فصلنامه بحران پژوهی جهان اسلام
سال ۱۱، شماره ۴(۳۵)، ۱۹۳-۱۶۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۸
نوع مقاله: علمی
صفحات: ۱۹۳-۱۶۳

Crisis Studies of the Islamic World
Vol. 11, No.4 (35), 163-193
Reseived Date: 2024/10/27
Accept Date: 2024/12/18
Article Type: autumn Quarterly
PP: 163-193

پیش بینی مساحت منابع آبی حوضه رود دجله و فرات در سال ۲۰۴۰ و اثرات کاهش آب برتنش‌های ژئوپلیتیکی[۱]

رسول افضلی[۲] | میثم ارگانی[۳] | یاشار ذکی[۴] | زهرا انصاری[۵]

شماره ٤ (۳۵)
سال ۱۱
زمستان ۱٤۰۳
مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت:
۱٤۰۳/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش:
۱٤۰۳/۰۹/۲۸
صص: ۱۹۳-۱۶۳

چکیده

از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی مساحت منابع آبی حوضه رود دجله و فرات استفاده شد. برای تحلیل رابطه‌ی بین پیش بینی منابع آبی با تنش‌های ژئوپلیتیکی از روش توصیفی- تحلیلی استفاده شد. مسئله‌ی اساسی پژوهش این است که، با توجه به سیر زمانی تغییرات مساحت منابع آبی حوضه رود از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳، مساحت منابع آبی حوضه‌ی رود دجله و فرات در سال ۲۰۴۰ چه میزان خواهد شد و این میزان چه تأثیری بر تنش‌های ژئوپلیتیکی خواهد داشت؟ نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد که روش گرادیان تقویتی دقت بالاتری دارد و مساحت منابع آبی حوضه رود از ۸۳۵۶,۱۶ در سال ۲۰۲۰ به ۵۹۵۶,۰۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۴۰ کاهش یابد. کاهش سطح منابع آبی متاثر از سدسازی‌های ترکیه در حوضه ی بالادست رود و تغییرات اقلیمی هستند این عوامل سبب بحران آبی و تنش‌های ژئوپلیتیکی میان ایران، ترکیه، سوریه و عراق خواهد شد. اختلافات هیدروپلیتیکی هم سبب تنش و هم همگرایی بین کشورهای حوضه خواهد شد. راهکار ارائه شده در پژوهش در جهت کاهش تنش ها برای مدیریت یکپارچه منابع آب، تشکیل اتحادیه منطقه‌ای حوضه دجله و فرات جهت مدیریت یکپارچه منابع آب شامل چهار کشور حوضه می‌باشد.

واژگان کلیدی: مساحت منابع آب رود، تنش ژئوپلیتیکی، بحران آب، حوضه دجله وفرات، یادگیری ماشین

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

[۱] این مقاله برگرفته از رساله دکتری جغرافیای سیاسی در دانشگاه تهران است.

[۲] استاد جغرافیای سیاسی، گروه جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول). rafzali@ut.ac.ir

[۳] دانشیار گروه سنجش از دور و جی ای اس، دانشگاه تهران، تهران، ایران.argany@ut.ac.ir

[۴] دانشیار گروه جغرافیای سیاسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. yzaki@ut.ac.ir

[۵] دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. ansari.zahra@ymail.com

استناد: افضلی، رسول؛ ارگانی، میثم؛ ذکی، یاشار و انصاری، زهرا . (۱۴۰۳). پیش بینی مساحت منابع آبی حوضه رود دجله وفرات در سال ۲۰۴۰ و اثرات کاهش آب برتنش های ژئوپلیتیکی. بحران پژوهی جهان اسلام،۱۱(۴)، ۱۹۳-۱۶۳.

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

مقدمه

حوضه رودخانه فرات- دجله، یک حوضه فرامرزی با مساحت کل ۸۷۹،۷۹۰ کیلومتر مربع است. این حوضه شامل کشورهای عراق، ترکیه، ایران، سوریه، عربستان سعودی و اردن می‌باشد (Lehner et al, 2008: 93). این حوضه از نظر استراتژیک اهمیت بالایی دارد. حوضه فرات در سوریه و حوضه دجله-فرات در ترکیه به دلیل استفاده‌های گسترده در کشاورزی و انرژی آبی، از نظر استراتژیک اهمیت بالایی دارند. ترکیه، پس از بحران‌های نفتی دهه ۱۹۷۰، به توسعه منابع بومی خود با تمرکز بر انرژی آبی پرداخته است، از جمله با پروژه آناتولی جنوب شرقی که شامل ۲۱ سد بزرگ، ۱۹ نیروگاه برق آبی و طرح‌های آبیاری به وسعت ۱,۷ میلیون هکتار است. در حالی که سوریه به دلیل تحریم‌ها و کاهش مصرف و تولید داخلی با رکود مواجه است، عراق از یک اقتصاد کشاورزی به اقتصاد نفتی تبدیل شده است. هر دو کشور از توسعه منابع آب در این حوضه برای تامین آب مورد نیاز و توسعه صنایع مختلف بهره می‌برند (FAO, 2018; Unvere et al, 2020: 5; Voss et al, 2013: 910). توسعه منابع آب در حوضه دجله- فرات همچنان یک هدف استراتژیک برای کشورهاست، اما تأثیرات سیاسی و اقتصادی هر کشور بر این توسعه متفاوت است. خشکسالی در این منطقه به‌طور متناوب رخ می‌دهد و اخیراً کاهش جریان‌های رودخانه به نصف میانگین سالانه را مشاهده کرده‌ایم. پیش‌بینی‌های مبنی بر کاهش ۲۹ درصدی جریان دجله و ۷۳ درصدی جریان فرات در آینده، نشان از تأثیرات منفی کاهش بارش در حوضه‌های بالایی ترکیه دارد. و برنامه‌های توسعه حوضه مانند گسترش آبیاری و انتقال بین حوضه‌ای می تواند وضعیت خشکسالی را بدتر کند. این مسائل، که تأثیراتشان بر کاهش و مدیریت خشکسالی کمتر مورد توجه قرار گرفته، می تواند به تلفات بیشتری در مخازن آبی منجر شود (Unvere et al, 2020: 8). آب‌های سطحی شیرین ، اگرچه کمتر از یک هزارم درصد آب جهان را تشکیل می‌دهند، اما اهمیت بزرگی برای محیط‌زیست و زندگی انسان دارند. این منابع آبی نقش حیاتی در حفظ سیستم‌های اکولوژیکی دارند. علاوه بر این، انسان‌ها از این منابع آبی برای مصارف مختلفی از جمله آب آشامیدنی، آبیاری، تصفیه فاضلاب، دامداری، مصارف صنعتی، برق آبی و تفریح بهره می‌برند. همچنین، تأثیرات این آب‌های سطحی شیرین بر وضعیت دیگر منابع آبی مانند آب‌های زیرزمینی، تالاب‌ها و سیستم‌های ساحلی پایین‌دست نیز قابل ملاحظه است (EPA, 2023; National Invasive Species Council, 2016). کاهش منابع

آبی می‌تواند نقش تشدیدکننده، کاتالیزوری یا محرکی در بی‌ثباتی سیاسی و تنش‌های سیاسی و ژئوپلیتیکی داشته باشد، به‌ویژه زمانی که همراه با بحران‌های اجتماعی مانند مهاجرت انسانی یا کمبود منابع غذایی رخ می‌دهد. کمبود منابع آبی می‌تواند به عنوان یک عامل افزایش تنش‌های سیاسی عمل کند، زیرا می‌تواند منجر به رقابت و تضاد بین افراد و اجتماع‌ها برای دسترسی به منابع باشد. همچنین، کاهش منابع آبی ممکن است منجر به بروز بحران‌های انسانی و اجتماعی شود که در نهایت به بحران‌های سیاسی و بی‌ثباتی در کشورها و مناطق مختلف منتهی می‌شود. این وضعیت می‌تواند فشارهای جدیدی بر سیستم‌های سیاسی و اجتماعی اعمال کند و پایه‌های ناپایداری سیاسی را تقویت کند. از طرفی، نظر به اهمیت موضوع و خشکسالی‌ها و تغییرات اقلیمی به وقوع پیوسته در منطقه و همچنین سدسازی‌های گسترده ترکیه در بالادست در حوضه‌ی رود، بررسی سیر زمانی تغییرات مساحت منابع آبی این حوضه و همچنین پیش‌بینی آینده آن می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی در جهت مدیریت منابع آبی در این حوضه باشد. هدف اصلی از مطالعه حاضر، مدلسازی منابع آب حوضه رود دجله و فرات با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در جهت پیش‌بینی مساحت منابع آبی در سال ۲۰۴۰ و اثرات آن بر تنش‌های ژئوپلیتیکی و بحران آب بین کشورهای حوضه رود می‌باشد.

۱ـ پیشینه پژوهش

محققان زیادی از روش‌ها و مدل‌های مختلف استفاده کرده‌اند برای مثال، عیسی و همکاران (Issa et al, 2014: 428) در مورد مساحت منابع آب دجله وفرات مقاله‌ای با عنوان «آینده مورد انتظار منابع آب در حوضه رودخان‌های دجله- فرات، عراق» به این نتیجه رسیدند که ورودی آب رود دجله در سال ۲۰۲۰ به ۶۳.۴۶ کیلومتر مکعب در سال کاهش می‌یابد و تقاضا به ۷۲.۰۶۹ کیلومتر مکعب در سال افزایش می‌یابد. چانگ و نیو (Chung and Niu, 2023: 550) حوضه رودخانه خشک دجله- فرات از آوریل ۲۰۰۲ تا ژوئن ۲۰۱۷ روند کاهشی در ذخیره سازی آب زمینه (TWS) را تجربه کرده است. با استفاده از مشاهدات ماهواره‌ای و یک مدل سطح زمین مبتنی بر فرآیند، متوجه می‌شویم که تغییرات آب و هوایی و مداخلات مستقیم انسانی حدود ۶۱ مورد را توضیح می‌دهد. اشرف و همکاران (Ashraf et al, 2024: 6) در پژوهشی با عنوان «کاربردهای

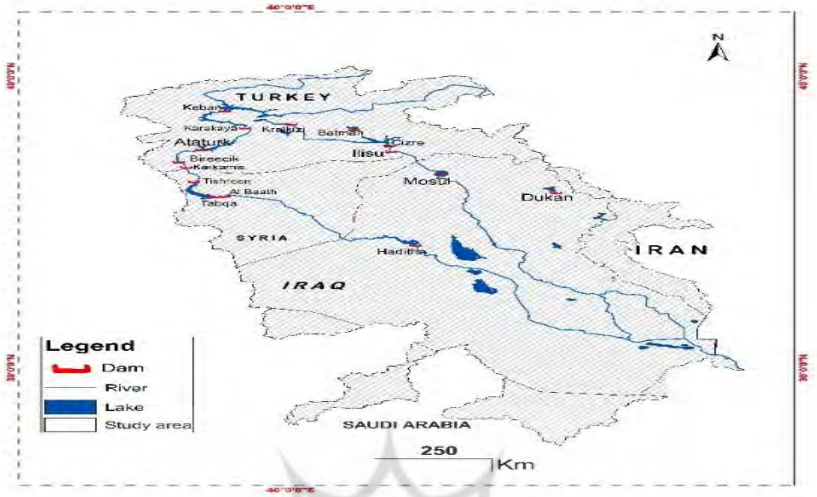
DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

یادگیری ماشین در مدیریت منابع آب: بررسی وضعیت فعلی و فرصت های آینده» بیان می کنند که ترکیب تکنیک‌های یادگیری ماشینی با مدل‌های فیزیکی نیز به دقت بالاتری در پیش‌بینی منابع آبی منجر شده است. این نشان می‌دهد که یادگیری ماشینی می‌تواند ابزار مؤثری برای مدیریت منابع آب و بهبود توسعه اجتماعی- اقتصادی، اکوسیستم‌ها و جامعه باشد. لیو (Liu et al, 2024: 16) در مقاله‌ای با عنوان «تحقیق در مورد مدل سازی منابع آب بر اساس فن آوری‌های یادگیری ماشین یادگیری ماشین» بیان می کنند که با دقت بالا، بارش، سیل، رواناب، رطوبت خاک و سطح آب زیرزمینی را پیش‌بینی می کند. این روش‌ها، بهبود قابل توجهی در مدل‌سازی منابع آب و پیش‌بینی پدیده‌های آبی ایجاد کرده‌اند و آینده استفاده از آن‌ها در مدیریت منابع آب روشن است. پی سینگ (P.Singh et al, 2024: 189) در بخشی از کتاب «یادگیری ماشین (ML) در منابع آب» الگوریتم‌های یادگیری ماشینی به دلیل قابلیت بهبود درک و تجزیه و تحلیل پیچیدگی‌های هیدرولوژیکی، محبوبیت بیشتری پیدا کرده‌اند. همچنین، تعامل بین این الگوریتم‌ها و مدل‌های مبتنی بر فرآیند، به ایجاد راهکارهای نوین در مدل‌سازی مکانیکی منجر می‌شود. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش حوضه رود دجله وفرات است. براساس پژوهش‌های انجام شده در گذشته حوزه رودخانه فرات- دجله دارای آب و هوای نیمه گرمسیری مدیترانه‌ای است. بارندگی فصلی اغلب بین مارس و می به حداکثر خود می‌رسد. در نواحی جنوب شرقی ترکیه و شمال سوریه و عراق، زمستان‌ها بارانی و تابستان‌ها گرم و خشک است. بارندگی سالانه در حوضه رودخانه فرات- دجله معمولاً حدود ۳۳۵ میلی‌متر است، اما در مناطق مختلف ممکن است متفاوت باشد. میانگین دمای سالانه حوضه رودخانه فرات- دجله حدود ۱۸ درجه سانتیگراد است، اما در ژانویه این میانگین به ۵ درجه سانتیگراد کاهش می‌یابد و در نقاط سردتر حتی تا ۱۱- درجه سانتیگراد می‌رسد. در ماه ژوئیه، میانگین دما به ۳۱ درجه سانتیگراد ارتقاء می‌یابد، و در برخی از نقاط گرمتر حتی به ۳۷ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد (Fao, 2009; New et al, 2002: 43). در دشت بین‌النهرین، بارندگی سالانه به ندرت بیش از ۲۰۰ میلی‌متر است، در حالی که در سایر نقاط حوضه به ۱۰۴۵ میلی‌متر می‌رسد. این شرایط اقلیمی نشان می‌دهند که رودخانه‌های دجله و فرات از مناطق خشک و نیمه‌خشک در سوریه و عراق عبور می کنند (Fao, 2009; Kibaroglu, 2002: 145).

۲ـ محیط شناسی

حوضه رودخانه ی دجله- فرات از جمله حوضه‌های بسیار اساسی در جنوب غربی آسیا است که به وسعت ۱۰۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع، یک منطقه گسترده را در برمی‌گیرد (Hovius et al, 1998: 1072). این رود، با طولی تقریباً ۲۸۰۰ کیلومتر، از نزدیکی کوه آرارات در شمال شرقی ترکیه سرچشمه می‌گیرد و از کوه‌های توروس عبور کرده، به سوی سوریه و عراق جریان پیدا می‌کند. در نزدیکی القرنه عراق، با رودخانه دجله اتصال یافته و در این نقطه، این دو رود تبدیل به رودخانه شط العرب می‌شوند و در نهایت به خلیج فارس می‌ریزند (Hovius et al, 1998: 1072). متوسط بارندگی در حوضهی رودخانه ی فرات- دجله در سال، حدوداً ۳۳۵ میلی‌متر است، اما با توجه به تنوع مناطق، تابستان‌های آن می‌تواند بسیار گرم و خشک باشد، با رطوبت نسبی کمتر از ۱۵ درصد. میانگین دمای سالانه در این حوضه تقریباً ۱۸ درجه سانتیگراد است (Kibaroğlu, 2019: 24) ترکیه به‌عنوان تنها کشور در حوضه رودخانه‌های فرات و دجله در موقعیت استراتژیک قوی و بالادست حوضه قرار دارد و از منابع آب سطحی و زیرزمینی فراوانی برخوردار است. سوریه به شدت به آب فرات وابسته است. عراق نیز به آب فرات وابسته است، اما از دجله و منابع آب جایگزین دیگری نیز استفاده می‌کند (Hohendinger, 2006). ایران نیز در قسمت جنوب غربی سرزمین خود در استان خوزستان به این منبع آب وابستگی دارد. بر اساس مطالعات انجام شده، خشکسالی‌ها و سد سازی‌ها سبب افزایش گردوغبار و تأثیر مخرب بر کشاورزی منطقه می شود. «زندگی اقتصادی کشورهای حوضه دجله- فرات همچنان به شدت به آب رودخانه‌ها بستگی دارد، حتی اگر درآمدهای نفتی نیز نقش غالبی در عراق داشته باشد» (ww.britannica.com).

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8



نقشه-۱. موقعیت حوضه رود دجله و فرات و ۱۶ سد مهم

۳ـ روش تحقیق

مراحل انجام تحقیق بدین ترتیب می‌باشد: ۱- تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز؛ لایه‌های اطلاعاتی شامل نوع خاک، بارش، رطوبت خاک، پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق، دمای سطح زمین می باشند. ۲- سپس داده‌ها و لایه‌های موجود، در مدل های رگرسیون جنگل تصادفی، مدل ترکیبی جنگل تصادفی- ساپورت وکتور ماشین، نزدیک‌ترین همسایه، رگرسیون گرادیان تقویتی مورد استفاده و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت نقشه‌های پیش‌بینی مساحت منابع آب حوضه رود دجله و فرات در هر یک از مدل ها استخراج گردید. به‌منظور اجرای پژوهش حاضر، نخست لایه‌های اطلاعاتی نوع خاک، بارش، رطوبت خاک، پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق، دمای سطح زمین استخراج گردید. نقشه دمای سطح زمین (LST) و پوشش گیاهی (NDVI) از ماهواره مادیس، نقشه تبخیر و تعرق از مجموعه دیتا (FLOAS) ناسا، نقشه بارش از مجموعه داده بارش جهانی (CHIRPS)، نقشه باد از ماهواره سنتینل (Copernicus)، نقشه خاک از مجموعه داده‌ی (Open land map)، نقشه فرسایش خاک از مجموعه داده‌های ترکیبی مدل ارتفاعی از (Aster)، کاربری اراضی از (Glob cover)، بارش از (CHIRPS)، نقشه رطوبت خاک از مجموعه دیتا (FLOAS) ناسا از

سامانه گوگل ارث انجین استخراج گردید و در نهایت ازروش توصیفی- تحلیلی برای تحلیل روابط داده‌های عددی با تنش‌های ژئوپلیتیکی استفاده شده است. مدل‌های مورد استفاده در پژوهش شامل موارد زیر است:

۳ـ۱ـ مدل رگرسیون جنگل تصادفی (Random farest)

این روش، یک تکنیک یادگیری ماشینی تحت نظارت است که برای مسائل طبقه‌بندی و رگرسیون قابل استفاده است. از تعداد زیادی درخت تصمیم استفاده می‌کند که به‌عنوان یک مجموعه عمل می‌کنند. برای طبقه‌بندی، تصمیم نهایی بر اساس اکثریت آراء است، در حالی که برای رگرسیون، میانگین پیش‌بینی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Vergni and Todisco, 2023: 5; Breiman, 2001: 24). در مطالعات تجربی، روش جنگل‌های تصادفی به‌عنوان یک رقیب جدی برای روش‌های پیشرفته مانند تقویت و ماشین‌های بردار پشتیبان ظاهر شده است (Freund Shapire, 1996: 150; Shawe-Taylor and Cristianini, 2004: 236). این روش، اگرچه به نظر ساده می‌آید، اما شامل نیروهای محرکه مختلفی است که تجزیه و تحلیل آن را دشوار می‌کند.

۳ـ۲ـ مدل رگرسیون انباشته رندم فارست- ساپورت وکتور ماشین (Stacking regressions RF-SVM)

برای مدلRF، ویژگی‌هایی در ترکیبات آزمایشی از یک کلاس فعالیت وجود دارد که در ترکیبات دیگر پیش‌بینی‌های صحیح ندارند، اما مشارکت‌های مثبت و منفی مشابهی در پیش‌بینی‌های صحیح کلاس‌های مختلف دارند. برای مدل SVM، ویژگی‌های موجود و غایب در یک کلاس پشتیبانی می‌کنند و در کلاس دیگر مشارکت‌های حاشیه‌ای دارند. به‌طور کلی، مشارکت ویژگی‌های نسبی منجر به پیش‌بینی‌های دقیق برای هر دو مدل شد (Maite Siemers and Bajorath, 2023: 6). هدف از این ترکیب این است که یک مدل ترکیبی، ترکیبی از جنگل تصادفی (RF) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) می‌تواند برای طبقه‌بندی داده‌ها استفاده شود (RF-SVM) به‌طور مؤثر داده‌ها را با ابعاد بسیار بالا پیش‌بینی می‌کند.

۳ـ۳ـ رگرسیون گرادیان تقویتی (gbr)

رگرسیون گرادیان تقویتی یک روش یادگیری گروهی است که در آن هر درخت جدیدی که ساخته می‌شود، خطاهای درخت‌های قبلی را تصحیح می‌کند، این ویژگی باعث افزایش دقت مدل

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

می‌شود. این تکنیک یادگیری ماشینی گروهی است که پیش‌بینی‌های چندین مدل را ترکیب می کند تا دقت پیش‌بینی کلی را بهبود بخشد، به‌ویژه برای مسائل رگرسیون و طبقه‌بندی (Friedman, 2002: 1202; Natekin and Knoll, 2013). یک روش یادگیری یکپارچه تکراری، با آموزش چندین مدل رگرسیون ضعیف و ترکیب آن‌ها، عملکرد پیش‌بینی را بهبود می‌بخشد (Liu et al, 2020: 16905).

۳ـ۴ـ مدل رگرسیون نزدیک‌ترین همسایه (knn)

KNN یک الگوریتم رگرسیون ناپارامتریک است که بر اساس معیارهای فاصله عمل می کند (Gonzalez-Sanchez, 2014: 320). ایده اصلی آن این است که مقدار هدف را با یافتن K نزدیک‌ترین همسایه در فضای ویژگی پیش‌بینی کند. عملکرد KNN به انتخاب مقدار K و متریک فاصله مورد استفاده بستگی دارد. این الگوریتم با مجموعه داده‌های کوچک به خوبی عمل می کند، اما وقتی با مجموعه داده‌های بزرگ‌تر سروکار داریم، کارایی آن کمتر می‌شود (Uddin, 2022: 5).

۴ـ ارزیابی مدل های تهیه نقشه مساحت منابع آب

جهت ارزیابی کارایی مدل رگرسیون جنگل تصادفی، (RF-SVM (Stacking، رگرسیون گرادیان تقویتی، رگرسیون نزدیک‌ترین همسایه در زمینه‌ی پیش بینی مساحت منابع آب از شاخص MASE استفاده شده است.

۴ـ۱ـ شاخص MASE

شاخص MASE(Mean Absolute Scaled Error) یک معیار ارزیابی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی است در شرایطی که مقیاس‌های بسیار متفاوتی از جمله داده‌های نزدیک به صفر یا منفی وجود دارد، پیشنهاد می کنیم MASE بهترین معیار موجود برای دقت پیش‌بینی است (Koehler & Hyndman, 2005: 683).

$$\frac{\mathrm{MAE}(h)}{\left|{}_{t-m}Y_t - Y\right| \sum_{t=m+1}^{n} \frac{1}{n-m}} = \mathrm{MASE}$$

MAE(h) میانگین مطلق خطا برای مدل در بازه زمانی است.

n تعداد نقاط داده.

m تعداد مرحله‌های زمانی به عنوان مدل مرجع.

Yt مقدار واقعی در زمان t

$Yt-m$ پیش‌بینی مدل مرجع در زمان t

این شاخص میزان دقت مدل را نسبت به مدل مرجع نشان می‌دهد. مقدار کمتر از ۱ نشان دهنده این است که مدل مورد بررسی بهتر از مدل مرجع عمل کرده است.

۵ـ چارچوب نظری

۵ـ۱ـ هیدروهژمونی

پروژه‌های آبی کامل شده باعث ایجاد نقشه‌های جدیدی از هیدرولوژی حوضه می‌شوند که منجر به ظهور الگوهای جدیدی از قدرت و تأثیرگذاری می‌شود. این افزایش قدرت چانه زنی بالادستی را به طور چشمگیری تقویت می‌کند. در این نقطه اوج، احتمالاً کشورهای بالادست مجبور به لغو یا تعلیق پروژه‌های آبی خود نخواهند بود (Gurría, 2020: 231). بر اساس نظریه نهادگرایی نئولیبرالی، هژمونی به عنوان سلطه سیاسی بر اساس منابع و نظام سیاسی بین‌المللی تعریف می‌شود. اما، این مرحله همچنین اهمیت فشار سیاسی و اقتصادی محلی و منطقه‌ای را برجسته می‌کند که ممکن است تصمیم‌گیرندگان را به سوی انتخاب‌های دشوار سوق دهد. به علاوه، مارکس اقتصاد را به‌عنوان محرک اصلی درگیری معرفی کرده است (Keohane, 2005: Douai, 2012: 1202). سطوح مختلف هژمونی مورد بررسی قرار گرفته است، جایی که جاه طلبی‌های هیدرولیک ترکیه و استراتژی قدرت در حوضه فرات- دجله به عنوان هژمونی داخلی و بین المللی اعمال شده در بخش آب در نظر گرفته می شود (Warner, 2010: 132). همکاری در زمینه آب فرامرزی بر پایه تأمین منافع مشترک است و دارای یک ساختار نهادی قوی است که بر پایه کنوانسیون‌های جهانی و موافقت‌نامه‌های منطقه‌ای و سیاست‌های توسعه پایدار تأکید دارد. این همکاری‌ها به وسیله سازمان‌های حوضه‌ای و دستورالعمل‌های مشترک تقویت می‌شوند. با این حال، هرچند که این تعاون‌ها پتانسیل‌های مثبت بسیاری دارند، اما همواره قادر به جلوگیری از تنش‌ها بین کشورهای ساحلی نیستند و حتی ممکن است آن‌ها را نتوانند کاملاً رفع کنند (Allouche, 2020: 290).

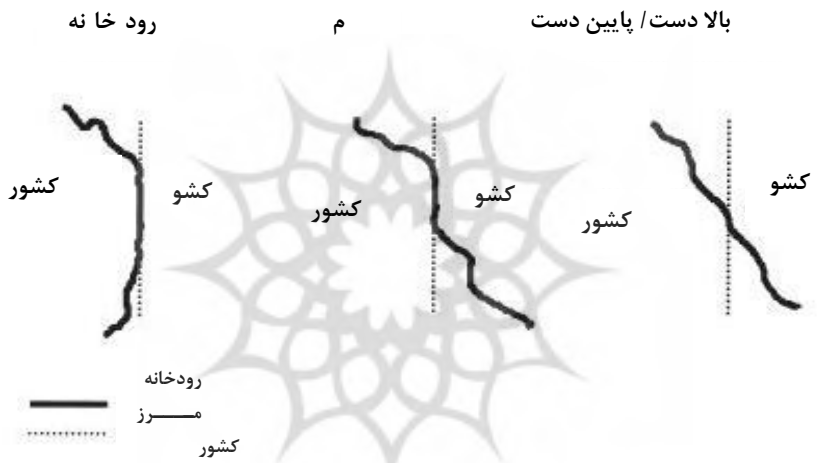
DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

۵ـ۲ـ مرزهای رودخانه‌ای (رودهای بین‌المللی)

مرزهای رودخانه‌ای، مرزهای آبی هستند که بر مبنای رودخانه‌های بین دو کشور ترسیم می‌شوند تا محدوده قلمرو حاکمیت، مالکیت و صلاحیت کشورها را مشخص نمایند (Janparvar, 2017: 39) از دیدگاه حقوق بین‌الملل، رودهای بین‌الملل به رودهای آبی اطلاق می‌شوند که از مرز بین دو یا چند کشور عبور کرده نوار مرزی کشورها را تعیین می‌کنند، یا رودهایی که در طول مسیر خود از قلمرو چند کشور می‌گذرند، مانند رن، دانوب، اروند رود، دجله و فرات و... (Zarghani, 2007: 72). باید توجه داشت که، رودخانه‌های مرزی نقش قابل ملاحظه‌ای را در مرزها بازی می‌کنند. زیرا در سه چهارم از مرزهای زمینی رودخانه‌ها جریان دارد بیشتر از ۲۶۰ حوزه رودخانه مرزی و حداقل ۲۷۳ سفره آب زیرزمینی فرامرزی وجود دارد که باید به‌صورت‌های مختلف مدیریت شود. در بررسی که از سوی واحد پژوهشی مرزهای بین‌المللی (ایبرو) به انجام رسیده است طول رودخانه‌های مرزی موجود در جهان ۷۱ هزار کیلومتر می‌باشد که حدود ۳۰ درصد طول کل مرزهای بین‌المللی را که نزدیک به ۲۵۵ هزار کیلومتر است را تشکیل می‌دهد. کمتر از سه چهارم از ۳۱۸ مرز زمینی جهان به وسیله رودخانه‌ها که حداقل بخشی از آن‌ها را تشکیل می‌دهند و بیشتر از ۱۰ درصد از رودخانه‌ها برای بیشتر از ۵۰۰ کیلومتر جریان دارند. رودهای بین‌المللی بین دو کشور ممکن است دارای اشکال مختلفی باشد: در شکل اول رودخانه با قطع خط مرزی وارد کشور همسایه می‌گردد. در این حالت روابط بالادست و پایین دست در بین دو کشور مطرح می‌شود. در شکل دوم ممکن است رودخانه در قسمتی از مسیر خود به‌عنوان خط مرزی قرار گیرد و وارد کشور همسایه نشود که به آن رود مرزی گفته می‌شود. شکل سوم، ترکیبی از دو نوع قبلی می‌باشد که رودخانه در قسمتی از مسیر خود خط مرزی بین دو کشور را تشکیل می‌دهد و سپس وارد کشور همسایه می‌گردد (Gleditsch & Havard, 2000: 980). در دنیای مرزی، تعارض میان پیوستگی جهانی و موانع سیاسی محلی چالش‌هایی در سیاست آب فرامرزی ایجاد می‌کند. این چالش‌ها بین درخواست‌های جهانی و تنش‌های قلمرویی اتفاق می‌افتد. رویکردهای مدیریت حوضه‌ای که به‌عنوان چارچوب‌های حکمرانی بدون مرز عمل می‌کنند، کشورهای ساحلی را به عنوان یک واحد متحد در اطراف زهکشی رودخانه به هم پیوند می‌دهد. این ساختارهای حاکمیتی فراملی را ایجاد می‌کند که همکاری و قضاوت در مورد مسائل پیچیده آب فرامرزی را تسهیل می‌کند. با این حال، مرزهای سیاسی به

دلیل تمایل به کنترل و تعیین منظرهای ملی همچنان معتبر هستند. برخی از مطالعات به مرزهای رودخانه‌ای به‌عنوان نقاط تعارض و تأثیرات آن‌ها بر رفاه دولت‌ها توجه دارند. این مرزها اغلب به‌عنوان مرزهای زمانی برای تعیین مجدد خطوط سرزمینی استفاده می‌شوند. در مقابل، مطالعات بیشتری بر روی تأثیر مرزهای طبیعی بر توسعه دولت‌ها و تنش‌های امتداد مرز رودخانه تمرکز دارند (Grech-Madin et al, 2018:106; Allouche, 2020: 291).

شکل-۱. انواع طبقه بندی مرزهای رودخانه‌ای



(Gleditsch & Havard, 2000)

۵ـ۳ـ نظریات و دکترین‌های مرتبط با بهره‌برداری از آب رودخانه‌های بین‌المللی

دانش ژئوپلیتیک علم مطالعه روابط متقابل جغرافیا، قدرت و سیاست و کنش‌های ناشی از ترکیب آن‌ها با یک‌دیگر است (Hafeznia, 2017: 37). نظریات و دکترین‌های مرتبط با بهره‌برداری از آب رودخانه‌های بین‌المللی از منابع حقوق بین‌الملل آب الهام می‌گیرند. سه مورد اصلی این نظریات عبارت‌اند از: ۱. نظریه حاکمیت مطلق سرزمینی: این نظریه مدعی است که هر کشوری می‌تواند به تنهایی از آب‌های رودخانه بین‌المللی در قلمرو خود به دلخواه استفاده کند، بدون احترام

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

به حقوق کشورهای دیگر (Correia and Silva, 1999: 89)؛ ۲. نظریه یکپارچگی مطلق سرزمینی: این نظریه ادعا می‌کند که ساحل پایینی رودخانه حق جریان آب با کیفیت طبیعی را دارد و دولت بالادست باید به رضایت ساحل پایینی رودخانه احترام بگذارد (Schroeder-Wildberg, 2002: 32)؛ ۳. نظریه حاکمیت سرزمینی محدود: این نظریه ادعا می‌کند که هر کشور می‌تواند از آب‌های مشترک استفاده کند، اما با احترام به حقوق و منافع کشورهای دیگر و بدون تضرر آن‌ها (Schroeder-Wildberg, 2002). همچنین، اصول حقوق بین‌الملل آب به‌عنوان مبانیی مهم در مدیریت منابع آب فرامرزی مطرح می‌شوند. این اصول شامل اصل استفاده عادلانه و معقول، الزام به عدم ایجاد ضرر قابل توجه، اصول اطلاع رسانی، مشاوره و مذاکره، اصل همکاری و تبادل اطلاعات، و اصل حل‌وفصل مسالمت‌آمیز اختلافات می‌شوند (Salman,2007: 629; Birnie and Boyle, 2002: 247).

۵ـ۴ـ تنش‌های ژئوپلیتیکی و بحران آبی حاصل از سطح حوضه‌ی آب رود

به دلیل ارتباط بی‌بدیل قدرت با جغرافیا و نقشی که قدرت در حل و فصل چالش‌ها و منازعات دارد فضا و قلمروهای جغرافیایی که در بطن خود منابع قدرت طبیعت پایه و انسان پایه جای داده‌اند همواره مورد طمع بازیگران سیاسی بوده و معمولاً مورد دست اندازی آن‌ها قرار می‌گیرند (Rezaei et al, 2023: 26). «ژئوپلیتیک آب» به رقابت‌های سیاسی بر سر منابع آب در حوضه‌های رودخانه‌ها و منابع آب زیرزمینی اشاره دارد. این رقابت‌ها بین کشورهایی رخ می‌دهد که رودخانه‌ها از قلمرو آن‌ها عبور می‌کنند یا مرز مشترک دارند. به عنوان مثال، حوضه دجله- فرات بین ترکیه (بالادست)، سوریه و عراق تقسیم شده است. از دهه ۱۹۶۰، این کشورها بدون هماهنگی، پروژه‌های بزرگ آب مانند آبیاری و تولید انرژی هیدروالکتریکی را اجرا کرده‌اند که باعث تغییرات در جریان رودخانه و افزایش تنش‌ها شده است. ترکیه، به‌عنوان کشور بالادست، می‌تواند از منابع آب به‌عنوان ابزار فشار بر کشورهای پایین‌دست استفاده کند. این وضعیت نشان‌دهنده نیاز به همکاری بین‌المللی و توافق‌های مشترک برای مدیریت منابع آب است تا از بروز درگیری‌ها جلوگیری شود و استفاده پایدار از آب تضمین گردد (Salinas Palacios, 2023: 226). در ژئوپلیتیک، هدف بررسی رقابت‌ها و مانورهای گروه‌های متخاصم در یک فضا است، نه خود فضا. این تحلیل شامل بررسی عقاید مخالف و بازنمایی‌های متناقض قهرمانان مختلف در مناقشه، مبتنی بر رویدادهای تاریخی

است. این دیدگاه‌های متفاوت اغلب بر اساس حقایق جزئی یا دروغ شکل می‌گیرند. استراتژی‌های ذینفعان و بیان آن‌ها در سطوح محلی، منطقه‌ای و بین‌المللی مهم هستند. تحلیل فضایی در سطوح مختلف، به نام دیاتوپیک[1] و نقشه‌برداری پدیده‌ها ابزارهایی برای تشخیص روابط متغیر قدرت و قرار دادن آن‌ها در بافت خود هستند (Loyer, 2019: 150; Salinas Palacios, 2023: 228). آب هدف یا ابزار خشونت است و آیا باعث تقویت درگیری می‌شود یا زمینه‌ساز همکاری، منبع رشد است یا نیروی تخریب. هدف تعیین چگونگی استفاده دولت‌های حوزه رودخانه دجله- فرات از منابع آبی مشترک به عنوان سلاح سیاسی برای حفظ منافع ملی و تعیین اقتدار منطقه‌ای است. از دهه ۱۹۷۰، ترکیه بر ادغام مدیریت رودخانه‌های فرات و دجله تأکید کرده، در حالی که سوریه و عراق آن‌ها را جداگانه می‌دانند. ترکیه با قوانین بین‌المللی آب که دو رودخانه مرتبط را یک واحد می‌داند، همخوانی دارد. دجله و فرات در شط‌العرب به هم می‌پیوندند و به خلیج‌فارس می‌ریزند. نگرانی سوریه و عراق این است که ادغام مدیریت، قدرت مطالبه توافقات را از کشورهای پایین‌دست بگیرد (Tignino, 2010: 658; Kirschner and Tiroch, 2012: 335). حقوق بین‌الملل راهنمایی درباره استفاده عادلانه از آب میان کشورهای هم‌مرز ارائه می‌دهد. در سال ۱۹۷۰، سازمان ملل از انجمن حقوق بین‌الملل خواست تا قوانین آب‌های بین‌المللی را تدوین کند، که شامل اصول «استفاده معقول و عادلانه» است. کشورهای پایین‌دست بر امنیت آب تأکید دارند، در حالی که کشورهای بالادست به «قاعده استفاده عادلانه» اولویت می‌دهند. با این که انجمن حقوق بین‌الملل رودهای فرامرزی (هلسینکی) عدم آسیب به سایر کشورها را بخشی از استفاده عادلانه می‌داند، ترکیه به دلیل اختلاف نظر درباره جریان‌های آبی، کنوانسیون ۱۹۹۷ را امضا نکرد (Kolars, 1994: 49). تغییرات نامنظم در حجم آب حوضه فرات- دجله همواره هویت ملی و قوانین داخلی سوریه و عراق را برجسته‌تر کرده است. به‌عنوان مثال، ریشه‌های هیدرولوژی عراق به داستان‌های باستانی مانند سیل اور و قوانین آبیاری پادشاه حمورابی بازمی‌گردد. نخستین جنگ مستند آب نیز حدود ۴۵۰۰ سال پیش بین دو ایالت لاگاش و امه در عراق کنونی بر سر کانال‌های آبیاری دجله رخ داد. این تاریخچه تأثیر عمیقی بر سیاست‌های آب معاصر این کشورها داشته و باعث شده اولویت به نیازهای داخلی داده شود، بدون توجه به پیامدهای خارجی. در نتیجه، روابط داخلی بر روابط خارجی مقدم بوده و

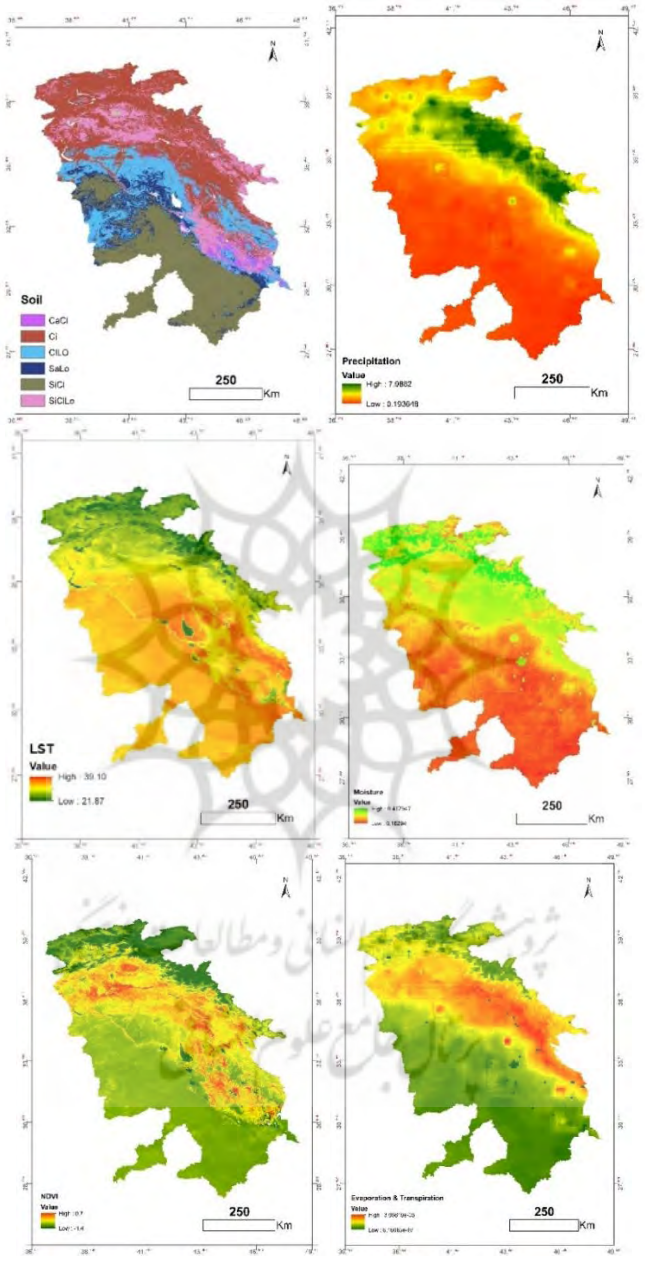
[1] Diatopic

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

همکاری‌های آبی فرامرزی نامتقارن شده است (Hammer, 2013; Medzini and Wolf, 2006: 115). توسعه آبی یکجانبه در چارچوب جهانی شدن منجر به پروژه‌های ناقص و فقدان به اشتراک‌گذاری داده‌های معتبر شده است که سوء تفاهمات بین دولتی را ایجاد کرده است. توسعه اقتصادی، تکنولوژیکی و سیاسی سه کشور ساحلی را به هم نزدیک‌تر کرده و اختلافات آبی بین منطقه ای از دهه ۱۹۶۰ با تلاش ترکیه و سوریه برای توسعه با عراق شدت یافت. در ابتدا این پروژه‌ها برای مدیریت جریان آب در دوره‌های خشکسالی و سیل بود، اما با رشد اقتصادی و فناوری، پروژه‌های برق‌آبی و آبیاری افزایش یافت. افزایش تقاضای آب و عدم هماهنگی بین پروژه‌های ملی به مناقشات آبی دامن زده است (Kibaroglu and Scheumann, 2013: 292). تعیین برنامه مدیریت آب برای رودخانه‌های فرات و دجله در بین ترکیه، عراق و سوریه منجر به تنش‌ها شده است. تخصیص منابع، نبود اشتراک‌گذاری داده‌ها و پروژه‌های توسعه آبی یکجانبه، باعث بروز رقابت‌ها و تعارضات شده است. هدف کشورهای ساحلی شامل امنیت حقوق آب، آبیاری و تولید برق است. احتمال جنگ آبی کم است، اما آب به‌عنوان ابزار سیاسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تأثیر ترکیه بر سوریه و عراق در مقیاس بین‌المللی نیز در حال افزایش است (Samantha, 2017: 54).

۶ـ یافته‌های تحقیق

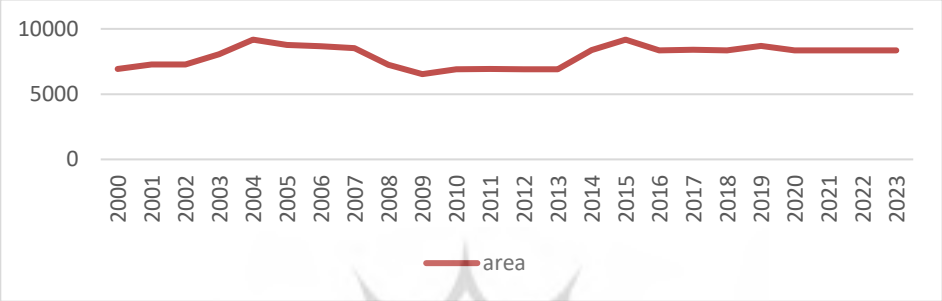
در این بخش، ابتدا خروجی لایه‌های مورد استفاده در مدل‌ها به تصویر کشیده می‌شود. سپس به بررسی مدل‌سازی مساحت منابع آب حوضه رود با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین از نوع رگرسیونی می‌پردازد. سپس نتایج مربوط به مدلساز مساحت منابع آب حوضه رود با استفاده از روش‌های RF-SVM وRF، GBR و KNN در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌گردد. در نهایت ارزیابی دقت مدل‌ها به منظور نشان دادن مدلی با دقت بیشتر ارائه می‌شود. تعداد ۶ لایه رستری شامل بارش، دمای سطح زمین، تبخیر وتعرق، رطوبت، پوشش گیاهی و نوع خاک (شکل) برای ورودی مدل‌ها تهیه شد.



نقشه-۲. لایه‌های مورد استفاده در این تحقیق

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

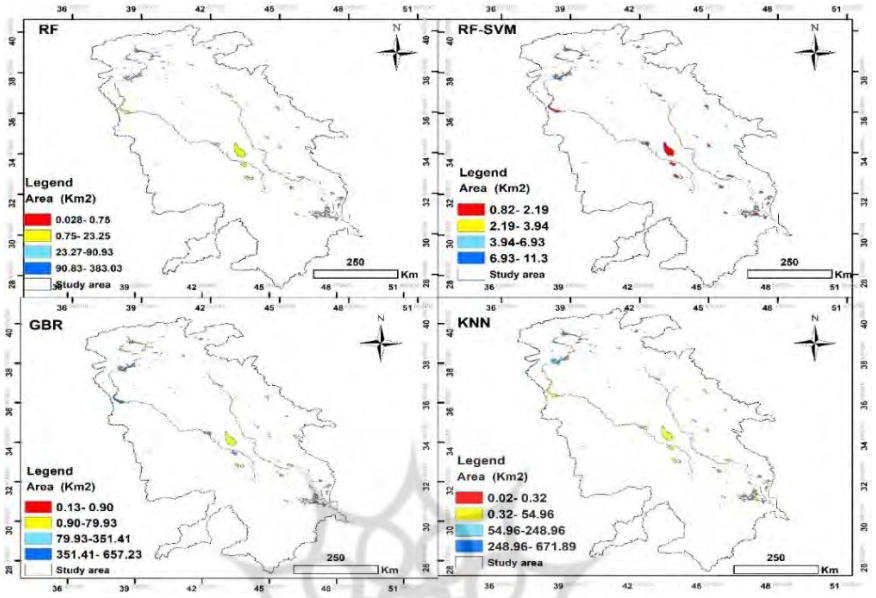
نقشه‌ها نشان داد که قسمت‌های شمالی یعنی کشور ترکیه دارای پوشش گیاهی، رطوبت، بارش بالا و دمای سطحی کمتر نسبت به قسمت‌های جنوبی یعنی سوریه، عراق، عربستان و در قسمت جنوب غربی؛ ایران می‌باشد.



نمودار-۱. سیر زمانی مساحت منابع آبی (کیلومتر مربع) حوضه ی رود دجله و فرات (سال ۲۰۰۰-۲۰۲۳) (world pop, 2024)

بر اساس نمودار از سال ۲۰۰۰-۲۰۲۳ مشاهده می‌شود که مساحت منابع آب رود حوضه‌ی دجله وفرات از سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۰۳، ۲۰۰۹- ۲۰۱۴ دارای مساحت کمتری (مساحتی حدود ۷۰۰۰ کیلومتر مربع) نسبت به سال‌های دیگر هستند و سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۱۵ بیشترین مساحت (۹۰۰۰ کیلومتر مربع) و از سال ۲۰۱۶ روند نزولی به کمتر از ۹۰۰۰ کیلومتر مربع را داشته است. مدل‌های مورد استفاده در پژوهش شامل مدل ترکیبی رگرسیون RF-SVM، رگرسیون RF، رگرسیون GBR، رگرسیون KNN می‌باشد که در روش ترکیبی RF-SVM از روش Stacking regressor برای ترکیب دو روش در کد پایتون استفاده شده است.

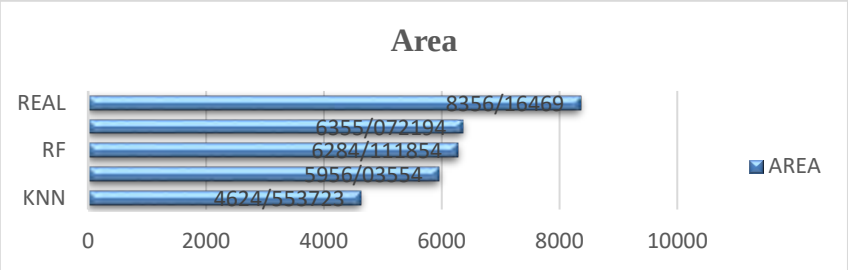
نقشه (شماره ۳) به پیش‌بینی مساحت منابع آب (کیلومتر مربع) کل حوضی دجله و فرات پرداخته است. رنگ قرمز مساحت کم، رنگ آبی پررنگ مساحت بیشتر منابع آبی حوضه را نشان می‌دهد.



نقشه-۳. پیش‌بینی مساحت منابع آب حوضه رود دجله وفرات توسط مدل‌های گرسیونی (RF-SVM, RF, GBR, KNN)

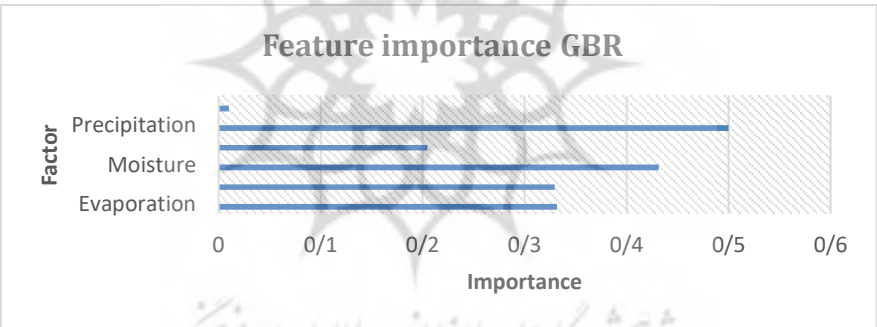
بر اساس نتایج حاصل از مؤلفه‌های مؤثر در امر پیش بینی مساحت منابع آب حوضه دجله و فرات در سال ۲۰۴۰، مدل‌ها نشان دادند که در چهار مدل مذکور در قسمت‌های شمالی که کشور ترکیه که به رنگ آبی در نقشه می‌باشد وضعیت منابع آب حوضه به ترتیب در روش Rf-svm ۶- ۱۱، در روش RF ۳۸۳-۹۰، روش GBR ۳۵۱ - ۶۵۷ و در نهایت در روش KNN ۲۴۸- ۶۷۱ کیلومتر مربع پیش‌بینی شده است. در قسمت جنوبی حوضه رود دجله وفرات در کشور سوریه و عراق و سپس در قسمت انتهایی نقشه در جنوب حوضه (رود اروند) که به رنگ زرد وقرمز در نقشه است، پیش‌بینی مدل به این ترتیب می‌باشد؛ در مدل Rf-svm ۰,۸۲ تا ۲,۱۹، در مدل RF ۰,۷۵-۲۳,۲۷، روش GBR ۳۵۱ تا ۶۵۷ و در نهایت در روش KNN ۲۴۸ تا ۶۷۱ کیلومتر مربع پیش‌بینی شده است.

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8



نمودار-۲. مقایسه عملکرد مدل‌ها برای پیش‌بینی مساحت منابع آب حوضه دجله و فرات در سال ۲۰۴۰

حجم کل مساحت حوضه‌ی رود دجله وفرات در سال ۲۰۲۰ ، ۸۳۵۶,۱۶۴۶۹ می‌باشد و پیش‌بینی مدل‌ها به این ترتیب RF-SVM ۶۳۵۵,۰۷۲۱۹۴ ،RF ۶۲۸۴,۱۱۱۸۵۴ ،GBR ۵۹۵۶,۰۳۵۵۴ ،KNN ۴۶۲۴,۵۵۳۷۲۳ کیلومترمربع می‌باشد. همان طور که پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد در مدل ترکیبی KNN شرایط مساحت منابع آب حوضه در حجم بسیار کمتری نسبت به مدل‌های دیگر است و روش RF-SVM حجم بیشتری از مساحت منابع را پیش بینی نموده است.



نمودار-۳. آنالیز اهمیت عامل مؤثر در مدل رگرسیون گرادیان تقویتی به‌منظور تعیین مساحت منابع آب حوضه رود

در این پژوهش ۶ عامل مؤثر در مساحت منابع آب رود شامل تبخیر و تعرق، بارش، پوشش گیاهی، رطوبت، دمای سطح زمین و نوع خاک مورد استفاده قرار گرفتند که آنالیز حساسیت مدل گرادیان تقویتی در نمودار آورده شده است. بر اساس نتایج این مدل عوامل بارش و رطوبت بیشترین تأثیر را بر مساحت منابع آب حوضه ی رود دجله و فرات داشته‌اند.

۶ـ۱ـ ارزیابی مدل پیش بینی مساحت منابع آب حوضه رود

نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان می‌دهد که دقت در مدل GBR (MASE:۰,۸۱۴)، نسبت به مدل‌های RF (MASE: ۰,۸۰۱)، RF-SVM (MASE: ۰,۷۹۶)، KNN (MASE:۰,۷۹,۳) دارای دقت بهتری می‌باشد. منابع آب برای تولید مواد غذایی، حفظ اکوسیستم‌ها، تأمین معاش جوامع و بقای خود حیات بسیار حیاتی است (Wang et al, 2015: 4, Shivakoti et al, 2015: 6). افزایش جمعیت، شهرنشینی، فشار اقتصادی و گسترش مناطق کشاورزی برای تأمین نیازهای آبی، انرژی و غذایی جامعه، به عنوان یک مسئله جهانی، پایداری منابع طبیعی را تهدید می‌کند (Abdullah et al, 2019: 501; Karabulut et al, 2018: 3877; Mohtar and Daher, 2012:3; Ulgiati and Brown, 1998: 26). نتایج مدل رگرسیون گرادیان تقویتی نشان داد که صحت بالایی جهت پیش‌بینی مساحت منابع آبی حوضه رود دارد. مدل GBR از مدل‌های برتر یادگیری ماشین است در پژوهش‌های مختلفی جزو مدل های با دقت بالا برای مدل سازی مطالعات محیطی به حساب می‌آید. GBR، یک روش رگرسیونی است که از الگوریتم تقویت گرادیان برای ترکیب پیش‌بینی‌های ضعیف مانند درخت‌های تصمیم استفاده می‌کند. این روش بهبود مداوم پیش‌بینی‌ها را با ادغام درخت‌های تصمیم جدید انجام می‌دهد و خطاهای قبلی را اصلاح می‌کند. با این حال، ممکن است فرآیند آموزش مدل محاسباتی فشرده‌ای داشته باشد و زمان قابل توجهی را صرف کند. به دلیل توانایی در مدیریت داده‌های با ابعاد بالا، تطبیق‌پذیری و مقاومت در برابر بیش از حد برازش، GBR مورد توجه قرار گرفته است (Friedman, 2001: 1199; Friedman, 2002: 370; Dastour and Quazi Hassan, 2023: 5). در پژوهش حاضر از مدل‌های RF، RF-SVM و KNN برای نقشه نهایی پیش‌بینی منابع آب حوضه رود دجله و فرات بر اساس ۶ پارامتر بارش، رطوبت، تبخیر وتعرق، دمای سطح زمین، نوع خاک، پوشش گیاهی استفاده شد. نتایج این مدل‌ها نشان داد که پیش‌بینی مساحت منابع آب حوضه دجله و فرات در سال ۲۰۴۰، در قسمت‌های شمالی که کشور ترکیه می‌باشد وضعیت منابع آب حوضه به ترتیب در روش Rf-svm ۶- ۱۱، در روش RF ۳۸۳-۹۰، روش GBR ۳۵۱ - ۶۵۷ و در نهایت در روش KNN ۲۴۸- ۶۷۱ کیلومتر مربع پیش‌بینی شده است. در قسمت جنوبی حوضه رود دجله وفرات در کشور سوریه و عراق و سپس در قسمت انتهایی یعنی رود اروند پیش‌بینی مدل به این ترتیب می‌باشد؛ در مدل RF-svm ۰,۸۲ - ۲,۱۹، RF ۲۳,۲۷-۰,۷۵، در نهایت

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

در روش KNN ۲۴۸ – ۶۷۱ کیلومتر مربع پیش‌بینی شده است. اگرچه مدل جنگل تصادفی و روش ترکیبی RF-SVM در این پژوهش دارای اختلاف جزیی از لحاظ دقت است و در پژوهش‌های دیگر دارای دقت بسیار خوبی بوده است. با توجه به گفته (Kisi et al, 2015: 736) الگوریتم‌های مبتنی بر درخت تصمیم از جمله M5P، RT و RF نسبت به سایر مدل‌ها دارای قدرت پیش‌بینی بالاتری هستند (Nhu et al, 2020: 479).

۷ـ تجزیه وتحلیل

پژوهش‌های اخیر حاکی از آن است که اگر تمام پروژه‌های آبی در ترکیه، ایران و سوریه اجرا شود رودخانه‌های دجله و فرات تا سال ۲۰۴۰ کاملاً خشک خواهد شد (UN, 2016).

۷ـ۱ـ پروژه‌های آب ایران[1]

ایران مسیر رودخانه‌های کرخه و کارون و دره‌های چندساله‌ای که به سمت عراق می‌رفتند را منحرف کرده است، بنابراین هیچ آبی از این رودخانه‌ها به شط العرب نمی‌رسد. شط العرب ۱۹ کیلومتر طول و عرضی بین ۳۰۰ تا ۸۵۰ متر دارد. رودخانه‌های کارون و کرخه که قبلاً ۴۱ درصد از آب شط العرب را تأمین می کردند، سالانه ۲۴٫۵ و ۵٫۸ میلیارد متر مکعب آب داشتند. کاهش جریان دجله و فرات و انحراف آب این رودخانه‌ها، شوری آب شط العرب را در سال ۱۳۹۰ به ۲۴۰۸ میلی‌گرم در لیتر افزایش داده است (UN-ESCWA & BGR, 2013). مرداب هویزه با وسعت ۳۰۰،۰۰۰ هکتار تحت تأثیر خط لوله ایران و کاهش آب رودخانه کرخه قرار گرفته است. سدسازی‌های ترکیه بر روی دجله و فرات و کمبود آب، تالاب هورالعظیم را تخریب کرده و خشکی آن باعث افزایش طوفان‌های ریزگرد شده است. ساخت سدهای متعدد و مدیریت نامناسب آب در ایران نیز مشکلات تالاب را تشدید کرده است. تالاب هورالعظیم، یک میلیون هکتار وسعت داشت و از رودخانه‌های کرخه، دجله و فرات آب می گرفت. صدام حسین در دهه ۱۹۹۰ تالاب را خشک کرد و مهاجرت جمعی را به وقوع پیوست. پس از سقوط صدام، آب دوباره به تالاب بازگشت. جنگ و عملیات نظامی باعث جدا شدن تالاب به پنج حوضچه شد و فعالیت‌های نفتی در منطقه تغییرات اکولوژیکی زیادی ایجاد کرد (UN-ESCWA & BGR, 2013).

[1] Iranian Water Projects

۷ـ۲ـ پروژه آب ترکیه

در دهه ۱۹۷۰، دولت ترکیه پروژه‌ی جنوب شرقی آناتولی (GAP) را آغاز کرد و این پروژه از طریق ۲۲ سد و ۱۹ نیروگاه هیدرولیک از حدود ۱۷ ۰۰۰ کیلومتر مربع زمین برای آبیاری استفاده می‌کند. گاپ می‌تواند تا ۱۰۰ کیلومتر مکعب آب را ذخیره کند که سه برابر بیشتر از ذخیره‌ی آب در مخازن عراق و سوریه است. این پروژه اهداف داخلی و خارجی متعددی دارد. هنگامی که سد ایلیسو روی رودخانه دجله راه‌اندازی می‌شود، عراق تنها ۹/۷ کیلومتر مکعب آب دریافت خواهد کرد (Al-Muqdadi, 2022:7; Farinosi et al, 2018: 291; Dresse et al, 2019: 101; Zeitoun et al, 2020: 367; Baranyai, 2020: 16; Menga, 2015: 481). این بدان معناست که ۴۷ درصد از جریان رودخانه به صورت تخلیه شده، که این منجر به رها شدن ۶۹۶۰۰۰ هکتار زمین کشاورزی به دلیل کمبود آب می‌شود. گزارش‌های اخیر نیز نشان می‌دهد که در صورت اجرای تمامی پروژه‌های آبی در ترکیه، ایران و سوریه، رودخانه‌های دجله و فرات تا سال ۲۰۴۰ به‌طور کامل خشک خواهند شد (Al-Muqdadi, 2022: 9; Shahbazbegian, 2016: 1090).

۷ـ۳ـ پروژه های سوریه

سوریه سه سد اصلی در رودخانه فرات راه‌اندازی کرده است، که جمعاً ۱۶,۱ کیلومتر مکعب آب را برای آبیاری و تولید برق ذخیره می کنند. در گذشته، سوریه از رودخانه فرات حدوداً ۲۱ کیلومتر مکعب آب دریافت می کرد، اما این مقدار تا سال ۲۰۰۰ به ۱۲ کیلومتر مکعب کاهش یافته است، که نشان از ۴۰ درصد کاهش است. همچنین، حجم آب دریافتی توسط عراق هم از ۲۹ کیلومتر مکعب قبل از سال ۱۹۹۰ به ۴,۴ کیلومتر مکعب در حال حاضر کاهش یافته است، که نشان از ۸۵ درصد کاهش می‌دهد. این کاهش باعث شده است که زمین‌های کشاورزی در هر دو کشور از ۶۵۰۰۰۰ هکتار به ۲۴۰۰۰۰ هکتار کاهش یابد. علاوه بر این، به دلیل آبیاری پشتی آب، کیفیت آب نیز در مسیرهای بالادست کانال اصلی بدتر شده است (Meshel, 2018: 57; Al-Ansari and Knutsson, 2011: 54; Al-Muqdadi, 2022: 7). سوریه قصد دارد سطح کشاورزی خود را دو برابر کند، که باعث افزایش برداشت آب از ۵ کیلومتر مکعب به ۹ کیلومتر مکعب می‌شود. این تصمیم ممکن است سبب بروز پیامدهایی چون: ۱- کاهش منابع آب برای کشاورزی در عراق؛ ۲- خرابی زمین به دلیل افزایش شوری محیط؛ ۳- خشک شدن بیشتر منطقه‌های زیست‌محیطی و افزایش

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

آسیب‌های زیست‌محیطی؛ ۴- بدتر شدن کیفیت آب رودخانه فرات، که در حال حاضر دارای مقدار ۱۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر است؛ ۵-کاهش تولید برق از طریق نیروگاه‌های آبی؛ ۶- افزایش خطرات منطقه‌ای؛ ۷- ترک کشاورزان و ماهیگیران از مناطق متأثر؛ ۸- کاهش سطح آب زیرزمینی خواهد شد (Grech-Madin et al, 2018:104; Al-Muqdadi, 2022: 9).

۷ـ۴ـ تنش ژئوپلیتیکی بین کشورهای حوضه ی رود

تأثیر کاهش حجم منابع آب حوضه رود دجله و فرات بر تنش‌های ژئوپلیتیکی رابطه مستقیمی دارد و افزایش تنش را سبب خواهد شد. تغییر مشابهی را می‌توان در درگیری‌های آب فرامرزی ردیابی کرد که در بیشتر موارد تهدیدی قریب الوقوع نیست، اما حداکثر مانعی در مدیریت آب فرامرزی و برخی از جذابیت‌ها در رسانه‌های عمومی است. تحقیقات موجود در مورد منازعات آب عمدتاً به سمت گفتمان کمبود آب است که علیت بین تقاضای فزاینده برای آب، افزایش تنش سیاسی و مناقشات فزاینده بر سر منابع آبی مشترک را برجسته می‌کند، به‌ویژه در مناطق خشک (Grünwald, 2020: 466). از جنبه‌های مهم گفتمان تعارض آب را می‌توان از نظر قدرت شناسایی کرد. بسیاری از محققان عدم تقارن قدرت بین دولت‌ها را مورد مطالعه قرار داده‌اند (به عنوان مثال، Cascão & Zeitoun, 2010; Daoudy, 2009; Hussein & Grandi, 2017)، توضیح داده‌اند که چگونه عدم تقارن قدرت ممکن است پتانسیل تعارض را مهار کند (Dinar et al, 2013: 65)، یا تأثیر واقعی را مورد بحث قرار داده‌اند. کشورهای هیدرو- هژمون در تعامل آب فرامرزی (Cascão & Zeitoun, 2010: 44). اکثر کارشناسان هنوز از دیدگاه نئوگرامشی استفاده می کنند، به‌ویژه در جایی که موقعیت جغرافیایی، استحکام اقتصادی یا نیروی نظامی، اما همچنین قدرت فکری و درجه رضایت، نقش تعیین کننده‌ای در کنترل حوضه‌های آبخیز بین‌المللی ایفا می‌کند (Zeitoun & Mirumachi, 2008: 300). با این حال، نیروهای نظامی بیشتر به احتمال زیاد درگیر عملیات نجات، تثبیت مناطق مرزی یا مقابله با فعالیت‌های مجرمانه هستند تا تصرف نقاط مهار ژئواستراتژیک (Grünwald, 2020: 24). بنابراین، چهار شدت درگیری و تنش ژئوپلیتیکی از کم به زیاد به صورت زیر نشان داده می‌شود:

(۱) درگیری غیرسیاسی: ایالت‌ها نگران مسائل آب نیستند یا مسائل مربوط به آب بخشی از حوزه عمومی نیست. مسائلی مانند کاهش سطح آب به دلیل عملکرد سدها ممکن است منجر به شکایت به مقامات محلی شود، اما به محافل سیاسی بالاتر نمی‌رسد (Mirumachi, 2015: 14).

(۲) درگیری سیاسی: مسائل آب به بخشی از دستور کار سیاسی تبدیل می شود و دولت‌ها تمایل خود را برای حل تضاد منافع محاسبه می‌کنند. به‌عنوان مثال، کشورهای پایین دست با کشورهای بالادست مذاکره می‌کنند تا آب بیشتری را از جریان اصلی منحرف کنند. پس از آن، دولت‌های پایین دستی ممکن است ساخت سدهای چند منظوره خود را برای ذخیره آب بیشتر یا مذاکره با کشورهای بالادست برای ایجاد برخی مقررات برد- برد برای تضمین جریان آب پایدار در نظر بگیرند.

(۳) درگیری امنیتی شده: دولت‌ها اقدامات اضطراری را برای توجیه اقدامات خاص، یا مشروعیت بخشیدن به اقدامات خاص به روشی غیرعادی، خارج از رویه سیاسی منظم، برای به دست آوردن منافع بیشتر از موقعیت‌های موجود انجام می‌دهند (Mirumachi & Chan, 2014: 13-15). به‌عنوان مثال، یک کشور بالادست مانند ترکیه ممکن است یک سد نیروگاه آبی بسازد تا اقتصاد داخلی خود را تقویت کند. اثرات اجتماعی و زیست محیطی سد بر کشورهای پایین دست ممکن است انواع مختلفی از اقدامات تلافی جویانه را برانگیزد.

(۴) درگیری خشونت آمیز: دولت ها از قلمرو سیاست عادی فراتر می روند و هر نوع اقدامی را برای به دست آوردن کنترل بر آب‌های مشترک اتخاذ می‌کنند. تا کنون، این فقط شامل اعمال تروریسم آبی یا خشونت در سطح داخلی و نه بین ایالتی بوده است (Grünwald, 2020: 465). رقابت برای منابع آب بین واحدهای سیاسی، با استفاده از عوامل ژئوپلیتیک، تنش‌هایی را ایجاد می‌کند. منابع آب بین‌المللی می‌توانند باعث تضاد منافع و در نتیجه درگیری شوند. این وضعیت بیشتر به دلیل نیازهای داخلی و فشارهای حکومتی برای رفع مشکلات منابع آبی رخ می‌دهد و کشورها را متقابل قرار می‌دهد (Wolf, 2017: 293). در هم‌تنیدگی رویدادها و تغییرات اجتماعی، فرهنگی، امنیتی و زیست‌محیطی با کمبود و کاهش منابع آب، یک نمود جغرافیایی- سیاسی رخ داده است. در زمینه مسائل جغرافیایی سیاسی، هر زمان که مسائلی با تلاقی قدرت، حداقل دو بازیگر و وجود یک عنصر یا ارزش جغرافیایی (مانند سرزمین، قلمرو، یا منبع آب) رخ دهد، آن مسئله به ویژگی‌ها

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

و اهمیتی از جغرافیای سیاسی مجهز است. در زمینه هیدروپلیتیک، عامل یا ارزش جغرافیایی مهم آب شیرین است که به تعاملات و قدرت بازیگران و عملگران معنا و اهمیت می‌دهد. به این تبع، هیدروپلیتیک یک زیرشاخه از جغرافیای سیاسی است که در هم‌تنیدگی تعاملات قدرتی با جوامع و واحدهای سیاسی- فضایی درباره منابع آب شیرین از مقیاس محلی تا جهانی را مورد بررسی قرار می‌دهد (Kavianirad. 2019: 25). دانش ژئوپلیتیک می‌تواند در شکل دهی روابط بین‌المللی کمک فراوانی به کشورها کند (Alamdar et al, 2024: 36). مشکلات ترکیه با عراق و سوریه ناشی از ریشه‌هایی عمیق‌تر، به‌ویژه احساس خیانت از دوران جنگ جهانی اول، است. این عدم همکاری نشأت می‌گیرد از تصورات ترکیه درباره خود و نگرشش نسبت به جوامع عرب. این سیاست‌ها نقش مهمی در شکل‌گیری هویت ملی و خودانگاره ترکیه در مواجهه با این درگیری‌های عمده در منطقه داشته‌اند (Mousa, 1997: 195). اجرای پروژه‌های مهار آب در بالادست رودخانه‌های دجله و فرات و عدم تأمین حق آب برای تالاب‌ها، مسئله‌ای بین ایران و عراق به وجود آورده است. این مسأله در منطقه بین هورالعظیم، برای ایران اهمیت دارد و باعث خشکی بخشی از آن شده است. در عین حال، سدها در بالادست رودخانه‌های دجله و فرات باعث کاهش حجم جریان‌های سطحی و فرسایش بخشی از بستر آن‌ها شده است. این امر مشکلاتی نظیر خشکسالی و فرسایش را در مناطق ساحلی و داخلی به وجود آورده است. این موضوعات، زندگی مردم را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش منابع آبی و افزایش فشار بر زمین و همچنین شماری از تالاب‌ها و شکل‌گیری پدیده ریزگرد شده است (Rashidinejad, 2023: 85). در چند دهه گذشته به دلیل افزایش جمعیت، افزایش فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در فضاهای جغرافیایی و همچنین تغییرات اقلیمی، پایداری منابع آبی به شدت تحت تأثیر قرار گرفته است، به نحوی که این منابع آبی نمی‌توانند نیازهای نسل حاضر را تأمین کنند و این مسئله خلاف مقوله پایداری است که، مهم‌ترین گزاره و هدف آن، تأمین آب نسل حاضر و نسل‌های آینده است (Moradi et al, 2024: 115). افزایش کم‌آبی و ناامنی، تعیین یک برنامه مدیریت عادلانه آب برای رودخانه‌های فرات و دجله را به چالش کشیده است. ترکیه، عراق و سوریه با تغییرات اقلیمی و درگیری‌های داخلی، در تلاش برای تخصیص منابع آب درگیر شده‌اند. ناهماهنگی و نبود اشتراک‌گذاری داده‌ها باعث ادامه پروژه‌های توسعه آبی یکجانبه شده است. رابطه‌ی بین کاهش منابع آب با تنش‌های ژئوپلیتیکی رابطه‌ای مستقیم است چراکه کمبود آب بر

اقتصاد و معیشت جمعیت حوضه رود، کشاورزی و پوشش گیاهی منطقه تأثیر مستقیم خواهد گذاشت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، از الگوریتم‌های یادگیری ماشین شامل RF، RF-SVM، GBR و KNN برای پیش‌بینی مساحت منابع آب حوضه‌ی رود دجله و فرات استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که روش گرادیان تقویتی با دقت بالاتری پیش‌بینی می‌کند در سال ۲۰۴۰ مساحت منابع آب حوضه رود دجله و فرات از ۸۳۵۶,۱۶ در سال ۲۰۲۰ به ۵۹۵۶,۰۴ کیلومتر مربع در سال ۲۰۴۰ کاهش خواهد یافت، که این کاهش می‌تواند بحران آبی و تنش‌های ژئوپلیتیکی مهمی در منطقه ایجاد کند. آب به موضوعی هیدروپلیتیکی در خاورمیانه تبدیل شده که سرنوشت کشورهای منطقه به آن گره خورده است. بحران‌های هیدروپلیتیکی، عامل اصلی اختلافات و تنش‌های مرزی میان کشورها هستند و عدم مدیریت منابع آبی مشترک می‌تواند منجر به جنگ و ناپایداری زیست‌محیطی شود. ۸۰ درصد جمعیت منطقه در مناطق خشک زندگی می‌کنند و نیازمند برنامه‌ریزی برای دسترسی به آب هستند. برای حل این بحران، همکاری منطقه‌ای، مدیریت استراتژیک و هماهنگی در سیاست‌گذاری ضرورت دارد. سدهای بزرگ در حوضه‌ی رودخانه‌های دجله و فرات، انجام شده توسط کشورهایی که در بالادست این حوضه‌ها حضور دارند (ترکیه، سوریه و عراق و در رتبه ی اول کشور ترکیه با ایجاد پروژه‌ی گسترده گاپ)، منجر به کاهش گسترده‌ی آب در مناطق پایین دست حوضه شده است. اگر این سیاست‌ها و سدهای ساخته شده به همین نحو ادامه پیدا کنند، این منطقه ممکن است با چالش خشکسالی و حتی خشک شدن کامل رودخانه‌های دجله و فرات روبه‌رو شود. استفاده از مزیت بالادست برای سدسازی و بهره‌برداری از منابع آبی، به‌ویژه توسط کشوری مانند ترکیه که بالادست حوضه‌ی رودخانه واقع شده است، چالش‌های ژئوپلیتیکی برای کشورهای پایین دست حوضه ایجاد می‌کند. این اقدامات می‌توانند توازن قدرت و منافع بین کشورهای مختلف را تحت تأثیر قرار دهند و موجب افزایش تنش‌ها و نزاعات منطقه‌ای شوند. کشورهای ایران، عراق و سوریه که در پایین دست حوضه‌ی رودخانه‌های مورد بحث واقع شده‌اند، به‌دنبال حفظ حقوق و منافع خود در استفاده از آب‌های این رودخانه‌ها در مواجهه با تصمیمات بالادستی هستند. این وضعیت نشان

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

می‌دهد که نیاز به همکاری و تعامل میان کشورهای مختلف در حوزه ی مدیریت منابع آبی و پیشگیری از تنش‌ها و نزاعات ناشی از بهره‌برداری گسترده از آب‌های مشترک بسیار ضروری است. به‌عنوان نمونه، ایران و عراق پس از دوره صدام به سیاست‌های مشترک‌تری در زمینه مدیریت منابع آبی دست یافته‌اند که می‌تواند الگویی برای همکاری سایر کشورهای منطقه باشد. اختلاف رودهای مرزی در الویت بحران های هیدروپلیتیکی منطقه به ویژه ایران و عراق قرار گرفته است. اگرچه این تنش‌ها در آینده ممکن است کاهش یابند، اما روابط دوجانبه میان چهار کشور (عراق، سوریه، ترکیه و ایران) به دلیل همکاری کم و تنش‌های متوسط تا بالا همچنان پیچیده خواهد بود. با توجه به پیش بینی پژوهش حاضر در سال ۲۰۴۰ در موردکاهش حجم منابع آبی، به‌ویژه به واسطه سدسازی‌ها و تغییرات اقلیمی، تأثیرات منفی بر محیط زیست و روابط ژئوپلیتیک این کشورها خواهد داشت. عوامل زیست‌محیطی و مدیریت آب، به‌طور مستقیم بر تعاملات ژئوپلیتیک تأثیر می‌گذارند و در صورت ادامه این روند، تنش‌ها افزایش خواهد یافت مگر این که همکاری‌های منطقه‌ای تقویت شود. روابط ژئوپلیتیک این چهار کشور نشان‌دهنده دینامیک پیچیده و پیش‌بینی تنش‌های آینده است. بنابراین، بحران‌های هیدروپلیتیکی هم می‌تواند عاملی برای تنش و هم سبب همگرایی بین کشورهای حوضه‌ی رود شود. بازیگران می‌توانند درحل اختلافات منابع آبی حوضه عمل کنند. یکی از راهکارها برای کاستن تنش‌ها، ایجاد مدیریت یکپارچه منابع آب از طریق تشکیل «اتحادیه منطقه ای حوضه ی دجله و فرات» با هدف افزایش همگرایی ۴ کشور حوضه‌ی دجله فرات (ایران، عراق، ترکیه و سوریه) است.

قدردانی

الف- این مقاله برگرفته از رساله دکتری جغرافیای سیاسی با عنوان «اثرگذاری گردوغبار بر روابط ژئوپلیتیک کشورهای حوضه آبریز رود دجله وفرات» در دانشگاه تهران است. نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه تهران قدردانی نمایند.

ب- این اثر تحت حمایت مادی صندوق حمایت از پژوهشگران وفناوران کشور (INSF) برگرفته از طرح شماره «۴۰۲۴۱۸۰» انجام شده است.

This work is based upon research funded by Iran National Science Foundation (INSF) under project No.4024180.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، مقاله پیش‌رو فاقد هر گونه تعارض منافع بوده است.

Translated References to English

Al-Ansari, N.A; Knutsson, S. (2011). Toward prudent management of water resources in Iraq, Journal of Advanced Science and Engineering Research, 1, 53-67 .

Allouche, J. (2020). Nationalism, legitimacy and hegemony in transboundary water interactions. Water Alternatives 13(2), 286-301.

Abdullah, M; Assi, A; Asadalla, N. (2019). Integrated Ecosystem Sustainability Approach: Toward a Holistic System of Thinking of Managing Arid Ecosystems, Open Journal of Ecology, 9, 493-505 .

Ashraf, A; Sakina Sayed, A; Antoifi, A; Moutari, S; Oyedele, L. (2024). Applications of machine learning to water resources management: A review of present status and future opportunities, Journal of Cleaner Production, Volume 441, 140715,1-18.

Alamdar, I; Hafeznia, M.H; Ahmadipour, Ahmadi Nouhdani, S. (2024). Explaining the Components of Geopolitical Interests in Iran-Turkey Foreign Relations, Geopolitics Quarterly, 20(73), 26-56. [In Persian]

Al-Muqdadi, S.W. H. (2022). The Spiral of Escalating Water Conflict: The Theory of Hydro-Politics, Water , 14(21), 1-22.

Breiman, L. (2001). Random forests. Mach. Learn, 45, 5–32 .

Baranyai, G. (2020). Theories of Conflict and Cooperation Over Transboundary River Basins. In European Water Law and Hydropolitic; Springer: Cham, Switzerland, 15–27 .

Birnie, P ; Boyle, A. (2002). International Law and the Environment. New York, NY: Oxford University Press, 365 .

Correia, F.N; Silva, J.E. (1999). International framework for the management of transboundary water resources, Water International, 24, 86–94.

Dresse, A.; Fischhendler, I.; Nielsen, J.Ø.; Zikos, D. (2019). Environmental peacebuilding: Towards a theoretical framework. Coop. Confl, 54, 99–119 .

Dastour, H; Quazi, K.H. (2023). A Machine-Learning Framework for Modeling and Predicting Monthly Streamflow Time Series, Hydrology 2023, 10(4), 95,1-18 .

Douai, A; Montalban, M. (2012). Institutions and the environment: The case for a political socio-economy of environmental conflicts. Camb. J. Econ, 36, 1199–1220.

EPA (2023). https://www.epa.gov/report-environment/fresh-surface-waters#:~:text=Land%20cover%20can%20affect%20drainage,extent%20of%20fresh%20surface%20waters.

E. Issa; Al-Ansari, N.A; Govand Sherwany, S.K. (2014). Expected Future of Water Resources within Tigris-Euphrates Rivers Basin, Iraq, Journal of Water Resource and Protection, 6, 421-432 .

FAO (2018). Drought characteristics and management in North Africa and the Near East. Bazza, M., Kay, M. and Knutson, C. FAO Water Report 45. Rome, Italy.

Fao (2009). Transboundary River Basin Overview – Euphrates-Tigris. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b03dbb7a-00bb-44d6-8ed0-bf5667a98149/content .

Friedman, J.H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. Ann. Stat, 29, 1189–1232 .

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

Friedman, J.H. (2002). Stochastic gradient boosting. Comput. Stat. Data Anal. 38, 367–378.
Farinosi, F; Giupponi, C ; Reynaud, A ; Ceccherini, G ; Carmona-Moreno, C ; De Roo, A ; Gonzalez-Sanchez, D ; Bidoglio, G. (2018). An innovative approach to the assessment of hydro-political risk: A spatially explicit, data driven indicator of hydro-political issues, Glob. Environ. Chang, 52, 286–313 .
Freund, Y ; Shapire, R. (1996). Experiments with a new boosting algorithm. In L. Saitta, editor, Machine Learning: Proceedings of the 13th International Conference, San Francisco, Morgan Kaufmann, 148–156.
Gurría, A. (2020). A decade of work on water governance at the OECD: What have we learnt? Int. J. Water Resour. Dev. 36, 229–234.
Gonzalez-Sanchez, A; Frausto-Solis, J; Ojeda-Bustamante, W. (2014). Predictive ability of machine learning methods for massive crop yield prediction. Span. J. Agric. Res. 12, 313–328.
Grech-Madin, C; Döring, S; Kim, K; Swain, A. (2018). Negotiating water across levels: A peace and conflict 'Toolbox' for water diplomacy. J. Hydrol, 559, 100–109 .
Gleditsch, K. and Havard, H. (2000). Peace and Democracy Three Levels of Analysis. Journal of conflict Resolution. 41:238-310.
Grünwald, R., Feng, Y., & Wang, W. (2020). Reconceptualization of the transboundary water interaction nexus (TWINS): Approaches, opportunities and challenges. Water International, 45(5), 458–478.
Hammer, J. (2013). Is a Lack of Water to Blame for the Conflict in Syria?" Smithsonian Magazine. http://www.smithsonianmag.com/innovation/is-a-lack-of-water-to-blame-for-the-conflict-in-syria-72513729 /
Hovius, N; Stark, C.P; Tutton, M.A. (1998). Landslide-driven drainage network evolution in a pre-steady-state mountain belt: Finisterre Mountains, Papua New Guinea. Geology, 26, 1071-1074.
Hafeznia M.R; Roumina, E. (2017). The Impact of Geopolitical Interests of Iran and Saudi Arabia on Regional Challenges in Southwest Asia, Journal of Geographical Researches, 10(2). 215-238. [In Persian]
Hafeznia, M.R. (2022). World future scenarios in the light of Ukraine crisis, Geopolitics Quarterly, 18(65), 1-12. [In Persian]
Hohendinger, K.)2006(. Water politics in the Middle East: The Euphrates Tigris basin. https://www.britannica.com/science/mean-squared-error
Janparvar, M. (2017). A New Perspective on Border Studies (Concepts, Principles, and Theories), Tehran: Iranian Geopolitical Association Publications. [In Persian]
Kaviani Rad, M; Sasanpour, F; Nosrati, H. (2019). Analysis of the concept of water security from the perspective of political and geopolitical geography, Geopolitics Quarterly, 15(1), 23-59. [In Persian]
Koehler, A. B; Hyndman, R. J. (2005). Another look at measures of forecast accuracy, International Journal of Forecasting 22(4), 679-688.
Keohane, R.O. (2005). After Hegemony; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA.
Kibaroglu, A. (2002). Building a regime for the waters of the Euphrates-Tigris river basin. Springer; 1st edition, 365 .
Kibaroglu, A; Scheumann, W. (2013). Evolution of Transboundary Politics in the Euphrates-Tigris River System: New Perspectives and Political Challenges, Global Governance, 19(2), 279-305 .
Kibaroglu, A. (2019). State-of-the-art review of transboundary water governance in the Euphrates– Tigris river basin. International Journal of Water Resources Development, 35(1), 4-29.

Kolars, J.F. (1994). Problems of International River Management: The Case of Euphrates. International Waters of the Middle East - From Euphrates, Tigris to Nile, 44–95.
Kisi, O; Shiri, J; Karimi, S; Shamshirband, S; Motamedi, S; Petkovi´c, D; Hashim, R. (2015). A survey of water level fluctuation predicting in urmia lake using support vector machine with firefly algorithm, Appl. Math. Comput, 270, 731–743.
Karabulut, A.A; et al. (2018). A Proposal for Integration of the Ecosystem-Water-Food-Land-Energy (EWFLE) Nexus Concept into Life Cycle Assessment: A Synthesis Matrix System for Food Security. Journal of Cleaner Production, 172, 3874-3889 .
Kirschner, A.J; Tiroch, K. (2012). The Waters of Euphrates and Tigris: An International Law Perspective. Max Planck Yearbook of United Nations Law Online 16 (1), 329–94.
Kolars, J.F. (1994). Problems of International River Management: The Case of Euphrates. International Waters of the Middle East - From Euphrates, Tigris to Nile, 44–95.
Kayali, H; Arabs; Young, T. (1997). Ottomanism, Arabism, and Islamism in the Ottoman Empire — 1908-1918, (Berkeley, CA: University of California Press, 1997), 192-205.
LI-LING C; NIU, G. (2023). The Impacts of Interannual Climate Variability on the Declining Trend in Terrestrial, Journal of Hydrometerology, 24(3), 549–560 .
Liu, Z; Zhou, J; Yang, X; Zhao, Z; Lv, Y. (2024). Research on Water Resource Modeling Based on Machine Learning Technologies, Water, 16(3), 472;1-26 .
Lehner, B; Verdin, K; Jarvis, A. (2008). New global hydrography derived from spaceborne elevation data. Eos, Transactions, AGU, HydroSHEDS, 89(10), 93-94 .
Vergni, L; Todisco, F. (2023). A Random Forest Machine Learning Approach for the Identification and Quantification of Erosive Events, Water 2023, 15(12), 2225.1-13 .
Liu, J; Xiao, A; Lei, G; Dong, G; Wu, M. (2020). Intelligent predicting of salt pond's ion concentration based on support vector regression and neural network. Neural Comput. Appl. 32, 16901–16915.
Lacoste, Y. (2010). L'eau dans le monde. Paris (France), Larousse.
Loyer, B. (2019). Géopolitique: Méthodes et concepts. Paris (France), Armand Colin.224 .
Mohtar, R.H ; Daher, B. (2012). Water, Energy, and Food: The Ultimate Nexus. In: Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering, CRC Press, 47. Taylor and Francis Group, Open Journal of Ecology, Boca Raton.9(11),1-5 .
Moradi, A; Azami, H; Popli Yazdi, M.H; Zarzghani, S.H. (2024). Analysis of the Role of Political Management of Space Components on the Sustainability of Water Resources, Geopolitics Quarterly, 20th year, 20(73) 109-138. [In Persian]
Medzini, A; Wolf, A.T. (2006). The Euphrates River Watershed: Integration, Coordination, or Separation? In The Multi-Governace of Water: Four Case Studies, SUNY Series in Global Politics. Albany, NY: State University of New York Press, 111-174 .
Menga, F. (2015). Building a nation through a dam: The case of Rogun in Tajikistan. Natl. Pap. 43, 479–494 .
Meshel, T. (2018). Inter-State Fresh Water Dispute Resolution: Some Reflections on River Basin Organizations as Arbitral Institutions. Yearb. Int. Environ. Law, 29, 55–76 .
Mousa, S; Lawrence, T.E. (1996). An Arab View, Albert Boutros, translator, (London: Oxford University Press) .
Maite Siemersm, F; Jürgen, B. (2023). Differences in learning characteristics between support vector machine and random forest models for compound classification revealed by Shapley value analysis, Scientific Reports, 13 (5983) , 1-12 .
Mirumachi, N. (2015). Transboundary water politics in the developing world. Abingdon/New York: Routledge.

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8

Mirumachi, N., & Chan, K. (2014). Anthropocentric hydro politics? key developments in the analysis of international transboundary water politics and some suggestions for moving forward. Aquatic Procedia, 2, 9–15.

New, M; Lister, D; Hulme, M; Makin, I. (2002). A high-resolution data set of surface climate over global land areas. Climate Research 2. Available at following link: http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/hrg.htm.

National Invasive Species Council, citing: The White House. (2016). Executive Order 13751: Safeguarding the Nation from the Impacts of Invasive Species. https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/uploads/eo_13751.pdf .

Natekin, A; Knoll, A. (2013). Gradient boosting machines, a tutorial. Frontiers in Neurorobotics.

Rezaei, D; Hafeznia, M.R; Afshardi, M.H; Ahmadi Nohadani, S. (2023). Explaining the Action Pattern of Geopolitical Territorialization of Countries, Geopolitics Quarterly, 19(3), fall, 1-33. [In Persian]

Nhu V.H; Shahabi, H; Nohani, E; Shirzadi, A; Al-Ansari, A; Bahrami, S; Miraki, SH. (2020). Daily Water Level Prediction of Zrebar Lake (Iran): A Comparison between M5P, Random Forest, Random Tree and Reduced Error Pruning Trees Algorithms. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 9, 479.

P Singh, V; Singh, R; Kumar Paul, P; Singh Bisht, D; Gaur, G. (2024). Machine Learning (ML) in Water Resources, Part of the book series: Water Science and Technology Library, (WSTL,volume 127), 183-202.

Rashidinejad, A; Kaviani Rad, M; Motaghi Dastanai, A. (2023). The reflection of the hydropolitical actions of the upstream countries of the Tigris and Euphrates basin on the security of J.A. Iran: A case study of GAP project in Turkey, Applied Research Journal of Geographical Sciences, 75(24), 74-96. [In Persian]

Salinas Palacios, D. (2023). Sharing water in the international Tagus River basin: a geopolitical approach to explaining water governance issues in Spain, Agua y Territorio, Enero-Junio, Universidad de Jaén (España). 23, 223-238.

Shawe-Taylor J; Cristianini, N. (2004). Kernel Methods for Pattern Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, 478 .

Shivakoti, B.R; Bengtsson, M., Zusman, E; Miyazawa, I; Aleksiunaite, I. (2015). Placing Water at the Core of the Sustainable Development Goals (SDGs): Why an Integrated Perspective Is Needed. Institute for Global Environmental Strategies; Hayama, Japan, 1-15 .

Salman, M.A.S. (2007a). The helsinki rules, the UN watercourses convention and the berlin rules: perspectives on international water law, Water Resources Development, (23), 625–640 .

Samantha, G. (2017). Twisting the Tap: Water Scarcity and Conflict in the Euphrates-Tigris River Basin, Glass, Samantha, Twisting the Tap: Water Scarcity and Conflict in the Euphrates-Tigris River Basin, Independent Study Project (ISP) Collection. 2594. https://digitalcollections.sit.edu/isp_collection/2594

Shahbazbegian, M.R; Turton, A; Shafaee, S.M.M. (2016). Hydropolitical Self-Organization theory; System dynamics to analyse hydropolitics of Helmand transboundary river. Water Policy , 18, 1088–1119 .

Schroeder-Wildberg, E. (2002). The 1997 International Watercourses Convention – Background and Negotiations, Working Paper On Management in Environmental Planning, 1-64 .

Tignino, M. (2010).Water, International Peace, and Security. International Review of the Red Cross 92: 647–74 .

Ünver, O. (2020). Dursun Yıldız, Ayşegül Kibaroğlu, Hamza Özgüler. Euphrates-Tigris Case Study, 1-12 .

Uddin, S; Haque, I; Lu, H; Moni, M.A; Gide, E. (2022). Comparative performance analysis of K-nearest neighbour (KNN) algorithm and its different variants for disease prediction. Sci. Rep. 12, 62561,1-11 .

Ulgiati, S; Brown, M.T. (1998). Monitoring Patterns of Sustainability in Natural and Man-Made Ecosystems. Ecological Modelling, 108, 23-36.

UN-ESCWA; BGR. (2013). Inventory of Shared Water Resources in Western Asia, United Nations Economic and Social Commission for Western Asia and Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Beirut.

https://www.unescwa.org/publications/inventory-shared-water-resources-western-asia

Voss, K.A; Famiglietti, J.S; Lo, M; Linage, C; Rodell, M; Swenson, S.C. (2013). Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. Water Resources Research, 492, 904-914.

Warner, J. (2010). Hydro-hegemonic politics: A crossroads on the Euphrates-Tigris. In The Politics of Water; Routledge: London, UK, 119–141.

Wolf, A.T. (2017). International Waters: Conflict, Cooperation, and Transformation, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Encyclopedia of the Anthropocene, (4), 291-299 .

Wang Y; Xiao, C; Xinrong, Zh; Qi, W. (2015). Exploring the Sustainable Use Strategy of Scarce Water Resources for Rural Revitalization in Yanchi County from Arid Region of Northwest China, Int J Environ Res Public Health. 19(23), 16347 .

Zeitoun, M; Mirumachi, N; Warner, J; Kirkegaard, M. (2020). Cascão, A. Analysis for water conflict transformation. Water Int, (45), 365–384 .

Zeitoun, M., & Mirumachi, N. (2008). Transboundary water interaction I: reconsidering conflict and cooperation. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 8, 297–316.

Zeitoun, M., Warner, J., Mirumachi, N., Matthews, N., McLaughlin, K., Woodhouse, M., et al. (2014). Transboundary water justice: a combined reading of literature on critical transboundary water interaction and 'justice', for analysis and diplomacy. Water Policy, 16(S2), 174–193.

Zarghani, S.H. (2017). An Introduction to Understanding International Borders with an Emphasis on the 89. Security and Law Enforcement Function of Borders. Tehran: Publication of the Faculty of Police Sciences, Research Department. [In Persian]

[**In Persian**]

DOI: 10.27834/CSIW.2410.1464.4.35.8