دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۸۳-۱۶۵

*مریم بیاتی خطیبی [۱]
فریبا کرمی [۲]

برآورد میزان فرسایش کناری و رسوب حمل شده در واحد مرزی رودخانه ارس

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۲

چکیده

از دیدگاه سیاسی و همچنین از نظر جلوگیری از فرسایش خاک‌های دشت‌های سیلابی، تشخیص و تعیین محل‌هایی با توان فرسایشی بالا، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از علل عمده فرسایش کناری، جابجایی‌های مسیر جریان رودخانه، خصوصا جابجایی در اثر ایجاد پیچان‌ها و جابجایی خمیدگی پیچان‌ها در پهن دشت سیلابی است. بنابراین برای بررسی و برآورد میزان فرسایش، باید ابتدا میزان جابجایی‌ها مورد بررسی قرار گیرد. این بررسی برای رودخانه پویایی مانند ارس که همواره در دشت سیلابی خود دارای بیش‌ترین جابجایی‌ها در طول تاریخ بوده، از اهمیت هیدروپولتیک برخوردار است. در این تحقیق، به منظور برآورد فرسایش کناری و رسوب حمل شده در واحد مرزی رودخانه ارس، از روابط مختلفی بهره‌گیری شده است. روابط Ω،Ų ω و Ė از جمله روابط به‌کار گرفته شده برای برآورد فرسایش کناری و رسوب حاصل از آن در این رودخانه می‌باشند. به‌منظور ترسیم میزان جابجایی و فرسایش، نتایج حاصل از برآوردها در محیط GIS به نقشه تبدیل شده‌اند. بررسی‌ها در پهنای دشت سیلابی ارس نشان می‌دهد که تغییرات پهنا در طول مسیر جریان بسیار متفاوت است و این پهنا در نزدیکی جلفا و پلدشت زیاد و در سایر قسمت‌ها کم‌تر می‌شود. تغییرات در پهنا نشان از جابجایی زیاد مسیر جریان این رودخانه و گستردگی آبرفت‌ها در مسیر جریان می‌باشد. در این قسمت‌ها قدرت برش رودخانه تا حدی که شعاع قوس‌ها زیاد افزایش نیافته باشد، فوق‌العاده زیاد است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هر چه قدرت این برش در کناره‌های این رودخانه افزایش یافته است، بر میزان تخلیه رسوبات

*۱- گروه ژئومورفولوژی دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی. (نویسنده مسئول). E-mail: m5khatibi@yahoo.com
۲- گروه ژئومورفولوژی دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

به رودخانه و در نتیجه بر میزان جابجایی کانال افزوده شده است. نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که متاسفانه در طی سی سال اخیر میزان جابجایی رودخانه ارس به طرف ایران زیاد بوده و این به منزله کاهش محدوده دشت سیلابی در طرف ایران و برعکس افزایش میزان آن در طرف مقابل است.

کلید واژه‌ها: فرسایش کناری، فرسایش خاک، جابجای کانال، رودخانه ارس.

مقدمه

رودخانه‌ها از پویاترین پدیده‌های طبیعت محسوب می‌شوند که ضمن سیراب کردن مسیر جریان خود، با فرسایش بستر و کناره‌های مسیر جریان، خاک ارزشمندی را برای فعالیت‌های انسانی و استقرار جلوه‌های مختلف اکوسیستم فراهم می سازند. هرچند گاه این فرسایش و جابجایی کناری ناشی از فرسایش برای کشورهایی که مرز سیاسی جدا کننده آن‌ها رودخانه‌ها تعیین شده، ممکن است در طی زمان بسیار مشکل‌ساز باشد. از نظر کاهش جابجایی‌های جانبی و مدیریت مسیر جریان رودخانه، تشخیص محل‌هایی با پتانسیل بالا از نظر میزان جابجایی مسیر از نظر سیاسی و جلوگیری از فرسایش خاک‌های دشت‌های سیلابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از علل عمده فرسایش کناری، جابجایی های مسیر جریان رودخانه، خصوصا در اثر ایجاد پیچان‌ها و جابجایی خمیدگی پیچان‌ها در پهن دشت سیلابی است. بنابراین برای بررسی و برآورد فرسایش، باید ابتدا میزان جابجایی‌ها مورد بررسی قرار گیرد. این بررسی برای رودخانه‌ای مانند ارس که همواره در دشت سیلابی خود دارای بیش‌ترین جابجایی‌ها بوده، از اهمیت هیدروپولوتیک برخوردار است.

Nichholas et al (2012: 202) آرایش کانال‌های اصلی رودخانه‌ها را در قالب دشت‌های سیلابی و با تاکید بر نقش عوامل رسوب‌گذاری مورد توجه قرار دادند و بر نقش خمیدگی‌ها در تغییرات مورفولوژی بستر جریان رودخانه‌ها که با ایجاد پشته‌ها و چالاب‌ها همراه هستند، تاکید نمودند. (Sarma et al 2007 and 2006: 365) به بررسی نقش الگوی جریان به‌ویژه زمانی که با ایجاد خمیدگی قدرت آن افزایش می‌یابد، در تشدید فرسایش کناری در مسیر رودخانه براهما پوترا پرداخت و به این نتیجه رسید که این رودخانه با خمیدگی‌هایی که در مسیر جریان خود ایجاد می‌کند فرسایش کناری در بستر سیلابی رودخانه‌ها را تشدید می‌کند. Güneralp and Rhoud (2010: 95) نیز از این بعد پیچان‌های مسیر رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه خود را بررسی نمودند. Bhattacharyya et al (2010: 54) تغییرات در مسیر جریان رودخانه‌ها را در رابطه با مدیریت محیطی مورد مطالعه قرار دادند مطالعات آزمایشگاهی اثرات تغییرات در پارامترهای مختلف را بر رفتار رودخانه‌ها به اثبات رساندند. Maren (2010: 265), Mart et al., (2010: 200) از دیگر محققانی هستند که بر نقش ویژگی‌های زهکشی و نوع سازندها در تغییر الگوی جریان رودخانه‌ها تاکید نمودند. بررسی بستر قدیمی رودخانه‌ها با استفاده از نیمرخ رسوبات دشت‌های سیلابی می‌تواند محققین را در بررسی رفتار گذشته رودخانه‌ها و در پیش‌بینی رفتار آینده آن‌ها کمک نماید. Hudson (2008: 210) و Sridhar (2007: 107) از جمله محققانی هستند که توانستند با استناد به یافته‌های استراگرافی و بررسی رسوبات دیرینه به نتایج ارزنده‌ای در مورد رفتار رودخانه‌های

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

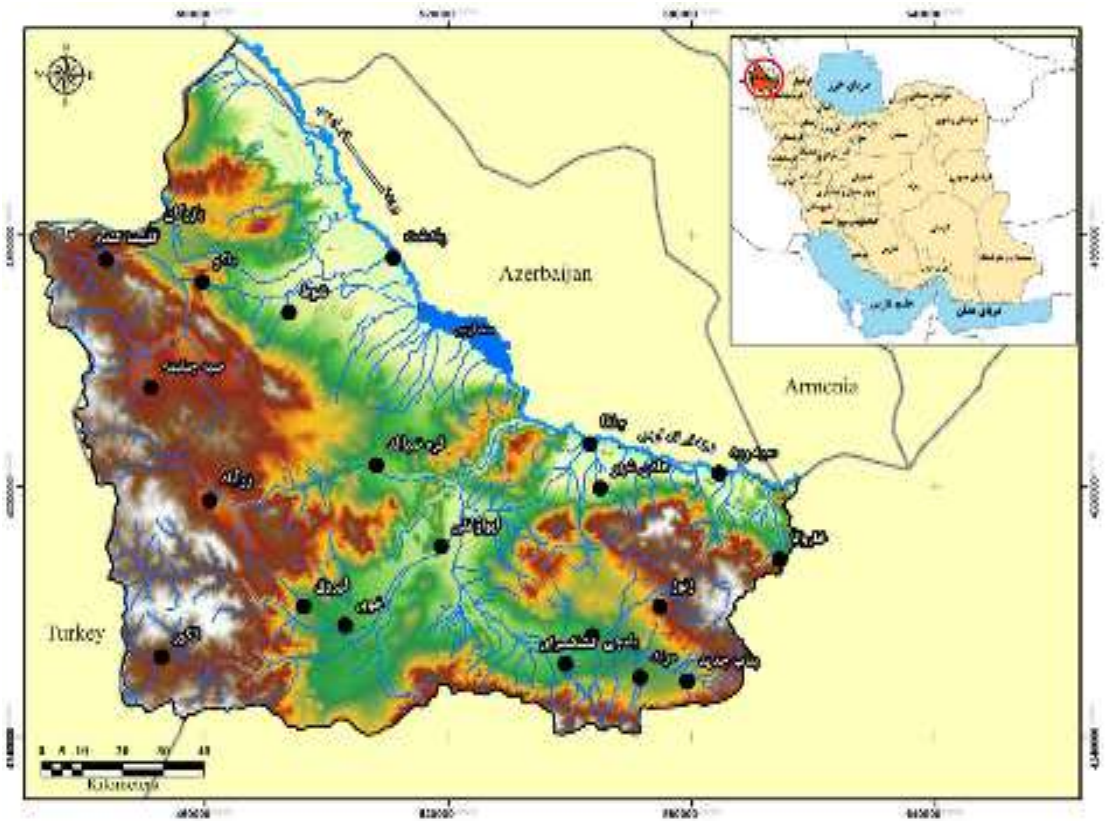
گذشته دست یابند. Kemp (2010: 232) نحوه جریان، ویژگی‌های مورفولوژی و میزان بار رسوبی رودخانه لچلان (Lachlang) در جنوب شرق استرالیا را مورد مطالعه قرار داد. ایشان در طول مسیر ۲۲۰ کیلومتری این رودخانه، شکستگی‌های موجود در نیمرخ طولی را شناسایی و با تهیه مقاطع مختلف عرضی ویژگی‌های شاخابه‌ای منتهی به بدنه اصلی این رودخانه و همچنین سیلاب‌های متحمل در بازه‌های زمانی مختلف را پیش‌بینی کرد. Knox (2006: 288) با بررسی رسوبات دشت‌های سیلابی و تاثیرات انسانی در فرسایش و رسوب‌زایی در مسیر رودخانه می‌سی‌سی‌پی، تغییرات در بستر این رودخانه را تحلیل نمودند و با تاکید بر دانه‌بندی و ترکیب رسوبات کناری، مساحت حوضه‌های زهکشی و مقطع عرضی و مساحت حوضه‌های زهکشی را در ارتباط قرار دادند و با استفاده از معادلات فشار برشی، میزان رسوب زایی در سال را برای هریک از زیر حوضه‌های این رودخانه را برآورد نمودند. Paknejad (2010: 80) از دیدگاه سیاسی به تغییرات مرزی در اثر تغییرات مسیر جریان رودخانه ارس پرداخت نمودند. مسیر جریان رودخانه ارس علی رغم اهمیت از ابعاد مختلف، توسط محققان کم‌تر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. در مسیر این رودخانه سدها و بندهایی احداث گردیده که وجود این سدها و لزوم احداث آن‌ها، اهمیت مطالعه ویژگی‌های این رودخانه را صد چندان نموده است. تحقیقات و بررسی‌ها در زمینه علل تشکیل پیچان‌ها فرسایش کناری و جابجایی‌های عرض و ویژگی ها جریان صورت نگرفته است. با پیشینه ارائه شده از بررسی‌هایی که در سطح دنیا در مورد رودخانه و نحوه آرایش جریان آن‌ها صورت گرفته است، به نظرمی رسد که این پدیده‌های مهم هیدرولوژیکی-ژئومورفولوژیکی در مطالعات داخلی چندان مورد توجه قرار نگرفته‌اند. علی‌رغم این‌که منابع داخلی در این زمینه بسیار انگشت شمار بوده و مطالعات موجود نیز نه به‌صورت موردی، بلکه در قالب مقالات مروری ارائه شده است. با این‌که تعداد این چشم‌اندازها در طبیعت ایران کم نیست و علی‌رغم جذابیت زیبا، در پهنه دشت‌های وسیع و یا محدوده‌های کوهستانی، می‌تواند برای تاسیسات انسانی به‌عنوان یک تهدید محسوب شوند، لازم است که در مورد این پدیده‌ها و پی بردن به راز تشکیل آن‌ها، مطالعات بیش‌تری صورت گیرد. بررسی میدانی و مشاهده تصاویر ماهواره‌ای مسیر رودخانه ارس و داغ آب‌های برجای مانده نشان می‌دهد که این رودخانه به لحاظ ویژگی‌هایی که دارد -از جمله تشکیل پیچ‌وخم‌های متعدد-جابجایی‌های زیادی را در طول تاریخ و در طول مسیر خود انجام داده و می‌دهد و با توجه به وجود خمیدگی‌های متعدد، به‌طور دایمی در حال جابجایی عرضی خواهد بود. بررسی محدوده‌های در حال جابجایی و داغ آب‌های برجای مانده از جابجایی‌های قبلی نشان از فعال بودن این رودخانه برای انجام جابجایی‌های متعدد می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است این محدوده‌ها در طول مسیر رودخانه ارس شناسایی و معرفی شود.

موقعیت جغرافیایی رودخانه ارس و ویژگی‌های هیدرولوژیکی

محدوده مطالعاتی در این تحقیق، محدوده مرزی مسیر جریان رود ارس در بخش شمال غربی ایران (شکل ۱) یعنی محدوده طول جغرافیای ٤٥ درجه طول شرقی تا بیش از ٤٨ درجه طول شرقی می‌باشد. درازای بخش مرزی این رود ٤٧٥ کیلومتر و درازای سرتاسری رودخانه حدود ۹۱۰ کیلومتراست و حوضه آبریز آن ۱۰۲۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

عرض رودخانه ارس در جلفا گاهی تا بیش از ۲۰۰ متر و ارتفاع و عمق بستر آن به ۲ تا ۳ متر می‌رسد (شکل ۲). عریض‌ترین نقطه رودخانه در نزدیکی شهر جلفا می‌باشد که بیش از ۲۰۰ متر عرض و بیش از ٤ متر عمق دارد. بستر رودخانه ارس دارای شیب زیادی بوده که آب با سرعت در آن جریان دارد. این رودخانه در نزدیکی پاسگاه سیه‌رود که میان جلفا و خدا آفرین قرارگرفته در طی سال‌های طولانی بستر خود را در دره یک کوهستان صخره‌ای، به‌قدری پایین برده که به شکل یک دیواره کاملا عمودی با ژرفای خیلی زیاد در آمده است.



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه در قسمت شمال غرب ایران

Figure 1: Location of study area in the northwestern part of Iran

در این تحقیق برای بررسی میزان جابجایی عرضی رودخانه ارس در طی ۳ دهه از تصاویر ماهواره‌ای MSS، TM، +ETM در بازه زمانی (۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵) استفاده جدول (۱) شده است. برای بررسی میزان مقاومت کناری در مقابل فرسایش، داده‌های میدانی و نمونه‌های (نمونه خاک و رسوب) برداشت شده از بستر رودخانه و داده‌های رسوب و دبی اخذ شده از سازمان‌های مرتبط استفاده شده است. برای تجزیه‌وتحلیل و پردازش داده‌ها هم از نرم‌افزارهای مناسب و مرتبط بهره‌گیری شد. کلیه محاسبات در مسیر رودخانه با استخراج اطلاعات لازم در فواصل ۳۰۰ و ۵۰۰ متری مسیر جریان رودخانه صورت گرفته است (شکل ۲).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۱- تصاویر مورد استفاده و مشخصات آن‌ها

Table 1- used images and their specifications

شماره تصویر	ماهواره	نوع سنجنده	تاریخ اخذ تصویر	قدرت تفکیک مکانی*
۱	لندست – ۲	MSS	۱۹۷۵	۳۰
۲	لندست – ۵	MSS	۱۹۹۰	۳۰
۳	لندست – ۵	TM	۱۹۹۵	۳۰
٤	لندست – ۷	ETM+	۲۰۰۰	۱۵
۵	لندست – ۷	ETM+	۲۰۰۵	۱۵
٦	لندست – ۷	ETM+	۲۰۱۰	۱۵
۷	لندست – ۸	OLI	۲۰۱۵	۱۵

*باند Panchromatic



شکل ۲: تقسیم‌بندی مسیر رودخانه ارس در فواصل ۳۰۰ متری از شرق به غرب

Figure 2: Division of the Aras river course at 300 m distance from east to west

در این تحقیق برای رسیدن به اهداف تحقیق از روش و روابط زیر بهره‌گیری شده است:

الف- محاسبه فرسایش کناری با استفاده از مدل‌های خطی حرکات جانبی خمیدگی رودخانه‌ها

بسیاری از مدل‌های ارائه شده برای بررسی جابجایی مسیر رودخانه‌ها و قسمت خمیدگی آن‌ها، مربوط به Ikeda et al (1981) و همچنین Jahannesson and Parker (1999) (1984) است. این مدل‌ها از بررسی طولانی‌مدت تحول پیچان‌رود و مورفولوژی دشت سیلابی حاصل شده است. مدل‌های مذکور، عکس‌العمل کوتاه مدت رودخانه‌ها نسبت به مدیریت در بستر جریان رودخانه را نیز پیش‌بینی می‌کند. مدل ساده ایکدا برای بررسی و برآورد میزان جابجایی مسیر رود که در این تحقیق نیز از آن بهره‌گیری خواهد شد، به‌صورت زیر ارایه شده است:

$$M= E.ub' \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱): M = میزان جابجایی در مسیر رودخانه، E= ضریب فرسایش کناری، ub'= تفاوت بین سرعت متوسط نزدیک کناره و سرعت متوسط در مقطع عرضی مسیر رودخانه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

مطالعات میدانی توسط Jahannesson and Parker (1999) ثابت کرد که بین M و'ub -که نشان دهنده حمله جریان با نیروی فوق‌العاده بر روی کناره‌ها است -ارتباط خطی وجود دارد. شایان ذکر است که E، نه تنها منعکس کننده ویژگی های ژئوتکنیکی مواد کناری است، بلکه نشان دهنده نقش پوشش گیاهی و همین‌طور قدرت مواد کناری در مقابل کنش است. ضریب ممکن است در رابطه با دیگر عوامل مانند ویژگی‌های ارتفاعی کناری، پهنای بستر و شیب کانال بسیار متفاوت باشد. در این مطالعه ضریب فرسایش کناری برای هر پلی گون محدوده فرسایش از معادله ۱ محاسبه شده است. برای هر پلی گون با یک مقداری از M، مقدار 'ub برای هر شرایط غرقابی از داده‌های ژئومتری مقطع عرضی محاسبه شده و اندازه‌گیری برای بازه‌های زمانی مختلف تکرار شده است.

'ub از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$U\ (\partial U'\ b/\partial s)+ 2\ (U/H)\ C_f\ u'b=b\ [-U^2\ (\partial C/\partial S)+\ C_fc\ ((U^4/gH^2+A(U^2/H)]$$ رابطه (۲)

در رابطه (۲): U=سرعت متوسط جریان در عمق برای هر بخش، S= فاصله و مسافت مسیر جریان رودخانه، H= عمق متوسط برای هر بخش، G= نیروی ثقل، C=خمیدگی محلی، B= نصف پهنای متوسط هر بخش، Cf= عامل اصطکاک، A= عامل جریان آب که از رابطه دیگری به‌دست می‌آید.

$$C_f=\tau/pU^2$$ رابطه (۳)

در رابطه (۳)، p =غلظت آب، τ = به‌صورت زیر قابل تعیین است :

$$\tau=pgHS$$ رابطه (٤)

در رابطه (٤)، S = شیب طولی سطح آب

$$A=-m/Hnc$$ رابطه (٥)

در رابطه (٥)، m = ارتفاع بستر محلی و در مرکز مسیر جریان آب n ,m صفر است .

As از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$As=181\ (H/b)^2\ 1/x_1(2x^2+4/5x+1/15)$$ رابطه (٦)

ب- برآورد انرژی جریان رودخانه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

انرژی جریان رودخانه متاثر از دبی (Q) و شیب جریان (S) است. انرژی کل و قدرت ویژه آب شاخصه مهم برای بررسی قدرت فرسایشی و انرژی برش کناری جریان یک رودخانه است. قدرت کلی رودخانه[3] برای سایش با رابطه زیر قابل محاسبه است (Hickin and Nanson, 1983):

$$\Omega=YQS$$ رابطه (۷)

در رابطه (۷)، Y= وزن ویژه آب، Q= دبی، S= شیب

پارامترهای فوق می‌تواند بر میزان حرکت جانبی تاثیر بگذارد. در این تحقیق از این رابطه برای برآورد انرژی جریان رودخانه ارس بهره‌گیری شده است.

ت- برآورد جریان رسوبات

فرسایش کناری همراه با افزایش جریان رسوبات در رودخانه‌ها است، هرچه میزان فرسایش بیش‌تر باشد، جریان رسوبات در رودخانه نیز بیش‌تر خواهد بود. رابطه‌ای طراحی شده است که می‌توان با استفاده از آن جریان رسوبات را در رودخانه مورد نظر برآورد نمود (Curtis et al., 2010) با استفاده از رابطه زیر، جریان رسوبات در مسیر جریان رودخانه ارس برآورد شده است.

$$I_{\Phi}=Qs/(\sqrt{g}d^{3/2}w)$$ رابطه (۸)

در رابطه(۸)، I_{Φ}= جریان رسوب ،g= نیروی ثقل ،d= اندازه رسوبات ،w= پهنای کانال

پ- تعیین میزان رسوب حمل شده در واحد پهنا[4] در جهت جریان رودخانه

بعد از سایش کناری آنچه که در مورد رودخانه‌های مئاندری با پتاسیل بالای جابجایی اهمیت پیدا می‌کند، میزان مواد حمل شده توسط رودخانه است. از جمله روابطی که می‌توان کل میزان مواد حمل شده توسط رودخانه در واحد پهنا را محاسبه نمود. رابطه زیر است.

$$q_{tot}=0.05u^5/\sqrt{g}c^3\Delta^2D_{50}$$ رابطه (۹)

در رابطه (۹)، q_{tot}=کل میزان رسوب حمل شده در واحد پهنا در جهت جریان رودخانه، u= متوسط سرعت جریان، Δ= چگالی نسبی رسوبات ،D_{50}= مدیان اندازه ذرات.

برای برآورد میزان رسوب حمل شده توسط رودخانه ارس در مسیر جریان از رابطه فوق استفاده شده است.

3- Total Stream Power
4- Sediment Transport Per Unit Width

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

ث- برآورد جریان رسوبات در مسیر جریان

فرسایش کناری همراه با افزایش جریان رسوبات در رودخانه‌ها است هرچه میزان فرسایش بیش‌تر باشد، جریان رسوبات نیز بیش‌تر خواهد بود. رابطه‌ای طراحی شده است که می‌توان با استفاده از آن جریان رسوبات را در رودخانه مورد نظر برآورد نمود (Curtis et al., 2010). در این تحقیق از این رابطه که متغیرهای آن نیروی ثقل، اندازه رسوبات و پهنای کانال هست، بهره‌گیری شده است.

$$I_{\mu}=Qs/(\sqrt{g}d^{3/2}w) \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

در رابطه (۱۰)، I_{μ}= جریان رسوب، g =نیروی ثقل، d= اندازه رسوبات، w= پهنای کانال

ج- محاسبه واحد قدرت رودخانه (Ω)

قدرت رودخانه در رابطه با متغیرهای زیادی قابل‌تغییر است؛ بنابراین نسبت به ویژگی‌های محلی میزان توان برش رودخانه قابل تعیین است. در این تحقیق سعی شده است از رابطه مناسب قدرت رودخانه در واحد مرز محاسبه و نتایج روی نقشه نشان داده شود.

با استفاده از رابطه زیر می‌توان قدرت رودخانه را برآورد نمود:

$$\Omega=\rho gQS/W=KQ^{5/8}S^{19/16} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

در رابطه (۱۱)، p= غلظت آب، g= نیروی ثقل، w= پهنای کانال، K= ثابت است

به علت این‌که اطلاعات فاقد توزیع مکانی K می‌باشد، یک اندکس فرسایش ارائه شده است.

$$/K=Q5/8SQ^{5/8}S^{19/16}\Omega EI= \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

چ- برآورد قدرت برش رودخانه در واحد مرز

فرسایش کناری با قدرت برش رودخانه و ویژگی‌های جریان و بستر جریان در رابطه است. با توجه به اهمیت اطلاع در مورد قدرت برش رودخانه ارس سعی شده است قدرت برش مسیر رودخانه از رابطه GO بهره‌گیری شود. نتایج حاصل از محاسبات در قالب نمودار ارایه گردیده است.

$$GO=YQS/W \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

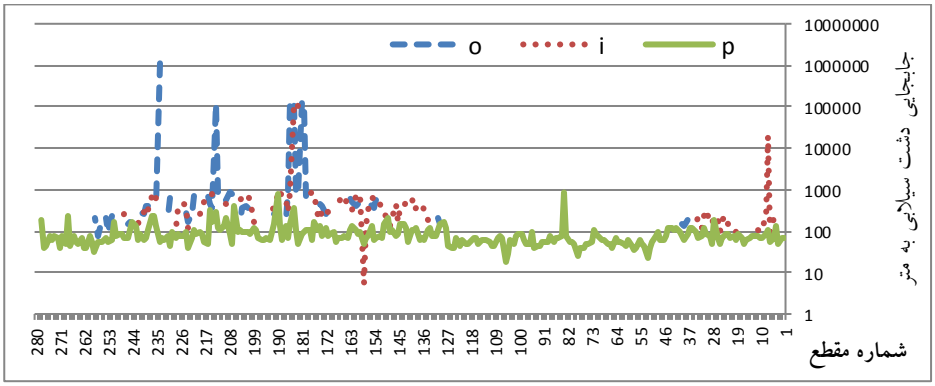
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

در رابطه (۱۳)، $G\Omega$= قدرت رودخانه در هر واحد مرز در (Wm^{-2}) و Y= وزن ویژه آب زلال (۹۸۰۰ Nm^{-3})، Q=دبی m^3، s= شیب، w= پهنای کانال

یافته‌ها و بحث

- بررسی میزان جابجایی عرضی جریان رودخانه ارس در پهنه دشت سیلابی

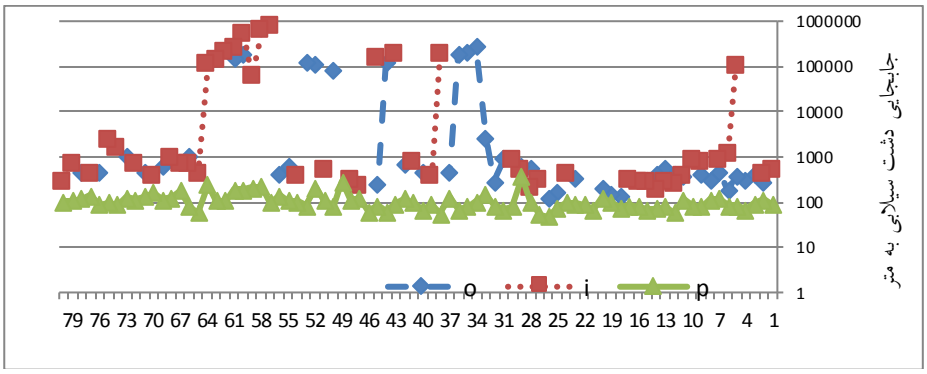
از نظر کاهش جابجایی‌های جانبی و مدیریت مسیر جریان رودخانه، تشخیص محل‌هایی با پتانسیل بالا از نظر جابجایی از نظر سیاسی و جلوگیری از فرسایش خاک‌های دشت‌های سیلابی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از علل عمده فرسایش کناری، جابجایی‌های مسیر جریان رودخانه، خصوصا در اثر ایجاد پیچان‌ها و جابجایی خمیدگی پیچان‌ها در پهن دشت سیلابی است. بنابراین برای بررسی و برآورد فرسایش، باید ابتدا میزان جابجایی‌ها مورد بررسی قرار گیرد. بررسی میدانی و مشاهده تصاویر ماهواره‌ای مسیر رودخانه ارس و داغ آب‌های برجای مانده نشان می‌دهد که این رودخانه به لحاظ ویژگی‌هایی که دارد –از جمله تشکیل پیچ‌وخم‌های متعدد – جابجایی‌های زیادی را در طول تاریخ و در طول مسیر خود انجام داده و می‌دهد (شکل ۳) و با توجه به وجود خمیدگی‌های متعدد، به‌طور دایمی در حال جابجایی عرضی خواهد بود. در این تحقیق سعی شده است این محدوده‌ها در طول مسیر رودخانه ارس شناسایی و معرفی شود. برای رسیدن به هدف تحقیق مسیر جریان رودخانه به قطعاتی تقسیم شده و مقادیر اندازه‌گیری شده است. بخش‌هایی از دشت سیلابی که خمیدگی‌های گسترده‌ای را تجربه کرده‌اند و بخش‌های غنی برای استقرار درختان و درختچه‌ها فراهم آورده‌اند. همچنین در محدوده‌هایی که پهنای دشت زیاد بوده، گستره جابجایی‌ها افزایش یافته است. در شرق سد ارس تعداد جابجایی‌ها و هم گستره جابجایی در طرف ایران زیاد بوده است (شکل ۳). بررسی پهنای دشت سیلابی نشان می‌دهد که تغییرات پهنا در طول مسیر جریان بسیار متفاوت است و این پهنا در نزدیکی جلفا و پلدشت زیاد و در سایر قسمت‌ها کم‌تر می‌شود. این پهنا خود نشان از جابجایی زیاد مسیر جریان این رودخانه و گستردگی آبرفت‌ها در مسیر جریان می‌باشد (شکل ٤ و ٥ و ٦ و ٣).



شکل ۳: جابجایی‌های کانال در دشت سیلابی (غرب سد)

Figure 3: Channel displacements in the flood plain (west of dam)

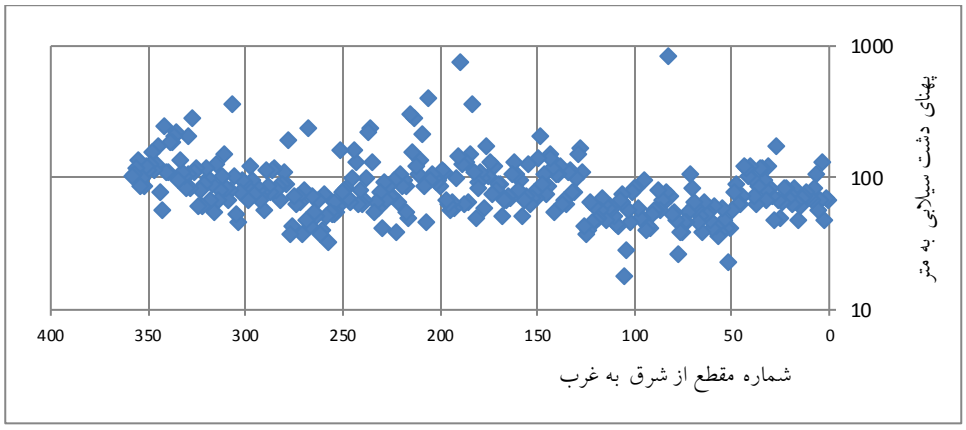
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ٤: جابجایی‌های قبلی کانال در دشت سیلابی (شرق سد)

Figure 4: Previous channel displacements in the flood plain (East of Dam)

بررسی اطلاعات نشان داده شده در نمودارهای ترسیمی (شکل ۷) و همچنین محاسبات انجام یافته نشان می‌دهد که متوسط جابجایی مسیر جریان رودخانه در سال (۱۹۸۵) به طرف ایران ٦٨/٧٨ متر است و در مقایسه متوسط جابجا به طرف مقابل ٤٩/٣٢ متر در طول مسیر جریان می‌باشد. این بدین معنی است که میزان جابجایی مسیر به طرف ایران به مراتب بیش‌تر از طرف مقابل می‌باشد.



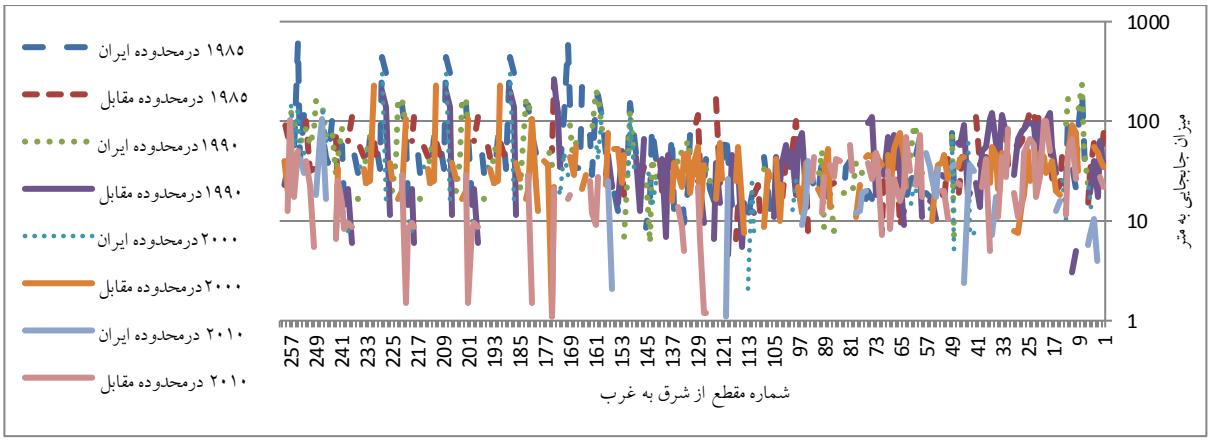
شکل ٥: تغییرات پهنای دشت سیلابی به متر در طول مسیر جریان ارس

Figure 5: flood plain width variations per meter along the flow path of Aras

بررسی میزان جابجایی در سال ۱۹۸۵ در طول جریان رودخانه بسیار متفاوت است و به‌طورکلی در طول مسیر حاکی از جابجایی بیش‌تر این رودخانه به‌طرف ایران در مقایسه با جابجایی‌های این رودخانه به طرف مقابل است. بررسی نمودار (شکل ٦) نشان می‌دهد که هرچه به طرف غرب و محدوده جلفا نزدیک می‌شویم جابجایی‌های عرضی صورت گرفته بیش‌تر می‌شود. این امر در مورد جابجایی‌های عرضی سال (۱۹۹۰) نیز صادق است (شکل ٦). اگر میزان جابجایی مسیر جریان ارس به طرفین در سال (۱۹۹۰) نیز مورد بررسی قرار گیرد مشخص خواهد شد که میزان جابجایی به طرف ایران ٦٣/٥٢ متر و این میزان جابجایی به طرف مقابل ٤٦/٥٢ بوده است. از سال (۲۰۰۰) به بعد هرچند که از میزان جابجایی‌ها کاسته شده است اما اگر جابجایی‌های صورت گرفته مسیر جریان به طرفین مورد مقایسه قرار گیرد، مشخص می‌شود

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

که میزان جابجایی‌های صورت گرفته مسیر جریان رودخانه ارس به طرف ایران ۴۰/۹۸ متر و جابجایی صورت گرفته به طرف مقابل ۳۶/۴۴ متر بوده است (شکل ٦). روند کاهشی در میزان جابجایی‌ها تا سال (۲۰۱۰) نیز در دو طرف ادامه یافته است. میزان این جابجایی‌ها ۲۷/۲۱ به طرف ایران و میزان جابجایی کانال به طرف مقابل ۲۸/۳۲ متر بوده است و تفاوت در میزان جابجایی در دو طرف به حداقل رسیده است. مانند سال‌های قبل از (۲۰۱۰) در هر دو طرف میزان جابجایی‌ها در طرف شرق و در نزدیکی جلفا و پلدشت زیادتر از سایر قسمت‌ها است. اگر جابجایی‌های قبل از سال (۱۹۸۵) با اعداد و ارقام بیان شود واقعیت‌ها بیش‌تر خودنمایی می‌کند. تفاوت‌های جابجایی‌های صورت گرفته گذشته نسبت به سال‌های اخیر بسیار قابل ملاحظه است. محاسبات و اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که میزان جابجایی صورت گرفته در مسیر جریان به طرف ایران ۷٤٦/٤۳ متر و ٤٥٦/۳۸ جابجایی صورت گرفته به طرف مقابل بوده است. بررسی تغییرات اخیر نیز حاکی از بروز تغییرات در مسیر این رودخانه است اما میزان جابجایی‌ها نسبت گذشته کاهش یافته و تفاوت جابجایی‌ها در طرف مقابل و ایران به حداقل ممکن رسیده است. متوسط میزان جابجایی کانال جریان آب به طرف ایران در سال (۲۰۱۰) به ۲۷/۲۱ و این میزان در طرف مقابل به ۲۸/۳۲ رسیده است. اگر از طریق داغ آب‌های برجای مانده در دشت‌های سیلابی که حاکی از استقرار کانال جریان در این محدوده‌ها بودند نیز میزان جابجایی‌ها مورد بررسی قرارگیرد مشخص می‌شود که این جابجایی‌ها قبل از سال (۱۹۸۵) به‌طور متوسط در طرف ایران به ۷٤٦/٤۳ متر و در طرف مقابل ٤٥٦/۳۸ متر رسیده است.



شکل ٦: جابجایی کانال اصلی از سال ۱۹۸۵ تا سال ۲۰۱۰ به طرفین

Figure 6: Moving the main channel from 1985 to 2010 to the sides

- برآورد فرسایش کناری و بررسی انباشتگی پشته‌های رسوبی

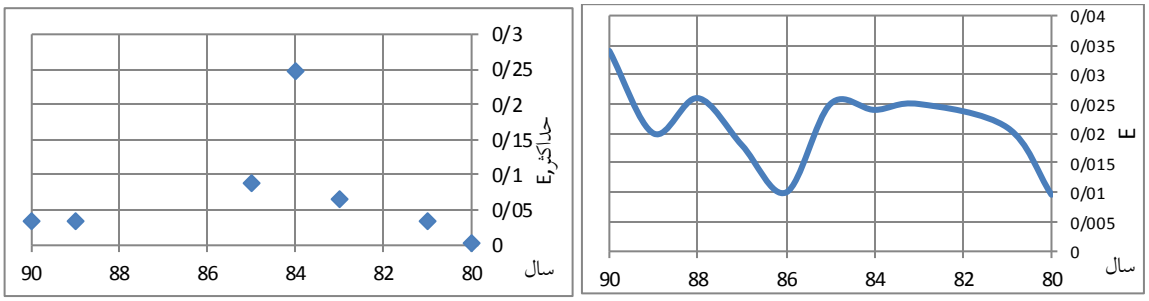
جابجایی خطی در مسیر رودخانه، حاکی از فرسایش کناری و در عین حال انباشتگی پشته‌های رسوبی در بخش‌های مقابل فرسایش در مسیر جریان رودخانه است. در این تحقیق از روابطی استفاده شده است که داده‌های مورد دسترس قابل استفاده در روابط ارائه شده بود. یکی از روابط معتبر، رابطه Schuuman et al (2016: 97) است که در آن از

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

داده‌های سرعت جریان آب برای برآورد میزان جابجایی که معرف میزان مواد فرسایش یافته کناری است استفاده نموده است (رابطه E). با استفاده از رابطه E، متوسط و حداکثر جابجایی خطی و یا میزان فرسایش کناری در مسیر رودخانه ارس در سال‌های مختلف برآورد و نتایج در جدول (۲) درج شده است. بررسی اطلاعات مندرج در جدول (۲) و در اشکال (۹ و ۱۰) نشان می‌دهد که در سال ۹۰ میزان فرسایش به حداکثر ممکن رسیده است. این در حالی است که در سال‌های ۸۰ و ۸۶ مقدار حرکت جانبی در اثر فرسایش، در حداقل بوده است.

- تعیین میزان رسوب حمل شده در واحد پهنا[5] در جهت جریان رودخانه

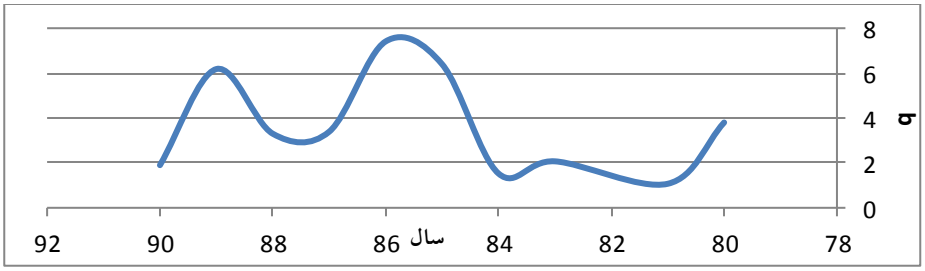
بعد از سایش کناری آنچه که در مورد رودخانه‌های مئاندری با پتاسیل بالای جابجایی اهمیت پیدا می‌کند، میزان مواد حمل شده توسط رودخانه است. از جمله روابطی که می‌توان کل میزان مواد حمل شده توسط رودخانه در واحد پهنا را محاسبه نمود. رابطه q_{tot} است. در این مطالعه برای برآورد کل میزان رسوب رودخانه ارس در واحد پهنا از رابطه q_{tot} استفاده کرده و نتایج برآورد در نمودار (شکل ۱۰) و در جدول (۲) ارائه شده است اطلاعات این نمودار و جدول مذکور نشان می‌دهد که مقدار رسوب حمل شده در رودخانه ارس در سال ۸۶ به حداکثر خود رسیده است. در حالت کلی می توان گفت که این میزان در سال‌های اخیر نسبت به سال‌های قبل افزایش یافته است (شکل ۱۰ و ۱۱).



ب) الف)

شکل ۷: الف (متوسط فرسایش کناری (متر برثانیه) و ب) حداکثر فرسایش کناری (متر بر ثانیه) در سال‌های مختلف در مسیر رودخانه ارس

Figure 7: A) Average side erosion (m/s) and B) Maximum side erosion (m/s) in different years in Aras



شکل ۸: مقدار رسوب حمل شده در سال‌های مختلف در رودخانه ارس

Figure 8: The amount of deposition trans ported in different years in the Aras River

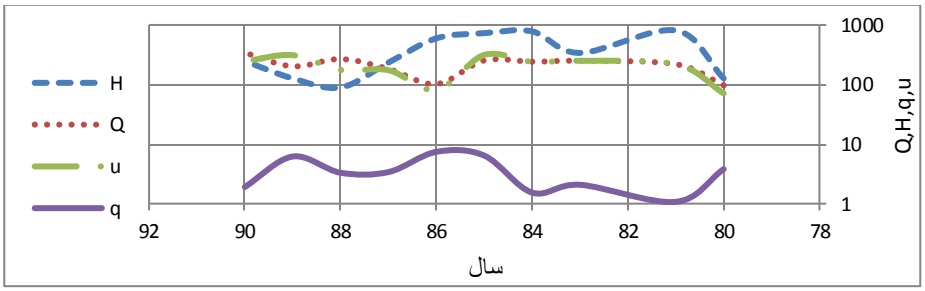
5- Sediment transport per unit width

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲- مقادیر ضریب فرسایش کناری

Table 2- The values of the coefficient of erosion of the side

سال آبی	سطح متوسط آب به سانتی‌متر	دبی متوسط (متر بر ثانیه)	حداکثر سطح آب سانتی‌متر	حداکثر دبی	E متوسط (متر بر ثانیه)	E حداکثر (متر بر ثانیه)
۸۰	۱۲۶/۷٤	۹٦/۹۸	۲۲۲/۲۲	۱۲۹/۸۹	۰/۰۰۹٦	۰/۰۰۳
۸۱	۸۰٦/۹٤	۲۱۹/۰۵	۱۹۲۰/۷	۳٤۳/۵۲	۰/۰۲۱	۰/۰۳٤
۸۳	۳۳۹/۲۸	۲۵۰/۳۱	۲٦۸/۲۹	٦۷۳/٦	۰/۰۲۵	۰/۰٦۷
۸٤	۷۷۹/۵۷	۲٤۱/۳٤	٤٦٤/٦	۲٤۷۷/۹۵	۰/۰۲٤ ۰	۰/۲٤۷
۸۵	۷۲۸/۳۷	۲۵۳/٤۹	۳۱۱۲/۲٤	۸۸۸/۸۸۱۰۹	۰/۰۲۵	۰/۰۹
۸٦	۵۹٦/٤۳	۱۰۱/۹	–	–	۰/۰۱	–
۸۷	۲۳۳/۸۹	۱۸۲/۸۷	–	–	۰/۰۱۸	–
۸۸	۸۹/۱٦٦	۲٦۷/۸۵	۳٤۱/٤٤	۷٤۹/۰۲	۰/۰۲٦	–
۸۹	۱۲٦/٦۰	۲۰۲/۰٦	۲٦۷/۹۳	۳٤۵/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۳٤
۹۰	۲٤٦/۷۸	۳٤۱/۹۸	۳٦۷/۷	۳۵٤/۷۵	۰/۰۳٤	۰/۰۳۵



شکل ۹: کل میزان رسوب حمل شده در واحد پهنای رودخانه در واحد متر مکعب درثانیه (ایستگاه خدا آفرین)

Figure 9: The total amount of trans ported sediment in unit width of the river in cubic meter (Khoda Afarin)

جدول ۳-کل میزان رسوب حمل شده در واحد پهنا در واحد متر مکعب درثانیه جهت جریان در ایستگاه خداآفرین

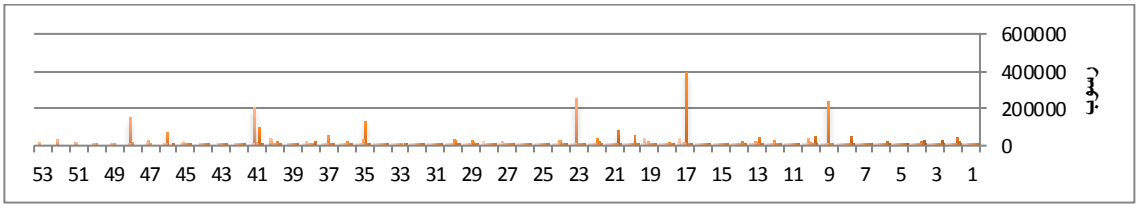
Table 3- The total amount of sediment transported in the unit unit in cubic meter, in order to flow at the station of Khoda Arifin

سال آبی	سطح متوسط آب به سانتی‌متر	دبی متوسط (متر بر ثانیه)	u	q
۸۰	۱۲٦/۷٤	۹٦/۹۸	۷۱	۳/۳۸
۸۱	۸۰٦/ ۹٤	۲۱۹/۰۵	۲۱۹	۱/۰۷
۸۳	۳۳۹/۲۸	۲۵۰/۳۱	۲۵۰	۲/۰۷
۸٤	۷۷۹/۵۷	۲٤۱/۳٤	۲٤۱	۱/۵۳
۸۵	۷۲۸/۳۷	۲۵۳/٤۹	۳۱۳/۸۱	٦/٤
۸٦	۵۹٦/٤۳	۱۰۱/۹	۸۱	۷/٤۱
۸۷	۲۳۳/۸۹	۱۸۲/۱۸۷	۱۷٤	۳/۳۹
۸۸	۸۹/۱٦٦	۲٦۷/۸۵	۱۷۵	۳/۳
۸۹	۱۲٦/٦۰	۲۰۲/۰٦	۳۱۱	٦/۱۸
۹۰	۲٤٦/۷۸	۳٤۱/۹۸	۲٤٦	۱/۹

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

– بررسی میزان جریان رسوب در رودخانه ارس

زمانی که رودخانه شروع به جابجایی عرض می‌کند، بخشی از دیواره تحت جابجایی را فرسایش داده و رسوبات جدیدی را به جریان اضافه می‌کند. این رسوبات می‌تواند در بخش‌هایی از مسیر پهنه‌های دشت سیلابی را با نهشته شدن بالا آورده و زمین‌های حاصل خیز کشاورزی را در اطراف رودخانه پدید آورد. در بسیاری از موارد، با بررسی میزان رسوبات می‌توان شدت جابجایی عرضی را در رودخانه تشخیص داد. دیواره‌های بستر رودخانه ارس از رس و مارن تشکیل شده و قابلیت فرسایشی بالایی دارد. این امر باعث شده است که این رودخانه گل‌آلود و درعین حال توان بلایی برای جابجایی عرضی داشته باشد (شکل ۱۰). فرسایش کناری همراه با افزایش جریان رسوبات در رودخانه‌ها است هرچه میزان فرسایش بیش‌تر باشد، جریان رسوبات نیز بیش‌تر خواهد بود. رابطه‌ای طراحی شده است که می‌توان با استفاده از آن جریان رسوبات را در رودخانه مورد نظر برآورد نمود (Curtis et al., 2010) در این تحقیق از این رابطه که متغیرهای آن نیروی ثقل، اندازه رسوبات و پهنای کانال هست، بهره‌گیری شده است (II). بررسی نمودارهای ترسیمی (اشکال ۸ و ۹) حاکی از این است، میزان رسوباتی که این رودخانه با خود حمل می‌کند، بسیار زیاد است و به‌عنوان یک رودخانه گل‌آلود محسوب می‌شود. اگر به نمودارهای ترسیمی دقت شود متوجه خواهیم شد که در سال‌های متعدد مقدار رسوب نوسان قابل ملاحظه‌ای دارد، اما در سال (۱۳۸٤) به چند برابر مقدار رسوب سالانه این رودخانه، یعنی به ٤۰۰۰۰۰ تن در سال می‌رسد که رقم بسیار بالایی است (ثبت شده در ایستگاه صنم بلاغی). بررسی شکل (۱۳) نشان می‌دهد که در دهه ۷۰ از میزان رسوبات رودخانه به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاسته شده است؛ یعنی از میزان ۱۸۰۰۰ به ۳۰۰۰ رسیده است؛ یعنی کاهش ٦ برابری را نشان می‌دهد. اما در دهه ۸۰ با بروز نوساناتی دوباره به مقدار دهه ٦۰ می رسد یعنی ٦ برابر افزایش رسوب در جریان رودخانه که این امر می‌تواند با افزایش فرسایش در مسیر رودخانه در رابطه باشد. یکی از علل عمده افزایش فرسایش کناری، افزایش قدرت برش در قسمت قوس منحنی‌های ایجاد شده و در نتیجه ایجاد امکان جابجایی‌های کناری در مسیر جریان رودخانه‌ها است. این جابجایی‌ها گاه به‌عنوان نعمت بزرگ برای تولید آبرفت‌های غنی که زمینه ایجاد خاک‌ها است، محسوب می‌شود و گاه اگر به‌عنوان مرز تعیین شده‌اند، زمینه ایجاد اغتشاشات سیاسی و نگران‌هایی برای کشورها محسوب می‌شوند. به همین دلیل تعیین میزان جابجایی‌ها هم از نظر ژئومورفولوژیکی و هم از بعد سیاسی بسیار مهم است. رودخانه ارس یکی از این رودخانه‌هایی با جابجایی‌ها عمده محسوب می‌شود که تعیین طرف جابجایی و میزان آن بسیار مهم است.



شکل ۱۰: مقدار رسوب از سال (۱۳٦۷) تا سال (۱۳۹۲) در کل ایستگاه‌های مسیر جریان رودخانه ارس

Figure10: The amount of sediment from 1367 to 1392 in the total stations of the Aras River flow

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



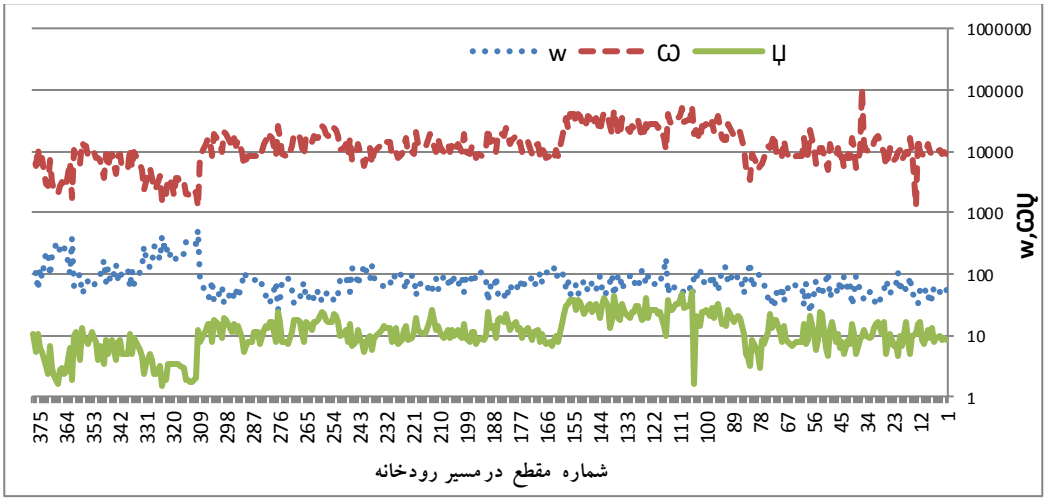
شکل ۱۱: تغییرات در میزان رسوب سالانه ارس از سال ۱۳٦٥ تا ۱۳۹۲

Figure 11: Changes in the annual precipitation rate of Aras from 1365 to 1392

– محاسبه واحد قدرت رودخانه (Ω)

قدرت رودخانه در رابطه با متغیرهای زیادی قابل تغییر است. بنابراین نسبت به ویژگی‌های محلی میزان توان برش رودخانه قابل تعیین است. در این تحقیق سعی شده است از رابطه مناسب قدرت رودخانه (Ω) و قدرت برش رودخانه در واحد مرز (ω) محاسبه و نتایج روی نقشه نشان داده شود. فرسایش کناری با قدرت برش رودخانه و ویژگی‌های جریان و بستر جریان در رابطه است. با توجه به اهمیت اطلاع در مورد قدرت برش رودخانه ارس سعی شده است قدرت برش مسیر رودخانه از رابطه ω بهره‌گیری شود.

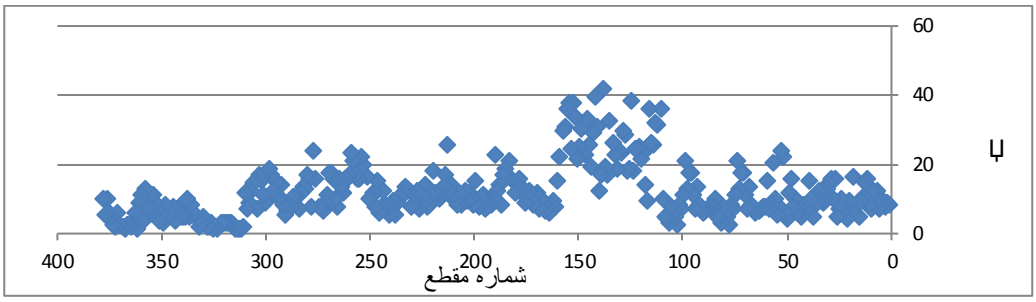
بررسی اطلاعات مندرج در شکل (۵) نشان می‌دهد که با توجه به متغیرهای دخیل مانند پهنای بستر جریان، در مسیر جریان رودخانه ارس، میزان جریان رسوبات قبل از سد ارس (از شرق به غرب در مسیر رودخانه) دارای بیش‌ترین مقدار است. یعنی با حداکثر ٤١/٨٣. کم‌ترین میزان در منتهی الیه این رودخانه در قسمت غرب با ١/٤٨ به‌دست آمده است. اگر متوسط میزان جریان رسوبات در مسیر جریان در نظر گرفته شود، مقدار متوسط ۱۲/۰۲۳۹ در مسیر جریان قابل ذکر است.



شکل ۱۲: مقایسه پهنا، قدرت برش و جریان رسوبات در مسیر رودخانه ارس

Figure 12: Comparison of the width, cutting power and flow of sediments along the river Aras

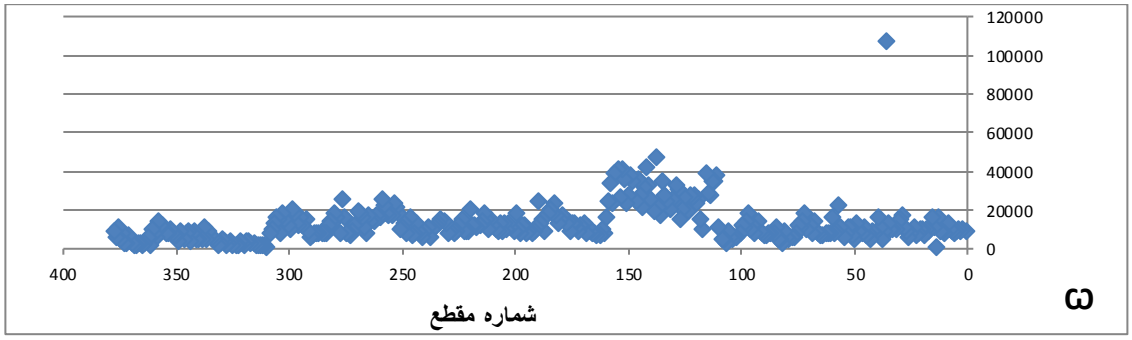
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱۳: میزان جریان رسوب در مسیر رودخانه ارس

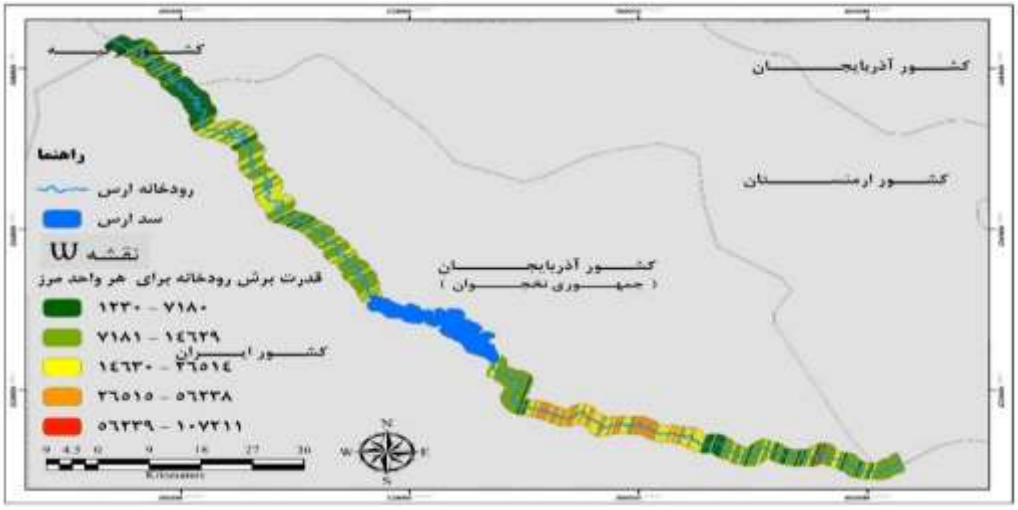
Figure 13: Sediment flow rate along the Aras River

شکل (۱۶) نشان می‌دهد قدرت برش رودخانه در مسیر رودخانه ارس قبل از سد ارس افزایش می‌یابد و در قسمت شرق با مقدار ۱۰۷۲۱۱ نیوتن به حداکثر ممکن می‌رسد. متوسط برش این رودخانه در واحد مرز برابر با ۱۲۷۹۶/۹ و حداقل آن ۱۲۳۰ نیوتن است که در قسمت غرب و قبل از نزدیکی به شهر جلفا رخ می‌دهد (شکل ۱۵).



شکل ١٤: میزان قدرت برش رودخانه ارس در مسیر جریان

Figure 14: Cutting power of the Aras river in the flow direction



شکل ۱۵: قدرت برش رودخانه ارس در طول مسیر

Figure 15: Cutting power of the Aras river along the path

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

به‌طورکلی می‌توان گفت که در بخش‌هایی از مسیر رودخانه ارس که قوس‌های خمیدگی تشکیل شده‌اند، امکان جابجایی عرضی برای مسیر جریان فراهم شده است. در این قسمت‌ها قدرت برش رودخانه تا حدی که شعاع قوس‌ها زیاد افزایش نیافته، در حد برش فوق‌العاده است و هر چه این برش افزایش می‌یابد، میزان تخلیه رسوبات به رودخانه افزایش یافته و در نتیجه میزان جابجایی نیز افزایش یافته است. نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که متاسفانه در طی سی سال اخیر میزان جابجایی رودخانه ارس به طرف ایران زیاد بوده و این به منزله کاهش محدوده دشت سیلابی در طرف ایران و برعکس افزایش میزان آن در طرف مقابل است.

نتیجه‌گیری

دشت‌های سیلابی رودخانه‌های بزرگ در طول سال و در طی سال‌ها در اثر جابجایی مسیر جریان رودخانه‌ها تغییرات زیادی را تجربه می‌کنند. در اثر این تغییرات، پشته‌های رسوبی در بخش‌های میانی جابجا و کناره‌ها تحت فرسایش قرار می‌گیرند و در اثر این فرسایش به تدریج مسیرجریان رودخانه‌ها تغییر می‌یابد و وسعت پهنه مکانی در یک طرف مسیر جریان به نفع طرف مقابل افزایش می‌یابد. با عنایت به این‌که رودخانه ارس از پویاترین رودخانه‌های مرزی محسوب می‌شود و دارای پیچ‌وخم‌های زیادی در مسیر خود هست، از بیش‌ترین جابجایی‌های مکانی نیز برخوردار است. خود پیچ‌وخم‌های مسیر، انرژی زیادی را به فرسایش کناری رودخانه و درنتیجه جابجایی در طرفین مسیر جریان را به رودخانه می‌دهد. رودخانه ارس در بخشی از مسیر خود دارای پیچ‌وخم‌های زیادی است که این امر موجب می‌شود که فرسایش کناری رودخانه ارس همه ساله قابل ملاحظه باشد و اگر مانعی در مقابل این فرسایش ایجاد نشود جابجایی‌ها هم قابل ملاحظه خواهد بود. قدرت برش کناری رودخانه ارس در رابطه با پارامترهای مختلف متفاوت است نشان می‌دهد قدرت برش رودخانه در مسیر جریان در محدوده قبل از سد ارس افزایش می‌یابد و در قسمت شرق آن با مقدار ۱۰۷۲۱۱ نیوتن به حداکثر ممکن می‌رسد. متوسط برش این رودخانه در واحد مرز برابر با ۱۲۷۹٦/۹و حداقل آن ۱۲۳۰ نیوتن است که در قسمت غرب و قبل از نزدیکی به شهر جلفا رخ می‌دهد. این بدین معنی است که رسوبات حاصل از این برش نیز در محدوده‌های حداکثر به اوج می‌رسد. بررسی نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد که با توجه به متغیرهای دخیل مانند پهنای بستر جریان، در مسیر جریان رودخانه ارس، میزان جریان رسوبات قبل از سد ارس (از شرق به غرب در مسیر رودخانه) دارای بیش‌تر مقداراست. یعنی با حداکثر ٤۱/۸۳. کم‌ترین میزان در منتهی الیه این رودخانه در قسمت غرب با ۱/٤۸رخ می‌دهد. اگر متوسط میزان جریان رسوبات در مسیر جریان در نظر گرفته شود، مقدار متوسط ۱۲/۱۰۲۳۹در مسیر جریان قابل ملاحظه است. به‌طورکلی نتایج حاصل از پژوهش حاکی از این است که رودخانه ارس در اثر فرسایش کناری با جابجایی عمده‌ای مواجه است که باید تدابیری در جهت جابجایی به‌طرف ایران اتخاذ گردد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Bayati Khatibi. M., (2012), "Investigation and analysis of the type and time length of displacements at the route of meandering rivers and their role on lateral erosion in semi-arid area", ***Geography and development***,10 (27): 89-102. [In Persian].
- Bertoldi Bertoldi, W., Zanoni, L.,Tubino, M., (2010), "Assessment of morphological changes induced by flow and flood pulses in a gravel bed braided river: The Tagliamento River (Italy)", ***Geomorphology***, 114: 348-360.
- Bhattacharyya, R., Fullen, K., Daviesa, C., Booth, A., (2010), "Use of palm-mat geotextiles for rainsplash erosion control,"***Geomorphology***,119: 52-61.
- Black, E., Renshaw, C. E., Magilligan, F. J., Kaste, J. M., Dade, W. B., Landis., J. D., (2010),"Determining lateral migration rates of meandering rivers using fallout radionuclides ", ***Geomorphology***,123: 364-369.
- Duvert, C., Gratiot, N., Evrard, O., Navratil, O., Némery, J., Prat, C., Esteves., M., (2010), "Drivers of erosion and suspended sediment transport in three headwater catchments of the Mexican Central Highlands", ***Geomorphology***, 123: 243-256.
- Evrard, O., Némery, J., Gratiot, N., Duvert, C., Ayrault, S., Lefèvre, I., Poulenard, J., Prat, C., Bonté, P., Esteves, M., (2010), "Sediment dynamics during the rainy season in tropical highland catchments of central Mexico using fallout radionuclides", ***Geomorphology***, 124: 42-54.
- Güneralp, I. B., Rhoad., L., (2010), "Spatial autoregressive structure of meander evolution revisited", ***Geomorphology***, 120: 91-106.
- Paknejad, M., (2010), "The hydropolics of the Aras border frontier and its impact on the security of Ardebil province", ***Territorial Journal***, 4: 79-96. [In Persian].
- Hudson, P. F., Hans, M., Esther, S., (2008), "Flood management along the Lower Mississippi and Rhine Rivers (The Netherlands) and the continuum of geomorphic adjustment", ***Geomorphology***, 101: 209-236.
- Kemp, J., (2010), "Downstream channel changes on a contracting, anabranching river:The Lachlan, southeastern Australia", ***Geomorphology***, 121: 231-244.
- Knox, J. C., (2006),"Floodplain sedimentation in the Upper Mississippi Valley: Natural versus human accelerated", ***Geomorphology***, 79: 286-310.
- Lane, S. N., Reid, S. C., Tayefi, V., Yu, D., Hardy., R. J., (2008), "Reconceptualising coarse sediment delivery problems in rivers as catchment-scale and diffuse", ***Geomorphology***, 98: 227-249.
- Najafi, A., Jabar,V., (2012) ,"Promoting the management of transboundary waters, the way ahead in the Middle East Case study: Iran's trans boundary waters and its neighbors", ***Geopolitics Journal***, 8 (4): 22-38. [In Persian].
- Nicholas, S. D., Sandbach, P. J., Ashworth, M. L., Amsler, J. L., Best, R. J., Stuart, N., Lane, Oscar Orfeo, Daniel R. Parsons, Arnold J. H. Reesink, Gregory H. Sambrook Smith, Ricardo N., (2012), "Modelling hydrodynamics in the Rio Paraná, Argentina: An evaluation and inter-comparison of reduced-complexity and physics based models applied to a large sand-bed river", ***Geomorphology***, 169 (170): 192-211.
- Mart, J. P., Vide, C., Ferrer, B., Ollero, A., (2010), "Incision due to gravel mining: Modeling a case study from the Gلllego River, Spain", ***Geomorphology***, 117: 261-271.
- Mirzaei., A., Ghorbani, A., Behjou, F., (2018),"Land use/cover change detection using Landsat and IRS imagery: A case study, Khalkhal County", ***Geographical Space***, 60 (17): 101-116. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Mostafazadeh, R., Haji, Kh., Esmali, A., (2018), "Determining the severity and duration of hydrological drought by using power laws analysis in Gorganroud Watershed rivers", ***Geographical Space***,18 (62): 237-253. [In Persian].
- Richardson, K., Carling, P. A., (2010) ,"The hydraulics of a straight bedrock channel: Insights from solute dispersion studies", ***Geomorphology***, 114: 542-555.
- Simon, A., Stephen, E. D., (2002),"Effectiveness of grade-control structures in reducing erosion along incised river channels: the case of Hotophia Creek, Mississippi", ***Geomorphology***, 42: 229-254.
- Sarma, J. N., (2007),"Fluvial process and morphology of the Brahmaputra River in Assam, India Perfection and complexity in the lower Brazos river", ***Geomorphology***, 91: 364-377.
- Sarma, J. N., Phukan, M. K., (2006), "Origin and some geomorphological changes of Majuli Island of the Brahmaputra River in Assam, India, ***Geomorphology***, 60: 1-19.
- Sridhar, A., (2010), "Temporal and spatial scales of geomorphic adjustments to reduced competency following flow regulation in bedload-dominated systems", ***Geomorphology***, 118: 105-117.
- Sridhar, A., (2007), "Mid-late Holocene hydrological changes in the Mahi River,arid western India", ***Geomorphology***, 88: 285-297.
- Shirahama, Y.,Yosuke, M., Honglin, H., Bihong, F., Tomoo, E., Ken'ichi, K.,[f] Yusuke, Y., Yasutaka, I., (2015), "Climate-induced changes in sediment supply revealed by surface exposure dating of Sijiquan River terraces, northeastern Tibet", ***Geomorphology***, 235: 15-26.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]