آلوده کردن منابع آب سطحی است که در یک محیط هیدروژئولوژیک بر اساس مشخصه‌های عمده حوزه و کاربری اراضی ارائه شده است. این روش از سال ۲۰۰۰ رواج یافت و در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی ریسک آب‌های سطحی از جامع‌ترین روش‌های کاربردی است. در این روش در یک حوزه آبخیز، تخلیه فاضلاب (W)، اثرات کاربری‌های تفریحی (R)، اثرات کاربری‌های کشاورزی (A)، اندازه حوزه (S)، مسیرهای حمل و نقل (T)، اثرات کاربری‌های صنعتی (I) و مقدار پوشش گیاهی سطح زمین (C) به منظور تعیین حساسیت آلودگی آب سطحی مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرد. مقادیر عددی تعیین شده برای پارامترهای ذکر شده در مدل WRASTIC و با استفاده از معادله زیر جهت تعیین مقدار عددی شاخص WRASTIC برای یک حوزه استفاده می‌شود:

$$WRASTIC\ Index = W_rW_w + R_rR_w + A_rA_w + S_rS_w + T_rT_w + I_rI_w + C_rC_w$$

در این معادله اندیس r برای تخصیص امتیاز هر پارامتر و اندیس w برای وزن پارامتر است. که مقدار w از ۱ تا ٤ و مقدار r از ۱ تا ۵ است که در پارامتر صنعت این مقدار ۱ تا ۸ درنظر گرفته می‌شود. بر اساس معادله فوق، هر چه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد، پتانسیل آلودگی حوزه بیشتر است. لازم به ذکر است که برای ارزیابی بهتر و دقیق‌تر باید از نظرات حرفه‌ای بهره گرفت.

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی شاخص WRASTIC برای حوزه آبخیز رودخانه تالار نشان‌دهنده حساسیت متوسط به آلودگی با نمره ۲٦/۵ است. این نمره نگرانی‌هایی را در ارتباط با ورود پساب‌های شهری و صنعتی، زهاب کشاورزی و تخلیه فاضلاب از چاهک‌های جذبی به نمایش می‌گذارد. منابع آلودگی مذکور، رودخانه را با خطر آلودگی شدید و پیامدهایی چون یوتری‌فیکاسیون و کاهش کیفیت آب مواجه ساخته است. علاوه بر این، افزایش جمعیت در نواحی نزدیک به منابع آبی تغییر کاربری اراضی را به دنبال داشته که منجر به افزایش ضریب رواناب و تشدید وقوع سیلاب‌ها می‌شود. این شرایط ممکن است خسارات جدی به زیرساخت‌ها، بوم‌سازگان‌های طبیعی و سلامت

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- استاد، گروه آموزشی علوم و فناوری‌های محیطی، دانشکده مهندسی انرژی و منابع پایدار، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول).
EbrahimiK@ut.ac.ir
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکوهیدرولوژی، گروه آموزشی علوم و فناوری‌های محیطی، دانشکده مهندسی انرژی و منابع پایدار، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

عمومی وارد کند. از دیگر نقاط ضعف شاخص WRASTIC، غفلت از وضعیت حیات‌وحش و زیستگاه‌های طبیعی در معرض خطر است که عمدتاً ناشی از جنگل‌زدایی و شکار غیرمجاز هستند. این مسائل نه‌تنها تهدیدی برای تنوع زیستی منطقه است، بلکه بر روی تعادل زیستی و کیفیت آب نیز تأثیر منفی می‌گذارند. بنابراین، ضرورت فراهم‌سازی یک چارچوب جامع و جدید برای ارزیابی دقیق‌تر وضعیت آلودگی و حفظ تعادل زیستی در این منطقه به وضوح احساس می‌شود. اتخاذ تصمیمات صحیح و اجرای مدیریت مناسب در این راستا می‌تواند به بهبود کیفیت آب، حفاظت از محیط زیست و تنوع زیستی کمک کند. حفظ و مدیریت پایدار منابع آبی و زیستگاه‌ها، نیازمند توجه جدی و همکاری تمامی ذینفعان است تا از این بوم‌سازگان‌های حساس و ارزشمند به بهینه‌ترین شکل ممکن استفاده شود.

نتیجه‌گیری

مدیریت بحران‌ها و تحلیل چالش‌های موجود در حوزه آبخیز رودخانه تالار، نیازمند شناسایی دقیق عوامل آسیب‌زا و توسعه یک چارچوب جامع برای تبیین ارتباط میان این عوامل است. این چالش‌ها شامل کاهش کیفیت آب، تغییر رژیم آبدهی، تغییر کاربری اراضی حاشیه، عدم رعایت حریم و بستر رودخانه، ساخت‌وسازهای غیرمجاز، فرسایش خاک و برداشت بی‌رویه مصالح است که ضرورت شناسایی، مدیریت و اولویت‌بندی مسائل موجود را برای حفظ کیفیت آب و پایداری محیط زیست به دنبال دارد. در این راستا، آب به‌عنوان منبع حیاتی نیازمند مدیریت و حفاظت مؤثر است و با توجه به تهدیدات ناشی از آلودگی و تغییرات اقلیمی، تدوین اصول مدیریت پایدار منابع آب امری ضروری به نظر می‌رسد. این اصول به تجزیه و تحلیل دقیق آسیب‌ها، نظارت مستمر بر کیفیت آب و ایجاد سیستم‌های پایش کیفی و کمی بستگی دارد. همچنین، فرهنگ‌سازی و آموزش عمومی نیز نقش کلیدی در حفظ این منابع دارد. با این حال، چالش‌هایی مانند کمبود منابع مالی و عدم همکاری میان نهادهای مختلف بر سر راه اجرایی کردن این اصول قرار دارد. بنابراین، بهره‌گیری از مفاهیم مدیریت یکپارچه منابع آب و همکاری میان سازمان‌ها، به همراه اقدامات فوری مانند توسعه زیرساخت‌های تصفیه آب و مدیریت فاضلاب، برای حفاظت از این نعمت الهی اجتناب‌ناپذیر است.

کلیدواژه‌ها: ***کیفیت‌آب، فاضلاب، ناپایداری مرفولوژیکی، محیط زیست.***

مقدمه

سهل‌الوصول‌ترین منابع آب در حوزه‌آبخیز حاشیه خزر، منابع آب سطحی، به ویژه رودخانه‌ها هستند که از دید عموم وسیله‌ای ارزان و ساده جهت دفع مواد زائد نیز محسوب می‌شوند.رودخانه‌های با جریان دائمی ارتباط گسترده‌ای با مراکز جمعیتی حاشیه‌ای خود دارند؛ بطوریکه این رودخانه‌ها منشأ بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی مسیر خود که عمدتاً بر اساس کسب و کارهای سنتی بنا شده‌اند، هستند. متناسب با حساسیت موجود و اهمیت رودخانه‌ها، امروزه مسائل و مشکلات مربوط به رودخانه‌ها نیز بسیار گسترده شده است. بطوریکه مدیریت آن‌ها را با مشکل مواجه کرده است. از طرف دیگر کیفیت آب عامل مهارکننده سلامتی در انسان‌ها و موجودات آبزی و کنارآبزی است. کیفیت آب در یک منطقه عمدتاً به وسیله اثرات طبیعی (نظیر هوازدگی سنگ‌ها، فرسایش خاک و آتشفشان) و به اثرات مربوط به فعالیت‌های انسانی (نظیر تخلیه فاضلاب، کاربرد سموم و کودهای شیمیایی و آلی کشاورزی) تعیین می‌شود [٦، ١٣ و ٢٧]. علاوه بر مواد آلاینده، مواردی از قبیل افزایش تقاضای آب بیشتر، معیارهای سطح بالای زندگی، و کاهش منابع قابل قبول آب باعث ایجاد وضعیت نامناسب اجتماعی و محیط‌زیستی در سراسر جهان شده است [١٤]. از میان سامانه‌های آبی، رودخانه‌ها به‌دلیل حمل پساب‌های شهری و صنعتی و زهاب‌های کشاورزی از آسیب‌پذیرترین منابع آبی به شمار می‌روند [٢٢]. مسائل مرتبط با کیفیت آب رودخانه تحت تأثیر عوامل مستقیم و غیرمستقیم قرار دارد. از آنجا که نامطلوب شدن کیفیت آب رودخانه، در واقع واکنش این بدنه آبی نسبت به تغییرات تحمیل شده است، لذا بررسی علل و عوامل این تغییرات و نحوه عملکرد آنان ضروری است. در راستای موضوع تحقیق حاضر عابدی و گنجی[١] به بررسی و آسیب‌شناسی عوامل مؤثر بر برداشت بی‌رویه شن و ماسه از رودخانه‌ها با استفاده از رویکرد دلفی فازی در رودخانه‌های خالکایی ماسال، قلعه رودخان فومن، پسیخان رشت و شمرود سیاهکل در استان گیلان پرداختند و طولانی بودن روند صدور مجوز، در نظر نگرفتن جریمه برای برداشت مازاد و اعطای مجوز برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه دانسته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد هم‌چنین رعایت عمق برداشت مصالح، پرکردن و تسطیح محل برداشت پس از انجام عملیات، رعایت زمان برداشت مصالح و احیای سایت‌های برداشت مصالح از موارد ضروری است که مورد بی‌توجهی قرار گرفته است. غلامیان و ایلدرمی [١٠] به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر دبی حداکثر سیلاب حوزه آبخیز سنقر پرداختند و دریافتند مقادیر حداکثر سیلاب در سال ٢٠١٥ نسبت به سال ٢٠٠٠ افزایش داشته که دلیل آن، تغییر کاربری اراضی و افزایش مساحت اراضی زراعی، باغی مشاهده شد. در پژوهشی مشابه، حشمتی و قیطوری [١٢] به بررسی بحران‌های محیط زیستی، عوامل و پیامدهای تغییر کاربری اراضی پرداختند. در این پژوهش، تشدید سیلاب، فرسایش و هدررفت منابع آب، کاهش تنوع زیستی به دنبال قطعه‌قطعه شدن جنگل‌ها، تشکیل کانون‌های گرد و غبار و تخریب زیستگاه‌ها از پیامدهای تغییر کاربری اراضی عنوان شده‌اند. رستمی و همکاران [٢٤] به ارزیابی کیفی رودخانه کنگیر ایوان با استفاده از شاخص NSFWQI و تأثیر کاهش بار آلاینده‌های نقطه‌ای در افزایش میزان شاخص با استفاده از مدل QUAL2KW پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق بیانگر کیفیت متوسط تا ضعیف آب رودخانه بوده که عمده دلیل کاهش کیفیت آب، تخلیه

فاضلاب قید شده است که احداث تصفیه‌خانه موجب ارتقای کیفیت رودخانه می‌شود. بیاتی خطیبی و همکاران [۵] به بررسی و برآورد اثرات هیدرولوژیک ناشی از تغییرات کاربری در حوزه اوجان‌چای پرداختند و دریافتند طی ۳۰ سال از مساحت مراتع کاسته و بر مساحت زمین‌های کشاورزی افزوده شده که نتیجه آن، تغییر نقطه تمرکز بالاترین حجم رواناب‌های تولیدی به سمت نواحی مستعد فرسایش حوزه است. رفیعی و آذری [۲۱] به ارزیابی اثرات احداث تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و کشاورزی بر بهبود روند کیفی و آلودگی رودخانه دز پرداختند و دریافتند که تصفیه فاضلاب شهر دزفول، پرورش ماهی، مجتمع هفت‌تپه و کارخانه کاغذسازی پارس و اقدامات اصلاحی در خصوص زهکش‌های کشاورزی مانند اصلاح نوع سیستم‌های آبیاری، کودهای مصرفی و الگوی کشت، تأثیر بسزایی در کاهش شدت آلودگی دارد. مصطفی‌نژاد و حسنی [۱۹] به بررسی آلودگی ناشی از تغییرات فیزیکی و شیمیایی رودخانه سقز پرداختند و دریافتند که منابع مهم آلوده‌کننده این رودخانه فاضلاب‌های شهری، زهاب کشاورزی و تخلیه مواد زائد است. پاشازاده‌لاله و همکاران [۲۰] به ارزیابی رودخانه آجی‌چای در محدوده دشت تبریز بر اساس تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های کیفی NSFWQ و IRWQI پرداختند. تحقیقات ایشان نشان‌دهنده وضعیت بد تا خیلی بد رودخانه در اکثر ایستگاه‌های نمونه‌برداری کیفی بخصوص قسمت‌های میانی دشت تبریز بوده که علت آن ورود فاضلاب‌های شهری و پساب صنعتی به رودخانه بوده و مدیریت و بهبود کیفیت آب این رودخانه از طریق شناسایی، پایش و کنترل مستمر منابع آلاینده، جلوگیری از تخلیه فاضلاب خام به رودخانه، الزام به تصفیه فاضلاب‌های صنعتی قبل از تخلیه به رودخانه و نظارت بر عملکرد تصفیه‌خانه‌های موجود (نظیر تصفیه‌خانه شهرک صنعتی چرمشهر) ضروری است. یوسفی و همکاران [۲۹] به بررسی اثرات شهرنشینی بر مورفولوژی رودخانه تالار پرداختند. مطالعه ایشان نشان داد که مناطق مسکونی طی دوره ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۳، با افزایش ۱۶۳۱ درصدی و نواحی جنگلی و پوشش گیاهی سواحل با کاهش به ترتیب ۹۹/۹ درصد و ۹۶/۲ درصد مواجه بوده، که توسعه نواحی مسکونی نقش پررنگی در کنترل شاخص‌های ژئومورفولوژیکی رودخانه، بخصوص باریک‌شدن عرض جریان دارد. صادقی تالارپشتی و همکاران [۲۶] به تعیین ضریب زوال آلودگی رودخانه‌های تالار و بابلرود پرداختند. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده آن است که مقدار متوسط ضریب زوال در رودخانه تالار در فصل بهار ۱/۵۷ و در تابستان ۶/۱۱ و در بابلرود، در بهار ۱/۲ و در تابستان ۸/۳۴ (day/۱) بوده است. هم‌چنین بر اساس تغییرات شیب نمودار اکسیژن محلول بدست آمده در هر دو رودخانه، در فصل بهار اکسیژن محلول مقادیر بیشتر (متوسط در تالار ۷/۴۷ و بابلرود ۷/۵۸ میلی‌گرم در لیتر) و در تابستان مقادیر کمتری (متوسط در تالار ۵/۱۵ و بابلرود ۵/۹۳ میلی‌گرم در لیتر) داشته است. در رودخانه تالار مقدار BOD در فصل بهار ۴/۳۴ و در تابستان ۷/۹ میلی‌گرم در لیتر و در بابلرود در بهار ۲/۹ و در تابستان ۳/۲ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده افزایش مقادیر آلاینده‌ها در فصل تابستان می‌است. صادقی تالارپشتی و همکاران هم‌چنین [۲۵] به بررسی تغییرات فصلی ضریب زوال آلودگی رودخانه تالار پرداختند و مقدار تغییرات میانگین DO از ۱۵/۵ در فصل تابستان تا ۴۷/۷ میلی‌گرم در لیتر در فصل بهار و تغییرات میانگین BOD از ۸۸/۱ در فصل پاییز تا ۹/۷ میلی‌گرم در لیتر در فصل تابستان ثبت شد. هم‌چنین، در روش استریتر فلپس کمترین مقدار ضریب زوال از ۱/۵۷ (1/day) در فصل بهار تا ۹/۶۳ (1/day) در فصل پاییز متغیر بوده است. مقادیر ضریب زوال رودخانه تالار با استفاده از مدل QUAL2Kw نیز از ۲ در فصل پاییز تا ۷/۷ (1/day) در فصل تابستان به ثبت رسید.

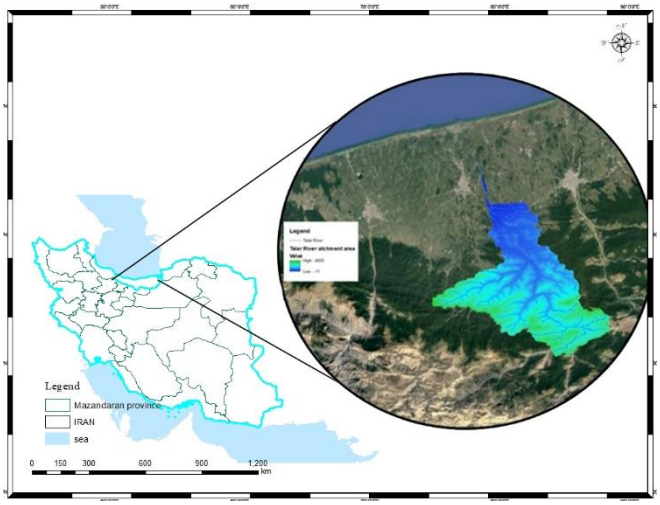
بررسی تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که هر کدام از آن‌ها جنبه‌ای از عوامل آسیب‌زا را مورد بررسی قرار داده است [۲]. عواملی اصلی نظیر تغییر کاربری اراضی، توسعه شهرنشینی و محدوده‌های مسکونی، ورود فاضلاب، زهاب کشاورزی و مواد زائد به جریان رودخانه هریک پتانسیل آسیب به رودخانه و تخریب زیست‌بوم را دارا هستند. نکته مهم در مورد حوزه‌های آبخیز شمالی کشور، تراکم بالای جمعیت ساکن در این ناحیه و گردشگرپذیری بالای آن است که فشار مضاعفی بر منابع طبیعی وارد کرده و سبب تحمیل تغییر بیشتر می‌شود. نتیجه آنکه مجموعه‌ای از چالش‌ها و آسیب‌ها در زنجیره به هم پیوسته درحال وقوع است که پژوهش حاضر با نگرشی جامع بر تحقیقات گسسته سایر محققان و انجام بازدیدهای میدانی، به ریشه‌یابی و ارائه یک چارچوب برای شناسایی و بررسی اثر این وقایع پرداخته است. لازم به تأکید است که آسیب‌شناسی منابع آب سطحی نیازمند بررسی جامع در بعد زمان و مکان است و تنها به موارد خاص محدود نمی‌شود. رودخانه تالار به‌عنوان یکی از بدنه‌های آبی پرتعامل با اجتماع و طبیعت پیرامون خود، با چالش‌های متعددی از سوی جامعه انسانی مواجه است. از این‌رو در مقاله حاضر به عنوان مورد مطالعاتی به بررسی چالش‌های این رودخانه پرداخته و سعی در ارزیابی کیفیت وقوع عوامل آسیب‌زا و روابط علت و معلولی آن شد.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

همان طور که در شکل(۱) نشان داده شده است، حوضه آبریز رودخانه تالار، ما بین طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه و ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ٤٤ ثانیه شرقی، و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۳ دقیقه و ٦۰ ثانیه و ۳٦ درجه و ٤٦ دقیقه و ۵۸ ثانیه شمالی واقع است. به لحاظ مرز آبشناسی درجه یک، این محدوده در حوضه آبریز دریای خزر و به لحاظ مرز آبشناسی درجه دو، در حوضه آبریز هراز- قره‌سو واقع شده است. جمعیت ساکن در این ناحیه در ۱۰ نقطه شهری و ٥٦٥ نقطه روستایی متمرکز شده‌اند.

رودخانه تالار، از رودخانه‌های مهم حوزه آبریز دریای خزر است



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fig 1. The geographical location of the study area

که در مسیر خود از شهرستان‌های سوادکوه و قائمشهر می‌گذرد و رواناب ارتفاعات سوادکوه و فیروزکوه را به دریای خزر تخلیه می‌کند. سرشاخه‌های این رودخانه به‌نام‌های کبیر و سرخاب در محلی به‌نام رواتسر بهم پیوسته و رودخانه تالار را تشکیل می‌دهد. طول این رودخانه ۱۵۰ کیلومتر و حوضه آبریز آن بالغ بر ۲۸۵۰ کیلومترمربع وسعت دارد. رودخانه تالار دارای رژیم برفی– بارانی است و در ورود به دشت دارای جریان مناسبی است که تقریباً تمامی آن به مصرف آبیاری مزارع و شالیزارهای منطقه می‌رسد و پساب‌های کشاورزی و سیلاب‌های آن نیز به دریا تخلیه می‌شود [٤].

رویکرد پژوهش حاضر، ضمن تمرکز بر رودخانه تالار به عنوان رودخانه معرف ، تهیه یک چارچوب پیشنهادی جهت انجام مطالعات آسیب‌شناسی رودخانه‌های کشور بوده است. چارچوب ارائه شده در این مطالعه، بر مبنای تجربیات پژوهشی و قضاوت‌های کارشناسی و با بهره‌گیری از گزارشات فنی موجود و مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی تهیه شده است.

روش WRASTIC

شاخص WRASTIC روشی سیستماتیک در ارزیابی مستعد بودن حوزه‌های آبخیز در آلوده کردن منابع آب سطحی است که در یک محیط هیدروژئولوژیک بر اساس مشخصه‌های عمده حوزه و کاربری اراضی ارائه شده است. این روش ابتدا در سال ۱۹۹۱ توسط سازمان امور آب آمریکا استفاده و بعد از آن توسط دفتر آب آشامیدنی اداره محیط زیست نیومکزیکو به کار گرفته شد. ورستیک از سال ۲۰۰۰ رواج یافت و در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی ریسک آب‌های سطحی از جامع‌ترین روش‌های کاربردی است. در این روش در یک حوزه آبخیز، تخلیه فاضلاب (W)، اثرات کاربری‌های تفریحی (R)، اثرات کاربری‌های کشاورزی (A)، اندازه حوزه (S)، مسیرهای حمل و نقل (T)، اثرات کاربری‌های صنعتی (I) و مقدار پوشش گیاهی سطح زمین (C) به منظور تعیین حساسیت آلودگی آب سطحی مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرد. مقادیر عددی تعیین شده برای پارامترهای ذکر شده در مدل WRASTIC و با استفاده از معادله (۱) جهت تعیین مقدار عددی شاخص WRASTIC برای یک حوزه استفاده می‌شود:

$$WRASTIC\ Index = W_r W_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w \quad (۱)$$

در این معادله اندیس r برای تخصیص امتیاز هر پارامتر و اندیس w برای وزن پارامتر است. که مقدار w از ۱ تا ٤ و مقدار r از ۱ تا ۵ بوده که در پارامتر صنعت این مقدار ۱ تا ۸ درنظر گرفته می‌شود. بر اساس معادله فوق، هر چه مقدار عددی این شاخص بیشتر باشد، پتانسیل آلودگی حوزه بیشتر است. لازم به ذکر است که برای ارزیابی بهتر و دقیق‌تر باید از نظرات حرفه‌ای بهره گرفت. از سوی دیگر در بررسی یک حوزه آبخیز و ارزیابی میزان حساسیت آن تهیه نقشه‌های گرافیکی WRASTIC از منطقه مورد نظر بسیارسودمند است.

جدول۱- محدوده حساسیت آلودگی شاخص WRASTIC [۳، ۲۶]

Table 1. Pollution sensitivity index range WRASTIC [3,26]

شاخص WRASTIC WRASTIC index	حساسیت آلودگی Pollution sensitivity
بیش از ۵۰ More than 50	زیاد Much
۲۶ تا ۵۰ 50 to 26	متوسط Medium
کمتر از ۲۶ Less than 26	**کم** Low

جدول ۲- امتیازدهی فاکتور تخلیه فاضلاب در روش WRASTIC [۳، ۲۶]

Table 2. Scoring the wastewater discharge factor in the WRASTIC method [3,26]

شاخص index	وضعیت شاخص index status	امتیاز دهی Scoring
وجود فاضلاب The presence of sewage	خروجی تصفیه خانه‌های فاضلاب عمومی به حوضه تخلیه می‌شود و سیستم‌های سپتیک تانک مجزا وجود دارد. The output of public sewage treatment plants is emptied into the basin and there are separate septic tank systems	5
	خروجی تصفیه خانه‌های فاضلاب عمومی به حوضه تخلیه می‌شود. The output of public sewage treatment plants is emptied into the basin	4
	بیش از ۵۰ سیستم سپتیک تانک مجزا وجود دارد. There are more than 50 separate septic tank systems	3
	کمتر از ۵۰ سیستم سپتیک تانک مجزا وجود دارد. There are less than 50 separate septic tank systems	2
	هیچ تخلیه فاضلابی وجود ندارد There is no sewage discharge	1

شکل۲- محل تخلیه فاضلاب کشتارگاه دام قائمشهر به رودخانه تالار

Fig 3. Qaemshahr livestock slaughterhouse sewage discharge point to the Talar river.

روش تحقیق

در تحقیق حاضر پس از تعیین مرز حوزه آبخیز و زیر حوزه‌های تشکیل‌دهنده آن هر یک از فاکتورهای شاخص WRASTIC در منطقه مورد مطالعه به شرح زیر تعیین شد:

فاکتور تخلیه فاضلاب(W)[1]

اطلاعات مربوط به کاربری‌های تخلیه فاضلاب منطقه از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان مازندران و اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان دریافت و با در نظر داشتن بازه زمانی تقریبا ۲۰ ساله (۱۳۸۲-۱۴۰۲) و هم‌چنین با کسب اطلاعات محلی و استخراج اطلاعات از سایت‌های اینترنتی [۱۱، ۱۸، ۱۵ و ۱۶] استفاده شد. مرتبط سایر اطلاعات مربوطه جمع آوری شد. پس از تعیین وضعیت کاربری‌های تفریحی در حوزه آبخیز تالار امتیاز مربوط به فاکتور W در این حوزه برابر عدد ۵ تعیین شد. امتیازدهی فاکتور مربوطه در جدول ۲ آورده شده است. همچنین شکل ۲ محل تخلیه فاضلاب کشتارگاه دام قائمشهر به رودخانه تالار را نشان می‌دهد.

فاکتور کاربری‌های تفریحی(R)[2]

مجدداً اطلاعات مربوط به کاربری‌های تفریحی مرتبط با آب در حوزه آبخیز رودخانه تالار از شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران، اداره کل حفاظت محیط زیست استان، با در نظر داشتن بازه زمانی ۲۰ ساله (۱۴۰۲-۱۳۸۲) و هم‌چنین اطلاعات محلی و هم‌چنین سایت‌های اینترنتی [۱۷] مرتبط جمع آوری شد. پس از تعیین وضعیت کاربری‌های تفریحی در حوزه آبخیز رودخانه تالار امتیاز مربوط به فاکتور R در حوزه برابر ۳ تشخیص داده شد. امتیازدهی فاکتور مربوطه در جدول ۳ آورده شده است.

فاکتور فعالیت‌های کشاورزی(A)[3]

اطلاعات مربوط به انواع کاربری‌ها و فعالیت‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه از اداره کل جهاد کشاورزی استان و نظام مهندسی کشاورزی و اداره منابع طبیعی استان مازندران تهیه و از طریق پرس و جوهای محلی و بررسی تصاویر ماهواره‌ای به‌روز منطقه از نرم افزار Google Earth تکمیل شد. در نهایت پس از تعیین

1. Wastewater discharge into water resources

2. Effects of tourism and recreational activities

3. Effects of agricultural activities

جدول ۳ - امتیازدهی فاکتور کاربری‌های تفریحی در روش WRASTIC [۳، ۲۶]

Table 3. Factor scoring of recreational uses in the WRASTIC method [3,26]

شاخص	وضعیت شاخص	امتیاز دهی
index	index status	Scoring
فعالیت‌های تفریحی Recreational activities	فعالیت قایق‌های موتوری و دیگر تجهیزات موتوری در سطح دریاچه مجاز است. The activity of motorized boats and other motorized equipment is allowed on the surface of the lake.	5
	فعالیت‌های غیرموتوری در سطح دریاچه مجاز است. Non-motorized activities are allowed on the lake surface.	4
	دسترسی ماشین‌ها وجود دارد. Cars are available.	3
	دسترسی بدون ماشین وجود دارد. There is access without a car.	2
	فعالیت تفرجی وجود ندارد. There is no recreational activity.	1

جدول-٤ امتیازدهی فاکتور فعالیت‌های کشاورزی در روش WRASTIC [۳، ۲۶]

Table 4. Factor scoring of agricultural activities in the WRASTIC method [3,2٦]

شاخص	وضعیت شاخص	امتیاز دهی
index	index status	Scoring
فعالیت‌های کشاورزی Agricultural activities	۵یا بیش از ۵ فعالیت کشاورزی وجود دارد. There are 5 or more agricultural activities.	5
	٤ فعالیت کشاورزی وجود دارد. There are 4 agricultural activities.	4
	۳ فعالیت کشاورزی وجود دارد. There are 3 agricultural activities.	3
	۲ فعالیت کشاورزی وجود دارد. There are 2 agricultural activities.	2
	۱ فعالیت کشاورزی وجود دارد. There is 1 agricultural activity.	1

انواع فعالیت‌های کشاورزی، امتیاز مربوط به فاکتور A در حوزه مورد مطالعه برابر ۵ تشخیص داده شد. امتیازدهی فاکتور مربوطه در جدول ٤ آورده شده است.

فاکتور اندازه حوزه آبخیز(S)[1]

پس از تهیه شیپ فایل مرز حوزه آبخیز و زیرحوزه‌های تشکیل‌دهنده آن مساحت هر یک از زیر حوزه‌ها در محیط نرم‌افزار Arc Map محاسبه شد. در نهایت با توجه به اندازه زیر حوزه‌ها و امتیاز فاکتور S در حوزه برابر ۱ تشخیص داده شد. امتیازدهی فاکتور مربوطه در جدول ۵ آورده شده است.

فاکتور راه‌های حمل و نقل(T)[2]

اطلاعات و فایل‌های مربوط به جاده‌ها و مسیرهای حمل و نقل در منطقه مورد مطالعه از اداره کل راه و شهرسازی استان مازندران دریافت شد و با بررسی تصاویر ماهواره‌ای به‌روز منطقه در نرم‌افزار Google Earth تکمیل و به روزرسانی شد. پس از تعیین وضعیت راه‌های ارتباطی، وجود و یا عدم‌وجود راه آهن در حوزه مطالعاتی هم‌چنین جاده های آسفالته و خاکی زیر حوزه‌ها، امتیاز فاکتور T در حوزه باتوجه به جدول (٦) برابر ۵ تشخیص داده شد.

فاکتور فعالیت‌های صنعتی(I)[3]

اطلاعات مربوط به آدرس و نوع فعالیت مراکز صنعتی در منطقه مورد مطالعه از اداره کل صنعت معدن و تجارت استان مازندران دریافت شد. هم‌چنین اطلاعات مربوط به چگونگی دفع فاضلاب مراکز صنعتی از شرکت‌های آب و فاضلاب استان مازندران تهیه شد. در نهایت پس از تعیین وضعیت فعالیت‌های صنعتی، تعداد، تراکم و نوع فعالیت‌های صنعتی و تخلیه فاضلاب آن‌ها امتیاز فاکتور I در حوزه تالار باتوجه به جدول(۷) برابر با ٦ تشخیص داده شد.

1. Size of the watershed
2. Transportation and roadways
3. Effects of industrial activities

جدول۵ – امتیازدهی فاکتور اندازه حوزه آبخیز در روش WRASTIC [۳، ۲۶]

Table 5. Scoring the watershed size factor in the WRASTIC method [3,26]

شاخص index	وضعیت شاخص index status	امتیاز دهی Scoring
اندازه حوضه Basin size	بیش از ۱۹٤۲/۳۵ کیلومترمربع More than 1942.35 square kilometers	5
	۱۹٤۲/۳۵ – ۳۸۸/٤۷ کیلومترمربع 388.47_ 1942.35 square kilometers	4
	۳۸۸/٤۷ – ۱۵۵/۳۹ کیلومترمربع 388.47 kilometers- 155.39 square	3
	۱۵۵/۳۹ – ۳۵/۸۵ کیلومترمربع square kilometers 155.39 – 38.85	2
	کمتر از۳۸/۸۵ کیلومترمربع Less than 38.85 square kilometers	1

جدول٦ – امتیازدهی فاکتور راه‌های حمل و نقل در روش WRASTIC [۳، ۲٦]

Table 6. Scoring of invoices of transportation ways in the WRASTIC method [3,26]

شاخص index	وضعیت شاخص index status	امتیاز دهی Scoring
راه‌ها وحمل ونقل Roads and transportation	خطوط راه آهن و وجود راه‌های بین استانی در سطح حوضه Railway lines and the presence of inter-provincial roads in the basin	5
	وجود بزرگراه در حوضه Existence of highway in the basin	4
	بزرگراه‌های استانی وراه‌های آسفالته در حوضه وجود دارد. There are provincial highways and asphalted roads in the basin	3
	راه‌های خاکی وشوسه در حوضه وجود دارد. There are dirt and dirt roads in the basin	2
	هیچ راه ارتباطی وجود ندارد. There is no way of communication	1

جدول۷– امتیازدهی فاکتور فعالیت‌های صنعتی در روش WRASTIC[۳، ۲٦]

Table 7. Factor scoring of industrial activities in the WRASTIC method [3,26]

شاخص index	وضعیت شاخص index status	امتیاز دهی Scoring
اثرات صنعتی Industrial effects	صنایع تخلیه بسیار شدید فاضلاب با اثرات خیلی زیاد دارند. Industries have very heavy discharge of sewage with many effects.	5
	صنایع تخلیه شدید فاضلاب با اثرات زیاد دارند. Industries have heavy discharge of sewage with many effects.	4
	صنایع تخلیه متوسط فاضلاب با اثرات متوسط دارند. The industries discharge medium wastewater with medium effects	3
	صنایع تخلیه بسیار کم فاضلاب با اثرات حداقل دارند. Industries discharge very little wastewater with minimal effects	2
	هیچ توسعه صنعتی در حوضه وجود ندارد. There is no industrial development in the basin	1

فاکتور پوشش گیاهی(C)[1]

به درصد پوشش گیاهی سطح زمین در هر زیر حوزه در محیط Arc Map محاسبه و امتیاز فاکتور C برابر ۱ تشخیص داده شد. امتیازدهی فاکتور مربوطه در جدول ۸ آورده شده است.

جدول۸– امتیازدهی فاکتور پوشش گیاهی در روش WRASTIC [۳، ۲۶]

Table 8. Vegetation factor scoring in the WRASTIC method [3,26]

شاخص index	وضعیت شاخص index status	امتیازدهی Scoring
پوشش گیاهی plant cover	پوشش گیاهی ۰-۵ درصد plant cover 0-5%	5
	پوشش گیاهی ٦-۱۹ درصد 6-19% plant cover	4
	پوشش گیاهی ۲۰ تا ۳٤ درصد Plant cover 20 to 34%	3
	پوشش گیاهی ۳۵ تا ۵۰ درصد Plant cover of 35 to 50%	2
	پوشش گیاهی بیش از ۵۰ درصد Plant cover of more than 50%	1

نتایج

مقدار عددی شاخص WRASTIC بر اساس معادله (۱) و مقدار وزن‌های جدول (۱) برای حوزه آبخیز رودخانه تالار برابر ۲٦/۵ محاسبه شد، که با توجه به جدول (۹) حساسیت آلودگی حوزه آبخیز رودخانه تالار متوسط نزدیک به کم است.

جدول۹ - وزن فاکتورهای شاخص WRASTIC [۳، ۲٦]

Table 9. Weight of WRASTIC index factors [3,26]

فاکتور Factor	علامت sign	وزن Weight
تخلیه فاضلاب Wastewater discharge	W	5
فعالیت‌های تفریحی Recreational activities	R	3
فعالیت‌های کشاورزی Agricultural activities	A	5
اندازه حوزه آبخیز Watershed size	S	1
راه‌های حمل و نقل Ways of transportation	T	5
فعالیت‌های صنعتی Industrial activities	I	6
پوشش گیاهی plant cover	C	1

بر اساس جمع‌بندی مطالعات مرتبط، قضاوت‌های کارشناسی، تلفیق تجارب سایر طرح‌های انجام شده توسط مؤلفین و بررسی‌های میدانی مخاطرات موجود در حوزه آبخیز رودخانه‌ها را می‌توان به مخاطرات مرتبط با زیستگاه‌های طبیعی، کیفیت آب، فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی، فرسایش و رسوب، کشاورزی و باغداری، مرفولوژی و هیدرولیک رودخانه، مدیریت بهره‌برداری از منابع آب، سیلاب و تغییر کاربری اراضی دسته بندی کرد. در جدول (۳) طبقه‌بندی مخاطرات ممکن یک حوزه آبخیز که پیشنهادی مقاله حاضر است به تفصیل ارائه شده است. عوامل ذکرشده در جدول (۳) بطور مستقیم و غیرمستقیم در ارتباط با یکدیگر بوده و به هیچ وجه به صورت مستقل عمل نمی‌نمایند. عبارت سامانه در مورد حوزه آبخیز، دلالت بر مجموعه‌ای به هم پیوسته و در تعامل با یکدیگر است. لذا تغییر در هر جزء واکنش سایر اجزاء را در راستای دستیابی به تعادلی جدید در سامانه به همراه خواهد داشت.

اثرات توسعه در سامانه یک رودخانه، درگام اول به صورت کاهش جریان طبیعی در اثر برداشت در جهت تأمین مصارف جلوه می‌نماید. آنچه در جوامع در حال توسعه دارای اولویت است، همانطور که از نامش پیداست امر توسعه است. افزایش درآمد از کوچک‌ترین واحد جامعه یعنی خانواده، تا سطح ملّی یکی از اهم مؤلفه‌های امنیت است. درهمین راستا فعالیت‌های زراعی و صنعتی افزایش می‌یابد. افزایش سطح فعالیت‌های اقتصادی، درکنار افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی، نیازمند نیروی کار بیشتر است، لذا جامعه به سوی افزایش جمعیت پیش خواهد رفت [۲۸]. نظر به اهمیت راهبردی امر توسعه، امکان بازگشت به شرایط پیش از توسعه از طریق کاهش سطح فعالیت‌ها ممکن نیست. در این مرحله فناوری با به‌روزرسانی و بهینه‌سازی ابزار و روش‌ها، کارایی فعالیت‌های اقتصادی را افزایش داده، به نحوی که ماده اولیه کمتری مصرف و درآمد افزایش یابد. بدون در نظر گرفتن چنین بهینه‌سازی‌های مستمری، تعادل مصرف و تولید و نیز عرضه و تقاضا برهم خورده، نواحی فعال اقتصادی، صنعتی و یا کشاورزی در راستای تأمین نیازها افزایش پیدا کرده و هرچه زمان بگذرد، به‌روزرسانی و ایجاد تغییرات مطلوب هزینه‌برتر و به شرایط ناممکن و غیرعملی نزدیک‌تر می‌شود. با فرض ثابت باقی ماندن جریان‌های آب سطحی به‌عنوان اولین محل تأمین نیازهای آبی، توسعه منجر به افزایش برداشت و کاهش جریان خواهد شد. با کاهش منابع آب رقابت در میان مصرف‌کنندگان جهت اختصاص سهم بیشتری از منابع آب افزایش می‌یابد.

باتوجه به جدول (۱۰) و مقدار عددی شاخص WRASTIC که با محاسبه از معادله شماره (۱) و مقدار وزن‌های موجود در جدول (۹) برای حوزه آبخیز رودخانه تالار برابر با ۲٦/۵ به دست آمد و با توجه به جدول (۱) حساسیت آلودگی حوزه آبخیز رودخانه تالار متوسط است. می‌توان نتیجه گرفت روش WRASTIC در مورد پارامتر تخلیه فاضلاب، درحقیقت توجه خود را به میزان تخلیه پساب معطوف داشته است. این درحالی است که حجم پساب تخلیه شده به آبراهه‌های محدوده مطالعاتی قابل توجه نبوده و مسئله مهم،

1. Watershed vegetation cover

تخلیه فاضلاب خام است. لذا روش WRASTIC در مورد پارامتر فاضلاب، در محدوده‌های مطالعاتی مورد نظر، دچار خوش‌بینی یا در اصطلاح، قضاوت دست‌پایین شده است.

روش WRASTIC به ورود پساب و فاضلاب‌هایی که توسط چاه‌های جذبی به منابع آب زیرزمینی نشت می‌کند، توجه نمی‌کند. همچنین بخشی از زهاب‌های کشاورزی، پسماند کودهای شیمیایی و سموم و آفت‌کش‌های مورد استفاده در کشاورزی نیز که به آب‌های زیرزمینی وارد می‌شود توسط این روش مورد توجه قرار نمی‌گیرد، در حالی که این امر منجر به آلودگی این منابع آب حیاتی می‌شود.

علاوه بر این، روش WRASTIC به تاثیر متقابل منابع آب سطحی و زیرزمینی توجهی ندارد. این محدودیت به ویژه در مناطق کم ارتفاعی که رودخانه‌ها به عنوان زهکش‌های طبیعی روباز توسط سفره‌های کم عمق آب‌زیرزمینی تغذیه می‌شوند، اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، زیرا تغذیه رودخانه‌ها می‌تواند تأثیر مستقیم بر کیفیت آب‌های سطحی داشته و حتی منجر به آلودگی آن‌ها شود.

همچنین، روش WRASTIC به آسیب‌پذیری حوزه‌های پایین‌دست ناشی از منابع آلودگی موجود در زیرحوزه‌های بالادست توجه نمی‌کند. این مشکل می‌تواند منجر به بروز آلودگی‌های غیرمستقیم در مناطق پایین‌دست شود که تحت تأثیر آلودگی‌های وارد شده از بالادست قرار دارند. افزون بر این، این روش اشاره‌ای به آلودگی‌های با منشأ زمین‌شناسی ندارد، در حالی که این نوع آلودگی‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی داشته باشد.

لذا بدلیل عدم توجه به عوامل فوق‌الذکر در روش WRASTIC، ارزیابی‌های مربوط به کیفیت و آلودگی منابع آب زیرزمینی ناکافی و ناقص است.

به عبارت دیگر از میان سامانه‌های آبی، رودخانه‌ها به دلیل حمل پساب‌های شهری و صنعتی و زهاب کشاورزی از آسیب‌پذیرترین منابع آبی به شمار می‌روند [۲۳]. رودخانه‌ها نخستین منبع آب مورد توجه بشر و وسیله‌ای ارزان و ساده برای دور نمون مواد زائد ناشی از زیست بشر محسوب می‌شود. بطور کلی عوامل طبیعی و انسانی بر کیفیت آب رودخانه‌ها اثرگذار هستند. از عوامل طبیعی می‌توان به رژیم آبدهی رودخانه (ریزش‌های جوی)، سازندهای زمین‌شناسی موجود در محدوده حوزه آبخیز، تبادل یونی بین آب‌های سطحی و زیرزمینی، وضعیت توپوگرافی منطقه، مجاورت با دریاها و یا خلیج و یا درجه حرارت (تغییرات فصلی) و فعالیت‌های مرتبط با پوشش گیاهی و جمعیت جانوری اشاره نمود. ورود فاضلاب و زهاب از مهم‌ترین عوامل انسانی آلوده‌کننده جریان رودخانه‌ها محسوب می‌شوند. فاضلاب‌های شهری باید از مسیرهای سربسته به محل تصفیه هدایت شوند و جهت خنثی‌سازی محیط قلیایی‌شان که محیطی مناسب برای رشد و نمو میکروب‌ها است، از کلر استفاده شود. از دیگر مشکلات فاضلاب‌های شهری می‌توان به فاضلاب‌های بیمارستانی و مراکز بهداشتی اشاره نمود. فاضلاب‌های صنعتی از صنایع مختلف حاصل شده و نسبت به نوع صنایع، ترکیبات شیمیایی مختلفی دارند و درصورت ورود به رودخانه‌ها و دریاها، آلودگی آب و مرگ آبزیان را در پی خواهند داشت. زهاب کشاورزی حاوی مقادیری نیترات، فسفات و بقایای سموم کشاورزی هستند که علاوه بر افزایش غلظت مواد یاد شده در آب رودخانه، هدایت الکتریکی آب را نیز افزایش خواهند داد. توسعه بخش کشاورزی و باغداری در کنار افزایش مطلق مصرف سموم به دلیل توسعه سطح اراضی (سم مصرفی در هر هکتار) کاهش زیستگاه‌های طبیعی و افزایش رقابت

جدول۱۰ - طبقه‌بندی پیشنهادی مخاطرات موجود در حوزه آبخیز رودخانه تالار

Table 10. Suggested classification of hazards in the Talar River catchment area

ردیف Row	گروه مخاطرات Risk group	موارد آسیب‌زا Traumatic things
1	زیستگاه‌های طبیعی Natural habitats	جنگل‌زدایی Deforestation کاهش جمعیت گونه‌های گیاهی و جانوری Decrease in the population of plant and animal species نامساعد شدن زیستگاه‌های آبی Deterioration of aquatic habitats شکار غیرمجاز Illegal Hunting محدود شدن زیستگاه‌های طبیعی در پی توسعه اراضی شهری و زراعی The limitation of natural habitats due to the development of urban and agricultural lands افزایش آتش‌سوزی مراتع و جنگل‌ها Increase in fires in pastures and forests بی توجهی به پتانسیل منابع طبیعی و توان بازپروری آن Neglecting the potential of natural resources and its rehabilitation capacity برهم زدن توازن زیستی ورود و افزایش گونه‌های غیربومی Disturbing the biological balance of the introduction and increase of non-native species

ادامه جدول۱۰ - طبقه‌بندی پیشنهادی مخاطرات موجود در حوزه آبخیز رودخانه تالار

Table 10. Continued Suggested classification of hazards in the Talar River catchment area

ردیف Row	گروه مخاطرات Risk group	موارد آسیب‌زا Traumatic things
2	کیفیت آب water quality	افزایش شوری آب Increase in water salinity افزایش عناصر مغذی آب Increasing nutrients in water افزایش غلظت فلزات سنگین Increased concentration of heavy metals تخلیه فاضلاب در رودخانه Wastewater discharge into the river تخلیه زهاب اراضی Land drainage افزایش مصرف کود و سم Increasing the use of fertilizers and poisons عدم برنامه ریزی بای بازگردانی فاضلاب و زهاب Lack of planning for the return of sewage and sewage کاهش توان خودپالایی رودخانه Reducing the river's self-healing capacity آلودگی آبراهه‌ها بر اثر عبور راه‌های حاشیه رودخانه ورودی آلودگی به رودخانه Pollution of waterways due to the crossing of roads along the river, pollution entering the river افزایش تولید زباله Increased waste production عدم بازیافت زباله No waste recycling دپوی زباله در حاشیه رودخانه Garbage depot on the banks of the river افزایش کدورت بر اثر افزایش بار رسوب و فعالیت در بستر رودخانه Increasing turbidity due to increased sediment load and activity in the river bed
3	فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی Economic and industrial activities	توسعه غیرمسئولانه گردشگری Irresponsible development of tourism توسعه مشاغل افزایش بهره‌برداری از منابع طبیعی Development of jobs, increasing exploitation of natural resources افزایش بهره‌برداری از معادن Increasing exploitation of mines توسعه کشت‌های پر آب Development of water-rich crops بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از مصالح رودخانه‌ای Indiscriminate and unauthorized exploitation of river materials توسعه مراکز پرورش ماهی Development of fish breeding centers
4	فرسایش و رسوب Erosion and sedimentation	فرسایش اراضی حوزه Erosion of the fields افزایش بار رسوب Increased sediment load تجمع رسوبات در مخزن Accumulation of sediments in the tank
5	کشاورزی و باغداری Agriculture and horticulture	آبیاری با آب آلوده Irrigation with contaminated water آلودگی خاک، افزایش شوری و تجمع عناصر سنگین Soil pollution, increase in salinity and accumulation of heavy elements کاهش حاصل‌خیزی خاک Decrease in soil fertility

ادامه جدول۱۰ – طبقه‌بندی پیشنهادی مخاطرات موجود در حوزه آبخیز رودخانه تالار

Table 10. Continued Suggested classification of hazards in the Talar River catchment area

ردیف	گروه مخاطرات	موارد آسیب‌زا
Row	Risk group	Traumatic things
5	کشاورزی و باغداری Agriculture and horticulture	کاهش خاک‌های حاصل‌خیز Reduction of fertile soils از دست رفتن خاک بر اثر فرسایش و آلودگی و کاهش حاصل‌خیزی و تغییر کاربری Loss of soil due to erosion and pollution and reduction of fertility and change of use
6	مدیریت بهره‌برداری منابع آب Management of exploitation of water resources	کاهش جریان رودخانه Reduction of river flow افزایش برداشت از آب رودخانه Increase the extraction of river water الگوی نا مناسب مصرف آب Improper pattern of water consumption تغییر رژیم جریان Changing the flow regime مناقشات حقابه داران در پی کاهش جریان آب Controversies between concessionaires following the reduction of water flow
7	سیلاب Floodwater	افزایش پیک سیلاب Increase in flood peak افزایش حجم سیلاب Increase in flood volume افزایش ضریب رواناب حوزه Increasing the runoff coefficient of the basin آب‌گرفتگی اراضی و معابر شهری Flooding of land and urban roads مدیریت نامناسب رواناب‌ها Improper management of runoff افزایش خسارات سیلاب Increase in flood damage
8	تغییر کاربری اراضی land use change	تغییر کاربری اراضی حاشیه رودخانه Change of land use along the river تغییر کاربری اراضی حوزه Changing the land use of the domain افزایش سطح اراضی زراعی و باغی Increasing the area of agricultural and garden lands عدم رعایت حریم و بستر رودخانه Failure to respect the privacy and river bed افزایش قیمت اراضی و تمایل به دخل و تصرف اراضی منابع طبیعی The increase in land prices and the desire to encroach on natural resource lands

میان گونه انسان و سایر موجودات، هجوم آفات و حیوانات به مزارع و باغ‌ها را افزایش داده و این مسئله خود بر افزایش مصرف سموم و آفت‌کش‌ها دامن می‌زند. از آنجا که بخش عمده آب تأمین شده برای اراضی زراعی، از منابع آب سطحی است، خطر کاهش کیفیت آب آبیاری، کاهش عملکرد زراعت در واحد سطح، آلودگی خاک بر اثر آبیاری با آب آلوده و آلودگی تدریجی منابع آب زیرزمینی وجود دارد. چرا که افزایش برداشت از منابع آب سطحی و در امتداد آن کاهش جریان و نیز تغییر مرفولوژی رودخانه، قدرت خودپالایی رودخانه را تنزل داده است. از سوی دیگر، ورود زهاب به منابع آب سطحی، پدیده تغذیه‌گرایی را پدید می‌آورد. یکی از پدیده‌های نامطلوبی که در آب‌های سطحی بخصوص دریاچه‌ها به دلیل رشد بیش‌ازحد جلبک‌ها رخ می‌دهد، پدیده تغذیه‌گرایی است. معمولاً تخلیه مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر در اثر ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی در محیط‌های آبی منجر به ایجاد چنین مشکلی می‌شود. کیفیت آب در منابعی که دچار پدیده یوتری‌فیکاسیون شده‌اند به شدت پایین می‌آید و مصرف چنین آب‌هایی برای آشامیدن مناسب نیست [۹ و ۳۰]. یکی از اثرات مضر پدیده یوتری‌فیکاسیون، رشد بیش‌از حد سیانوباکتری‌ها است [۱۳] که منجر به مسمومیت آب می‌شود. تاکنون مرگ و میرهای زیادی در اثر مصرف آب حاوی سموم تولیدی توسط این جلبک‌ها توسط انسان گزارش شده است.

حذف سموم ناشی از فعالیت این جلبک‌ها در منابع آبی بسیار مشکل است و توسط روش‌های تصفیه متداول در تصفیه‌خانه‌های آب، ممکن نیست [۸].

همانطور که در شکل (۳) نیز مشاهده می‌شود، اجتماع انسانی، نیازمند اراضی مناسب جهت اسکان و فعالیت است. تمرکز جمعیت در یک ناحیه و بهره‌برداری از اراضی، همواره با تغییر ماهیت کاربری اراضی همراه است. افزایش جمعیت، منجر به توسعه کاربری مسکونی شده و توسعه اراضی شهری و روستایی، به معنای تغییر کاربری از جنگل به مرتع و زراعت و از زراعت به جامعه شهری است. نزدیکی به منابع آبی، یکی از پارامترهای اساسی در مکان‌یابی محل اسکان یا فعالیت بشر است. از این سبب، تمدن‌های باستانی و امروزه نیز شهرها و روستاها در حاشیه رودخانه‌ها احداث می‌شوند. این اهمیت، تمایل به تغییر کاربری اراضی حاشیه رودخانه‌ها و دخل و تصرف بستر و حریم رودخانه‌ها را افزایش داده است. هم‌چنین، افزایش ارزش اراضی، بطور خاص در برخی نواحی و یا بطور کلی براثر روند تورم موجود در جامعه، عامل دیگری است که تمایل به تغییر کاربری اراضی منابع طبیعی را افزایش داده است.

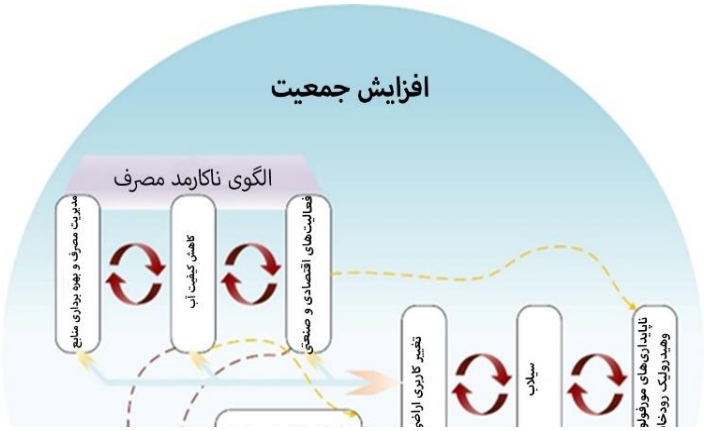
تغییر کاربری در عمل، به معنای افزایش ضریب رواناب سطوح بوده که به افزایش حجم سیلاب به دلیل کاهش نفوذ همراه است که این امر منجر به افزایش پیک سیلاب و کاهش زمان تمرکز منجر می‌شود.

در کنار خسارات سیلاب، آبگرفتگی اراضی و معابر شهری و مدیریت نامناسب رواناب‌ها نیز منجر به بروز خسارت در زیرساخت‌ها، اموال و سلامت عمومی می‌شود. درحالی که در روش WRASTIC به طور مشخص پارامتری برای درنظر گرفتن این موضوع تعریف نشده است. در شکل ۳ روندنمای آسیب‌شناسی رودخانه در پژوهش حاضر آورده شده است.

فعالیت‌های اقتصادی اصلی در سه دسته کشاورزی و دامپروری و باغداری، صنایع و معادن و گردشگری طبقه‌بندی می‌شود. که توسعه هر سه بخش، افزایش برداشت از منابع آب را منجر می‌شود لکن توسعه برنامه‌ریزی نشده هریک، اثرات نامطلوب خاص خود را دارد. در کنار آسیب‌های ناشی از تغییر کاربری‌های ایجاد شده برای توسعه فعالیت‌های اقتصادی، افزایش فعالیت معادن به عنوان نقاط تأمین ماده اولیه، افزایش بهره‌برداری بی‌رویه و غیرمجاز از مصالح رودخانه‌ای، توسعه مراکز پرورش دام، طیور و ماهی، و توسعه کشت‌های پر آب و تلاش به افزایش تولید محصولات زراعی و باغی از عمده تغییرات ناشی از توسعه در بخش اقتصاد تلقی می‌شود.

از جمله نتایج توسعه کشاورزی، افزایش نرخ فرسایش خاک است که رویکرد کشاورزی پایدار، سعی در صیانت از منابع خاک و کاهش فرسایش دارد. فرسایش خاک در گام اول به معنای از دست رفتن خاک حاصل‌خیز زراعی است و در گام بعدی، خاک فرسایش یافته وارد آبراهه‌ها شده و بار معلق و بستر جریان را زیاد می‌کند. افزایش بار رسوب هم‌زمان با روند محسوس کاهش میزان دبی، موجب شده است که رودخانه برای برقراری تعادل دینامیکی مقداری از بار رسوبی همراه خود را در آبراهه و عمدتاً در کناره پیچان‌رودها رسوب داده و سبب کاهش عرض آبراهه شود. بدین ترتیب با افزایش حجم مواد ناپایدار در بستر رودخانه و حمل آنان توسط جریان‌های سیلابی، بر خسارات سیلاب‌ها افزوده می‌شود. افزایش بار رسوبی به غیر از اثر نامطلوبی که بر کیفیت آب دارد، می‌تواند در مخازن سطحی تجمع یافته و عملاً از حجم مفید آن‌ها بکاهد. هم‌چنین تجمع رسوب در دهانه دریچه‌های آبگیری، بر کارکرد صحیح سازه اثر نامطلوب می‌گذارد.

مورفولوژی رودخانه علم شناخت سیستم رودخانه از نظر شکل و فرم کلی، ابعاد و هندسه هیدرولیکی، راستا و پروفیل طولی بستر و نیز روند و مکانیزم تغییرات آن است. در روش WRASTIC مورفولوژی رودخانه مورد تحلیل، بررسی و ارزیابی قرار نمی‌گیرد. ضمن اینکه رودخانه‌های طبیعی به ندرت در حالت پایدار بوده و تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف همواره از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند. حتی در زمان نسبتاً کوتاه (کمتر از صد سال) روند فرسایش و رسوب‌گذاری در هر رودخانه تابع توازن میان



شکل۳- روندنمای پیشنهادی تحقیق حاضر در آسیب‌شناسی رودخانه‌ها

Fig 3. The proposed flowchart of the present research in the river's pathology

عوامل کنترل کننده است [۷]. لذا هرگونه تغییر، تعادل موجود را برهم زده و عکس‌العمل رودخانه در راستای تعادل جدید را در پی دارد. شدت تغییرپذیری بستگی به نوع و درجه عوامل کنترل‌کننده دارد. تأثیر عوامل طبیعی تدریجی و در کوتاه مدت ناچیز بوده اما اثر فعالیت‌های انسانی نظیر برداشت شن و ماسه از بستر و سازه‌های بنا شده در بستر موجب تغییر در رژیم جریان، رسوب، شیب مقطعی و ابعاد رودخانه شده و در کوتاه مدت مقدمات تغییر الگوی رودخانه‌ای را فراهم می‌سازد. تغییرات تحمیل شده بر رودخانه، به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر رودخانه اثر می‌گذارند. اثرات مستقیم بر پارامترهای هندسی رودخانه شامل شیب، عمق و عرض اثر گذاشته درحالی که اثرات غیرمستقیم، ابتدا بر جریان آب و رسوب اثر گذاشته و سپس هندسه رودخانه تحت تأثیر تغییر بار رسوب و جریان و در نهایت توان جریان، دچار تغییر می‌شود. رودخانه‌ها همواره تحت فرآیند پیچانرودی یا مئاندری شدن درحال تکامل هستند. این تکامل رودخانه را از حالت جوان به بالغ و سپس پیر رسانده که طی آن، بر طول جریان افزوده، از عمق جریان کاسته، بستر عریض‌تر، پیچ‌ها تندتر و شیب بستر کمتر می‌شود. به لحاظ شکل، رودخانه‌ها مستقیم، شریانی و پیچان‌رودی بوده که رودخانه‌های مستقیم و شریانی دارای الگوی ناپایدار بوده و همواره در حال تغییر هستند. درحالی که تغییرات در رودخانه‌های پیچان‌رودی در حالت طبیعی، عمدتاً به صورت جابجایی یا مهاجرت پیچ‌ها در راستای رودخانه به سمت پایین‌دست است. تخریب دیواره بستر و جابجایی جانبی رودخانه، افزایش شیب بستر و افزایش توان جریان و تخریب بستر و تغییر مسیر دائمی بستر رودخانه از اهم پیامدهای رودخانه‌ای با الگوی هیدرولیکی و مورفولوژیکی ناپایدار است.

یکی از حلقه‌های گم‌شده در روش WRASTIC مطالعات زیست‌محیطی، بررسی وضعیت حیات‌وحش و زیستگاه‌های طبیعی است. گفتن این مسئله دور از ذهن نیست که محور عمده مطالعات محیط زیستی، چگونگی سازگاری محیط‌زیست با طرح توسعه مورد نظر است. جنگل‌زدایی با هدف برداشت چوب یا تغییر کاربری اراضی در اثر توسعه اراضی شهری و زراعی، شکار غیرمجاز و آتش‌سوزی‌های عمدی و سهوی، همگی در ایجاد آسیب‌های محیطی رودخانه مؤثرند. محیطی که دیگر زیستگاه مناسبی برای سایر موجودات نیست، دیری نمی‌پاید که زیستگاه مناسبی برای رفع نیازهای حیاتی انسان به عنوان آخرین گونه باقی‌مانده نیز نخواهد بود. حیات وحش غنی، نشانه سلامت یک محیط بوده و با تأثیر چشم‌گیر بر سلامت روانی اجتماع، تاب‌آوری جامعه را دربرابر حوادث افزایش داده و به تدریج با افزایش حس رفاه و امنیت، تمدن غنی‌تر شده و پیشرفت حاصل می‌شود. بنابراین توجه به پتانسیل محیط‌زیست و زمان و توان بازپروری آن از اهمیت برخوردار است. متأسفانه در مواردی نیز تلاش‌های غیراصولی برای بازپروری حیات جانوری صورت پذیرفته که منجر به ورود و افزایش جمعیت گونه‌های غیربومی و برهم‌خوردن توازن زیستی شده است.

با توجه به نتایج ذکر شده بالا بر مبنای تحلیل چارچوب پیشنهادی جدول (۱۰) و هم چنین صحت‌سنجی آن‌ها بر اساس مصاحبه با کارشناسان با تجربه و مقیم منطقه و بر خلاف نتایج حاصل از روش WRASTIC، حساسیت به آلودگی رودخانه تالار در طبقه‌بندی زیاد قرار می‌گیرد و بیش از مقداری است که بر مبنای روش WRASTIC تخمین زده شد. لذا می‌توان چارچوب پیشنهادی را برای تحلیل و تدقیق نتایج روش WRASTIC با اطمینان پیشنهاد کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی هرگونه بحران، نیازمند ریشه‌یابی دقیق عوامل پایداری بحران است. همچنین اولویت‌بندی مدیریت بحران، نیازمند چارچوبی از وقایع آسیب‌زا بوده و شرح شرایط موجود، اقدامات مدیریتی را برای رفع بحران یا کاهش شدت آن، دیکته می‌نماید. چارچوب مورد استفاده باید ضمن لحاظ نمودن تمامی پتانسیل‌های آسیب‌زا، جلوه‌ای قابل لمس از ارتباط میان عوامل آسیب‌زا را دارا باشد. چنین چارچوبی ضمن ایجاد امکان طبقه‌بندی آسیب‌های وارده، در گام اول امکان مدیریت صحیح ریسک و در صورت وقوع بحران، مدیریت بحران را فراهم می‌آورد. نتیجه بهره‌برداری از چارچوب آسیب‌شناسی، درکنار تحلیل جامع آسیب‌های موجود در رودخانه در بعد زمان و مکان، به مدیریت جامع رودخانه منجر می‌شود. رودخانه تالار مازندران از جمله رودخانه‌های مهم حوضه آبریز دریای خزر است که با چالش‌های متنوعی روبرو است. لذا این رودخانه جهت تدوین چارچوب آسیب‌های متنوع وارده بر سامانه رودخانه به عنوان رودخانه معرف انتخاب شد. بطور خاص چالش‌های موجود در حوزه آبخیز رودخانه تالار شامل کاهش کیفیت آب رودخانه، تغییر رژیم آبدهی، تغییر کاربری اراضی حاشیه رودخانه، عدم رعایت حریم و بستر رودخانه و ساخت و سازهای غیرمجاز در حاشیه رودخانه، فرسایش خاک و تولید رسوب، ناپایداری مرفولوژی و برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ای است. از این بین آلودگی آب رودخانه به دلیل ملموس بودن، توجه بیشتری را به خود اختصاص داده است. چالش‌های موجود در حوزه آبخیز رودخانه تالار هریک به‌تنهایی پتانسیل تخریب بوم‌سازگان شکننده محدوده را داشته‌اند. وقایع ذکر شده در زنجیره‌ای از روابط علت و معلولی واقع شده که آسیب را دوچندان می‌نماید. بعنوان اولین پیشنهاد برای مطالعات پیش‌رو، تحلیل حساسیت و بازگشت‌پذیری سیستم منابع آب این حوضه آبریز نسبت به تغییرات طبیعی و انسانی توصیه می‌شود. همچنین پیاده‌سازی شبکه پایش کمی وکیفی و بهبود زیرساخت‌های موجود فعلی ضروری است. آنچه به عنوان گامی اساسی در راستای بهبود شرایط تلقی می‌شود، پیاده‌سازی برنامه‌های فرهنگ‌سازی و آموزش همگانی و افزایش دانش، آگاهی و حس مسئولیت‌پذیری عمومی در قبال منابع‌طبیعی است. در این راستا بررسی اثر گروداران بر مدیریت منابع طبیعی نیز اقدامی مفید و ضروری است. اقدام ضروری دیگر، کنترل فاضلاب‌های شهری و صنعتی از طریق احداث

تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، متمرکزسازی صنایع کوچک، شناسایی و ممانعت از تخلیه غیرمجاز فاضلاب، مدیریت رواناب شهری و ایجاد زیرساخت‌های مناسب جهت بهره‌برداری از پساب و زهاب کشاورزی است. همچنین توسعه مراکز بازیافت زباله و کاهش دپوی زباله از دیگر اقدامات حیاتی است. اقدام دیگری که نه تنها مختص محدوده مورد مطالعه بلکه سایر نواحی نیز است، مدیریت مصرف آب در راستای کاهش برداشت از منابع آب و مصرف بهینه بوده که لازمه آن فرهنگ‌سازی عمومی و توجه به ارزش ذاتی، اقتصادی و هزینه آب است. همچنین ضروری است به منظور مدیریت کیفیت منابع آب، با افزایش طرح‌های آبخیزداری، مدیریت مهار فرسایش حوزه را بهبود بخشید. موارد ذکر شده نه فقط برای حوزه رودخانه تالار، بلکه از ملزومات هر حوزه آبخیز دیگری است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تهران و شرکت مدیریت منابع آب ایران و سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران به دلیل تأمین امکانات لازم جهت انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

•دسترسی به داده‌ها

داده های استفاده شده در این پژوهش در صورت درخواست معقول از نویسنده مسئول در دسترس هستند.

•مشارکت نویسندگان

علی آبگون، کیومرث ابراهیمی و منصوره حیدری، در ارائه ایده تحقیق، تجزیه و تحلیل نتایج، تدوین متن مقاله و تنظیم بحث و نتیجه گیری شرکت داشته‌اند.

منابع مورد استفاده

1. Abedi, T. and Ganji, M. 2016, Investigation of Factor Influencing in River Gravel Extraction Problems Using Fuzzy Delphi Method. Journal of Natural Environment. 69(4): 1041-1059. (In Persian).

2. Abgoun, A. Asadpour, S. and Ebrahimi, K. 2019, Talar River Pathology and Presenting a Suggested Framework, 19th Iranian Hydraulic Conference, Mashhad, Iran (In Persian).

3. Abgoun, A. 2022. Pollution Risk Assessment of the Major Rivers of Mazandaran Province. Master's Thesis in Water Resources Engineering, Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, Karaj, Iran (In Persian).

4. Afshin Y. 1994. Rivers of Iran. Ministry of Energy - Jamab Consulting Engineers. 221-224(In Persian)

5. Bayati Khatibi, M., Sarysaraf, B. and Karami, F. 2021. Investigation and Estimation of Hydrological Effects of Caused by Land use Changes in the Ojan Chay basin (Sahand mountain range, northwest of Iran). Geography and Development Iranian Journal. 19 (62): 79-102 (In Persian).

6. Parashar C, Verma N, Dixit S and Shrivastava R. 2008. Multivariate analysis of drinking water quality parameters in Bhopal, India. Environmental monitoring and assessment. 140(1-3):119-22.

7. Chorley, R. J., Schumm, S. A. and Sugden, D. E. 1984. Methuen. Geomorphology.

8. Dokulil, M.T. and Teubner, K. 2011. Eutrophication and climate change: present situation and future scenarios. PP. 1-16. In: Ansari, A. A., Singh Gill, S., Lanza, G. R., Rast, W (Eds). Eutrophication: causes, consequences and control. Springer.

9. Fernández, C., Parodi, E.R. and Cáceres, E.J. 2009. Limnological characteristics and trophic state of Paso de las Piedras Reservoir: an inland reservoir in Argentina. Lakes and Reservoirs. 14 (1): 85-101 (In Persian).

10. Gholamian, H. and Ildoromi, A. 2020. The Effect of Land Use Changes on the Maximum Flood Discharge in the Songhor Watershed. Journal of Geography and Environmental Planning. 31 (3): 107-130 (In Persian).

11. Haraf online 2023 Gradual death of Telar river. https://harfonline.ir (last access 10/08/2024). (In Persian).

12. Hashmati, M. and Qitouri, M. 2017. land use change; Achilles heel of environmental crisis management, factors and consequences. (In Persian).

13. Karadžić, V., Subakov-Simić, G., Krizmanić, J. and Natić, D. 2010. Phytoplankton and eutrophication development in the water supply reservoirs Garaši and Bukulja (Serbia). Desalination. 255:91-96.

14. Kerachian, R. and Karamouz, M. 2007. A stochastic conflict resolution model for water quality management in reservoir-river systems. Advances in Water Resources. 30: 866-882.

15. Mehr news agency. 2022. The 147-hectare Talar Forest Park was opened in Qaimshahr. https://www.mehrnews.com (last access 10/08/2024) (In Persian).

16. Mehr news agency. 2023. Mazandaran's delay in implementing the sewage treatment plan. https://www.mehrnews.com (last access 10/08/2024) (In Persian).

17. Ministry of Energy 2005. Guideline of Flood plain Zoning & Determination of Flood way and Flood Fringe, Publication No.307, Tehran, Iran. (In Persian).

18. Mojaradi B, Alizadeh Sanami F and Samadi M. 2018. Estimation of water quality index Talar River using gene expression programming and artificial neural networks. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering. 12(41): 61

19. Mustafanejad, F., Hasani, A. 2020. An Investigation on pollution caused by the changes of physic-chemical characteristic of Saqqez River. Journal of Sustainability, Development & Environment. 1(3): 13-24. (In Persian).

20. Pashazadeh Laleh, Z., Jafari, H. and Vaezi Hir, A.R. 2021, Assessment of Aji-Chay River Pollution in Tabriz Plain Area Using Water Quality Indices. Journal of Water and Soil. 34 (6): 1203-1218. (In Persian)

21. Rafiee, N. and Azari, A. 2020. Evaluating the Effects of Constructing Urban and Agricultural Wastewater Treatment Plants on Improvement of Quality and Contamination Trends of Dez River. Journal of Civil and Environmental Engineering. 50(1): 33-41.

22. Ramezani Moghaddam, J., Moazed, H., Hamze, S., Khoobyari, A. and Vatan Ara, M. 2010. Creating a suitable regression model between TDS and Karoon River discharge for different time series, 8th International River Engineering Conference, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. (In Persian).

23. Risk management guide for pollution accidents Surface and underground water sources. 2016. Management and planning organization of the country. (In Persian).

24. Rostami, M.H., Vahidi, H., Tayefeh, M. and Ahmadikallan, M. 2021. Evaluating water quality of Kangir river by means of NSF water quality index and the effect of reducing the load of point pollutants on increasing the index rate using QUAL2KW model. Journal of Wetland Ecobiology. 12(1): 81-98.

25. Sadeghi Talarposhti, R. Ebrahimi, K. and Hoorfar, A. 2022. Assessment of seasonal variations of pollutant decay coefficient of Talar River. JWSS-Isfahan University of Technology. 25(4): 83-96. (In Persian)

26. Sadeghi Talarposhti, R and Ebrahimi, K and Hoorfar, A.H, 2019, determination of river deterioration coefficient of Talar and Babolroud rivers (In Persian).

27. Singh, K.P., Malik, D and S, Sinha. 2004. Multivariate statical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): a case study. Water research. 38(18), 3980-3992.

28. Iran's Population and housing census-2016, Statistical Centre of Iran.

29. Yousefi, S., Moradi, H.R., Keesstra, S., Pourghasemi, H.R., Navratil, O. and Hoole, J. 2017. Effect of urbanization on river morphology of the Talar River, Mazandaran Province, Iran. Geocarto International. 34 (3): 276-292.

30. Zhang, H. and Baoyin, H. 2006. Evaluating lake eutrophication with enhanced thematic mapper data in Wuhan. Chinese Journal of Oceanology and Limnology; 24: 285-90

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 18, No. 66, Full 2024
سال هجدهم- شماره ۶۶- پاییز ۱۴۰۳

Investigating the Damaging Events of Talar River, Iran, in Tandem with Presenting a Proposed Framework

Ali Abgoun[1], Kumars Ebrahimi[*2] and Mansoureh Heidari[3]

Received: 28-10-2023 Accepted: 18-01-2024

Extended abstract

Introduction

Rivers, as vital water resources, play an essential role in maintaining the health of the environment and living organisms. The rivers bordering the Caspian Sea are recognized as the most accessible surface water sources and, unfortunately, are often utilized as dumping grounds for pollutants. These rivers have a close connection with populated areas and economic activities, which is why the management issues related to them have significantly escalated. The quality of river water directly affects the health of humans and aquatic ecosystems. Pollution resulting from human activities, such as wastewater discharge, can lead to serious health and environmental problems. For example, research by Rostami and colleagues has demonstrated the negative impact of urban wastewater on the water quality of the Kanger River, which is also true for the Talaar River. These challenges necessitate multifaceted management and scientific approaches to develop protective strategies. Golamian and Yildirim's studies highlighted the impact of land-use changes on the intensity of floods and erosion, emphasizing the need for a detailed analysis of these changes. This research examines the damages inflicted on the Talaar River and provides a framework for analyzing similar hazards in other rivers across the country. The findings of this research underscore the necessity of collaboration among government agencies, local authorities, and civil society to create effective solutions for the sustainable management of water resources. By gaining a deep understanding of the existing challenges and adopting comprehensive management practices, we can help protect these valuable resources and improve the overall quality of public life.

Materials and Methods

The WRASTIC index is a systematic approach for assessing the susceptibility of watersheds to polluting surface water resources, based on key characteristics of the watershed and land use within a hydrogeological environment. This method became popular starting in 2000 and is considered one of the most comprehensive risk assessment methods for surface waters when compared to other techniques. In this approach, several factors within a watershed are meticulously evaluated to determine the sensitivity to surface water pollution, including wastewater discharge (W), effects of recreational land use (R), effects of agricultural land use (A), watershed size (S), transportation pathways (T), effects of industrial land use (I), and the extent of vegetation cover (C).

1. Graduated M.Sc. Student of Water Resources Engineering, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, IRAN.
2. Professor, Department of Environmental Sciences and Technologies, Faculty of Energy and Sustainable Resources Engineering, University of Tehran, Tehran, IRAN. EbrahimiK@ut.ac.ir (Corresponding Author)*.
3. M.Sc. Student of Ecohydrology Engineering, Environmental Sciences and Technologies, Energy and Sustainable Resources Engineering, University of Tehran, Tehran, IRAN.

The numerical values assigned to the aforementioned parameters in the WRASTIC model are used in equation to calculate the WRASTIC index value for a given watershed:

$$WRASTIC\ Index = W_r W_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

In this equation, the index (r) is used to assign scores to each parameter, while the index (w) represents the weight of the parameter. The values of (w) range from 1 to 4, and the values of (r) range from 1 to 5, with the industrial parameter being assigned a range of 1 to 8. According to the above equation, the higher the numerical value of this index, the greater the potential for pollution within the watershed. It is worth noting that for a better and more accurate assessment, the input of professionals should be utilized.

Results and Discussion

The results of the WRASTIC index assessment for the watershed of the Talaar River indicate a medium sensitivity to pollution, with a score of 5.26. This score raises concerns regarding the influx of urban and industrial wastewater, agricultural runoff, and the discharge of sewage from soakaway pits. These pollution sources pose a significant risk of severe contamination to the river, leading to consequences such as eutrophication and a decline in water quality. Furthermore, the increasing population in areas near water resources has led to land-use changes, resulting in a higher runoff coefficient and intensified flooding occurrences. These conditions may cause serious damage to infrastructures, natural ecosystems, and public health. Another weakness of the WRASTIC index is the neglect of the status of wildlife and natural habitats that are at risk, mainly due to deforestation and poaching. These issues not only threaten the biodiversity of the region but also adversely affect the ecological balance and water quality. Therefore, there is a clear need to establish a comprehensive and new framework for more accurately assessing pollution levels and maintaining ecological balance in this area. Making informed decisions and implementing proper management practices can improve water quality and contribute to the protection of the environment and biodiversity. The sustainable management and preservation of water resources and habitats require serious attention and collaboration from all stakeholders to make the best use of these sensitive and valuable ecosystems.

Conclusion

Crisis management and analysis of existing challenges require precise identification of damaging factors and the development of a comprehensive framework to explain the relationships between these factors. Such a framework can assist in classifying the damages incurred and improving risk management and crisis response. By examining and analyzing the damages from both temporal and spatial perspectives, a comprehensive crisis management approach can be realized. Thus, in the Talar River watershed, the presence of multiple challenges, including declining water quality, changes in hydrological regimes, alterations in adjacent land use, disregard for riverbed and buffer zone protections, illegal constructions, soil erosion, and excessive extraction of materials, necessitate the identification, management, and prioritization of existing issues to safeguard water quality and ensure environmental sustainability.

Keywords: *Water quality, Wastewater, Morphologic instability, Environment*

Acknowledgement

We would like to thank the University of Tehran, the Water Resources Management Company of Iran and the Regional Water Company of Mazandaran Province for providing the necessary facilities and required data to conduct this research study and prepare the relevant paper.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Data availability statement:

Some or all data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Authors 'contribution:

Ali Abgoun, Kumars Ebrahimi and Mansoureh Heidari led the idea, analysis of the results, the discussion and writing.