



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹

۴۷-۶۸

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16182.3146

ارزیابی آسیب‌پذیری سامانه‌های رودخانه‌ای در حوضه رودخانه جراحی

فرشاد رستم‌اصل^۱، *امیر سعدالدین^۲، مجید اونق^۳ و محسن آرمین^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۲ دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استاد گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع
طبیعی گرگان، ^۴ استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه یاسوج
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۸

چکیده

سابقه و هدف: بروز تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر جریان‌ات آب سطحی و منابع آب زیرزمینی به همراه مدیریت نامناسب منابع آبی، موجب شده که آسیب‌پذیری اجتماعی و محیط‌زیستی سیستم‌های رودخانه‌ای افزایش یابد. ارزیابی آسیب‌پذیری حوضه‌های رودخانه‌ای به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه مثل ایران بسیار ضروری است و یکی از اصلی‌ترین اولویت‌های بخش منابع آب برای تحقق مدیریت پایدار منابع آب و تدوین سیاست‌های سازگار با شرایط منطقه‌ای محسوب می‌شود. بنابراین این مقاله به ارزیابی آسیب‌پذیری سیستم‌های رودخانه‌ای در حوضه رودخانه جراحی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در حوضه رودخانه جراحی با مساحت حدود ۲۴۰۰۰ کیلومترمربع و جمعیت حدود ۸۷۰۰۰۰ نفر در جنوب‌غرب ایران انجام شده است. در این پژوهش از روش آسیب‌پذیری حوضه‌های رودخانه‌ای (RBV) به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی استفاده شد. این روش به صورت هم‌زمان آسیب‌پذیری انسانی و محیطی را ارزیابی می‌کند و شامل شش شاخص اصلی حکمرانی، اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی، تنش آبی و مخاطرات طبیعی می‌باشد. در این روش ارزیابی داده‌ها به صورت کمی صورت گرفت. تلفیق داده‌ها به صورت جمع جبری (رستری) در محیط Arc GIS انجام می‌شود.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی در هر یک از شاخص‌های حکمرانی، اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی، تنش آبی و مخاطرات طبیعی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۴۱، ۰/۶۱، ۰/۴۳، ۰/۴۴ و ۰/۸۴ است. نتایج حاصل نشان داد که حوضه رودخانه جراحی از نظر مخاطرات طبیعی به شدت تحت خطر است و به‌خصوص خطر سیل تمامی نقاط حوضه را تهدید می‌کند، همچنین این حوضه در معرض تنش آبی بالایی قرار دارد. بیش‌ترین تنش آبی مربوط به زیر حوضه شادگان در پایین‌دست حوضه با وضعیت تنش آبی ۰/۷۶ است و زیرحوضه صیدون از نظر

* مسئول مکاتبه: amir.sadoddin@gau.ac.ir

با سواد کم‌ترین میزان سواد را در بین زیرحوضه‌های رودخانه جراحی با میزان ۷۹ درصد دارا می‌باشد. در بخش محیط‌زیستی بخش قابل توجهی از زیرحوضه شادگان اثرات محیط‌زیستی بالایی دارد و نشان‌دهنده این است که ردپای انسانی در این نقاط بالاست.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی آسیب‌پذیری در سه شاخص، مخاطرات طبیعی، تنش آبی و حکمرانی در حوضه رودخانه جراحی کاملاً قابل توجه هستند. به‌خصوص در بخش مخاطرات طبیعی نتایج نشان داد که خطر سیل تمامی مناطق حوضه را تهدید می‌کند. همچنین بخش عظیمی از زیر حوضه بهبهان و تخت دراز را خطر زمین لرزه بالای تهدید می‌کند. با توجه به این‌که پدیده‌های خشکسالی، سیل و زمین‌لرزه حوضه رودخانه جراحی را تهدید می‌کند می‌توان با توجه به مدد دانش، آگاهی، برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح قابل پیش‌بینی خسارت ناشی از این پدیده‌ها را تا حدودی در حوضه رودخانه جراحی کاهش داد. در بخش تنش آبی نتایج نشان داد که حدود نیمی از حوضه (زیرحوضه شادگان) از تنش آبی بالایی برخوردار است. با توجه به این‌که در این بخش، بیش‌ترین آسیب‌پذیری مربوط به استفاده آب بیش از حد در بخش کشاورزی است تغییر کاربری زراعی و تغییر الگوی کشت می‌تواند به‌طور بالقوه تأثیر مثبت بر تنش آبی در حوضه رودخانه جراحی داشته باشد. از طریق کنترل فساد مالی، بهبود وضعیت ثبات سیاسی ایران و پایین آوردن شاخص شکنندگی دولت شاخص حکمرانی می‌تواند بهبود حاصل شود.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، تنش آبی، شاخص اجتماعی، شاخص محیط‌زیستی

مقدمه

همه مخاطرات بر اساس برنامه راهبردی بین‌المللی کاهش بلایای سازمان ملل، دارای دو منشأ اصلی مخاطرات طبیعی و مخاطرات ناشی از فناوری (مخاطرات ناشی از فعالیت انسان) می‌باشند (۱۰). خطر طبیعی، پدیده‌ای طبیعی است که در زیرحوضه سکونت بشر اتفاق افتاده، زندگی او را مورد تهدید قرار می‌دهد و ممکن است باعث بلایایی گردد. این گونه مخاطرات به علل زمین‌شناسی، آب‌وهوا و یا فرآیندهایی از این دست، در محیط زندگی به وجود می‌آیند (۲۲) خطر انسانی نیز از فعالیت‌های انسان در طبیعت نشأت می‌گیرد. مفهوم آسیب‌پذیری سیستم‌های اجتماعی و محیط‌زیستی دارای تاریخچه‌ای به طول چند دهه است. این مفهوم بر اساس کارهای اُکیف و ویسنر (۱۹۷۶) در خصوص نقش شرایط اقتصادی-

اجتماعی به‌عنوان عوامل فجایع طبیعی و سن (۱۹۸۱) در خصوص قحطی‌های رخ داده در جنوب آسیا است (۱۳). مفهوم آسیب‌پذیری برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ در فرانسه توسط مارگارت بیان شد و آسیب‌پذیری را به‌صورت درجه محافظتی که طبیعت برای جلوگیری از ورود آلودگی به آب زیرزمینی فراهم می‌کند، تعریف کرد (۸). نیکوا و وربا (۱۹۸۷) آسیب‌پذیری سامانه آب‌های زیرزمینی را توانایی این سامانه برای مقابله با عوامل بیرونی، طبیعی و انسانی که وضعیت و خصوصیت آن را در زمان و مکان تحت تأثیر قرار می‌دهند تعریف می‌کنند (۲۳). در حال حاضر بیش از ۲۵ تعریف و روش متفاوت در زمینه آسیب‌پذیری موجود است (۱). در این میان، یکی از شناخته‌ترین تعاریف، از سوی سازمان ملل و در قالب استراتژی بین‌المللی برای کاهش بلایا مطرح شده

متوسط نپال^۲ بر اساس ارزیابی در دسترس بودن منابع آب و تغییرات، استفاده و توسعه منابع، سلامت محیط زیست و ظرفیت مدیریت پرداختند و این وضعیت را با زیرحوضه‌های از حوضه مکونگ^۳ در آسیا مقایسه کردند. نتایج نشان داد که آسیب‌پذیری منابع آب در حوضه رودخانه متوسط نسبت به حوضه رودخانه بزرگ بیش‌تر بوده و حوضه‌های نپال به دلیل ظرفیت مدیریت ضعیف به دنبال تنوع منابع و حداقل فشار توسعه، به‌طورکلی، از دیگر حوضه‌های انتخابی در منطقه آسیا آسیب‌پذیرتر هستند. آن‌ها بیان داشتند که ظرفیت مدیریت ضعیف عمدتاً به بهره‌وری پایین از مصرف آب مربوط است و استرس منابع اساساً وابسته به تنوع منابع است (۱۴).

وریس و همکاران (۲۰۱۲) ده حوزه آبخیز رودخانه‌ای بزرگ آسیا را موردبررسی قرار داده‌اند که یک‌چهارم مردم جهان در این ۱۰ حوزه بزرگ واقع شده‌اند. نتایج نشان داد جمعیت در بسیاری از این مناطق به‌ویژه آسیای جنوبی در حال افزایش است که این مناطق را با ابعاد پیچیده و سنگینی از شهرنشینی مواجه کرده است. تمرکز بالای جمعیت در این حوضه‌ها به‌خصوص آسیای جنوبی از یک‌طرف و فقر شدید، سوء‌تغذیه و شهرنشینی کنترل نشده از طرف دیگر باعث ایجاد ابعاد پیچیده‌ای از شهرنشینی شده است. در واقع حدود نیمی از این نوع مشکلات جهان، در این حوضه‌ها رخ می‌دهد. البته سهم بسیار بالایی از رشد اقتصادی جهان متعلق به این مناطق بوده که سبب خلق فرصت‌هایی برای توسعه و پایداری این جوامع در برابر منابع آسیب‌پذیر شده است، با این‌وجود هنوز برخی حساسیت‌های جدی در این زمینه وجود دارد (۲۵).

است که بر مبنای آن، آسیب‌پذیری شرایطی است که توسط عوامل یا فرآیندهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی تعیین می‌شود و آمادگی جوامع را در مقابل اثرات و پیامدهای ناشی از بلایا، کاهش می‌دهد (۲۴). در مقابل، برنامه توسعه ملی سازمان ملل، آسیب‌پذیری را به‌عنوان شرایط یا فرآیندهای انسانی تلقی می‌کند که از عوامل فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی منتج شده و احتمال و میزان خسارت ناشی از بلایا را تعیین می‌کند (۲۳). بروز تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر جریان آب سطحی و منابع آب زیرزمینی به همراه مدیریت نامناسب منابع آبی، موجب شده که آسیب‌پذیری^۱ جوامع از این تغییرات افزایش یابد و بدون شک، تشدید بحران‌های آبی نیز موجب افزایش هرچه بیش‌تر آسیب‌پذیری خواهد شد (۹). تبیین آسیب‌پذیری و عوامل تأثیرگذار بر آن، عامل کلیدی در کاهش اثربخش خسارات ناشی از آسیب‌پذیری به‌شمار می‌رود (۱). اخیراً با توجه به افزایش جمعیت، اقتصاد و استاندارد زندگی مردم، آن‌ها بیش‌ازحد از منابع محیط‌زیست استفاده می‌کنند و در نتیجه منابع آب و محیط با چالش اساسی روبرو می‌شود. اقتصاد در حال شکوفا و ساختارهای اجتماعی در حال تغییر، بوم‌سازگان‌ها را تحت فشار قرار داده و پایداری را به چالش کشیده است (۲۶). بنابراین ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب یک ارزیابی مهم برای حفظ امنیت منابع آب است [۲۸]. به‌طورکلی آسیب‌پذیری مقدار صدمه‌ای است که انسان یا سیستم‌های طبیعی ممکن است از تنش‌ها یا آشفتگی‌ها متحمل شود (۲۱).

پاندی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی به آسیب‌پذیری منابع آب شیرین در حوضه‌های رودخانه‌ای بزرگ و

2- Nepal
3- Mekong

1- Vulnerability

حوضه‌های رودخانه‌ای (RBV)^۵ آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه رودخانه جراحی بین مختصات عرض‌های جغرافیایی $30^{\circ} 30'$ تا $31^{\circ} 40'$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $45^{\circ} 48'$ تا $51^{\circ} 10'$ شرقی واقع شده است. این حوضه با مساحت حدود ۲۴,۰۰۰ کیلومتر مربع از سمت غرب و شمال به حوضه رودخانه کارون و از سمت شرق حوضه رودخانه زهره محدود می‌شود. حدود ۱۱ کیلومتر آن را مناطق کوهستانی و ۱۴ کیلومتر باقی‌مانده را دشت‌ها و مناطق کوهپایه‌ای تشکیل می‌دهد. شهرهای بهبهان، دهدشت، رامهرمز، رامشیر، هفتکل و باغ‌ملک از کانون‌های مهم شهری این حوضه می‌باشند (۱۱). این حوضه دارای ۲۹۷۷ آبادی و ۱۱ شهر با جمعیت حدود ۸۶۹,۶۰۰ نفر می‌باشد که بیش‌ترین میزان جمعیت در زیرحوضه پایاب جراحی است (۱۵). حوضه رودخانه جراحی یکی از رودخانه‌های مهم حوضه خلیج‌فارس و دریای عمان بوده و قسمت اعظم آن در استان خوزستان واقع شده است. این رودخانه از تلاقی دو رودخانه (الله و یا رامهرمز) و مارون در محلی به نام چم هاشم واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب رامهرمز تشکیل می‌شود. رودخانه جراحی در دشت‌های شادگان به کارون و در باتلاق‌های جنوب آن به دو شاخه تقسیم می‌شود. یک شاخه آن به نام نهر شادگان به کارون ملحق شده و وارد خلیج‌فارس می‌شود. شاخه دیگر آن که همان جریان رودخانه اصلی است در جهت جنوب ادامه مسیر داده و جاده ماهشهر به آبادان را قطع می‌کند و در باختر ماهشهر وارد خور موسی (خلیج‌فارس)

یانهویی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب هانی تراس^۱ در منطقه یو آن یانگ یانان^۲ پرداختند. آن‌ها در این مطالعه از طریق روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و روش شاخص مصنوعی به ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب این منطقه طی هفت سال پرداختند. نتایج نشان داد که در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ منابع آب نسبتاً آسیب‌پذیر، در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ آسیب‌پذیری متوسط، در سال ۲۰۰۱ نسبتاً آسیب‌ناپذیر و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری منابع آب طی هفت سال از بالا به پایین به ترتیب $2003 < 2006 < 2005 < 2007 < 2008 < 2009$ است (۳۳).

وریس و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای آسیب‌پذیری اجتماعی و محیط‌زیستی را در سامانه‌های رودخانه‌ای داخلی و فرامرزی در ۲۱ حوضه کشور چین مورد ارزیابی قرار داده‌اند که نتایج نشان داد آسیب‌پذیرترین بخش‌های چین در حوضه‌های پایینی رودخانه زرد^۳ و های^۴ با تراکم جمعیت بالا، قابلیت دسترسی پایین به آب و رد پای انسانی بالا می‌باشند (۲۶).

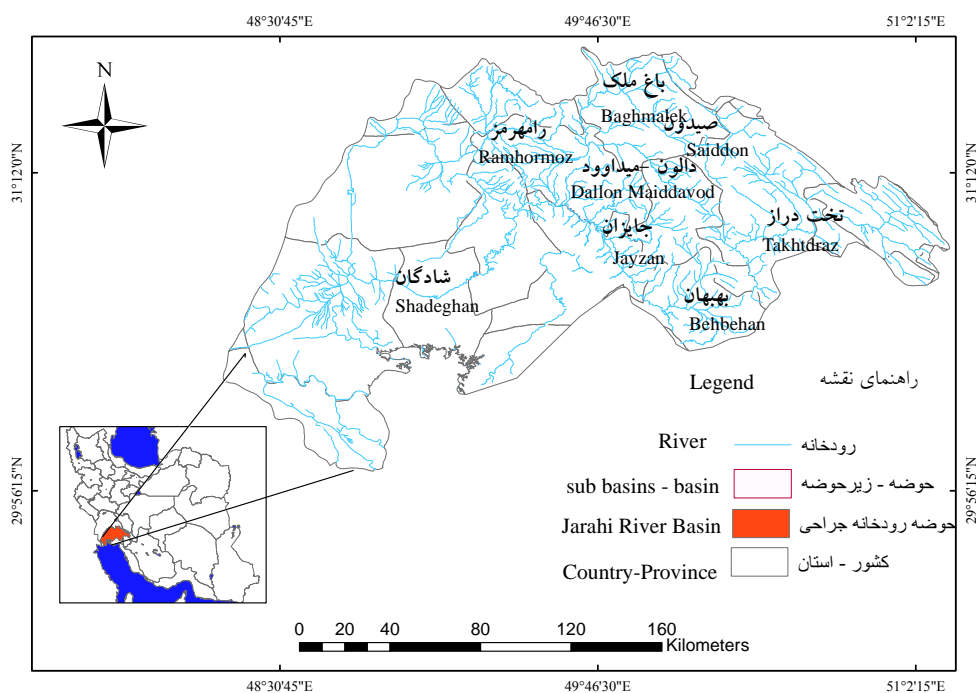
دیگر مناطق تحت فشار آب در شمال‌غرب و نیز مناطق ساحلی غنی از آب به دلیل تراکم جمعیتی بالا، خطرات طبیعی و رد پای انسانی بالا آسیب‌پذیری بالایی نشان دادند. با توجه به مرور منابع انجام‌گرفته، ارزیابی آسیب‌پذیری منابع آب به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه مثل ایران بسیار ضروری است و یکی از اصلی‌ترین اولویت‌های بخش منابع آب برای تحقق مدیریت پایدار منابع آب و تدوین سیاست‌های سازگار با شرایط منطقه‌ای محسوب می‌شود. در این پژوهش با استفاده از روش آسیب‌پذیری

- 1- Hani Terrace
- 2- Yuanyang, Yunnan
- 3- Yellow River
- 4- Hai

5- River Basin Vulnerability

بنابراین در این پژوهش سعی شده است تا حوضه‌ای انتخاب شود که گردآوری داده‌ها از سازمان‌ها، اداره‌ها، نهادها و اسناد بالادستی در دسترس باشد و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش موردنظر در این پژوهش در حوضه مورد هدف پژوهش قابل‌اجرا باشد. با توجه به این‌که حوضه رودخانه‌ای جراحی یکی از حوضه‌های مهم کشور است (شکل ۱) و از نظر تقسیمات جغرافیایی بین چند استان مشترک است و هم‌چنین از نظر اقلیمی و محیط‌زیستی دارای تنوع و ناهمگنی بالایی می‌باشد، بنابراین در این پژوهش ارزیابی آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی مورد مطالعه قرار گرفت.

می‌شود. هنگام ترکیب واحدهای اداری با حوضه‌های رودخانه‌ای با وضعیتی روبه‌رو می‌شویم که باید یک تصمیم درست در مورد این دو تقسیم جغرافیایی گرفته شود، یکی واحد مدیریت طبیعی آب حوضه‌های رودخانه‌ای و دیگری یک واحد اداری (قضایی - قانونی) می‌باشد. انتخاب گزینه عمل بسیار مهم است، زیرا مفهوم حوضه رودخانه‌ای بیش‌تر مربوط به مباحث مدیریت منابع آب بوده، درحالی‌که مفاهیم سیاست‌گذاری و اداری معمولاً در سطوح ملی و استانی مطرح می‌شوند و تنها در برخی نمونه‌های نادر از مرزهای حوضه‌های رودخانه‌ای تبعیت می‌کنند (۱۷).



شکل ۱- موقعیت حوضه رودخانه جراحی در ایران.

Figure 1. Location of the Jarahi River Basin in Iran.

روش تحقیق: پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش بررسی آن توصیفی-تحلیلی است. بخشی از داده‌های این پژوهش از درگاه ملی آمار، آمار و اطلاعات سالنامه آماری جمعیت، نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ و گزارش اقتصادی-اجتماعی و فرهنگی استان خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۹۴ جمع‌آوری شده است (۱۸ و ۱۹). برخی از اطلاعات دیگر از گزارش‌های برنامه عمران سازمان ملل متحد برای چند سال استخراج شده است (۵، ۶، ۷، ۲۳، ۲۷، ۳۱ و ۳۲). برای محاسبه شاخص محیط‌زیستی و مخاطرات طبیعی (چندخطره) از داده‌های جهانی استفاده شد. این مجموعه داده توسط انجمن حفاظت از حیات وحش (WCS) و مرکز دانشگاه کلمبیا برای شبکه اطلاعات بین‌المللی علوم زمین (CIESIN) تولید شده است و در سیستم مختصات جغرافیایی در دسترس است (۲). بخش دیگر آمار و اطلاعات به صورت اسنادی از مقالات، مجلات و سایت‌های اینترنتی گرفته شده است. برای محاسبه تنش آبی در حوضه رودخانه جراحی از آمار و اطلاعات مربوط به نتایج گزارش‌های مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور برای سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در هشت زیرحوضه مطالعاتی شادگان، رامهرمز، دالون-میداود، تخت دراز، جایزان، باغ ملک، بهبهان و صیدون استخراج شد.

در این پژوهش با استفاده از روش RBV آسیب‌پذیری محیط‌زیستی و اجتماعی سامانه‌های رودخانه‌ای جراحی موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. این روش اولین توسط وریس و همکاران

(۲۰۱۲) برای تحلیل آسیب‌پذیری حوضه‌های رودخانه‌ای در ۱۰ حوضه بزرگ آسیا استفاده شد. پس‌از آن، به مقایسه آسیب‌پذیری محیط‌زیستی و اجتماعی حوضه‌های کشور چین پرداختند. این روش در مجموع از شش شاخص اصلی (حکمرانی، اجتماعی، اقتصادی، محیط‌زیستی، مخاطرات طبیعی و تنش آبی) تشکیل شده است. RBV روشی مناسب برای نشان دادن سامانه‌های رودخانه‌ای با پیچیدگی بالای محیط‌زیستی و اجتماعی می‌باشد. این شش شاخص به این دلیل انتخاب شده‌اند که تقریباً تمام ابعاد کلیدی موجود در مناطقی را که مدیریت منابع آب و سیاست‌های سازگار در حال انجام است را شامل می‌شود. همچنین این روش با فلسفه رایج در چارچوب سیاسی بخش‌های آب به‌ویژه با سیاست‌های بخش مدیریت یکپارچه منابع آب در یک راستا است (۱۶). در این روش ارزیابی داده‌ها به صورت کمی صورت می‌گیرد. سطوح پایداری در سه سطح (پایین، متوسط و بالا) با دامنه امتیاز صفر تا یک صورت می‌گیرد و روش تلفیق داده‌ها جمع‌جبری (داده رستری) در محیط ArcGIS انجام می‌شود. این روش به صورت هم‌زمان هم پایداری بوم‌سازگاران و هم پایداری انسانی را بررسی می‌کند. معادلات و روش‌های به‌کار گرفته‌شده توسط وریس برای محاسبه هر یک از شاخص‌ها به شرح جدول ۱ است.

جدول ۱- داده‌ها و اطلاعات به کار رفته برای محاسبه شش شاخص آسیب‌پذیری سیستم رودخانه‌ای.

Table 1. Data and information used to calculate the six vulnerability indices of river systems.

منبع Source	علامت اختصاری Acronym	مقیاس Resolution	داده‌های آسیب‌پذیری Data vulnerability
سالنامه آماری ایران (۱۳۹۵) Iran Statistical Yearbook (2016) and (world Governance Index, Report 2011)	PSI	کشور/ استان Country/Province	حکمرانی Governance داده‌های ساختار اداری Data by administrative regions
سالنامه آماری ایران (۱۳۹۵) Iran Statistical Yearbook (2016)	GNI _{pop}	کشور / استان Country/Province	اقتصادی Economy
سالنامه آماری ایران (۱۳۹۵) Iran Statistical Yearbook (2016) & CIESIN (2018), World Bank (2017)	MPI	کشور/ استان Country/Province	اجتماعی (فقر چندبعدی) Social (Multidimensional Poverty Index)
WCS/CIESIN (2018)	HF	1km * 1km30 arc seconds	محیط‌زیستی Environment
بهنگام‌سازی طرح جامع ملی آب کشور (۱۳۹۰-۱۳۹۱) Updating the National Water Planning Plan (2011-2012)	WS	5km * 5km 2.5 arc seconds	تنش آبی Water stress داده‌های مکانی Spatial data
WCS/CIESIN (2018)	MH	50km * 50km 0.5 arc seconds	چند خطر Multi-hazards
روش دوم Method 2		روش اول Method 1	مؤلفه Component
$RBV_{2\text{ Gov}} = \text{PSI}_{\text{pop}}$	$RBV_{1\text{ Gov}} = (\text{SFI}_{\text{pop}} + \text{PSI}_{\text{pop}} + (1 - \text{CPI}_{\text{pop}})) / 3$		حکمرانی Governance
$RBV_{2\text{ Econ}} = \text{RBV}_{1\text{ Econ}}$	$RBV_{1\text{ Econ}} = 1 - (\log(\text{GNI}) - \log(\text{GNI}_{\text{max}})) / (\log(\text{GNI}_{\text{min}}) - \log(\text{GNI}_{\text{max}}))$		اقتصادی Economy
$RBV_{2\text{ Soc}} = \text{MPI}_{\text{pop}}$	$RBV_{1\text{ Soc}} = ((1 - \text{LIT}_{\text{POP}}) + \text{SLUM}_{\text{pop}} + \text{IM}_{\text{pop}} + \text{MN}_{\text{pop}}) / 4$		اجتماعی (فقر چندبعدی) Social (Multidimensional Poverty Index)
$RBV_{2\text{ Env}} = \text{HF}$	$RBV_{1\text{ Env}} = (\text{HF} + (1 - \text{ES})) / 2$		محیط‌زیستی Environment
$RBV_{2\text{ Wsc}} = \text{WS}$	$RBV_{1\text{ Wsc}} = \text{WS}$		تنش آبی Water stress
$RBV_{2\text{ Haz}} = \text{MH}$	$RBV_{1\text{ Haz}} = \text{MH}$		چند خطر Multi-hazards

شاخص حکمرانی: برای محاسبه شاخص حکمرانی روش‌های متفاوتی وجود دارد. در این پژوهش از رویکرد وریس و دو روش پیشنهادی در جدول ۱ میزان آسیب‌پذیری حکمرانی در ایران محاسبه می‌گردد. در روش اول میزان آسیب‌پذیری شاخص حکمرانی از سه زیر شاخص بی‌ثباتی سیاسی،

که در آن، PSI بی‌ثباتی سیاسی، SFI شاخص شکنندگی دولت، CPI شاخص درک فساد، MH خطرات (چندخطر)، ES سیستم‌های محیط‌زیست، SLUM شاخص‌های توسعه‌یافتگی بانک جهانی (جمعیت فقیر)، LIT میزان باسوادی، MN سوء تغذیه و IM میزان مرگ‌ومیر کودکان است.

میزان مرگ‌ومیر کودکان (IM): تعداد مرگ‌ومیر کودکان زیر پنج سال در هر هزار تولد به دست می‌آید میزان مقدار این زیرشاخص از سالنامه آماری کشور در سال ۱۳۹۴ برای استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان استخراج شد (۱۹).

میزان باسوادی (LIT): میزان سواد جمعیت میزان بر اساس نسبت باسوادی مردم در هر ۱۰۰ نفر از جمعیت ۶ ساله و بالاتر برحسب درصد محاسبه می‌شود (رابطه ۱).

$$LR = \frac{PL}{P(6+) * 100} \quad (1)$$

که در آن، LR میزان باسوادی، P (6+) جمعیت شش‌ساله و بالاتر PL تعداد باسوادان است. مقدار این شاخص از آمار و اطلاعات سالنامه آماری جمعیت، نفوس و مسکن، سال ۱۳۹۵ کشور استخراج شده است. این آمار هر پنج سال یک بار توسط مرکز آمار ایران جمع‌آوری و تهیه شد (۱۸).

جمعیت فقیر: این شاخص نسبت افرادی که سهم درآمد ناخالص ملی آن‌ها در روز زیر ۱/۹ دلار می‌باشد. متوسط این شاخص از آمار و اطلاعات مربوط به شاخص‌های توسعه‌یافتگی بانک جهانی برای کشور ایران طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۰۹ برای یک دوره آماری پنج‌ساله استخراج شد (۳۱).

میزان سوء تغذیه: تعداد کودکان هم سن (صفر تا پنج سال) که وزن آن‌ها کم‌تر از دو برابر انحراف معیار نسبت به میانه وزن جمعیت‌های بین‌المللی استاندارد باشد، در این رده قرار داده می‌شوند. مقدار این شاخص برای یک دوره سه‌ساله از گزارش‌های شاخص جهانی گرسنگی و وضعیت ایران در سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۷ استخراج شد (۶).

شکندگی دولت و کنترل فساد به دست می‌آید. در روش دوم مقدار آسیب‌پذیری شاخص حکمرانی برابر با میزان آسیب‌پذیری شاخص ثبات سیاسی کشور یا بی‌ثباتی در کشور در نظر گرفته می‌شود.

در این پژوهش مقدار شاخص شکندگی دولت از گزارش‌های بانک جهانی ایران بین سال‌های (۲۰۱۸-۲۰۰۶) استخراج شده است و از میانگین دوره پنج‌ساله ۲۰۱۷-۲۰۱۳ میزان این شاخص به دست آمد (۵). میزان شاخص بی‌ثباتی سیاسی در ایران با استفاده از داده‌ها و اطلاعات سازمان بازرسی کشورها در سال ۲۰۱۸ و تفاضل مقدار ثبات سیاسی از عدد یک محاسبه شد. این مجموعه داده به صورت آنلاین به نشانی (http://www.country_watch.com) موجود است. همچنین میزان شاخص کنترل فساد مالی از گزارش‌های جهانی شاخص‌های حکمرانی در بین سال‌های (۲۰۱۷-۱۹۹۶) برای یک دوره پنج‌ساله بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۳ به دست آمد (۷).

شاخص اقتصادی: محاسبه این شاخص با کمک ضریب جینی کل کشور به دست می‌آید. یکی از شاخص‌های سنجش نابرابری درآمد جامعه، ضریب جینی است. ضریب جینی عددی است بین صفر و یک که در آن صفر به معنی توزیع کاملاً برابر درآمد یا ثروت و یک به معنای نابرابری مطلق در توزیع است. داده‌های قابل محاسبه در این شاخص بر اساس نتایج طرح آمارگیری مرکز آمار ایران از هزینه و درآمد خانوارهای ایرانی در سال ۱۳۹۲، استخراج شده است.

شاخص اجتماعی (فقر چندبعدی): این شاخص به چهار زیر شاخص میزان مرگ‌ومیر کودکان، میزان باسوادی، میزان سوء تغذیه و فقر تفکیک شده که هر یک از زیرشاخص‌ها در مقیاس کشوری و استانی استخراج شده و با جایگذاری در رابطه موجود در جدول ۱ مقدار شاخص مورد نظر محاسبه می‌شود.

مصرف آب شیرین‌شده، NRGW مقدار اختلاف تغذیه و برداشت آب زیرزمینی، SFWA مقدار منابع آب سطحی در دسترس و واحد اندازه‌گیری پارامترهای رابطه مترمکعب بر سال در کیلومتر مربع $10^6 \text{ M}^3 \text{ Yr}^{-1}$ می‌باشد (۴).

با توجه به رابطه ۲، تنش آبی زمانی رخ می‌دهد که مقدار تقاضای آب به یک آستانه خاص برسد. تنش آبی متوسط، زمانی رخ می‌دهد که $0.2 \leq \text{WSI} < 0.4$ باشد و تنش آبی شدید، زمانی اتفاق می‌افتد که $\text{WSI} \geq 0.4$ باشد (۲۹). مقدار آب محیط‌زیستی در این مطالعه از روش هیدرولوژیکی تنانت استفاده شد. در این روش درصدی از متوسط جریان سالانه^۴ (AAF) را برای تعیین کیفیت زیستگاه ماهیان به کار می‌برد. تنانت از ۵۸ مقطع عرضی ۱۱ رودخانه در مونتانا، نبراسکا و وایومینگ بر اساس (AAF) که حداقل جریان برای بقای کوتاه‌مدت ماهی‌ها می‌باشد، نتیجه گرفت که 0.30 (AAF) برای زیستگاه مطلوب مناسب است. جریان‌های معین مرتبط با درجه‌بندی‌های کیفیت زیستگاه ماهیان که برای حفظ کیفیت زیستگاه ماهیان مناسب می‌باشد (۲۰). سطح قابل‌قبول جریان با توجه به دستورالعمل ابلاغ‌شده وزارت نیرو معادل 0.30 دبی متوسط سالانه برای (فروردین تا شهریور) به‌عنوان دوره کم‌آبی و 0.10 دبی متوسط سالانه برای (مهر تا اسفند) به‌عنوان دوره پرآبی است. در این پژوهش ماه‌هایی که آورد متوسط ماهانه بیش‌تر از دبی متوسط سالانه باشد ماه تر و ماه‌هایی که دبی متوسط ماهانه کم‌تر از آورد متوسط سال باشد ماه خشک در نظر گرفته شد. با استفاده از این آمار وضعیت تنش آبی در هر زیرحوضه مطالعاتی در حوضه جراحی و کل حوضه جراحی با استفاده از روش فالکن مارک محاسبه شد (جدول ۲).

شاخص محیط‌زیستی: شاخص ردپای انسانی^۱، درصد نسبی اثرگذاری انسان را در هر زیست‌بوم زمینی بیان می‌کند. تغییرات شاخص ردپای انسانی از صفر تا یک می‌باشد که عدد صفر کم‌ترین و عدد یک بیش‌ترین میزان اثرگذاری را نشان می‌دهد. HII مجموعه داده‌های جهانی با قدرت تفکیک یک کیلومتر است که از نه لایه داده‌های جهانی شامل فشار جمعیت (تراکم جمعیت، اسکان جمعیت)، زیرساخت و کاربری اراضی انسانی (مناطق مسکونی، روشنایی شبانه، کاربری اراضی/ پوشش زمین) و دسترسی انسان (سواحل، جاده‌ها، خطوط راه‌آهن و رودخانه‌های قابل کشتیرانی) تشکیل شده است. این مجموعه داده توسط انجمن حفاظت از حیات‌وحش^۲ (WCS) و مرکز دانشگاه کلمبیا برای شبکه اطلاعات بین‌المللی علوم زمین^۳ (CIESIN) تولید شده است و در سیستم مختصات جغرافیایی در دسترس است (۳ و ۳۰). به‌منظور تعیین میزان ردپای انسانی حوضه رودخانه جراحی، نقشه ردپای انسانی کل جهان تهیه شده و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.2 فایل ASCII داده‌ها تبدیل به رستر شد و با استفاده از در اختیار داشتن مدل رقومی ارتفاع مناطق مطالعاتی به اندازه حوضه برش زده شد.

تنش آبی: برای محاسبه شاخص تنش آبی از روش (FI) (فالکن مارک و همکاران، ۱۹۸۹) استفاده می‌شود که رابطه محاسبه این شاخص به‌صورت رابطه ۲ است:

$$\text{WSI} = \frac{(\text{DTNet}_i) - (\text{DSW}_i + \text{NRWA}_i)}{\text{SFWA}_i} \quad (2)$$

که در آن، WSI شاخص تنش آب، DTNet_i مقدار کل تقاضای آب در بخش‌های مختلف، DSW مقدار

- 1- Human footprint
- 2- Wildlife Conservation Society
- 3- Center for International Earth Science Information Network

4- Average annual flow

جدول ۲- وضعیت منابع آب بر اساس شاخص WSI.

Table 2. Water resources status based on the WSI.

WSI	شرایط Condition
$WSI < 0.1$	بدون تنش No stress
$0.1 \leq WSI < 0.2$	تنش کم Low stress
$0.2 \leq WSI < 0.4$	تنش متوسط Moderate Stress
$WSI \geq 0.4$	تنش زیاد High stress

در سال ۲۰۱۷ استخراج شد، سپس با استفاده از این داده‌ها از طریق نرم‌افزار ArcGIS 10.2 به اندازه حوضه رودخانه جراحی در این پژوهش برش زده شد.

نتایج و بحث

برای محاسبه آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی برای هر یک از شاخص با استفاده از معادلات و روش‌های ذکر شده در جدول یک و فرمول‌ها و روش‌های تکمیلی در بخش مواد و روش‌ها محاسبه و نتایج در ادامه آورده شده است.

شاخص حکمرانی: برای محاسبه کل آسیب‌پذیری حکمرانی در ایران از جدیدترین آمار و اطلاعات برای سه زیرشاخص شکنندگی دولت، بی‌ثباتی سیاسی و کنترل فساد استفاده شد. مقدار کل آسیب‌پذیری شاخص حکمرانی ۰/۷۴ به دست آمد. متوسط شکنندگی دولت در دوره پنج‌ساله ۲۰۱۳-۲۰۱۷ در ایران ۰/۸۵ به دست آمد (جدول ۳).

در این پژوهش از آمار و اطلاعات بهنگام‌سازی طرح ملی آب کشور توسط وزارت نیرو در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۱ استفاده شد. این آمار طی یک دوره پنج‌ساله از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ توسط شرکت‌های مهندسی مشاور زیر نظر وزارت نیرو و مدیریت منابع آب ایران تهیه شده است (۱۲).

شاخص مخاطرات طبیعی (چندخطره): برای توصیف آسیب‌پذیری خطرات طبیعی سیستم رودخانه‌ای از شاخص چندخطره استفاده می‌شود. این شاخص ترکیبی از کل اثرات بلایای طبیعی شامل خشک‌سالی، سیل، خطرات آتش‌فشانی، طوفان، زلزله و زمین‌لغزش می‌باشد. بر این اساس که فراوانی هر رخداد به‌عنوان اطلاعات مکانی، با میزان مرگ‌ومیر مربوط به هر خطر وزن‌دهی می‌شود و بعد با هم جمع می‌شوند و در نهایت مقدار این شاخص به دست می‌آید. این مجموعه داده توسط (WCS) و (CIESIN) تولید شده است و در سیستم مختصات جغرافیایی دسترس است (۳) و (۳۰). در این پژوهش با استفاده از رویکرد وریس، داده‌های جهانی شاخص مخاطرات طبیعی توسط ناسا

جدول ۳- میزان شاخص شکنندگی ایران در طول سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷.

Table 3. Rate of Iran's fragility index over the time period 2006 to 2017.

سال Year	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006
شکنندگی دولت Government Fragility	0.85	0.86	0.87	0.87	0.89	0.89	0.90	0.92	0.90	0.85	0.82	0.84

منبع: شاخص شکنندگی کشورها در سال ۲۰۱۸.

Source: Fragile States Index, 2018.

واتیکان، کانادا، آندورا، موناکو، دانمارک با کم‌ترین آسیب‌پذیری به‌طور متوسط ۰/۰۵ می‌باشد. متوسط شاخص کنترل فساد مالی بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۱۳ برای ایران ۰/۳۲ محاسبه شده است (جدول ۴).

به‌طور متوسط آسیب‌پذیری یا بی‌ثباتی سیاسی این شاخص برای کشور ایران ۰/۶۵ به‌دست آمد. این مقدار برای کشورهای افغانستان و سومالی ۰/۸۰، برای یمن، عراق و زیمبابوه به‌ترتیب ۰/۷۵، ۰/۷۵ و ۰/۷۰ استخراج شد و برای کشورهایی مانند آلمان، استرالیا،

جدول ۴- میزان شاخص کنترل فساد در ایران در طول سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۷.

Table 4. Rate of Corruption Control Index in Iran over the time period 1996 to 2017.

سال Year	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2000	1998	1996
کنترل فساد مالی Corruption Control	0.24	0.35	0.38	0.39	0.42	0.47	0.39	0.39	0.37
سال Year	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009
کنترل فساد مالی Corruption Control	0.2	0.26	0.32	0.31	0.28	0.23	0.2	0.27	0.2

منبع: شاخص‌های حکمرانی در جهان در سال ۲۰۱۸.

Source: Worldwide Governance Indicators, 2018.

شاخص اجتماعی (فقر چندبعدی): برای محاسبه میزان فقر چندبعدی ابتدا مقدار هر یک از مؤلفه‌های آن حساب شد. این شاخص از چهار مؤلفه مرگ‌ومیر کودکان، میزان سوءتغذیه، میزان باسوادی و نسبت جمعیت فقیر تشکیل شده است. برای محاسبه درصد مرگ‌ومیر کودکان در حوضه جراحی میزان مرگ‌ومیر کودکان در استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان استفاده شده است این میزان برای استان‌های نام‌برده به‌ترتیب ۰/۱۴ و ۰/۱۶ در هر هزار مولید

شاخص اقتصادی: بر اساس نتایج طرح آمارگیری مرکز آمار ایران از هزینه و درآمد خانوارهای ایرانی در سال ۱۳۹۲، ضریب جینی در مناطق شهری ایران اندکی بیش‌تر از ۰/۳۵، در مناطق روستایی حدود ۰/۳۲ و در کل کشور ۰/۳۶ بوده است. در این پژوهش مقدار ضریب جینی در حوضه جراحی ۰/۲۹ محاسبه شده است و آسیب‌پذیری اقتصادی در حوضه رودخانه جراحی نیز ۰/۴۱۱ محاسبه شد.

است. میزان مرگ‌ومیر کودکان در حوضه جراحی ۰/۰۱۵ محاسبه شده است. میزان شاخص نسبت جمعیت فقیر از شاخص‌های توسعه‌یافتگی جهانی برای کشور ایران ۰/۰۲ استخراج شد. هم‌چنین میزان سوء‌تغذیه از گزارش‌های شاخص جهانی گرسنگی و وضعیت ایران در سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۹ استخراج شد. جدول ۴ میزان سوء‌تغذیه طی سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۹ برای کشور ایران را نشان می‌دهد.

جدول ۵- میزان سوء‌تغذیه در ایران در دوره‌های زمانی مختلف.

Table 5. Rate of malnutrition in Iran over different time periods.

سال Year	1999-2001	2004-2006	2009-2011	2015-2017
میزان سوء‌تغذیه Malnutrition Rate	0.049	0.061	0.058	0.049

منبع: شاخص جهانی گرسنگی در سال ۲۰۱۸.

Source: Global Hunger Index, 2018

به‌طور متوسط میزان باسوادی در حوضه رودخانه جراحی ۸۴ درصد به‌دست آمد بیش‌ترین میزان باسوادی مربوط به زیرحوضه بهبهان با ۸۹ درصد و کم‌ترین مقدار سواد مربوط به زیرحوضه صیدون

با میزان ۷۹ درصد است. به‌این‌ترتیب میزان فقر چندبعدی برای حوضه جراحی ۰/۰۶۱ به‌دست‌آمده است (جدول ۶).

جدول ۶- میزان باسوادی در زیرحوضه‌های رودخانه جراحی.

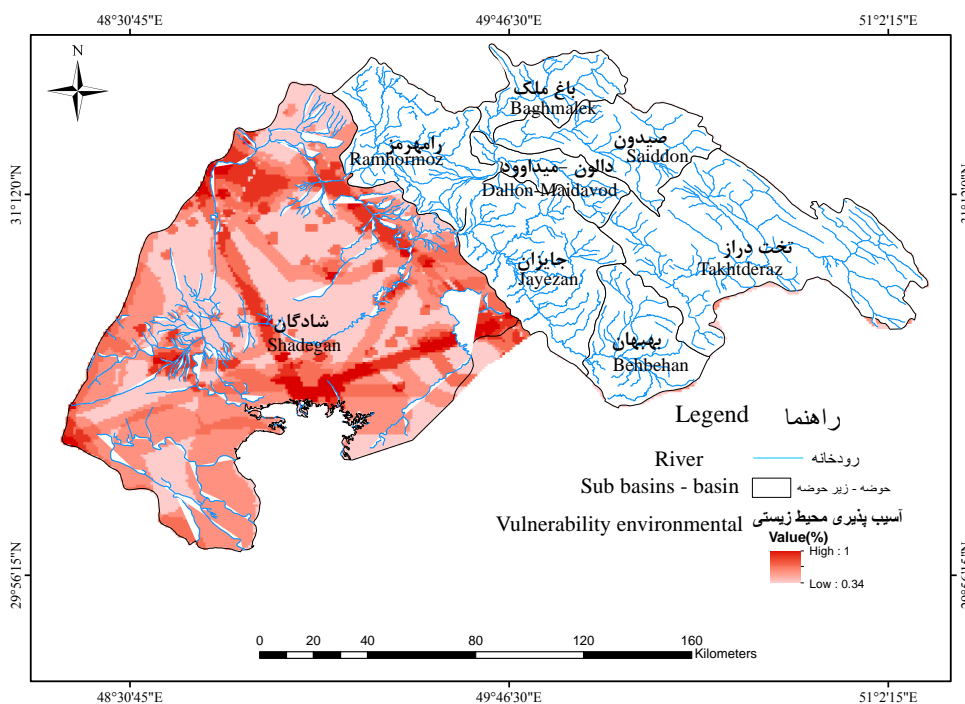
Table 6. Literacy rate for the sub basins of the Jarahi River Basin.

میزان باسوادی (%) Literacy rate (%)	زیرحوضه Sub Basin	میزان باسوادی (%) Literacy rate (%)	زیرحوضه Sub Basin
81	دالون- میداود Dallon Maiddavod	85	شادگان Shadeghan
82	تخت دراز Takhtdraz	85	رامهرمز Ramhormoz
79	صیدون Saiddon	89	بهبهان Behbahan
80	باغ‌ملک Baghmalek	86	جایزان Jayzan

شاخص محیط‌زیستی: متوسط این شاخص در حوضه جراحی ۰/۴۴ و حداقل مقدار این شاخص ۰/۳۴ است. همان‌طور که در شکل دو مشاهده می‌شود بیش‌ترین اثرگذاری در زیرحوضه شادگان و رامهرمز و بخشی از زیرحوضه جایزان است که همگی در استان خوزستان واقع شده‌اند. به‌منظور تعیین اثرگذاری محیط‌زیستی در حوضه رودخانه جراحی نقشه‌های جاده‌ها، رودخانه‌ها و روستاهای کشور به‌اندازه حوضه جراحی با نقشه محیط‌زیستی حوضه رودخانه جراحی روی هم‌گذاری شد نتایج نشان داد که

حاشیه راه‌های اصلی در حوضه رودخانه جراحی بیش‌ترین آسیب‌پذیری محیط‌زیستی را متحمل شود (شکل ۲).

بیش‌ترین میزان اثرگذاری مربوط به جاده‌ها است و سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی اغلب در کنار راه‌های اصلی شکل گرفته‌اند و همین امر باعث شده تا



شکل ۲- تغییرات مکانی شاخص محیط‌زیستی برای محاسبه آسیب‌پذیری در حوضه رودخانه جراحی.

Figure 2. Spatial variation of the environmental index to calculate vulnerability in the Jarahi River Basin.

زیرحوضه دالون- میداود با ۷/۲۵ میلیون مترمکعب است. در بخش مصرف آب شرب زیرحوضه بهبهان با بیش‌ترین میزان مصرف و زیرحوضه صیدون کم‌ترین میزان آب شرب را در حوضه رودخانه جراحی دارند. در بخش صنعت بیش‌ترین میزان آب مصرفی مربوط به زیرحوضه شادگان حدود ۱۲۵/۱۳ میلیون مترمکعب و زیرحوضه صیدون حدود ۰/۱ میلیون مترمکعب کم‌ترین میزان مصرف آب شرب را دارا است. جدول ۷ آمار و اطلاعات آب برای بخش تقاضای مصرف آب، آب محیط‌زیستی و مساحت در زیرحوضه‌های مطالعاتی حوضه رودخانه جراحی را نشان می‌دهد.

شاخص تنش آبی: برای محاسبه تنش آبی در حوضه رودخانه جراحی مقدار کل تقاضای آب در بخش‌های مختلف (کشاورزی، شرب و صنعت- خدمات) از آمار و اطلاعات مربوط به نتایج گزارش‌های مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور برای سال ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در هشت زیرحوضه مطالعاتی شادگان، رامهرمز، دالون- میداود، تخت دراز، جایزان، باغ‌ملک، صیدون استخراج شد. نتایج حاصل برای بخش تقاضای آب نشان داد که زیرحوضه بهبهان نسبت به وسعت زیرحوضه از مصرف بالای آب کشاورزی برخوردار است و کم‌ترین میزان مصرف آب کشاورزی مربوط به

جدول ۷- مقدار تقاضای آب در بخش‌های مختلف در حوضه جراحی.

Table 7. Water demand for different sectors of the Jarahi River Basin.

تقاضای آب بر حسب مترمکعب Water demand (m ³)				مساحت Area (km ²)	زیرحوضه‌ها Subbasins
محیط‌زیستی Environment	صنعت Industry	خانگی Domestic	کشاورزی Agriculture		
111.2	125.13	85.5	904	13555.5	شادگان Shadegan
1.5	2.18	13.5	99	1745.9	رامهرمز Ramhormoz
3.6	0.77	3.7	7.3	642.5	دالون- میداود Dallon-Maidavod
6	0.79	0.8	88.3	2234.6	جایزان Jayezan
76	1.08	25	294	1322.8	بهبهان Behbahan
76	0.46	14.3	122.4	3837.4	تخت دراز Takhtderaz
18.3	0.1	3.1	43.2	1412.8	صیدون Saiddon
13	0.5	4.1	35	814	باغ‌ملک Baghmalek

بالای آبی قرار دارد. نتایج نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های بهبهان، صیدون و باغ‌ملک با مقدار ۰/۱۴، ۰/۱۳ و ۰/۱ تحت تنش آبی پایین هستند و زیرحوضه‌های تخت دراز، رامهرمز، جایزان و دالون میداود از این نظر بدون تنش هستند. به‌طورکلی حوضه رودخانه جراحی با مقدار ۰/۴۴ در وضعیت تنش آبی قرار دارد (جدول ۸).

بیش‌ترین میزان آب سطحی مربوط به زیرحوضه بهبهان با حدود ۱۶۱۹ میلیون مترمکعب و کم‌ترین میزان آب سطحی مربوط به زیرحوضه شادگان با حدود ۸۹۴/۶ میلیون مترمکعب است. زیرحوضه شادگان با ۱۳۵۵۲/۵ کیلومتر مربع بیش‌ترین وسعت حوضه جراحی را دارا می‌باشد. این در حالی است که در این زیرحوضه تنش آبی ۰/۷۶ در وضعیت تنش

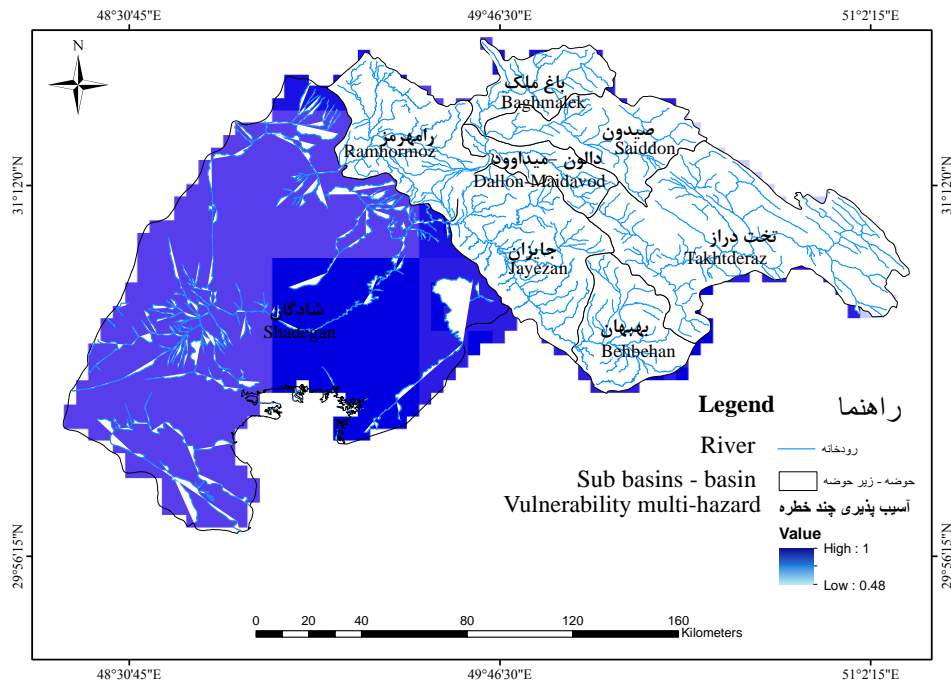
جدول ۸- وضعیت تنش آبی در حوضه رودخانه جراحی.

Table 8. Water stress status for the sub-basins of the Jarahi River Basin.

وضعیت Condition	WSI	آب برگشتی Rreturn	مقدار اختلاف تغذیه و برداشت آب زیرزمینی Groundwater deficit	آب سطحی Surface fresh water availability	زیرحوضه Sub Basin
تنش بالا High stress	0.767	539	0	895	شادگان Shadegan
تنش پایین Low stress	0.14	167	-1.4	1619	بهبهان Behbahan
تنش پایین Low stress	0.124	9	-0.18	444.4	صیدون Saiddon
تنش پایین Low stress	0.121	13	-1.31	315	باغ‌ملک Baghmalek
بدون تنش No stress	0.098	37.5	-0.12	1773	تخت دراز Takhtderaz
بدون تنش No stress	0.081	33.5	-2.49	989	رامهرمز Ramhormoz
بدون تنش No stress	0.025	48	-1.47	1858.6	جایزان Jayezan
بدون تنش No stress	0.02	1	0	706	دالون- میداود Dallon-Maidavod
تنش بالا High stress	0.44				حوضه رودخانه جراحی Jarahi river basin

از زیرحوضه‌های تخت دراز و صیدون را تهدید می‌کند. به‌طورکلی کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری چندخطره در بخش‌هایی از زیرحوضه‌های تخت دراز و صیدون وجود دارد که تقریباً همه آن‌ها در سرآب حوضه رودخانه جراحی واقع شده‌اند (شکل ۳).

شاخص مخاطرات طبیعی (چندخطره): مقدار متوسط شاخص چندخطره برای حوضه جراحی ۰/۸۴ و حداکثر و حداقل مقدار این شاخص یک و ۰/۴۸ به‌دست آمده است. در این حوضه آسیب‌پذیری چندخطره بخش عظیمی از زیرحوضه‌های شادگان، بهبهان، جایزان، باغ‌ملک و دالون- میداود بخش اندکی

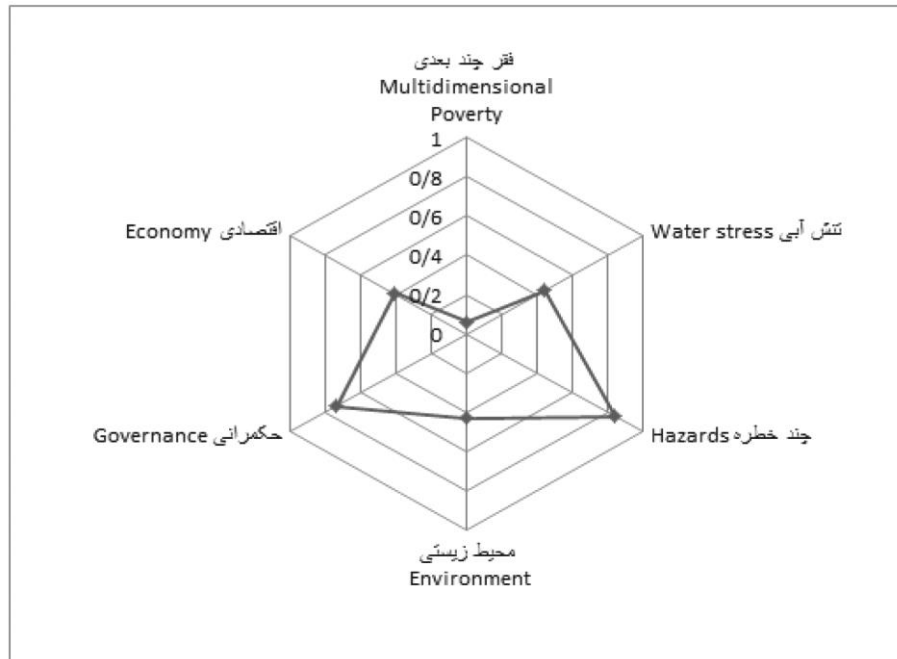


شکل ۳- تغییرات مکانی شاخص چندخطره برای محاسبه آسیب‌پذیری در حوضه رودخانه جراحی.

Figure 3. Spatial variation of multi-hazard index for vulnerability calculation in the Jarahi River Basin.

شاخص چندخطره با میزان ۰/۸۴ و کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری در حوضه مربوط به شاخص اجتماعی (فقر چندبعدی) با متوسط ۰/۰۶۱ می‌باشد.

نتایج محاسبه‌شده برای آسیب‌پذیری رودخانه جراحی در این پژوهش را نشان می‌دهد (شکل ۴) که بیش‌ترین آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی در

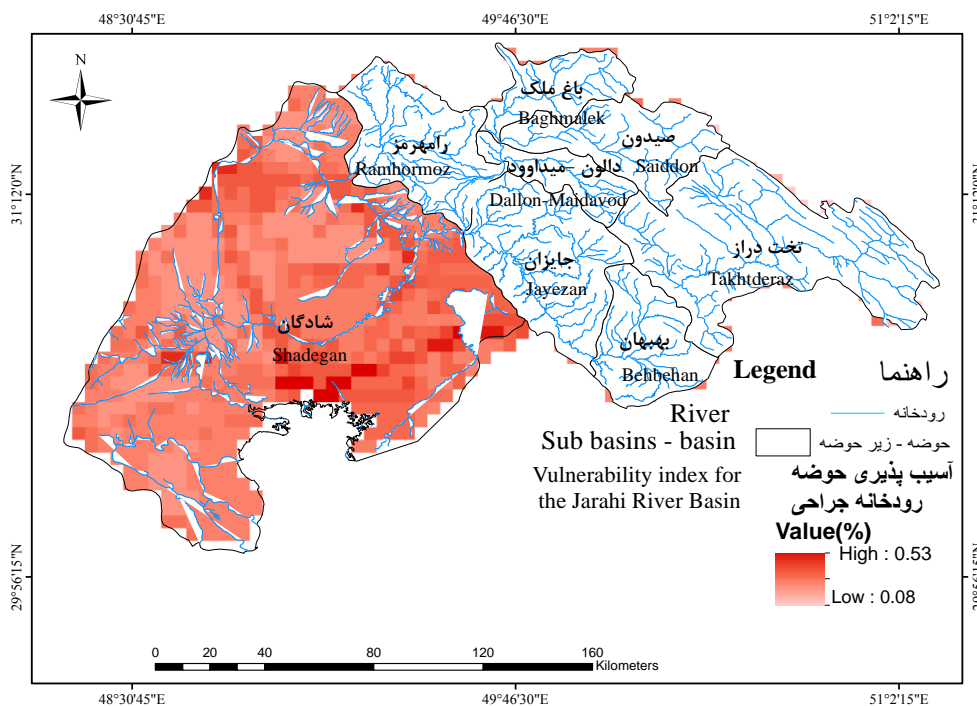


شکل ۴- وضعیت شاخص‌های آسیب‌پذیری حوضه رودخانه‌ای جراحی.

Figure 4. Vulnerability indicators profile for the Jarahi River Basin.

رودخانه جراحی در محیط Arc GIS تهیه شد. شکل ۵ آسیب‌پذیری حوزه رودخانه جراحی را نشان می‌دهد.

به‌منظور تهیه آسیب‌پذیری کلی حوزه رودخانه جراحی با استفاده از نتایج آسیب‌پذیری هر شش شاخص حکمرانی، اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی، تنش آبی و چند خطر نقشه آسیب‌پذیری حوزه



شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص ترکیبی آسیب‌پذیری حوزه رودخانه جراحی.

Figure 5. Spatial variation the composite vulnerability index for the Jarahi River Basin.

مطالعاتی در حوزه رودخانه جراحی به تفکیک محاسبه شد. نتایج نشان داد که بعضی زیرحوضه‌ها مثل تخت دراز، رامهرمز، دالون- میداود و جایزان بدون تنش آبی هستند و زیرحوضه شادگان در حوزه رودخانه جراحی در وضعیت تنش آبی بالایی است. نتایج نشان داد که حوزه رودخانه جراحی با وجود دارا بودن منابع آب سطحی بالا بخصوص در زیرحوضه شادگان تنش آبی بالایی مواجه است. از دیگر تهدیدات دیگری که در این حوزه وجود دارد خطر سیل است که کل حوزه را تهدید می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

حوزه رودخانه جراحی یکی از حوزه‌های درجه سه کشور در جنوب غربی ایران و از رودخانه‌های مهم حوزه خلیج فارس و دریای عمان بوده و قسمت اعظم آن در استان خوزستان واقع شده است. در این پژوهش ارزیابی آسیب‌پذیری حوزه رودخانه جراحی در قالب شش شاخص اجتماعی (فقر چندبعدی)، حکمرانی، اقتصادی، محیط‌زیستی، مخاطرات طبیعی (چندخطر) و تنش آبی موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که حوزه رودخانه جراحی در بخش تنش آبی تحت تنش آبی بالایی قرار دارد. در این پژوهش تنش آبی برای هشت زیرحوضه

در بخش مخاطرات طبیعی نتایج نشان داد که آسیب‌پذیری چندخطره حوضه جراحی را تهدید می‌کند. نتایج حاصل برای سیل نشان داد که زیرحوضه‌های بهبهان و شادگان و بخش عظیمی از زیرحوضه تخت‌دراز را خطر سیل بالایی تهدید می‌کند. نتایج در بخش چندخطره همچین نشان داد که بخش عظیمی از زیرحوضه تخت‌دراز را خطر زمین‌لرزه بالایی تهدید می‌کند. در این حوضه خطر زمین‌لرزه بخشی از زیرحوضه شادگان را تهدید نمی‌کند و میزان خطر زمین‌لرزه در این زیرحوضه در بعضی نقاط صفر به دست آمده است.

در بخش فقر چندبعدی نتایج نشان داد که میزان سواد در زیرحوضه‌های صیدون و باغ‌ملک نسبت به بقیه زیرحوضه‌ها اندکی پایین‌تر است. در بخش محیط‌زیستی نتایج حاصل نشان داد که بیش‌ترین اثرات محیط‌زیستی در نقاط شهری و حاشیه راه‌های اصلی و رودخانه‌های حوضه جراحی است. برای تحلیل شاخص حکمرانی و اقتصادی به‌ترتیب از داده‌های مقیاس کشوری و استانی استفاده شد. نتایج در بخش حکمرانی نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری سه شاخص بی‌ثباتی سیاسی، عدم کنترل فساد و شکنندگی دولت در ایران بسیار بالاست.

در این پژوهش تحلیل آسیب‌پذیری حوضه رودخانه جراحی از رویکرد وریس و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شد. این رویکرد برای تحلیل حوضه‌های رودخانه‌ای بزرگ‌مقیاس با بی‌شمار داده‌های مبتنی بر واحدهای مدیریتی در مقیاس کلان و در سطح ملی، یک چالش اصلی، یافتن داده‌های متناظر برای حوضه‌های محلی مانند استان‌ها و

حوضه‌های در سطح ناحیه‌ای و منطقه‌ای کوچک است. از این‌رو شاخص‌های پیچیده مانند حکمرانی و فقر چندبعدی توسط کشور به‌آسانی استفاده می‌شوند ولی در صورت استفاده در مقیاس‌های کوچک‌تر از کشور چالش‌هایی ایجاد می‌کند. ابهام دیگر این است که آیا شاخص‌های مورد استفاده در مقیاس کشوری و استانی قادر به توجیه و پوشش دادن تغییرات داخلی در حوضه رودخانه‌ای هستند یا نه؟

دیگر منبع مهم عدم صحت آنالیز ناشی از این است که داده‌ها مربوط به چند سال هستند. این نوع داده که مربوط به چند دیتابیس کمکی است، برای هر سال قابل دسترس نیست.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چالش‌های منابع آب در حوضه رودخانه جراحی به‌طور مکرر به‌عنوان موانع اصلی توسعه پایدار حال و آینده در حوضه و کشور خواهد بود. نتایج حاصل از این پژوهش در کشورهای در حال توسعه مثل ایران بسیار ضروری است و یکی از اصلی‌ترین اولویت‌های بخش منابع آب برای تحقق مدیریت پایدار منابع آب و تدوین سیاست‌های سازگار با شرایط منطقه‌ای محسوب می‌شود. با توجه به نتایج، توجه جدی و عملیاتی بر معضل مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های کلان در سطح کشور و حوضه‌های رودخانه‌ای به‌خصوص در حوضه رودخانه جراحی الزامی است؛ بنابراین از طریق اعمال سیاست‌ها، راهبردها و برنامه‌های مناسب، شرایط تنش آبی و کنترل سیل در راستای نیل به اهداف توسعه پایدار اجتماعی و محیط‌زیستی در حوضه‌های رودخانه‌ای جراحی می‌تواند تقلیل یابد.

منابع

1. Brikmann, J. 2006. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: J. Brikmann (Ed). Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies. United Nations University Press. 14p.
2. CIESIN. 2005a. Global subnational infant mortality rates (dataset). Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University.
3. CIESIN. 2005b. Global subnational rates of child underweight status (dataset). Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University.
4. Falkenmark, M. 1997. Meeting water requirements of an expanding world population. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 352: 929-936.
5. Fragile States Index, 2018. <http://www.fundforpeace.org>.
6. Global Hunger Index, 2018. 68p. <http://www.worldbank.org/en/country/congo/overview>.
7. World Bank. 2018. *Org/governance/wgi/index.asp*: <http://info.world>, 29p.
8. Kumar, T.S., Mahendra, R.S., Nayak, S., Radhakrishnan, K., Sahu, K.C. 2010. Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. *J. Coastal Res.* 26: 3. 523-534.
9. Liu, C., Golding, D., and Gong, G. 2008. Farmers coping response to the low flows in the lower Yellow River: A case study of temporal dimensions of vulnerability. *Global Environmental Change*. 18: 543-553.
10. Moe, T.L., and Pathranakul, P. 2006. An integrated approach to natural disaster management public project management and its critical success factors, *Inter. J. Disaster Prev. Manage.* 15: 3. 396-413.
11. Ministry of Energy, Statistical Yearbook of Water Country 2011-2012. Preparation and compilation of the Water And watering Planning Office, Tehran, 2015.
12. Ministry of Energy. 2013. Updating the comprehensive water plan of the country, Resource inventory studies and water consumption in the Jarahi river basin, engineering advisory company fareyab pars.
13. O'Keefe, J. 1976. Place units in the hippocampus of the freely moving rat. *Exp Neurol*. 51: 78-109.
14. Pandey, V.P., Babel, M.S., Shrestha, S., and Kazama, F. 2010. Vulnerability of freshwater resources in large and medium Nepalese river basins to environmental change. *Water Science and Technology-WST*. Pp: 1525-1534.
15. Porhomat, G. 2016. A model for flood risk at the surface of the country's watersheds. *Magazine Scientific research of Iran Watershed Science and Engineering*. Tenth year, No. 34, Fall 2016.
16. Rahaman, M.M., and Varis, O. 2005. Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges. *Sustainability: Science, Practice & Policy*, 1(1), 1e9.
17. Shen, D., and Varis, O. 2000. World water vision: balancing thoughts after The Hague. *Ambio*, 29, 523e525.
18. Statistics Center of Iran, Statistical Yearbook of Kohgiluyeh and Boyer Ahmad and Khuzestan provinces, 2015. Education, Health and Distribution of Financial Revenue. <http://amar.org.ir>.
19. Statistical Center of Iran, Statistical Population, Population and Housing Registry, (2016). <http://amar.org.ir>.
20. Tennant, D.L. 1976 In stream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries*. 1: 6-10.
21. Tran, L.T., O'Neill, R.V., and Smith, E.R. 2012. A watershed-based method for environmental vulnerability assessment with a case study of the Mid-Atlantic region. *Environmental Impact Assessment Review*, 34: 58-64.
22. Smith, B., and Wandel, J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*. 16: 282-292.

23. UNDP (United Nations Development Program), 2013. Reducing disaster risk: A challenge for development. A Global Report, New York: UNDP- Bureau for Crisis Prevention and Recovery (BRCP), available at: www.undp.org/bcpr/disred/rdr.htm.
24. UNISDR (International Strategy for Disaster Reduction), 2004. Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives. Geneva: UN Publications.
25. Varis, O., Kummu, M., and Salmivara, A. 2012. Ten major rivers in monsoon Asia-Pacific: An assessment of vulnerability. *Applied Geography*, 32: 441-454.
26. Varis, O., Kummu, M., Lehr, Ch., and Shen, D. 2014. China's stressed waters: Societal and environmental vulnerability in China's internal and transboundary river systems. *Applied Geography*, 53: 105-116.
27. World Bank, Global Development Report 2001-2000, Combating Poverty, 2003. Translation Agency for Management and Planning of the Country and others, First Edition, Organization for Management and Planning, Tehran.
28. Wang, X., Ma, F., Li, C., and Zhu, J. 2015. A Bayesian Method for Water Resources Vulnerability Assessment: A Case Study of the Zhangjiakou Region, North China. Hindawi Publishing Corporation *Mathematical Problems in Engineering*. 16p.
29. Wada, Y., Van Beek, L.P.H., Viviroli, D., Durr, H.H., Weingartner, R., and Bierkens, M.F.P. 2011. Global monthly water stress: II. Water demand and severity of water. *Water Resources Research*. in press, *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 15: 3785-3808.
30. WCS/CIESIN. 2017. Last of the Wild Project, v4.0 (LWP-2): Global Human Footprint Dataset (Geographic). Palisades, NY: Wildlife Conservation Society (WCS), Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Socioeconomic Data and Application Center (SEDAC) and National Aeronautics and Space Administration (NASA) Accessed through Internet in 2018 <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/wildareas-v4-human-footprint-geographic>.
31. World Bank. 2017. International Bank for Reconstruction and Development, 146p.
32. World Bank, 2018. *Org/governance/wgi/index.asp*: <http://info.world>, 29p.
33. Yanhui, L., Liang, T., Jing, W., and Xianqui, L. 2012. Study on Water Resource Vulnerability Evaluation of Hani Terrace Core Area in Yuanyang, Yunnan. *Procedia Earth and Planetary Science*, 5: 268-274.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(2), 2020

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2019.16182.3146

Assessing the vulnerability of the river systems in the Jarahi River Basin

F. Rostam Asl¹, *A. Sadoddin², M. Ownegh³ and M. Armin⁴

¹M.Sc. Student, Dept. of Watershed Management Engineering, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Professor, Dept. of Arid Zone Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Assistant Prof., Dept. of Natural Resources-Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University

Received: 01.16.2019; Accepted: 07.30.2019

Abstract

Background and Objectives: The occurrence of climate change and its impact on surface water and groundwater resources, along with inappropriate management of water resources have led to an increase in the social and environmental vulnerability of river systems. Assessing the vulnerability of river basins, especially in developing countries such as Iran is essential and is considered as one of the main priorities of the water resources planners for the sustainable management of these resources and for the formulating of policies consistent with the regional conditions. In this line, this paper focuses on the assessment of the vulnerability of the Jarahi River Basin.

Materials and Methods: The study area of this research, the Jarahi River Basin, is located in southwest of Iran with an area of about 24000 square kilometers and a population of about 870000 people. In this research, the River Basin Vulnerability (RBV) method was used to assess the vulnerability of the Jarahi River Basin. This method examines the vulnerability of ecosystem and human simultaneously and consists of a total of six main indicators including 'governance', 'economic status', 'social condition', 'environment', 'water stress' and 'natural hazards' indicators. In this method, data are evaluated quantitatively. The combination of these indicators is based on a raster summation algorithm which can be carried out in the ArcGIS platform.

Results: The analysis shows that the vulnerability of the Jarahi River Basin corresponding to each of the indicators of governance, economic status, social condition, environment, water stress and natural hazards are 0.76, 0.41, 0.061, 0.43, 0.44 and 0.84, respectively. The results exhibit that the Jarahi River Basin is severely threatened by natural hazards and in particular, the flood hazard threatens all parts of the river basin. It is also exposed to high water stress. The highest water stress (0.76) associated with the Shadegan sub-basin that is located in the southern part of the basin. In addition, the Saiddon sub basin has the lowest literacy rate among the sub basin of the Jarahi River Basin with the rate of 79%. A significant part of the Shadeghan sub-basin exhibits considerable environmental impacts, interpreted as a discernible sign of human footprints in the area.

Conclusion: Generally, in the Jarahi River Basin, the vulnerability of three indicators, namely governance, water stress and natural hazards are quite significant. In particular, flood assessment analysis shows that almost all the river basin is highly susceptible to flood hazard. Also, seismic hazard threatens a considerable portion of the Behbahan and Takht-E Deraz

* Corresponding Author; Email: amir.sadoddin@gau.ac.ir

sub-basins. Moreover, regarding the natural hazards, given the high potential of drought, flood and earthquake occurrences in the research area, it is possible to somewhat reduce the incurred damages caused by these phenomena in the river basin by means of paying due attention to knowledge, awareness, planning and efficient management. The results regarding the water stress show that almost half of the basin (mostly the Shadegan sub-basin) suffers from high water stress. Concerning the water stress indicator, given that the excessive use of water in the agriculture sector is mostly responsible for the high vulnerability state, changing the current land-use and accordingly the cropping pattern in the Jarahi River Basin will potentially have a positive impact on water stress indicator. Through controlling corruption, improving Iran's political stability status and reducing the government fragility index, an improvement in the governance indicator can be achieved.

Keywords: Environmental Index, Social Index, Vulnerability, Water Stress