



60

Vol. 3
Autumn 2023
P.P: 189-208

Research Paper

Received:
2023-04-09
Revised:
2023-07-10
Accepted:
2023-12-31
Published:
2023-12-31

ISSN: 2538-1857
E-ISSN: 2645-5250



Monitoring of continuous river borders on both sides of the border (case study of Hirmand)

Zahra Pishgahifard¹ | Rasool Afzali² | Seyed Yahya Rahim Safavi Hamami³ | Amir Habibi^{4*}

Abstract

The ownership and right to exploit the water of the border rivers is not fully in the possession of a country. This issue has long been the source of political disputes and conflicts and even wars and military operations between governments. The Hirmand border river originates from the Hindu Kush mountains in the west of Kabul, Afghanistan, and finally flows into the Hamun wetland located in the Sistan plain of Iran. This river has been one of the legal issues and disputes between Iran and Afghanistan over the determination of international borders and how to divide water since the signing of the Treaty of Paris in 1857 until now. Hirmand River forms the international border between Iran and Afghanistan in a part of Sistan. The possible changes in the course of this river due to climate fluctuations and human activities in the long term, can be the basis for more political disputes between Iran and Afghanistan over the determination of border boundaries (sovereignty). Therefore, in this study, monitoring the long-term changes of the Hirmand River in the common border area between Iran and Afghanistan is considered as a legal-political necessity. For this purpose, the time series of remote sensing images has been used as a reliable, low-cost and valuable information source.

Keywords: Water crisis; national security; hydroplitics; border; Iran.

1. Professor of political geography department and member of academic faculty of Tehran University, Tehran, Iran
2. Associate Professor of the Department of Political Geography and member of the academic faculty of Tehran University, Tehran, Iran
3. Professor of political geography department and member of the faculty of Imam Hossein University, Tehran, Iran
4. Corresponding Author: Ph.D. student of Political Geography, Kish Campus, Tehran University, Tehran, Iran
am.habibi@ut.ac.ir

DOR: 20.1001.1.25381857.1402.16.60.7.1

Publisher: Imam Hussein University

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

© Authors





پایش حدود مرزهای رودخانه‌ای ممتد دو سوی مرز (مطالعه موردی هیرمند)

زهرا پیشگاهی فرد^۱ | رسول افضلی^۲ | سید یحیی رحیم صفوی^۳ | امیر حبیبی^۴

چکیده

اختلاف ایران و کشورهای همسایه در خصوص چگونگی تقسیم و بهره‌برداری از آب، قدمتی طولانی دارد. اختلافی که باعث خسارت‌های مختلف زیست‌محیطی و امنیتی برای جمهوری اسلامی ایران شده است. سرزمین کم‌آب ایران با میانگین کمتر از یک سوم متوسط بارش جهانی با همسایگان متعددی روبروست که با برخی از آنها از جمله ترکمنستان، آذربایجان، عراق، ترکیه و افغانستان دارای منابع آبی مشترک است. عوامل محیطی، اقتصادی و سیاسی از جمله مؤلفه‌هایی هستند که بر محور آب سبب بحران در روابط ژئوپلیتیکی ایران و همسایگان شده است زیرا مالکیت و حق بهره‌برداری از آب رودخانه‌های مرزی به‌طور کامل در اختیار یک کشور نیست. این مهم از دیرباز سرمنشاء اختلافات و کشمکش‌های سیاسی و حتی جنگ‌ها و عملیات‌های نظامی بین دولت‌ها بوده است. تأثیر بحران آب به‌طور کلی و معضلات هیدروپلیتیکی به‌طور خاص بر روی امنیت ملی از منظر فراملی و فراکشوری و مسائل هیدروپلیتیکی ایران با همسایگان دارای حوضه آبریز مشترک قابل طرح و بررسی است. رودخانه مرزی هیرمند از کوه‌های هندوکش در غرب کابل افغانستان سرچشمه گرفته و در نهایت به تالاب هامون واقع در دشت سیستان ایران می‌ریزد. این رودخانه یکی از موضوعات حقوقی و مناقشات بین ایران و افغانستان بر سر تعیین حدود مرزی بین‌المللی و چگونگی تقسیم آب از زمان امضای عهدنامه پاریس ۱۸۵۷ تاکنون بوده است. رودخانه هیرمند، مرزهای بین‌المللی ایران و افغانستان را در بخشی از سیستم تشکیل می‌دهد. تغییرات احتمالی مسیر این رودخانه ناشی از نوسانات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در دراز مدت، می‌تواند زمینه‌ساز اختلافات سیاسی بیشتر بین ایران و افغانستان بر سر تعیین حدود مرزی (حاکمیت) گردد. در این رو، در این مطالعه پایش تغییرات بلندمدت مسیر رودخانه هیرمند در ناحیه مرزی مشترک بین ایران و افغانستان به عنوان یک ضرورت حقوقی-سیاسی مدنظر قرار گرفته است. بدین منظور از سری زمانی تصاویر سنجش‌ازدوری به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی قابل اعتماد، کم‌هزینه و ارزشمند استفاده شده است.

کلیدواژه‌ها: بحران آب؛ امنیت ملی؛ هیدروپلیتیک؛ مرز؛ ایران.

۶۰

سال شانزدهم
پاییز ۱۴۰۲
مص: ۱۸۹-۲۰۸

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰

شاپا چاپی: ۱۸۵۷-۲۵۳۸
الکترونیکی: ۵۲۵۰-۲۶۴۵



۱. استاد گروه جغرافیای سیاسی و عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۲. دانشیار گروه جغرافیای سیاسی و عضو هیئت علمی دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳. استاد گروه جغرافیای سیاسی و عضو هیئت علمی دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران.

۴. نویسنده مسئول: دانشجوی مقطع دکترای جغرافیای سیاسی پردیس کیش دانشگاه تهران، تهران، ایران. am.habibi@ut.ac.ir

DOR: 20.1001.1.25381857.1402.16.60.7.1



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

این مقاله تحت لایسنس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

مقدمه و بیان مسئله

بی‌شک از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی بشر در جهان امروز، بحران آب و بازخوردهای ناشی از آن است. آب سرمنشأ تولید، تلاش و تمدن است و حیات و مرگ انسان و طبیعت به وجود و یا عدم وجود آن بستگی دارد. بر این اساس، توجه روزافزون به مباحث همکاری و مشارکت و نیز نزاع و درگیری بر سر آب اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده است و همگان شاهد همگرایی و تشریک مساعی درباره موضوع آب از یکسو و نیز افزایش مشاجرات هیدروپلیتیکی میان کشورها از سوی دیگر هستند. مدیریت منابع آب و رقابت‌های ناشی از آن در سطح محلی، ملی و منطقه‌ای قابل تحلیل و بررسی است، علاوه بر تنش‌ها و رقابت‌هایی که در بین کشورها بر سر تسلط بر منابع آب وجود دارد تنش‌ها و درگیری‌هایی در داخل کشورها نیز به وقوع می‌پیوندد که می‌تواند تأثیری سوء بر امنیت ملی کشورها داشته باشد. از این روست که فالکن مارک^۱ مساله آب شیرین را عامل شکل‌گیری کشمکش‌های ناحیه‌ای، ملی و فراملی در زمان حال و آینده می‌داند. به اعتقاد وی اگر آب به منبع قدرت سیاسی و اقتصادی بدل شود، موضوع تامین آب توجیه‌گر بروز جنگ شده و شبکه‌های تامین آب، جزئی از اهداف نظامی محسوب می‌شوند. همچنین به اعتقاد بسیاری از اندیشمندان، یکی از اساسی‌ترین اختلافات بین کشورها و سرزمین‌ها که هر روز به عمق آن افزوده می‌شود، مساله دسترسی به آب شیرین است. اهمیت این موضوع به حدی است که بعضی از محققان واژه جنگ آب^۲ را به کار می‌برند. مفهوم جنگ آب یا اختلافات آبی در ادبیات سیاسی غالباً در مورد اختلافات بین‌المللی میان کشورهای همسایه در حوزه تامین آب به کار می‌رود. این در حالی است که دسترسی نداشتن عادلانه و متوازن به منابع آب شیرین درون فضای سرزمینی ملت‌ها، منبع تنش‌ها و مشاجرت‌های پرشماری هستند. این بدان مفهوم است که درگیری و تنش بر سر منابع آب، نه تنها در بین کشورها اهمیت دارد، بلکه در داخل کشور هم مخاطره‌آمیز است؛ به خصوص در کشوری مانند ایران که از منابع آبی بسیار کم برخوردار است و روند رو به رشدی در صنایع و کشاورزی دارد. میزان مصرف آب شیرین در ایران در صنایع ۲۰ درصد، کشاورزی ۷۰ درصد و خدماتی ۱۰ درصد است که با توجه به رشد جمعیت و نیاز به

1. Falcon Mark
2. Water Wars

تامین منبع غذایی، مصرف آب چندین برابر خواهد شد. آمار فوق به همراه موقعیت جغرافیایی ایران در کمربند آب و هوای خشک، میزان کاهش بارش، توزیع زمانی و مکانی نامناسب، خشک شدن قنات‌ها و چاه‌ها، آلودگی آب، برخی تصمیم‌گیری‌های سیاسی و فعالیت‌های انسانی و ... همگی دست به دست هم داده تا شرایط بحرانی و کمبود آب در حوضه‌های آبریز ایران روز به روز برای مردم محسوس‌تر شود تا جایی که کمبود آب در حوضه‌های آبریز کشور را با تنش و مخاطره سیاسی مواجه سازد. یکی از کشورهایی که با توجه به اقلیم و همچنین پهناوری دارای مشکلات هیدروپلیتیکی^۱ در سطح داخلی و منطقه‌ای است کشور ایران است. تنش آبی در ایران سیاست‌های کلان مبتنی بر توسعه و امنیت را متأثر کرده است و هر روز ابعاد جدیدی از مشکلات مربوط به کمبود آب و مخاطرات طبیعی و انسانی ناشی از آن نمایان می‌شود. از این‌رو لزوم پرداختن به مسئله آب به‌ویژه در کشور ایران بسیار مهم به نظر می‌آید زیرا با توجه به تعدد رودخانه‌های مرزی مدیریت این روخانه‌ها امنیت ملی و منافع ملی ایران را در ابعاد اقتصادی، سیاسی، زیست‌محیطی، اجتماعی و امنیتی تحت تأثیر قرار می‌دهد. بحران‌های ناشی از کمبود آب و مناقشات بر سر بهره‌برداری از آن جزو بحران‌های ژئوپلیتیکی محسوب می‌شوند که برخلاف بحران‌های سیاسی که در کنفرانس‌ها به راحتی حل و فصل می‌شوند، دیرپا بوده و به راحتی حل و فصل نمی‌شوند چرا که منازعه بر سر یک ارزش جغرافیایی به اهمیت آب است و ارزش‌های جغرافیایی در یک کشور نیز جزو منافع ملی یا محلی تلقی می‌شوند و مکان‌ها و فضاها جغرافیایی به آسانی نمی‌توانند بر سر آن دست به معامله بزنند، این وضعیت با توجه به اهمیت منابع برای اجتماعات انسانی باعث برانگیختن هویت‌های قومی شده و تنش‌های ساختاری مبتنی بر مشکلات امنیتی را به بار می‌آورد. به هر حال رقابت بر سر منابع آب دارای خصلت تنش‌ماندگار است و مانع توسعه است. بنا بر تعاریف مفهوم هیدروپلیتیک از مناقشه بین دو شخص یا گروه بر سر بهره‌برداری از آب شروع و تا سطح بین‌المللی گسترش می‌یابد و مفهوم هیدروپلیتیک به مسائل فراملی و بین‌المللی محدود نمی‌شود. خسارات فراوان سیل در رودخانه‌های مرزی ناشی از خشکسالی‌ها و تعرض اجتماعات انسانی به بستر رودخانه‌ها بوده است به طوری که مسیرهای تاریخی آب با ساخت‌وساز مورد تعرض قرار گرفته و پدیده‌ها و منابع بحران‌زای نوظهور را رقم

۱. هیدروپلیتیک یعنی تأثیر و نقش آفرینی منابع آب بر روابط سیاسی کشورها

زده است که نمونه بارز آن در رودخانه‌های است که خطوط مرزی بین دو واحد سیاسی را قطع می‌کنند یا بخشی از خطوط مرزی را تشکیل می‌دهند. مرزها از کارکردهای مختلف امنیتی، اجتماعی، ارتباطی، سیاسی و فرهنگی برخوردارند. مرزها در طی زمان و با بروز تحولات در عرصه جهان تغییر می‌کند. مرزهای بین‌المللی در شکلی مناسبات سیاسی و اقتصادی میان حاکمیت‌ها نقش برجسته‌ای برعهده دارد. طول مرزهای جمهوری اسلامی ایران بالغ بر ۸۷۳۱ کیلومتر است که ۴۱۱۳ کیلومتر مرز خشکی و ۱۹۱۸ کیلومتر آنها مرز رودخانه‌ای، دریاچه و باتلاق تشکیل می‌دهد. در برخی از نقاط مرزی ایران با کشورهای همسایه اختلافات مرزی وجود دارد که اختلافات مرزی موردنظر ما از نوع اختلافات مکانی است. اختلافات مکانی به اختلافات ایجاد شده بر سر مکان دقیق مرز گفته می‌شود که ممکن است در اثر تفسیرهای گوناگون و بعضاً متضاد از اسناد قانونی یا تغییر مکان مرز طبیعی حاصل شوند. مانند: اختلاف ایران و عراق بر سر مرز اروند از نوع اول و اختلاف ایران و افغانستان بر سر رود هیرمند از نوع دوم است. محدوده مطالعه بخش مورد اختلاف ایران و افغانستان در خصوص رودخانه هیرمند در منطقه مرز سیستان استان نیمروز افغانستان است (حداصل میل مرزی ۵۶-۵۱). در این بخش از مرز ایران با کشور افغانستان با اختلاف نقطه‌ای ناشی از جابه‌جایی بستر رودخانه مذکور مواجهیم. یکی از اختلافات را در تعیین مرز در منطقه مذکور، نبود موافقت‌نامه یا قرارداد رسمی میان دو کشور است که طبق آن، هر دو کشور ملزم شوند تا در صورت تغییر مسیر رودخانه، مرز را دوباره ساماندهی کرده و بر سر جای اصلی خود قرار دهند. شریانی بودن، چند شاخه بودن، موانع طولی در میانه بستر رودخانه و عوامل کنترل‌کننده تغییراتی همچون دبی، وزش بادهای ۱۲۰ روزه، آبرفت‌های ضخیم لایه فرسایش‌پذیر و.. موجب جابه‌جایی در کناره بستر در کوتاه‌مدت و ناگهانی شدن تغییر مسیر رودخانه‌ای شده است. روند تغییرات مورفولوژی رودخانه، در نهایت مساحتی از خاک ایران کاسته و به خاک افغانستان افزوده که در قسمت‌های از مرز نیز رود به سمت افغانستان سوق پیدا کرده که در نهایت این موارد بر روابط دولت‌ها مؤثر است که گاهی اوقات سبب تهدید امنیت منطقه‌ای و ملی نیز می‌گردد؛ ازین رو در این تحقیق تغییرات احتمالی مسیر رودخانه هیرمند مورد بررسی قرار گرفته است. تغییرات مرزی همواره زمینه‌ساز اختلافات سیاسی بوده که امروزه دامن گیر دو کشور همسایه بر سر تعیین حدود مرزی شده است.

۲- پیشینه تحقیق

تاکنون پژوهش‌های متعددی در خصوص آب، رودخانه‌های مرز، هیدروپلیتیک و ... انجام شده که در بخش نتایج برخی از پژوهش‌های سال‌های اخیر پیرامون این موضوع ارائه می‌شود.

جدول ۱. پیشینه پژوهش. ترسیم از نگارندگان

نتیجه	موضوع مورد بررسی	محقق/نوع تحقیق/سال
این پژوهش با نگرش به تداوم تغییرات اقلیمی و تغییر الگوی بارش و افزایش میزان مصرف آب در کشورهای پایین دست به روش توصیفی - تحلیلی با استفاده از منابع کتابخانه‌ای بر این فرض استوار است که بازتاب مناسبات هیدروپلیتیک کشورهای حوضه دجله و فرات (بر بنیاد طرح گاپ) در شکل تهدید امنیت نواحی جنوب غرب ایران نمود یافته و تشدید خواهد شد. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که پیامدهای ناشی از رویکرد هیدروپلیتیک کشورهای فرادست دجله و فرات به‌ویژه ترکیه افزون بر تهدید امنیت زیست‌محیطی دیگر ابعاد امنیت در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی در جنوب غرب کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد.	تأثیر مناسبات هیدروپلیتیک کشورهای پیرامونی حوضه دجله و فرات بر امنیت ج. ا. ایران: مطالعه موردی پروژه گاپ	رشیدی/ رساله/ ۱۳۹۸
در این پژوهش با روش کتابخانه‌ای تأثیر مناسبات هیدروپلیتیک بر سیاست خارجی ایران و ترکمنستان بررسی شد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که مناسبات آبی، سیاست خارجی دو کشور را در کنار مولفه‌های ژئوپلیتیکی دیگر بر مبنای گرایش‌های مسالمت‌آمیز و مبتنی بر همکاری و همگرایی سوق داده است. مرزهای رودخانه‌ای اترک، هریرود، مرغاب و همچنین مسائل مربوط به رژیم حقوقی دریای خزر، مسئولان سیاسی طرفین را بر آن داشته تا به همگرایی سیاسی گرایش داشته باشند.	تأثیر مناسبات هیدروپلیتیک بر سیاست خارجی جمهوری اسلامی ایران و ترکمنستان	متولی عنبران/ پایان نامه/ ۱۳۹۸
فرضیه مطرح شده پژوهش این است، که در شرایط دوره جدید و مختصات تحولات نوین، مسئله هیدروپلیتیک حوزه زاب کوچک می‌تواند با ابعاد ژئوکالچری، اکیوپلیتیکی و امنیتی، بر روابط سیاسی دو کشور ایران و عراق، تأثیرات متعدد داشته باشد. محقق جهت تبیین نظری مسئله تحقیق از چهارچوب نظری «سازمان‌گاری» استفاده کرده است. این پژوهش بر اساس ماهیت و روش؛ توصیفی - تحلیلی و اطلاعات مورد نیاز به روش کتابخانه‌ای و	بررسی وضعیت هیدروپلیتیک زاب کوچک در روابط سیاسی ایران و عراق	قادری/پایان نامه/ ۱۳۹۷

جدول ۱. پیشینه پژوهش. ترسیم از نگارندگان

نتیجه	موضوع مورد بررسی	محقق/نوع تحقیق/سال
اسنادی گردآوری شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که موقعیت جغرافیایی، انسانی و تاریخی رودخانه زاب کوچک، از سویی می‌تواند با عدم بررسی همه جانبه اثرگذاری تصمیم‌گیری‌های سیاسی بر این حوزه، تهدیدی برای دو کشور؛ و از سویی دیگر می‌تواند با در نظر گرفتن پتانسیل‌های منطقه و ظرفیت‌های نظری جدید در روابط بین کشورها برای دو کشور ایران و عراق و برای منطقه فرصتی هیدروپلیتیکی به حساب آید.		
این پژوهش با بررسی عوامل هیدروپلیتیک انتقال آب در ایران به این نتیجه می‌رسد که با وجود محدودیت‌های بنیادی و کمبود منابع آبی ایران، اولاً ضعف مدیریتی و سیاست‌گذاری‌های ملموس و غیرملموس در مدیریت منابع آب، ثانیاً ناحیه‌گرایی سیاسی منفی ناشی از عوامل عمده کنشگری‌های سیاسی، چالش‌های هیدروپلیتیک انتقال آب را شکل داده‌اند و در صورت تداوم این کنشگری‌ها و چالش‌ها، پیامدهای منفی اجتماعی، اقتصادی و سیاسی و در نهایت امنیتی را در پی خواهند داشت.	نقش ساختارهای مدیریتی در ایجاد چالش‌های هیدروپلیتیک ناشی از انتقال آب در ایران	چناری و همکاران/ مقاله/ ۱۳۹۶
این پژوهش با شیوه توصیفی تحلیلی و روش گردآوری کتابخانه‌ای انجام شده و در آن هیدروپلیتیک حوزه آبریز اروندرود و اثرات آن بر امنیت غذایی ایران مورد بررسی قرار گرفته است. یافته‌های پژوهش، پاسخ به سوالات و آزمون فرضیه این نتایج را در پی دارد که در صورت مدیریت صحیح هیدروپلیتیک حوزه آبریز اروندرود (شط العرب) می‌تواند امنیت غذایی کشورمان را فراهم کند.	هیدروپلیتیک حوزه آبریز اروندرود و اثرات آن بر امنیت غذایی ایران	عزتی و همکاران/ مقاله/ ۱۳۹۶
این پژوهش با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی و منابع کتابخانه‌ای در پی پاسخ به این سوال است که هیدروپلیتیک پروژه گاپ چه تاثیری بر امنیت زیست‌محیطی عراق و سوریه داشته و اهداف ترکیه از اجرای این طرح چیست؟ اجرای مرحله‌ای پروژه گاپ در طی چند دهه اخیر پیامدهای زیست‌محیطی بسیاری از جمله آلودگی آب، از بین رفتن گونه‌های کمیاب زیستی جانوری و گیاهی، افزایش بیابان‌زایی، شور شدن خاک، خشکی باتلاق‌ها و حوضچه‌ها و تولید ریزگردها در عراق و سوریه شده و به نظر می‌رسد ترکیه با تکیه بر این طرح به دنبال ایجاد هیدروژمونی در منطقه است.	هیدروپلیتیک پروژه گاپ ترکیه و تاثیر آن بر امنیت زیست‌محیطی عراق و سوریه	سید سروش اسداللهی و یاشار ذکی/ مقاله/ ۱۳۹۹

روش تحقیق

پایش تغییرات پدیده‌های محیطی بسیار پویا نظیر پهنه‌های آبی (دریاچه، تالاب و رودخانه) مستلزم اندازه‌گیری‌های میدانی مستمر و نظام‌مند است. اندازه‌گیری‌های میدانی چنین پدیده‌هایی به علت پویایی و وسعت مکانی آنها اغلب بسیار سخت، زمان‌بر و هزینه‌بر است. امروزه سنجش‌ازدور به‌عنوان یک تکنولوژی مقرون به صرفه جهت درک الگوهای مکانی-زمانی پدیده‌های مختلف در قیاس با رویکردهای مبتنی بر کار میدانی دارای اولویت است (بدوک و همکاران، ۱۴۰۰). بر همین اساس، در این مطالعه جهت پایش و آشکارسازی تغییرات بلندمدت مسیر رودخانه هیرمند، بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌های سنجش‌ازدور مدنظر قرار گرفت.

تغییرات مکانی-زمانی در پهنه‌های آبی به‌طور کلی از طریق تکنیک‌های متعددی با تکیه بر ویژگی‌های طیفی به دست آمده از داده‌های سنجش‌ازدور ارزیابی می‌شوند. طیف وسیعی از تکنیک‌ها شامل بهره‌گیری از ویژگی‌های طیفی تک باند مبتنی بر آستانه‌گذاری، الگوریتم‌های طبقه‌بندی تصاویر چند باندهای و همچنین استفاده از روابط تجربی بین تغییرات سطحی و رفتار طیفی تصاویر در این زمینه توسعه داده شده است. در این میان، تکنیک‌های مبتنی بر اطلاعات طیفی چند باندهای نظیر شاخص‌های تشخیص آب از نظر صحت بر سایرین برتری دارند و کارایی قابل قبولی ارائه داده‌اند (رکنی و همکاران، ۱۳۹۳). تا کنون شاخص‌های تشخیص آب مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای مختلفی توسعه داده شده است. در میان این شاخص‌ها، همانطور که درویشی بلورانی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعه خود پیرامون شناسایی پهنه‌های آبی واقع در منطقه بین‌النهرین عراق اذعان داشته‌اند، شاخص آب تفاضلی نرمال‌شده اصلاح‌شده (MNDWI)^۱ مبتنی بر تصاویر ماهواره‌های لندست با صحت کلی بیش از ۹۲ درصد، جهت شناسایی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها مناسب بوده و به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها به‌شمار می‌رود.

در این مطالعه، به‌منظور آشکارسازی تغییرات مسیر رودخانه هیرمند، از آرشیو بلندمدت داده‌های چندطیفی سری ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ سنجنده‌های TM^۲، ETM+^۳ و OLI^۴ با

1. Modified Normalized Difference Water Index
2. Thematic Mapper
3. Enhanced Thematic Mapper Plus
4. Operational Land Imager

قدرت تفکیک مکانی و زمانی به ترتیب ۳۰ متر و ۱۶ روز در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹ جهت محاسبه شاخص MNDWI استفاده گردید. این شاخص از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود (ژو، ۲۰۰۶):

$$MNDWI = \frac{(Green - MIR)}{(Green + MIR)} \quad (1)$$

که در آن بر اساس جدول (۱)، اندیس‌های Green و MIR به ترتیب بیانگر مقادیر بازتابندگی طیفی در باندهای سبز و مادون قرمز میانی ماهواره‌های لندست هستند. مقادیر شاخص MNDWI به طور کلی بین -۱ تا +۱ متغیر است که مقادیر مثبت شاخص (بزرگتر از صفر) بیانگر پهنه‌های آبی است (ژو، ۲۰۰۶).

جدول ۱. مشخصات باندهای طیفی سنجنده‌های ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ استفاده شده برای محاسبه شاخص MNDWI (منزوی و دلیر، ۱۳۹۷: ۴۵)

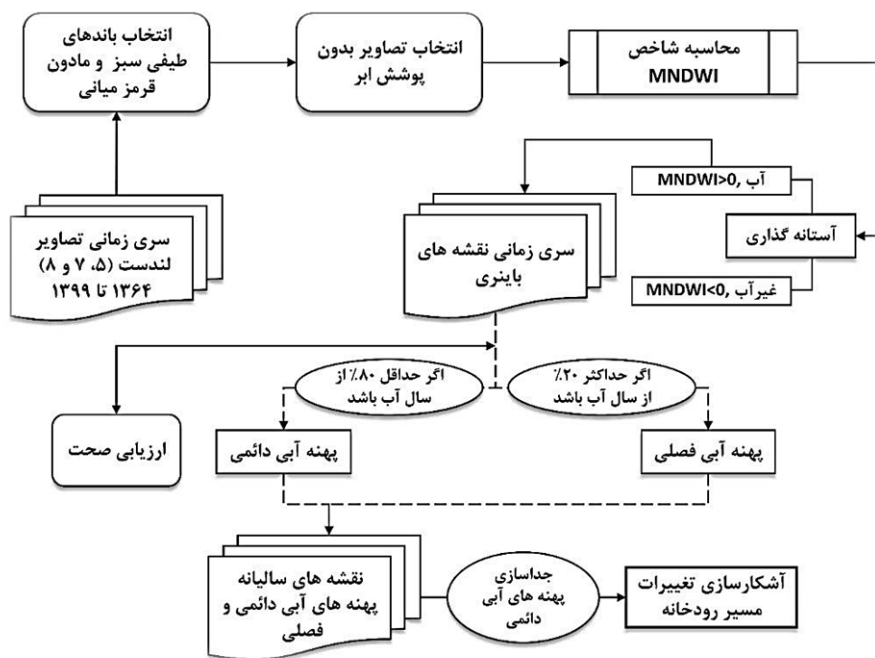
طول موج (میکرومتر)					ماهواره
Green	Red	NIR	MIR	SWIR	
۰/۵۲-۰/۶۰	۰/۶۳-۰/۶۹	۰/۷۶-۰/۹۰	۱/۵۵-۱/۷۵	۲/۰۸-۲/۳۵	لندست ۵ سنجنده TM
۰/۵۲-۰/۶۰	۰/۶۳-۰/۶۹	۰/۷۷-۰/۹۰	۱/۵۵-۱/۷۵	۲/۰۹-۲/۳۵	لندست ۷ سنجنده ETM+
۰/۵۳-۰/۵۹	۰/۶۴-۰/۶۷	۰/۸۵-۰/۸۸	۱/۵۷-۱/۶۵	۲/۱۱-۲/۲۹	لندست ۸ سنجنده OLI

همانطور که در فلوجارت شکل (۲) نشان داده شده است، با بهره‌گیری از قابلیت‌های سامانه گوگل ارث انجین، شاخص MNDWI بر روی تمامی تصاویر فاقد ابر در سری زمانی مورد بررسی اعمال شد. جهت تفکیک آب از سایر پوشش‌های زمین، حد آستانه صفر بر روی تصاویر MNDWI محاسبه شده در هر سال اعمال و بدین ترتیب پیکسل‌های با مقدار بیشتر از صفر به عنوان پهنه آبی برچسب‌گذاری شدند. پس از فرایند آستانه‌گذاری، سری زمانی نقشه‌های باینری (عدد یک بیانگر پهنه آبی و صفر بیانگر سایر پوشش‌های زمین) تولید گردید.

برای ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده، از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی بالای گوگل ارث استفاده شد. بدین منظور تعداد ۶۰۰ نقطه رندوم از مسیر طولی رودخانه در تصاویر مربوط به سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۶ به ترتیب جهت ارزیابی صحت نقشه‌های به دست آمده با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI بصورت چشمی برداشت شد (درویشی بلورانی و

همکاران، ۱۴۰۰). نقاط برداشت شده به دلیل قدرت تفکیک مکانی بالاتر تصاویر گوگل ارث نسبت به تصاویر ماهواره‌های لندست به عنوان واقعیت زمینی جهت ارزیابی صحت استفاده شدند. برای انجام این کار، از طریق تشکیل ماتریس خطا مبتنی بر مقایسه کلاس‌های نقشه‌های تولید شده با کلاس‌های واقعیت زمینی، صحت کلی نقشه‌ها برای سال‌های ۲۰۰۵ (لندست ۵)، ۲۰۰۳ (لندست ۷) و ۲۰۱۶ (لندست ۸) محاسبه گردید.

به دلیل شرایط اقلیمی منطقه، برخی پهنه‌های آبی ممکن است بصورت فصلی تنها در طول ماه‌های تر سال ظاهر گردند. برای تشخیص دقیق مسیر اصلی و دائمی رودخانه لازم است نواحی فصلی ماسک شوند. بر این اساس، جهت تفکیک پهنه‌های آبی دائمی از فصلی، پیکسل‌هایی که حداقل ۸۰ درصد از مواقع سال پهنه آبی تشخیص داده شده بودند، به عنوان آبهای دائمی در نظر گرفته (پکل و همکاران، ۱۳۹۵) و برچسب‌گذاری مجدد شدند. در مقابل پیکسل‌هایی که حداکثر ۲۰ درصد از سال پهنه آبی تشخیص داده شده بودند، به عنوان آبهای فصلی و غیردائمی در نظر گرفته و از نقشه‌های باینری ماسک شدند. بدین ترتیب نقشه‌های سالیانه پهنه‌های آبی دائمی منطقه مورد مطالعه به دست آمد که با استفاده از آنها مسیر رودخانه در سال‌های متمادی از ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹ آشکارسازی گردید.



شکل ۱. فلوجارت فرایند آشکار سازی تغییرات مکانی- زمانی مسیر رودخانه هیرمند با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹. ترسیم از نگارندگان

چارچوب نظری تحقیق

امروزه تنش بر سر تقسیم منابع آب شیرین موجود در جهان که در تمام منابع دنیا ریشه دوانیده است به اشکال مختلفی در می‌آید که از ایجاد همکاری و همگرایی تا تضاد میان مشترکان آب شهری و کشاورزان در غرب ایالات متحده شروع می‌شود و به مناقشه‌ای تمام‌عیار در کشورهای گرم و خشک خاورمیانه و شمال آفریقا ختم می‌شود و به طور کلی عاملی مهم در توسعه پایدار و زیست بهینه انسان است (ویسی، ۱۳۹۵: ۲۸۴). واقعیت جنگ آب و تحقق آن در آینده‌ای نزدیک، دور از انتظار نیست؛ تا به امروز سیصد پیمان بین کشورهای جهان برای حل مسائل مورد مختص به منابع آب منعقد شده است و در دو هزار پیمان، بندهایی درباره آب منظور شده است، اما اکنون به منبعی برای کشمکش و خشونت تبدیل شده است (Gleick and Herberger, 2014: 21).

این وجود، مدیریت هماهنگ حوضه‌های آبریز بین‌المللی به جای اینکه قاعده باشد، استثنا است. قوانین موجود در مورد نحوه بهره‌برداری از آب‌های بین‌المللی به دلیل کمیابی و رقابتی شدن بیش از پیش آب کمک مؤثری به حال این رویارویی نمی‌کند و حتی کشورهای دارای منابع آب فراوان را نیز نگران کرده است (Rosegrant et al, 2002: 8) منابع آب (مانند رودخانه‌ها) غالباً به‌عنوان یک مشکل امنیتی در سطح ملی و بین‌المللی تلقی می‌شود؛ چرا که در بسیاری از کشورها مدیریت منابع آب، رقابت شدیدی را برای سلطه و نظارت بر منابع آبی فراملی ایجاد کرده است (ذکی و حمیدی، ۱۴۰۰: ۱۰۰)

آب و منابع و اشکال متعدد آن به‌عنوان یک ماده فیزیکی، شیمیایی، اقتصادی، اجتماعی به دلیل کمبود شدید به‌عنوان یک «ماده رقابتی» نیز محسوب می‌شود و از این رو ابعاد سیاسی و امنیتی پیدا کرده و بر حیات سیاسی و امنیتی اجتماعات انسانی، ملت‌ها، سکونتگاه‌های شهری و روستایی، نواحی درون‌کشوری، کشورها و حتی مناطق ژئوپلیتیکی اثرات قابل ملاحظه و غیرقابل انکاری می‌گذارد و در نهایت می‌تواند منجر به فروپاشی اجتماعی، اقتصادی و سیاسی جوامع گردد (عراقچی، ۱۳۹۳: ۹۹). بنابراین مناقشه بر سر این ماده «کمیاب و رقابتی» در مقیاس‌های فضایی متعدد محلی تا بین‌المللی و منطقه‌ای شکل گرفته و از رهگذر این مسأله، امنیت ملی واحدهای فضایی-سیاسی تحت‌الشعاع قرار می‌گیرد. این باعث حفاظت از این منابع و تخصیص بهینه آن را در اولویت برنامه‌های ملی و منطقه‌ای قرار گیرد دهد (کرامت زاده و همکاران، ۱۳۸۶: ۲).

از دیدگاه برخی از جغرافیدانان از دوازده عامل جغرافیایی که تنش و کشمکش‌های بین‌المللی را در مناسبات میان یک کشور با سایر کشورهای منطقه ایجاد می‌کند، شش عامل مرتبط با تنش بر سر چگونگی تقسیم منابع آب است (Hagget, 2001: 522). هر چند که عوامل اجتماعی، اقتصادی، امکان دسترسی به آب را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما مناقشه بر سر حق‌آبه در حوضه رودخانه‌ها و دریاچه‌هایی که بین دو یا چند کشور مشترک هستند و آب رودخانه‌هایی که فراتر از مرزها بین‌المللی قرار دارند، تغییر مسیر رودخانه‌های مرزی مشترک، مناقشات بر سر آب را پیچیده‌تر می‌کند. امنیت آب به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به امنیت ملی مربوط می‌شود. به هر حال آب از مهمترین شاخص‌های امنیتی در کشورهای غرب آسیا است، به گونه‌ای که امروزه به عنوان یک ماده حیاتی و اساسی، در حال جایگزینی با نفت است. هم‌اینک در منطقه غرب آسیا،

آب هم به عنوان یک عامل همگرایی و همکاری و هم به عنوان یک عامل تنش و جدایی مطرح شده است (اسداللهی و ذکی، ۱۳۹۹: ۱)

از سوی دیگر هیدروپلیتیک به بررسی وضعیّت سیاسی رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آبخوان‌های میان دو یا چند کشور پرداخته و به واکاوی منابع آب در مناسبات قدرت واحدهای سیاسی-فضایی در مقیاس فروملی، ملی و فراملی میپردازد (کاویانی راد، ۱۳۹۵) منازعه و همکاری در حوزه های آبریز بین المللی و استفاده چندگانه از منابع آبهای فرامرزی باعث میشود هیدروپلیتیک یکی از موارد پیچیده و متضاد شود که کشورها و جامعه بین الملل در حال حاضر با آن مواجه است (Zeitoun, et al., 2011: 92) پیامدهای امنیتی ناشی از تداوم بحران آب، در کنار تلفات انسانی و اقتصادی، امری با اهمیت است. امروزه با افزایش جمعیت و نزدیک شدن مقادیر تقاضا به مرز نهایی منابع آب تجدیدشونده، آب میتواند عامل شعله ور شدن آتش درگیری‌ها در مناطقی گردد که در آنها رقابت های قومی و سیاسی، سابقه ای دیرینه دارد. در واقع، پاره‌ای از تحلیلگران بر این باورند که در عرض یک دهه آینده، آب به عنوان یک کالای کمیاب و گران قیمت به جای نفت در کانون رویارویی‌ها و آشتی‌ها قرار خواهد گرفت (مینائی، ۱۳۸۷: ۴۹) همچنین با ادامه بحران آب، تنشها و درگیری های بین المللی میان کشورهای مختلف بر سر منابع آب و بهره‌برداری از رودها و منابع آبی مشترک رخ می‌دهد. در نهایت تشدید تنش‌های داخلی و بین المللی، موجب تهدید قدرت ملی و قدرت سیاسی کشورهای مختلف می‌گردد (نادری، ۱۳۹۴: ۴۴) از سوی دیگر مناقشات مرزی یکی از انواع مناقشات بین المللی است که میان یک کشور با کشور دیگر یا سایر کشورها بر سر حاکمیت سرزمینی در نقاط مرزی اتفاق می‌افتد. یکی از مطالعات اولیه اما با اهمیت در این زمینه، اثر «ویکتور پرسکات ۱» (۱۹۶۵) با عنوان «جغرافیای سرحدات و مرزها» می‌باشد. پرسکات در این اثر به بررسی علل شکل‌گیری مناقشات مرزی میان کشورهای مستقل می‌پردازد. وی علل اختلافات مرزی را به چند دسته ذیل تقسیم می‌کند:

- ۱- اختلافات بر سر قلمرو؛
- ۲- اختلافات مکانی (ناشی از مکان دقیق مرز)؛
- ۳- اختلافات عملکردی؛
- ۴- اختلافات بر سر منبعی که در دو سوی مرز امتداد دارد (زین العابدین، ۱۳۹۶: ۷۶)؛

همان گونه که مشاهده می شود، اولین نوع مناقشات مرزی، مناقشات مبتنی بر قلمرو خواهی است که در اثر طمع ورزی و رویکردهای تجاوزگرانه یک کشور با تصرف بخشی از خاک کشور همسایه، اتفاق می افتد (Prescott, 1987: 93).

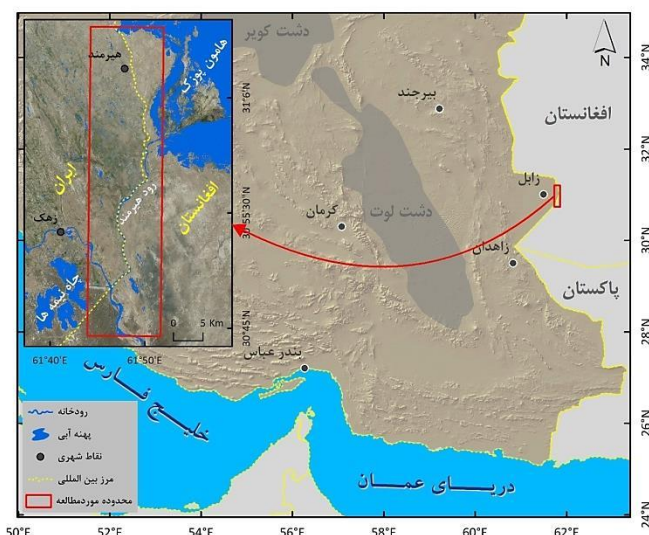
شکل گیری مناقشات مرزی در هر نقطه ای از جهان، می تواند عواقب و پیامدهای گسترده ای را به همراه داشته باشد. یکی از مهم ترین پیامدهای مناقشات و تداوم آن، ایجاد بی ثباتی در منطقه و چه بسا فراتر از آن باشد. اساسا این مناقشات می توانند مانند بیماری های واگیردار به صورت اپیدمی به تمام منطقه سرایت نماید. شکل گیری تهدیدات امنیتی، گسترش جنگ به مرزهای سایر کشورها، ایجاد ناآرامی های قومی در نواحی مرزی، می تواند نمونه ای از گسترش دامنه مناقشات مرزی دو کشور، در کشورهای همسایه باشد. به همین خاطر کشورهای منطقه ای و حتی قدرت های فرا منطقه ای در مواردی که منافع آنان ایجاب نماید سعی در حل و فصل صلح آمیز مناقشات مرزی بین دو کشور دارند و با رویکردی سه وجهی به دنبال صلح سازی، حفظ صلح و تثبیت صلح هستند (Harbottle, 2002: 40). در بسیاری از موارد کشورهای منطقه، در جریان مناقشات مرزی میان دو کشور اعلام بی طرفی می نمایند. علت این اقدام، عدم تمایل کشورها به گسترش دامنه مناقشات، کشیده شدن جنگ به داخل مرزهای خود و حضور قدرت های خارجی در منطقه باشد. به همین خاطر کشورهای منطقه تلاش می کنند تا از طریق: ۱- ظرفیت های دیپلماتیک، ۲- حکمیت و داوری و ۳- از طریق سازمان های بین المللی و به ویژه سازمان ملل متحد (فریدی، ۱۳۶۹: ۱۳)، مناقشات مرزی را حل و فصل نمایند (رجبی و رجبی، ۱۴۰۰: ۲۰۹).

محیط شناسی تحقیق

منطقه مورد مطالعه (مستطیل قرمز رنگ در شکل ۱) به مختصات تقریبی بین ۶۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۲ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۱ دقیقه عرض شمالی در شمال استان سیستان و بلوچستان و در ناحیه مرزی بین ایران و افغانستان واقع شده است. این ناحیه در مجاورت تالابها و دریاچه های هامون از جمله هامون پوزک و نیز چاه نیمه های اول، دوم، سوم و چهارم در دشت سیستان قرار دارد. دشت سیستان در جنوب شرقی ایران و در انتهای رودخانه هیرمند (Hirmand River) واقع شده که شامل ۵ شهرستان زابل، زهک، هامون، هیرمند و نیمروز با مجموع جمعیت بیش از ۴۰۰ هزار نفر است. رود هیرمند به عنوان اصلی ترین

رودخانه در حوضه آبریز دریاچه هامون و منبع اصلی تامین آب دشت سیستان به حساب می‌آید که از کوه‌های هندوکش و ارتفاعات بابا یغما در ۴۰ کیلومتری غرب کابل در افغانستان سرچشمه گرفته (ستاره و همکاران، ۱۳۹۳) و پس از و پیوستن سرشاخه‌های اصلی آن (نظیر کجکی، ارغنداب، ارغستان و ...) و طی مسافتی در حدود بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر وارد تالاب‌های هامون می‌گردد (موسی‌زاده و عباس‌زاده، ۱۳۹۵).

سیستم رودخانه‌ای در این منطقه از بارش باران و ذوب برف در کوه‌های هندوکش تغذیه می‌شود. اقتصاد و معیشت مردم منطقه به شدت به کشاورزی و خدمات مبتنی بر تالاب‌های هامون وابسته است. اقلیم دشت سیستان به‌طور کلی گرم و خشک با میانگین بارندگی سالانه کمتر از ۶۰ میلی‌متر و متوسط نرخ تبخیر بالقوه بیش از ۴۰۰۰ میلی‌متر در سال است. وزش بادهای ۱۲۰ روزه از اواسط اردیبهشت تا اواسط شهریور یکی از ویژگی‌های اقلیمی منحصربه‌فرد این منطقه به شمار می‌رود (راشکی و همکاران، ۱۳۹۲). این بادهای با جهت غالب شمال به جنوب گاهی با سرعتی بیش از ۱۴۰ کیلومتر در ساعت می‌وزند و بدین ترتیب سیستان را به یکی از مناطق شناخته‌شده دارای بیشترین فراوانی و شدت وقوع گردوغبار در ایران تبدیل کرده است. از سوی دیگر، کمبود شدید آب در دو دهه گذشته ناشی از خشکسالی و مدیریت نادرست منابع آب، اهمیت اقتصادی و زیست‌محیطی منابع آب را در این منطقه افزایش داده است (درویشی بلورانی و همکاران، ۱۴۰۱).



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه (مستطیل قرمز) در جنوب شرق ایران. ترسیم از نگارندگان

نتایج و بحث

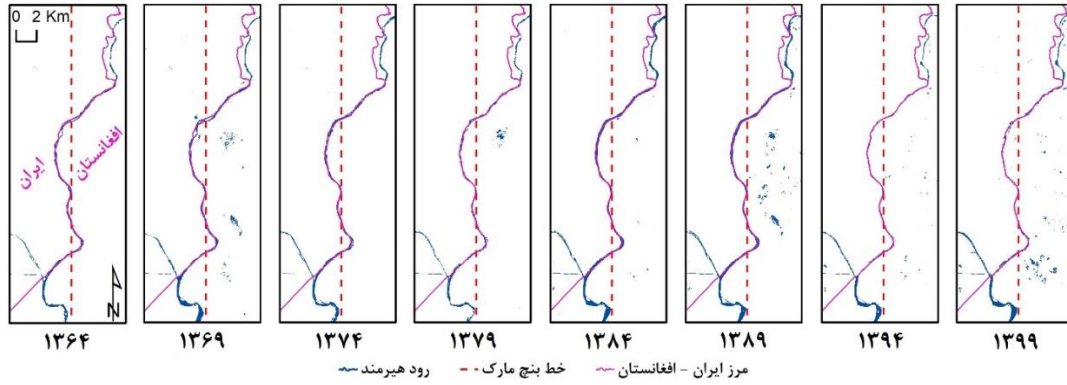
قرار داشتن سرچشمه‌های رودخانه‌های مرزی در فضای سرزمینی همسایگان به‌ویژه در شرق سبب شده است تا دولت‌های همسایه در دهه‌های گذشته از موضوع آب به عنوان ابزار سیاسی، سیاست خارجی و مواضع ایران را تحت نفوذ قرار داده و در مواقعی خاص امتیاز بگیرد. امروزه رودخانه‌های مرزی و بین‌المللی در مناسبات سیاسی و دیپلماتیک میان کشورها یک عامل بسیار اثرگذار و نقش آفرین محسوب می‌گردد (ذکی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۸). این در شرایطی است که ایران به منابع آبی خارج از مرزهای خود به‌ویژه در شرق کشور وابسته است و این امر نوعی چالش ژئوپلیتیکی برای ایران به شمار می‌رود و خواسته و ناخواسته، امنیت ملی ایران را تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد.

بر اساس اعتبارسنجی که صورت گرفت، نقشه‌های باینری تولیدشده پهنه‌های آبی با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ به ترتیب صحت کلی برابر با ۸۷/۵، ۸۳/۵ و ۸۹ درصد دارند. بر این اساس، نتایج نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI به دلیل بالاتر بودن نسبت سیگنال به نویز، بالاترین صحت را در قیاس با تصاویر دو سنجنده دیگر به دست داده‌اند. در مقابل تصاویر لندست ۷ به دلیل کیفیت رادیومتریکی پایین‌تر، کمترین میزان صحت را در تشخیص پهنه‌های آبی داشته‌اند. به‌طور کلی صرف نظر از نوع سنجنده، مقادیر صحت برآورده شده حداقل ۸۳ درصد است که با توجه به کاربرد موردنظر (آشکارسازی مسیر رودخانه)، میزان خطا قابل اغماض بوده و می‌توان بر صحت نتایج تکیه کرد.

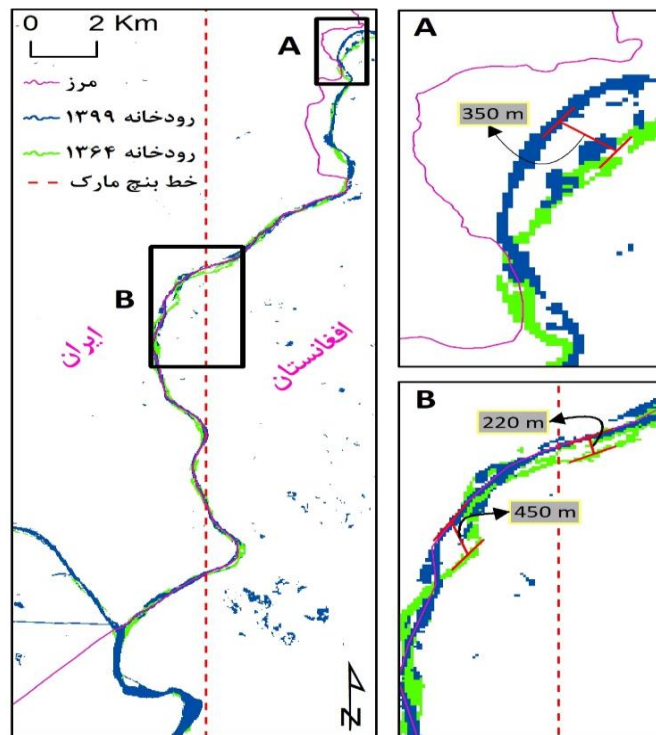
پس از انجام مراحل پردازشی و تولید نقشه‌های باینری پهنه‌های آبی دائمی سالیانه، به منظور آشکارسازی تغییرات مکانی - زمانی رودخانه هیرمند، یک خط بنچ مارک به طول تقریبی ۳۰ کیلومتر عمود بر به‌روزترین خط مرزی بین ایران و افغانستان به عنوان مبنای مقایسات مکانی - زمانی در منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید. بر اساس مقایسه نقشه‌های سالیانه مسیر دائمی رودخانه نسبت به خط مرزی و بنچ مارک، روند تغییرات مسیر رودخانه بسیار کند است. از این‌رو، جهت نمایش بصری تغییرات، همانطور که در شکل (۳) نشان داده شده است، بازه زمانی موردبررسی به

۸ برهه تقسیم و نقشه‌های مسیر دائمی رودخانه با فاصله ۵ ساله ارائه شدند. نتایج حاکی از آن است که مسیر رودخانه به جزء در دو ناحیه، به‌طور کلی تغییرات محسوسی نداشته است. با در نظر گرفتن مسیر رودخانه در دو سال ۱۳۶۴ و ۱۳۹۹ مشخص شد که تنها در نواحی شمال‌غربی (ناحیه A در شکل ۴) و مرکزی (ناحیه B در شکل ۴) منطقه مورد مطالعه، تغییراتی نسبت به خط بنچ مارک و خط مرزی به وجود آمده است.

طبق بررسی نقشه‌های سالیانه تولیدشده، در ناحیه A مسیر رودخانه از سال ۱۳۸۶ به بعد در محدوده سیاسی کشور افغانستان به سمت مرز جابجا شده است (به معنی کاهش فاصله بین خط مرزی و مسیر رودخانه). این تغییر مسیر، به وضوح در تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۹ در شکل (۳) مشهود است. بر اساس شکل (۴)، آشکارسازی تغییرات نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹ در بخش‌های شمالی ناحیه A بین ۱۴۰ تا ۳۵۰ متر (به‌طور میانگین ۲۶۷ متر) جابجایی در مسیر رودخانه (از افغانستان به سمت ایران) رخ داده است. در بخش جنوبی ناحیه A، مسیر رودخانه در سال ۱۳۶۴ به طول تقریبی ۶۰۰ متر منطبق بر خط مرزی بین ایران و افغانستان بوده است. در حالیکه در سال ۱۳۹۹، مسیر رودخانه بیشتر از ۱۰۰ متر نسبت به سال ۱۳۶۴ از خط مرزی فاصله گرفته است. در رابطه با ناحیه B، در دو بخش واقع در محدوده سیاسی افغانستان، تغییر مسیر مشاهده می‌شود (از افغانستان به سمت ایران) که هر دو در حوالی خط مرزی رخ داده‌اند. تغییرات مسیر رودخانه در ناحیه B بین ۱۲۰ تا ۴۸۰ متر (به‌طور میانگین ۲۶۰ متر) متغیر است. به‌طور کلی نتایج آشکارسازی و ارزیابی تغییرات مسیر رودخانه هیرمند در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹ نشان داد که تغییرات زیادی در الگوی مکانی رودخانه در این ناحیه حادث نشده است. در دو ناحیه A و B تغییرات جزئی مشهود است که در آنها مسیر رودخانه به سمت ایران جابجا شده است. این تغییرات می‌توانند مبنای مرزبندی جدید در نواحی مزبور قرار گیرند. لازم به ذکر است که تغییرات جزئی و غالباً تصادفی در طول مسیر رودخانه که در شکل‌های (۳) و (۴) به چشم می‌خورد را می‌توان به تأثیرات ناشی از شرایط خشکسالی و ترسالی در حوضه آبریز دریاچه هامون و همچنین خطاهای موجود در داده‌های مورداستفاده نسبت داد که سبب تغییر در مقطع عرضی رودخانه در تصاویر ماهواره‌ای شده است.



شکل ۳. مسیر دائمی رودخانه هیرمند بر اساس نقشه‌های پهنه‌های آبی دائمی سالیانه تولیدشده با استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌های لندست ۷، ۵ و ۸ در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹. (منبع: یافته‌های تحقیق)



شکل ۴. تشخیص تغییرات مسیر رودخانه هیرمند در بازه زمانی ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۹. منحنی‌های سبز و آبی به ترتیب مسیر رودخانه در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۹ را نشان می‌دهند. تغییرات به وجود آمده در مسیر رودخانه در دو ناحیه A و B، با جزئیات و بصورت کمی نمایش داده شده‌اند. (منبع: یافته‌های تحقیق)

در نهایت می‌توان گفت میزان وابستگی به جریان‌های سطحی ورودی از مرزها یکی دیگر از شاخص‌های آسیب‌پذیری کشورها در قبال کمبود آب محسوب می‌شود. اتکای کشورها به جریان‌های ورودی از مرزها، آن‌ها را در برابر نیروهایی که خارج از کنترل‌شان قرار دارد، آسیب‌پذیر می‌سازد و با افزایش تقاضا برای آب، این آسیب‌پذیری نیز به طور جدی افزایش می‌یابد. همچنین به علت وجود بیش از دویست حوضه آبریز مشترک بین دو یا چند کشور و آبخوان‌هایی که از مرزهای بین‌المللی فراتر می‌روند و نیز به علت افزایش جمعیت، زمینه بیش از پیش برای افزایش تنش‌های منطقه بر سر چگونگی استفاده از آب‌های مشترک، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که هم اکنون با کمبود آب مواجه هستند، فراهم آمده است. اگر حوضه‌های آبریز مشترک و فرامرزی ایران با همسایگان اگر به طور صحیح و اصولی مدیریت نشوند و برنامه‌های راهبردی برای استفاده از منابع آبی در دستور کار حاکمیت قرار نگیرد، بر امنیت ملی اثر منفی دارد؛ همانطور که کشورمان امروزه با کشور افغانستان برای دریافت حق آبه رود هیرمند دچار مشکلات اساسی شده است. محدودیت منابع آبی در شرق، حق آبه رودخانه هیرمند را اهمیتی مضاعف بخشیده است زیرا بخش قابل توجهی از زیست و حیات، ساکنان سیستان وابسته به آبریز هیرمند و تامین حق آبه ایران از این رودخانه است. همچنین بر اساس یافته‌های تحقیق می‌توان گفت که حل مسائل هیدروپلیتیکی می‌تواند باعث ارتقای شاخص‌های اقتصادی ایران و کشورهای دخیل در مسائل هیدروپلیتیکی شود که به تبع آن مسائل مرتبط با امنیت ملی را هم شامل می‌شود. در این میان همگرایی و تعامل کشورها در حوزه آب، جنبه هم‌تکمیلی گرفته و سبب صلح و سازش به جای تنش و کشمکش در منطقه خاورمیانه شود.

فهرست منابع

- اسداللهی، سید سروش و ذکی، یاشار (۱۳۹۹)؛ هیدروپلیتیک پروژه گاپ ترکیه و تاثیر آن بر امنیت زیست‌محیطی عراق و سوریه، فصلنامه آمایش سیاسی فضا، دوره سوم زمستان، شماره ۱ (پیاپی ۹)
- ذکی، یاشار؛ جلیل، دلشادزاد؛ بایرام، کریمی (۱۳۹۴)؛ بررسی و تحلیل هیدروپلیتیک رودخانه‌های بین‌المللی با تأکید بر رودخانه مرزی ارس، فصلنامه جغرافیای نظامی و امنیتی سال اول، شماره اول، دوره بهار
- ذکی، یاشار و حمیدی، اکبر (۱۴۰۰)؛ شناسایی و تحلیل مؤلفه‌های مؤثر بر امنیت نواحی مرزی رود ارس، فصلنامه ژئوپلیتیک، سال هفدهم، دوره تابستان، شماره ۲ (پیاپی ۶۲)
- رحیمی، رضا و همکاران (۱۳۹۷)؛ تحلیل عوامل ژئوپلیتیکی شکل‌گیری ائتلاف نظامی عربی در منطقه جنوب غرب آسیا و آثار آن بر امنیت جمهوری اسلامی ایران، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۵۰، شماره ۴، صفحه ۱۰۱۱-۱۰۲۷
- عراقچی، عباس (۱۳۹۳)؛ دیپلماسی آب، از منازعه تا همکاری، فصلنامه سیاست جهانی، دوره سوم، شماره چهارم، صص ۹۱-۱۱۹
- کرامت زاده، علی، و همکاران (۱۳۸۶)؛ تخصیص بهینه آب و اولویت بندی مناطق مختلف در مصرف آن مطالعه موردی سد بارزو شیروان، فصل نامه اقتصاد کشاورزی و توسعه
- مینایی، مهدی (۱۳۸۶)؛ ژئواکونومیک ایران در منطقه خاورمیانه، فصلنامه مطالعات خاورمیانه، شماره ۲۷
- نادری، مسعود (۱۳۹۴)؛ بحران کم آبی و امنیت ملی جمهوری اسلامی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته روابط بین الملل، دانشگاه رازی کرمانشاه
- ویسی، هادی (۱۳۹۵)؛ نیاز آبی و پیامدهای بحران آب در استان کرمان مجله جغرافیا، دوره ۱۴، شماره ۵۰، صص ۲۸۳-۳۰۷
- ستاره، جلال، پناهی، شیخی کوهسار. (۱۳۹۳)؛ بررسی اختلاف های مرزی ایران و افغانستان (مورد مطالعه: رودخانه هیرمند). علوم و فنون مرزی. ۱۰(۵)، ۲۷-۵۲.
- موسی زاده، رضا، عباس زاده، مرتضی. (۱۳۹۵)؛ ابعاد حقوقی بهره‌برداری از رودخانه هیرمند توسط ایران و افغانستان. فصلنامه علمی مطالعات آسیای مرکزی و قفقاز. ۲۲(۹۳)، ۱۵۹-۱۸۳.
- منزوی، مهشید و دلیر، اسماعیل (۱۳۹۷)؛ چکیده مباحث اساسی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، انتشارات پردازش
- Baddock, M. C., Bryant, R. G., Acosta, M. D., & Gill, T. E. (2021). Understanding dust sources through remote sensing: Making a case for CubeSats. *Journal of Arid Environments*, 184, 104335.

- Darvishi Boloorani, A., Papi, R., Soleimani, M., Karami, L., Amiri, F., & Samany, N. N. (2021). Water bodies changes in Tigris and Euphrates basin has impacted dust storms phenomena. *Aeolian Research*, 50, 100698.
- Darvishi Boloorani, A., Najafi, M. S., Soleimani, M., Papi, R., & Torabi, O. (2022). Influence of Hamoun Lakes' dry conditions on dust emission and radiative forcing over Sistan plain, Iran. *Atmospheric Research*, 272, 106152.
- Pekel, J. F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540(7633), 418-422.
- Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S., & Kahn, R. A. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of the total environment*, 463, 552-564.
- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., & Hazini, S. (2014). Water feature extraction and change detection using multitemporal Landsat imagery. *Remote sensing*, 6(5), 4173-4189.
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.
- Gleick P. H. and Heberger M. 'Water and Conflict: Events 'Trends 'and Analysis 'The World's Water Volume 8 '2014.
- Haggett, Peter(2001). *Geography: A Global Synthesis*. Publisher: Prentice Hall.
- Rosegrant 'Mark W. and other (2002), "World Water and Food to 2025 " 'International Food Policy Research Institute (IFPRI)'. Available at: <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/water2025.pdf>
- Zeitoun, Mark; Mirumachi, Naho; & Warner, Jeroen.(2011), Transboundary water interaction II: the influence of "soft" power. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 11(2), 159-178.

