نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال سیزدهم، شماره ۲۹، تابستان ۹۲

# پژوهشی در فرایندهای موثر بر شکل‌گیری آدا در رودخانه مهاباد

دریافت مقاله:۹۱/۶/۱۶ پذیرش نهایی: ۹۱/۱۱/۱۷
صفحات: ۱۱۳-۹۱

**هادی نیری:** استادیار جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی دانشگاه کردستان[۱]
Email:nayyerihadi@yahoo.com

**چکیده**

**رودخانه مهاباد در جنوب دریاچه ارومیه قرار دارد. در حد فاصل سد مهاباد در بالادست و سد انحرافی در پایین‌دست، رودخانه به شکل آدا تغییر می‌یابد که هدف این پژوهش، بررسی عوامل موثر بر شکل‌گیری این نوع از مجرا است. بدین منظور چندین مسئله در ارتباط با مسائل طبیعی این رودخانه از جمله متغیرهای پهنای بستر، توان جریان، شیب مجرا، میزان رس کرانه‌ها در ارتباط با شکل مجرا مطالعه شد. سپس شکل مجرا در دو مقطع زمانی قبل از احداث سد و بعد از احداث با استفاده از عکسهای هوایی سال ۱۳۴۶ سال ۱۳۸۲ مورد بررسی قرار گرفت. این عکس‌ها بعد از اسکن در سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت استخراج پهنا مجرا پردازش شده‌اند. در نهایت تاثیر سد بر روی رودخانه و تغییرات حادث شده بعد از احداث سد معین گردید. نتایج حاصل نشان دهنده اینست که پتانسیل سیل‌خیزی و فرسایش پذیری حوضه که میزان آن در دوره های جدید افزایش یافته است پتانسیل. لازم برای مجاری آدا را در این محدوده فراهم آورده است. اما مهمترین عامل شکل‌گیری این نوع مجرا ایجاد سد می‌باشد که با کاهش دبی اوج سبب نهشته شدن رسوبات در داخل مجرا شده است. رودخانه در واکنش به کاهش توان جریان قسمتی از بار بستری را در داخل بستر ته نشین کرده و با تغییر شکل به تعادل رسیده است. همچنین وجود سد انحرافی در پایین‌دست سبب شده طول جزایر توسعه کم داشته باشند و مجرای آدا با مدل ارائه شده برای این نوع مجاری، توسط نانسون و نایتون منطبق نباشد.**

**کلید واژگان:** مجرای آدا، احداث سد، تغییرات ژئومورفولوژیکی، تعادل رودخانه، جزایر رسوبی

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** سنندج- بلوار پاسداران- دانشگاه کردستان-دانشکده منابع طبیعی –گروه ژئومورفولوژی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**مقدمه**

توسعه اقتصادی ایران در سال‌های اخیر، نیاز به آب را افزایش داده است که مجراهای جریانی به طور مستقیم و غیرمستقیم در تأمین آن نقش داشته‌اند و در نتیجه افزایش فشار حاصل از بهره برداری ناپایدار شده و صدمه دیده‌اند. با در نظر گرفتن این مسئله که قسمت قابل ملاحظه‌ای از این مشکلات از عدم شناخت قوانین و تکامل رودخانه‌ها منشاء می‌گیرد آگاهی از چنین محیط‌هایی برای اجرای هرگونه عملیات لازم است تا همانطور که هاورمکین[1] در سال ۱۹۷۳ می‌نویسد مهندسین بتوانند با رودخانه کار کنند نه آنکه صرفاً بر روی آن کار کنند(کندلف[2] و همکاران، ۲۰۰۳).

شکل رودخانه اطلاعاتی از ویژگی و رفتار رودخانه فراهم می‌کند. آنها اجازه مشاهده و بررسی بعضی از ویژگی‌های دینامیکی سیستم رودخانه‌ای را می‌دهند(نانسون و نایتون[3] ، ۱۹۹۶؛ شوم ،۱۹۸۵). به همین خاطر از گذشته به عنوان یک معیار در طبقه‌بندی رودخانه‌ها پذیرفته شده-اند. لئوپلد و ولمن در سال ۱۹۵۷ بر اساس دو پارامتر گیسویی و سینوسی مجاری رودخانه‌ای را به سه دسته مستقیم، مئاندری وگیسویی تقسیم کردندکه طبقه‌بندی ساده‌ای بود. بعد از آن شکل‌های جدیدی از جمله آدا[4] توسط برایس[5] (۱۹۸۴) تشخیص داده شد، که به سیستمی از مجرا چندگانه مشخص شده به وسیله پوشش گیاهی یا دیگر جزایر آبرفتی پایدار که جریان را در دبی بالا به طرف کرانه ها هدایت می‌کنند، اطلاق می‌گردد. رودخانه مهاباد در حد فاصل سد مخزنی مهاباد در بالادست تا سد انحرافی یوسف کند دارای چنین ویژگی است. تا حالا مطالعه عواملی که باعث شکل‌گیری چنین مجرای در این محدوده شده، صورت نگرفته است و مشخص نیست که شکل‌گیری این نوع مجرا معلول چه عاملی است و احداث سد در شکل‌گیری این نوع مجرا تاثیر داشته، اگر تاثیر داشته به چه صورت بوده است؟ هدف این تحقیق تلاش برای اندازه‌گیری و فهم عوامل موثر بر شکل‌گیری مجرای آدا در این محدوده می‌باشد.

نانسون و نایتون (۱۹۹۶) به این نتیجه رسیدند که تغییرات دیده شده درسیستم طبقه‌بندی تحت عنوان آناستنوموسینگ[6] و سرگردان عاملی برای طبقه بندی اشکال خیلی جزئی‌تر (مفصل‌تر) هستند. این ایده اساسی برای واژه آدا که شوم آنرا بکار برد، شد(۱۹۸۵ ). نانسون و

---

[1].Hawer Mackin
[2] .Kondolf
3. Nanson and. Knighton
[4] .Anabraching
[5] .Brice
[6] .Anastomosing

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

نایتون(۱۹۹۶) آدا را به عنوان سیستمی از مجاری چندگانه تعریف کردند که دارای جزایر آبرفتی پایداری می‌باشند و جریان در دبی بالا بطرف کرانه‌ها هدایت می‌شود. در این مجاری بر خلاف گیسویی، سیستم جزایر معمولا برای دهه‌ها یا صدها سال پایدارند این پایداری معلول پوشش گیاهی است، جزایر نهایتا ارتفاعی همسان با دشت سیلابی پیدا می‌کنند. مجاری که این جزایر در آنها شکل می‌گیرند، امکان دارد گیسویی، مئاندری و یا مستقیم باشد. واژه آدا استفاده شده در این تحقیق دارای مفهوم زیر است. سیستمی با مجرای چندگانه با آبرفت‌های که به وسیله پوشش گیاهی پایدار شده‌اند و جریان در دبی بالا را به کناره کرانه‌ها منحرف می-کند. که از تعاریف برایس و شوم (۱۹۸۴) و نانسون و نایتون(۱۹۹۶) اقتباس شده است.

بحث‌های زیادی بر روی اینکه متغیرهای متعددی بایستی ترکیب شوند برای شکل‌گیری شکل خاصی از مجرا شده است و تحقیقات اولیه بر ارتباط بین شیب و دبی به عنوان یک شاخص تاکید کرده‌اند. برای نمونه نایتون (۱۹۹۸) توان جریان را ناشی از این دو متغیر دانست که به نظر وی به عنوان شاخص مطلوبی بین انواع شکل رودخانه و عملکرد آنها می‌باشد. ریچارد[1] (۱۹۸۲ )عمده‌ترین عوامل موثر در شکل‌های مجرا را دبی، شیب دره، اندازه بار بستری و ترکیب مواد تشکیل دهنده کرانه‌ها دانسته است.

عوامل رودخانه‌های آدا هنوز به درستی شناخته شده نیست. برطبق یافته‌های نانسون و نایتون (۱۹۹۶) این نوع رودخانه می‌تواند در داخل دیگر اشکال رودخانه‌ای شکل بگیرد. همچنین این نوع رودخانه‌ها در طیف وسیعی از اقلیم، رسوب و محیط انرژی دیده می‌شوند.

بر اساس تحقیقات نانسون و نایتون (۱۹۹۶) مکانیزم‌هایی که سبب رودخانه‌های چند مجرایی می‌شود به دو گروه تقسیم می‌گرددند که عبارتند از:

الف: فرایند جداشدگی: شامل شکل‌گیری مجرای جدید در داخل دشت سیلابی و اشغال مجدد کانال‌های قدیمی در دشت سیلابی

ب:فرایند انباشت: مثل ته نشین شدن رسوبات در داخل مجرا به شکل جزایر

شکل و مقاطع رودخانه‌ها تحت تاثیر عوامل و متغیرهایی از جمله فرسایش کرانه‌ها ، ته نشین شدن مواد در داخل مجرا و یا به وسیله بریدگی و جداشدن کرانه‌ها که سبب جابه‌جایی می-شود، تغییر و تحول می‌یابند. شوم (۱۹۶۹) چنین تغییراتی در مقطع عرضی و شکل مجرا را بدون در نظر گرفتن معیار زمان دگردیسی رودخانه نامید.

[1] .Richard

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

هرگونه دخل و تصرف در بستر سبب تغییر در شیب، ابعاد و گاهی شکل رودخانه می‌گردد. مثلا سدها میزان نهشته شدن رسوبات و چگونگی عبور جریان از مقطع را تغییر می‌دهند. به این طریق بر ژئومتری مجرا تاثیر می‌گذارند. کاهش پهنا و انباشت برای بسیاری از رودخانه ها به دنبال احداث سد گزارش شده‌است. (ویلیام و ولمن[1]،۱۹۸۴؛ پت و گارنل[2]، ۲۰۰۵؛ بریدلی و اسمیت،[3] ۱۹۸۶؛ ریچارد[4]، ۱۹۸۲).

**ویژگی‌ها و موقعیت منطقه مورد مطالعه**

حوضه آبریز رودخانه مهاباد در جنوب دریاچه ارومیه قرار دارد. وسعت این حوضه ۱۵۲۴/۵۳ کیلومترمربع است که حدود ۳ درصد از مساحت حوضه آبریز دریاچه آبریز ارومیه را شامل می-شود. از نظر موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رودخانه مهاباد بین″۰۹ ´۲۵ °۴۵ الی″۵۱ ´۴۵ °۴۶ طول شرقی و″۵۱ ´۲۳ °۳۶ الی″۱۱ ´۰۳ °۳۷ عرض شمالی واقع شده است(شکل۱).

این حوضه از دو واحد توپوگرافی تشکیل شده است. قسمت جنوبی آن کوهستان و قسمت شمالی حوضه دشت می‌باشد. دارای زمستانی سرد و مرطوب و تابستانی معتدل و خشک می-باشد. در نقاط مرتفع متوسط درجه حرارت سالیانه در حدود ۹ درجه سانتی‌گراد و در محدوده دشت به ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. در طول ۱۰ سال متوسط بارندگی سالیانه حدود ۳۵۰ میلی‌متر بوده است

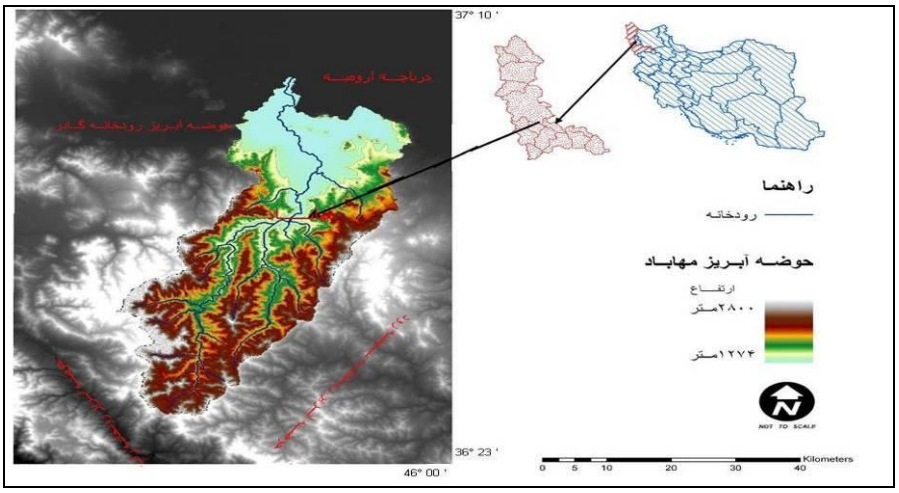
سازندها در قسمت بالایی حوضه عمدتا شیست، کوارتزیت و آهک‌های کرتاسه می‌باشد، اما در محدوده دشت این سازندها ناپدید و رسوبات الیگو-میوسن جانشین آن‌ها می‌گردند. توزیع این سازندها در محدوده دشت به وسیله آبرفت مجزا می‌گردد. از دیدگاه زمین ساخت حوضه مهاباد در جنوب دریاچه ارومیه در حد فاصل سیستم خطواره‌های ارومیه که دریاچه ارومیه را احاطه نموده‌اند و در ادامه روند سیستم گسله زاگرس و در زون دگرگونی سنندج _ سیرجان واقع شده است. (شرکت مشاور الکتروپروجکت[5]، ۱۹۶۴).

بر روی این رودخانه یک سد مخزنی در محل اتصال دو رودخانه بیطاس و کوتر در سال ۱۳۴۶ احداث، همزمان سد دیگری در پایین دست سد مهاباد جهت انحراف آب به مجاری‌ها آبیاری و کنترل سیلاب که هر چند سال یکبار در پایین دست حوضه اتفاق می‌افتاد، ساخته

[1] Williams and Wolman
[2] . Petts and Gurnell
[3] .Bradly and smith
[4] .Richard
[5] .Elektroprojekt Consulting Engineers -ZAGREB

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

شده است. به علت خلاء مطالعاتی در ارتباط با این مسائل داده‌های که بتواند اثرات احداث سد بر روی رودخانه را روشن سازند، وجود ندارد.




**شکل(۱) موقعیت حوضه آبریز رودخانه مهاباد.**

## روش تحقیق

تحلیل فرایندهای موثر بر شکل‌گیری آدا در رودخانه مهاباد با به‌کارگیری عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی صورت گرفته است. عکس‌ها و نقشه‌ها اسکن و زمین مرجع شده‌اند.

بر اساس یافته‌های قبلی در این تحقیق ویژگی‌های هیدرولوژیکی جریان و ترکیب کرانه‌ها که از عوامل تاثیرگذار بر شکل مجرا هستند، در محدوده مورد بررسی قرار می‌گیرد. مراحل انجام کار برای تعیین ویژگی‌های فوق به شرح زیر تقسیم شده است:

- شیب بستر و ژئومتری پهنا (سطح مقطع آزاد آب)
- تجزیه و تحلیل ویژگی هیدرولیکی جریان از جمله اندازه دبی و توان جریان در امتداد نیمرخ طولی
- بررسی ترکیب کرانه‌ها و رسوبات بستر به عنوان متغیر موثر بر شکل بستر
- شناسایی تغییرات حادث شده در هر یک ازمتغیرها و انطباق آنها با شکل رودخانه
- توضیح و تفسیر هر یک از متغیرها به عنوان عوامل موثر بر شکل‌گیری آدا

**نحوه محاسبه شیب مجرا و استخراج نیمرخ طولی از مدل ارتفاعی رقومی**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

در این پژوهش از مدل ارتفاعی رقومی برای استخراج مقدار شیب مجرا استفاده شده است. آنالیزها با به کارگیری Arc_ GIS همراه با برنامه‌های جانبی[1] از جمله مدل هیدرولوژیکی و آنالیز مکانی[2] صورت گرفته است. فرایند تکمیل داده‌های ارتفاعی در طول شبکه رودخانه با استفاده ازمدل ارتفاعی رقومی به دو مرحله تقسیم شده است:

مرحله اول پیش پردازش و ایجاد یک نقشه شماتیک با به‌کارگیری برنامه جانبی مدل هیدرولوژی می‌باشد. این مرحله شامل از بین بردن آنومالی مدل ارتفاعی رقومی، تعریف الگوهای توزیع جریان و نهایتا شبکه‌های جریان می‌باشد. دومین مرحله شامل آماده‌سازی داده-ها برای انتقال به فرمت قابل بررسی در داخل صفحه محاسبات[3] می‌باشد. تمامی نقاط در مرحله پیش پردازش در داخل مدل ارتفاعی رقومی دارای ارتفاع و جهت تمرکز می‌گردند. جهت جریان اندازه تجمعی از مساحت حوضه آبریز را به دست داده که در معادله دبی استفاده می‌شود.

## استخراج توان جریان در امتداد نیمرخ طولی

با توجه به اهمیت توان جریان در سیستم رودخانه‌ای تلاش شده تا توزیع ممتد آن بر روی نیمرخ طولی به دست آیدکه به صورت زیر تعریف می‌شود( یان و سانگ، ۱۹۷۹).

۱) $\Omega = \gamma.Q.S/W$

در اینجا $\gamma$وزن مخصوص آب، Q دبی، S شیب بستر می‌باشد که از مدل ارتفاعی رقومی استخراج می‌شود وW پهنای بستر می‌باشد.

در نواحی که ایستگاه هیدرومتری کم است، مساحت حوضه آبریز به عنوان جانشینی برای دبی در نظر گرفته و در معادله توان جریان مورد استفاده واقع شود، که معادله آن به صورت زیر می‌باشد :

۲) $Q = a.A^b$

در اینجا A مساحت حوضه‌های مشترک برحسب کیلومتر مربع و b و a ضرایبی هستند که از طریق رگرسیون به دست می‌آیند. پس توان جریان می‌تواند به صورت زیر نوشته شود: (ویکرنت و همکاران، ۲۰۰۶)

۳) $\Omega = \gamma.( a.A^b).S/ W$

[1] .Extension
[2] .Spatial Analyst
[3] .Spread sheet

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**روش استخراج میزان رس کرانه‌ها**

مزیت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای-که میزان رس را در امتداد مجرا به صورت پیوسته نشان می‌دهد- سبب شده که در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای بر استخراج میزان رس کرانه‌ها در امتداد مجرا استفاده شود. مراحل آشکارسازی تغییرات رس در امتداد مجرا به شرح زیر است.

الف: تهیه داده و پردازش آن‌ها: در این تحقیق از تصاویرماهواره‌ای $ETM^+$ سال ۲۰۰۲ استفاده شده است. موزاییک تصاویر ماهواره‌ای محدوده مورد نظر تهیه شده است، سپس حریم رودخانه به میزان ۲۰۰ متر ترسیم و به عنوان محدودهمورد مطالعه به کار گرفته شد.

ب: تصحیحات رادیومتری و نرمال کردن داده‌ها: در تحقیق حاضر برای تصحیحات اتمسفری تصاویر از متد چاوز برای کالیبره کردن در نرم افزار maper Er استفاده شده است و ارزش پیکسل‌های تیره در تصویر کاهش داده شد تا فرایند انجام مورد نظر، از صحت بالایی برخوردار باشد

ج) آشکار سازی: جهت آشکارسازی پدیده‌ها در این تحقیق از روش نسب‌گیری باندها استفاده شده است این روش می‌تواند برای باسازی اختلاف طیفی بین باندها استفاده شود. همچنین اثرات سایه و اختلاف روشنایی زمین را به دلیل شیب زمین کاهش دهد(آبرا[1]، ۲۰۰۵؛ هاوسون و همکاران[2]، ۲۰۰۵). این کار اثرات اختلاف انعکاس یک پدیده ویژه را آشکارتر می‌کند (ساباینس[3]، ۱۹۹۹). منحنی استاندارد انعکاس کانی‌های دارای پیوند AL-OH نشان دهند این است که کانی‌های رسی، در باند ۵ داده‌های $ETM^+$ دارای حداکثر انعکاس و باند ۷ همین داده‌ها دارای بیشترین میزان جذب می‌باشند. بنابراین تصاویر تقسیمی حاصل از باندهای ۵ و ۷، نواحی آرژیلیک را با حداکثر بازتاب نشان می‌دهند.

د) خروجی: نقشه پراکندگی میزان رس در امتداد رودخانه بعد از تهیه به فرمت قابل استفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی تبدیل شده تا با همپوشانی این لایه و تغییرات شکل مجرا تاثیر این متغیر بر روی تغییرات به دست آید.

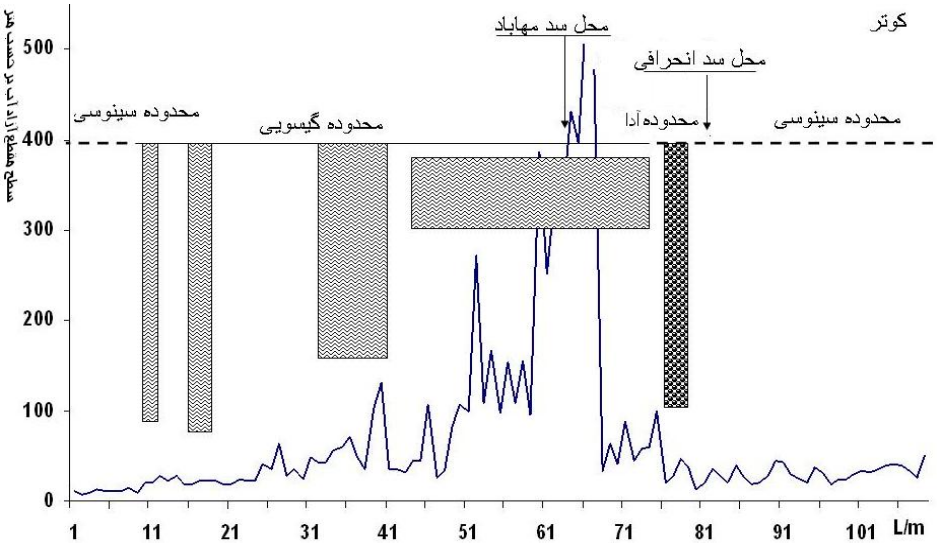
**اندازه‌گیری پهنای بستر(سطح مقطع آزاد آب)**

ولمن و میلر در سال ۱۹۶۰ به این نتیجه رسیدند که روش اندازه‌گیری پهنای بستر در هنگام بیشترین دبی غالبا اهمیت ژئومورفولوژیکی جریان را نشان می‌دهد. بنابراین در این تحقیق از

[1] .Abera
[2] .Hewson et al
[3] .Sabins

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

روش پهنا در موقعی که آب دارای بیشترین ارتفاع می‌باشد، استفاده شده است که از طریق کرانه‌ها و پوشش گیاهی که در کنار آنها رشد کرده مشخص شده است. در امتداد مسیر در هر ۱۰۰۰ متر، پهنای بستر از عکس‌های هوایی برای کل مسیر رودخانه مهاباد- شاخه کوتر به عنوان اصلی‌ترین شاخه- استخراج شده است (شکل۲).




**شکل(۲) تغییرات پهنا(سطح مقطع آزاد آب) و انطباق آن با تغییرات شکل مجرا**

همانطور که در شکل۲ دیده می‌شود، متوسط پهنای بستر در محدوده سینوسی دره‌یی شاخه کوتر ۱۳ متر در محدوده گیسویی این پهنا افزایش زیادی پیدا می‌کند. بطوریکه در شاخه کوتر به ۱۰۴ متر می‌رسد. مجددا پهنای بستر در محدوده سینوسی جلگه‌ای به متوسط ۳۱ متر کاهش می‌یابد. پهنای محدوده آدا در شکل با احتساب جزایر داخل رودخانه می‌باشد که در بعضی از محدوده‌ها جزایر بیش از نصف پهنای بستر را اشغال کرده‌اند.

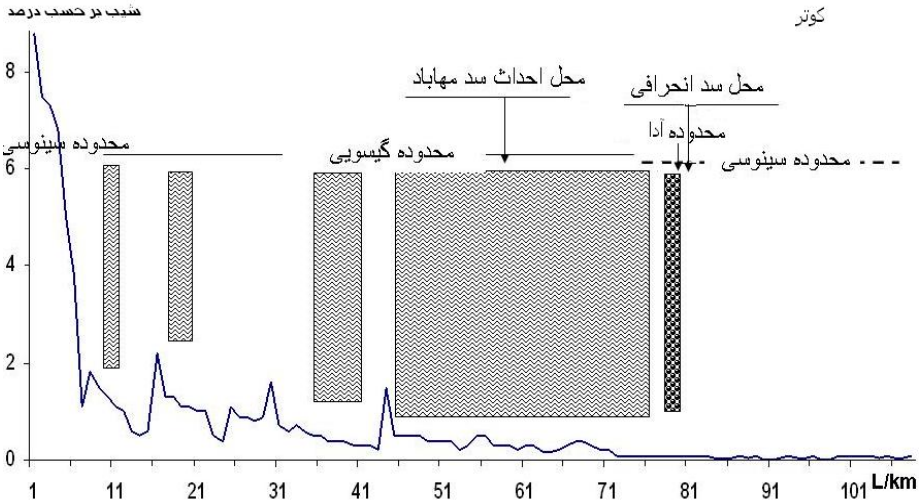
### شیب مجرا

شیب که در شکل مجرا و در مقدار توان جریان به عنوان یک متغیر دارای اهمیت است. طبق بررسی‌های ویکرنت و همکاران(۲۰۰۶) مسافت کوتاه رودخانه لزوما متوسط ویژگی مجرا را نشان نمی‌دهد، به همین خاطر در این بررسی متوسط شیب مجرا با استفاده از قطعات افقی و

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

برای محدوده‌های یک کیلومتر محاسبه شده است. تا ویژگی متوسط مجرا مورد ملاحظه قرار گیرد.

شیب حاصل از مدل ارتفاعی رقومی از نقشه های دارای مقیاس۱۰۰۰ : ۱ به دست آمده است که در بعد ارتفاعی میزان خطا به کمتر از ۱متر می‌رسد، اما تنها محدوده دشت را پوشش می-دادند. برای محدوده بالادست سد از نقشه‌های ۵۰۰۰ : ۱ که در سال ۱۳۴۶ برای احداث سد تهیه شده بودند، استفاده شده است. تمامی این داده‌ها در محیط GIS با هم تلفیق و تبدیل به مدل ارتفاعی رقومی شده‌اند. در نهایت از مدل ارتفاعی رقومی حاصله، ارتفاع در هر ۱۰۰۰ متر جهت محاسبه شیب به دست آمده است(شکل۳).




**شکل(۳) تغییرات شیب و انطباق آن با تغییرات شکل مجرا**

بررسی شیب نشان می‌دهد که شیب در محدوده سینوسی دره‌ای۲/۸۷ درصد در محدوده گیسویی ۵۲/ درصد و در محدوده سینوسی جلگه‌ای۰۹/ درصد می‌باشد. انطباق شکل مجرا با تغییرات شیب نشان دهنده آن است که در محدوده گیسویی بعد از هر کاهشی که در شیب انجام می‌گیرد، نیمکت شنی شکل گرفته و رودخانه شکل گیسویی پیدا می‌کند. در محدوده‌ای که مجرا به شکل آدا تبدیل می‌شود، شیب نسبت به بالادست جریان به حداقل می‌رسد و تغییر محسوسی خواهد کرد. در انتها که شیب کاهش خیلی زیادی پیدا می‌کند، رودخانه به شکل سینوسی تغییر می‌یابد. تبدیل محدوده گیسویی به سینوسی و آدا همانطور که در شکل۳ دیده می‌شود با شکستگی شیب همراه است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**استخراج توان رودخانه[1] در امتداد نیمرخ طولی**

حوضه‌های که دارای ایستگاه محدود اندازه‌گیری دبی هستند. برای برآورد دبی و توان جریان از معادله دبی- مساحت، در معادله توان جریان استفاده می‌کنند. در این تحقیق از روش انتقال از ایستگاه‌های همجوار که روش جاستین[2] یکی از این روش‌ها است که تجربی، ساده و بر اساس عملکرد مشابه حوضه‌ها استوار است، استفاده می‌شود(علیزاده، ۱۳۸۱).

برای بدست آوردن رابطه توان جریان برای حوضه مهاباد از آمار ایستگاه‌های جنوب دریاچه ارومیه با آمار مشترک ۲۰ ساله استفاده شده است. آمار ایستگاه‌های فوق بعد از تکمیل به روش منحنی مجموع[3] مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مقادیر ضرایب c وn برای منطقه به ترتیب برابر۰۲۱۴/ و ۸۵۱۵/ برآورد گردیده است که در نهایت رابطه بین دبی سالانه و مساحت بصورت زیر ارائه شده است.

۴) $Q = 0.214A^{0.8515}$

معادله فوق برای به دست آوردن دبی در امتداد رودخانه به کار رفته است از آنجا که در امتداد نیمرخ طولی رودخانه در هر ۱۰۰۰ متر زیر حوضه استخراج و مساحت به دست آمده است دبی نیز به تبع از زیرحوضه‌ها برای هر ۱۰۰۰ متر از طول مجرا محاسبه شده است

توان جریان معمولا بر حسب واحد وات بر متر مربع بیان می‌شود و نشان دهنده توانایی یک رودخانه برای عملکرد ژئومورفیک است، که وابسته به پراکندگی انرژی در امتداد مجرا می‌باشد. در این تحقیق برای تخمین توان جریان از معادله زیر استفاده شده است

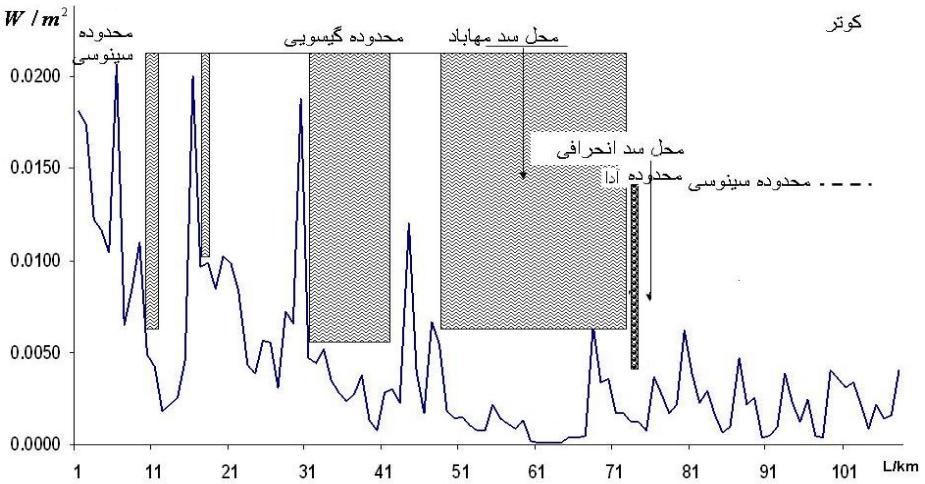
۵) $\Omega = (\gamma.Q.S)/W$

که در معادله فوق $\gamma$ وزن مخصوص آب می‌باشد.

Q میزان دبی است که با استفاده از روابط رگرسیونی در هر ۱۰۰۰ متر در امتداد رودخانه بر اساس رابطه بین مساحت و دبی به دست آمده است. S شیب مجرا است که در امتداد مجرا در هر دو شاخه در هر ۱۰۰۰ متر محاسبه شده است

[1] .Stream Power
[2] .Justin
[3] .Double Mass

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]




**شکل (۴) تغییرات توان جریان و انطباق آن با تغییرات شکل مجرا**

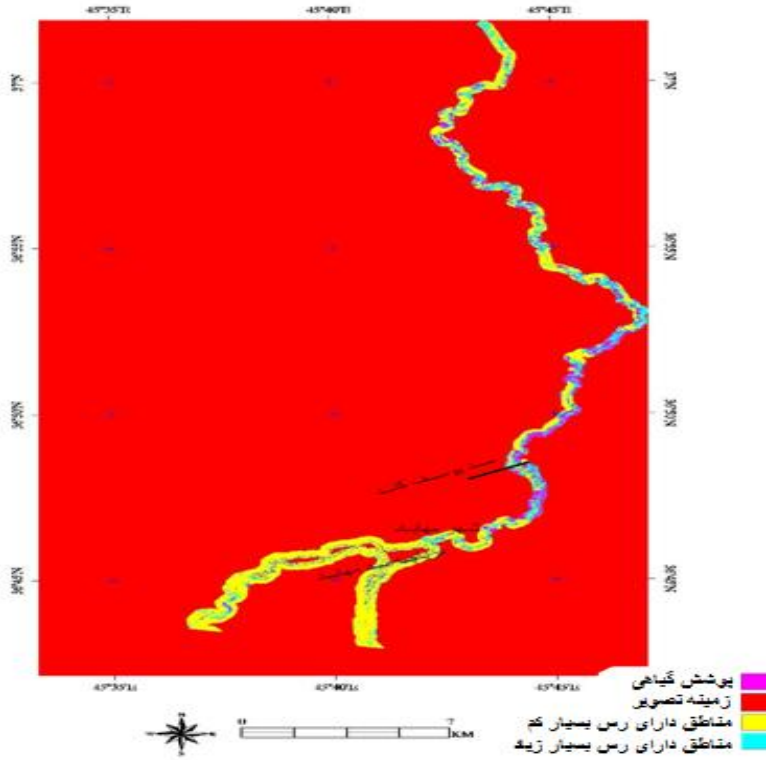
برای محاسبه توان جریان طول مجرا در سراسر نیمرخ طولی رودخانه بایستی ثابت باشد (ویکرنت و همکاران، ۳۰۳:۲۰۰۶). بر این اساس در تمام متغیرهای محاسبه توان جریان طول ثابت در نظر گرفته شده است. برای این منظور ابتدا نیمرخ طولی به قطعات ۱۰۰۰ متری تقسیم شده است در انتهای هر کدام از قطعات یک نقطه قرار داده شده و برای این نقاط متغیرهای توان جریان از جمله شیب و دبی محاسبه شده است، سپس نتایج حاصل از توان جریان با تغییرات مورفولوژی که به صورت پیوسته بوده بر روی پلات ترسیم شده است. انطباق شکل مجرا و توان جریان نشان‌دهنده این است که با کاهش توان جریان شکل گیسویی غالب می‌گردد.

## ترکیب کرانه‌ها و بستر

برای استخراج مناطق دارای رس، از سد مهاباد تا دریاچه ارومیه که شامل نهشته دوران چهارم می‌باشد از نرم افزار ER Mapper استفاده شد. برای این منظور روش نسبت‌گیری باندها به کار گرفته شده است. در شکل۵ پوشش گیاهی به رنگ نارنجی تا نارنجی تیره ( صورتی) و مناطق دارای رس بالا با آبی کم رنگ ( فیروزه‌ای) و مناطق فاقد رس با رنگ زرد ظاهر شده‌اند. در ضمن زمینه در تصویر قرمز می‌باشد. همانطور که در شکل دیده می‌شود، بیشترین تمرکز رس‌ها درحد فاصل شهر مهاباد تا سد انحرافی می‌باشد که منطبق با محدوده آدا است. به طرف بالادست که منطبق با محدوده گیسویی شکل مجرا است، مناطق دارای رس زیاد، وجود ندارد.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

پایین‌تر از سد انحرافی گسترش این کانی‌ها نسبت به مناطق بالادست بیشتر است و مناطق با میزان رس بالا نیز دیده می‌شود. این قسمت منطبق با محدوده سینوسی جلگه‌ای است.




**شکل (۵) نقشه پراکندگی میزان رس در کرانه‌های رودخانه**

## ویژگی‌های حوضه و نقش آن در شکل‌گیری آدا

تمام رودخانه‌ها دارای تاریخ تحول هستند. برای فهم آنها ما بایستی نخست بفهمیم چه وضعیتی در گذشته داشته است و چه چیزی باقی مانده از سیستم گذشته که هنوز بر روی سیستم جدید تاثیر می‌گذارد(شوم و لاکتی[1]، ۱۹۶۵). عکس‌ها و نقشه‌های متوالی از سال‌های مختلف می‌تواند اطلاعات مکانی خوبی از تحول آنها فراهم آورد به همین خاطر از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۸۳ در این تحقیق استفاده شده است. بر اساس عکس‌های هوایی محدوده که در دو بازه زمانی، قبل از احداث سد و بعد از احداث سد تهیه شده‌اند، قبل از

[1] . Schumm and Lickty

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

احداث سد مهاباد و سد انحرافی تنها یک جزیره در قسمتهای پایین‌دست شکل گرفته و رودخانه را به شکل آدا تبدیل کرده است. در عکس‌های هوایی بعد از احداث سد این آدا از بین رفته است و در بالادست جریان در حد فاصل سد مهاباد و سد انحرافی جزایره تشکیل شده است بنابراین شکل‌گیری آدا اولیه ناشی از عوامل طبیعی و آداهایی که بعد از احداث سد تشکیل شده‌اند، معلول تشکیل سد می‌باشند که در ادامه به نقش سد و تاثیر آن در شکل‌گیری این نوع مجرا پرداخته می‌شود، اما قبل از بررسی تاثیر احداث سد لازم است شرایط حوضه آبریز مهاباد برای تشکیل این نوع مجاری بررسی شود.

یکی از مکانیزم لازم برای این مجاری سیلاب‌های فراوان از رسوب است. ( نانسون و نایتون،۱۹۹۶) با عنایت به اینکه دو زیر حوضه اصلی کوتر و بیطاس در قسمت میانی و در محل ورود به دشت بهم وصل می‌شوند که در واقع محل تمرکز اغلب آبهای حوضه می‌باشد استعداد زیادی برای وقوع سیل وجود دارد. با احداث سد، طغیان‌های رودخانه مهاباد که همه ساله در بخش جلگه مهاباد به وقوع می‌پیوست کنترل شده است(تماب،۱۳۷۶).

بر اساس مطالعات حبیبی در سال ۱۳۸۱ فرسایش و رسوب زیاد سبب شده که سد مهاباد از لحاظ وضعیت بحرانی در رده پنجم سدهای مخزنی کشور قرار گیرد(طالب پور،۱۳۸۴). تحقیقات و اندازه‌گیری‌های صورت گرفته نشان‌دهنده این واقعیت است که روند فرسایش و تولید رسوب در حوضه مهاباد در ده‌های اخیر بر اثر تغییر کاربری افزایش یافته است. عمده-ترین منابع رسوبی تراس‌های آبرفتی هستند که غالبا از ذرات ریز و منفصل تشکیل شده‌اند که بر اثر فرسایش رودخانه‌ای فرسایش می‌یابند (تماب،۱۳۷۶؛ طالب پور،۱۳۸۴).

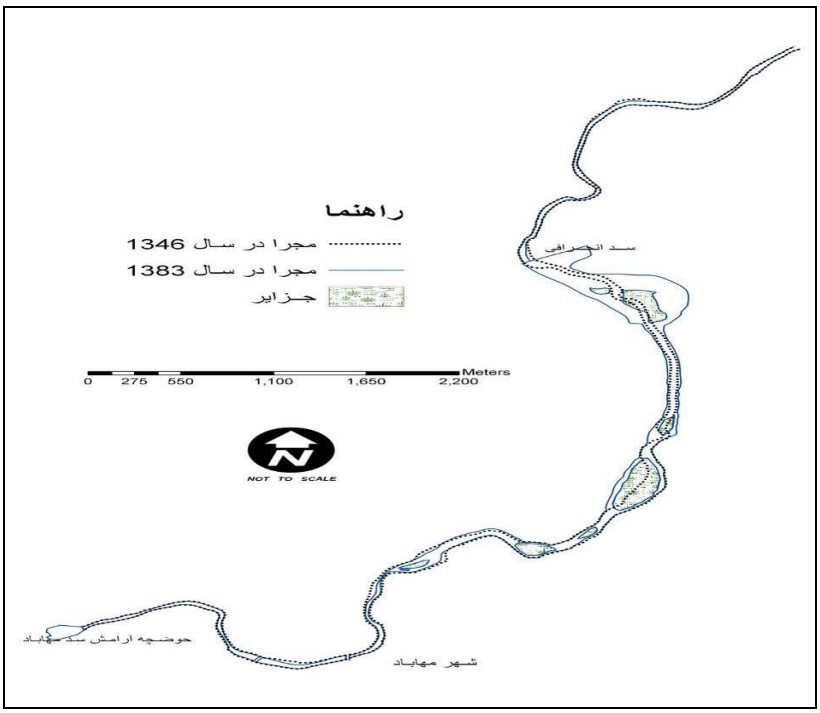
از متغیرهای موثر بر ویژگی رودخانه کرانه‌های مقاوم می‌باشد (نانسون و نایتون،۱۹۹۶) همانطور که در شکل شماره ۵ دیده می‌شود، رس فراوان در کرانه‌های محدوده آدا دیده می-شودکه رس‌ها سبب افزایش مقاومت کرانه‌ها شده است. پایداری کرانه ناشی از چسبندگی رسوبات یا پوشش گیاهی پیش شرط شکل‌گیری مجرای آدا است( هیکن،۱۹۸۴؛ نانسون و نایتون ۱۹۹۶)

وجود ویژگی‌های فوق از جمله پتانسیل سیل‌خیزی بالا و رسوبات زیاد به ویژه در دوره‌های جدید که میزان آن افزایش یافته است، شرط لازم برای مجاری نوع آدا فراهم آورده است. زیرا فرایند سیلاب از سوی شرط لازم را برای پهن شدن مجرا که موجب می‌شود در میانه مجرا رسوبات ته‌نشین شوند که نهایتا می‌توانند منجر به شکل‌گیری جزایرگردند، فراهم می‌آورد. ازسوی دیگر رسوبات لازم برای شکل‌گیری جزایر را فراهم می‌کند.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

**نقش سد در شکل‌گیری آدا**

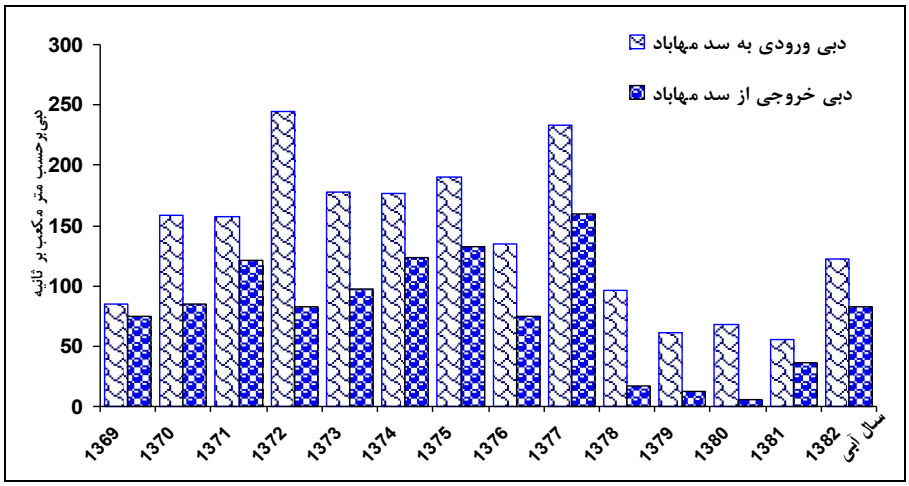
نانسون و نایتون(۱۹۹۶) تاکید کردند که یکی از عوامل شکل‌گیری آدا مسدود شدن مجرا می باشد که ممکن است ناشی از ورود جریان جدید و یا فرو افتادن یخ به داخل آب و یا رشد پوشش گیاهی باشد. به نظر می‌رسد که در مجرا رودخانه مهاباد سد انحرافی چنین نقشی را ایفا می‌نماید. برگشت آب ناشی از احداث سد سبب کاهش توان جریان شده است که کاهش توان جریان با تراکم بار رسوبی همراه بوده است زیرا توانایی برای حمل رسوبات کاهش می‌یابد. بنابراین بطور تئوریکی رودخانه بایستی قسمتی از رسوبات را ته‌نشین نماید تا با کاهش پهنا شعاع هیدرولیکی افزایش پیدا کند و رودخانه توانایی حمل رسوب را داشته باشد . ته‌نشین شدن رسوبات در داخل مجرا با تمایل رودخانه به کانالیزه شدن همراه است که عامل شکل-گیری مجرا به شکل آدا می‌باشد. شکل گیری جزایر در نزدیک سد انحرافی گویای نقش این عامل است.




**شکل(۷) تغییرات پهنای بستر رودخانه از محدوده پایین‌دست سد تا انتهای محدوده آدا ازسال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۳**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

بر اساس داده‌های فوق چنین استنباط می‌شود که قبل از احداث سد جریان با دبی بالا از این محدوده از رودخانه عبور می‌کرده است که سبب شکل‌گیری بستری با پهنای زیاد شده است و از آنجا که کنترل دبی صورت نمی‌گرفت جریان در دبی‌های بالا از بستر خارج و بر روی کرانه‌ها و دشت‌ها جریان پیدا می‌کرد به این ترتیب بار معلق از بستر خارج می‌شد وجود رس زیاد در بالای کرانه‌ها همان‌طور که در شکل۵ دیده می‌شود، به نظر می‌رسد ناشی از این عامل باشد. بعد از احداث سد مهاباد دبی کنترل شده و دبی‌های ماکزیمم همانطور که در شکل۸ دیده می‌شود، کاهش پیدا کرده است در نتیجه از یک طرف قسمتهای از بستر که قبلا به وسیله آب اشغال می‌شد به وسیله رسوب اشغال گشته است از سوی دیگر با توجه به اینکه جریان از کرانه‌ها خارج نشده است رسوبات حمل کرده را در وسط مجرا در بین دو کرانه برجای گذاشته است.




**شکل (۸) میزان دبی ورودی و خروجی سد، توجه کنید که سد دبی ماکزیمم را کاهش داده است.**

## نحوه تکامل و توسعه جزایر

نخستین مرحله برای شکل‌گیری جزایر ته‌نشینی رسوبات در داخل مجاری می‌باشد. پوشش متوالی بر روی این اشکال با دم اسبی‌ها شروع شده سپس جگن، درختان بید و گز در ریشه آنها رشد می‌کند( شکل۹). مشخص است که محدوده‌های دارای درخت، قدیمی‌تر و دارای پایداری و بقاء زیادی می‌باشند. به تدریج مواد ریز دانه در کناره و پشت گیاهان افزایش می‌یابد، و رشد آنها سریع‌تر شده و فضای بیشتری را اشغال می‌کنند. قطعات کوچک شکل گرفته و

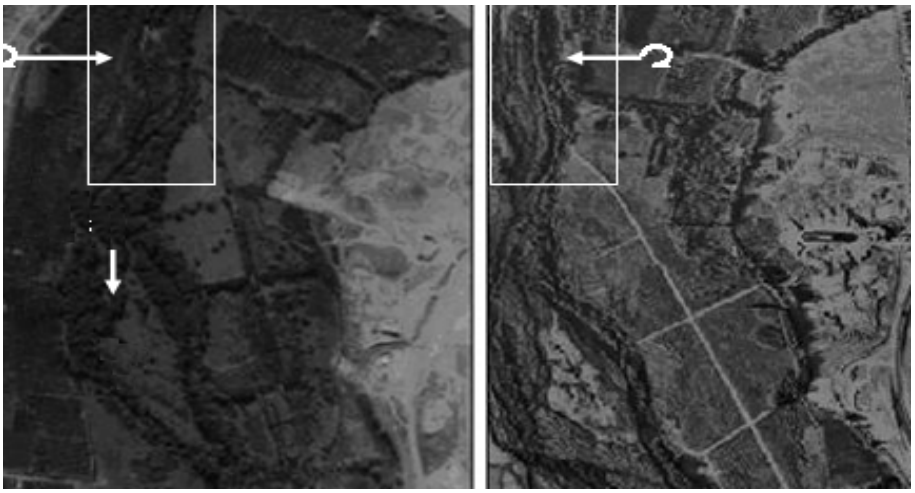
[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

مانعی برای حرکت سریع آب و رسوب بالادست می‌شوند که نهایتا به تسریع شکل‌گیری جزایر کمک می‌کند. وجود پوشش متفاوت نشان دهنده شکل‌گیری این جزایر در طول زمان و توسعه آنها است. همانطور که در شکل شماره۹ به وضوح دیده می‌شود. قسمتهای که درختان بید بر روی آنها رشد کرده و قدیمی‌تر هستند در بالادست و قسمتهای که بر روی آنها دم اسبی‌ها و زبان گنجشک رشد کرده و جوان‌تر در موقعیت پایین‌تری و کرانه جزایر قرار دارند که نشان دهنده توسعه این جزایر به طرف پایین‌دست جریان می‌باشند.

یکی از عوامل گسترش و شکل‌گیری جزایر به هم پیوستن خود آنها در داخل یک توده بزرگتر می‌باشد. این فرایند همان‌طور از مقایسه عکس‌های هوایی ۱۳۶۸ و ۱۳۸۳ در شکل۱۰ دیده می‌شود، به نظر می‌رسد طریقی باشد که جزایر بزرگ در دشت مهاباد توسعه یافته باشند. به همان ترتیب که توسعه جزایر ادامه می‌یابد قسمت خارجی کرانه‌ها شستشو یافته جریان به طرف کرانه‌ها حرکت کرده که نتیجه آن به وجود آمدن یک مجرای جداگانه که بطور جانبی فعال می‌باشد. به تدریج که زاویه بین جهت جریان اصلی ازجزایر فاصله می‌گیرد جریان بیشتر به کناره‌ها هدایت می‌شود. این وضعیت منجر به انباشت رسوبات بر روی جزایر و توسعه جانبی و عمودی آنها می‌گردد. این تحقیق نشان داده که در دشت مهاباد فرایند جداشدگی به نظر نمی‌رسد نقش داشته باشد و مجاری ناشی از تغییرات کرانه‌های مجرا و انباشت رسوب در داخل مجرا باشد.

**شکل(۹) پوشش گیاهی متوالی و متفاوت بر روی جزایر، به جهت جریان و ارتباط آن با پراکنش پوشش گیاهی**

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]



**شکل (۱۰) شکل و تغییرات جزایر محدوده آدا ،به جزیره که در داخل کادر قرار گرفته است توجه کنید که چگونه چند جزیره در سال۱۳۶۸و ۱۳۸۳ به هم متصل شده‌اند.**

**ارزیابی رودخانه مهاباد بر اساس طرح نانسون و نایتون**

نانسون و نایتون(۱۹۹۵) رودخانه‌ها آدا را در شش طبقه بر اساس معیارها کمی، تقسیم‌بندی کردند، که قبل از ارزیابی رودخانه مهاباد براساس این طرح ، ویژگی این شش نوع آدا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نوع۱- رودخانه‌های آدا دارای رسوبات چسبنده (آناستنوموسینگ) این نوع از رودخانه‌ها داراری ویژگی‌ها زیر می‌باشند:

پهنا کم و یکنواخت، شیب کم، کرانه چسبنده و نسبتا پایدار، اغلب در داخل رودخانه‌های سینوسی شکل می‌گیرد. جابه جایی کم و تحول اغلب به شکل جدا شدگی صورت می‌گیرد این نوع از رودخانه‌های آدا به زیر رسته‌های به شکل زیر تقسیم می‌شود:

a- سیستم‌های آلی: جزایری دارای مقدار زیادی مواد آلی(پیت) همراه با مقدار کمی ذرات ریز ماسه و ذرات معلق می‌باشد.

b- سیستم‌های آلی– تخریبی: استراتوگرافی جزایر تشکیل‌دهنده این جزایر شامل مواد آلی- تخریبی می‌باشد. در بین مواد تخریبی مواد آلی به صورت توده‌ای شکل می‌گیرد.

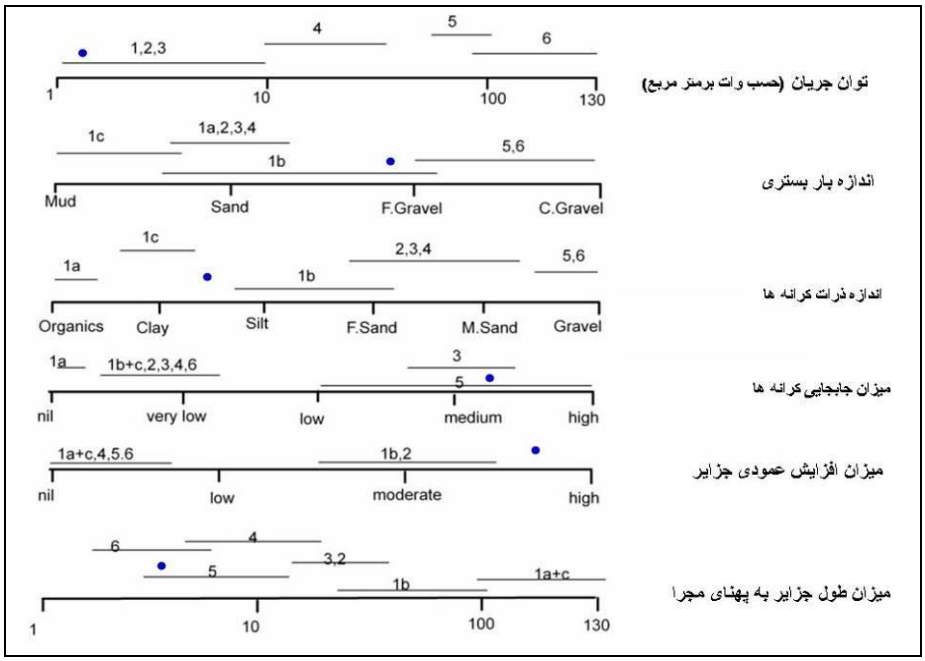
c- سیستم های با برتری گل: شامل سیستم های با شیب کم مجاری که ارتفاع جزایر به آرامی کاهش پیدا می‌کند و کرانه‌های و دشت‌های از مواد آواری تشکیل شده است.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

نوع۲- مجاری با غلبه جزایر ماسه: این نوع رودخانه‌های دارای جزایر ماسه‌ای به خاطر عدم چسبندگی احتیاج به ترکیبی از کرانه‌های با پوشش گیاهی برای پایداری دارند. توان جریان پایین است. جزایر هم معلول جداشدگی و هم معلول توسعه جانبی می‌باشد.

نوع۳- رودخانه‌های آدا بطور جانبی فعال دارای بار بستری مخلوط: شکل مجرا مئاندری که به طور جانبی فعال( فرسایش زیاد) هستند. بار بستری مخلوطی از بار رسوبی ماسه و گل و در بعضی از موارد گراول‌های ریز می‌باشد. دشت سیلابی در نزدیک مجرا از ماسه و با فاصله گرفتن از مجرا بر روی کرانه‌ها اندازه ذرات ریزتر می‌شوند.

نوع۴- ، رودخانه‌های آدا با جزایری[1] که هم ارتفاع کرانه‌ها نشده‌اند با غلبه ماسه. این نوع از مجاری معلول رشد گیاهان که ناشی از کاهش توان جریان می‌باشند، هستند. به صورت خطی توسعه می‌یابند. همراه با خمیدگی مئاندرها انحناء پیدا می‌کنند. توان جریان بالاتر از دیگر مجاری است بارها ناپایدار و متحرک هستند و منشعب نشده‌اند.




**شکل (۱۱) طبقه‌بندی شماتیکی نانسون و نایتون (۱۹۹۶) برای رودخانه‌های آدا و موقعیت رودخانه مهاباد در این طرح، توجه کنید چگونه رودخانه مهاباد نتوانسته با این طرح مطابقت نماید.**

[1] .Ridge

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

نوع۵- ، رودخانه‌های که بطور جانبی فعال هستند با غلبه رسوبات در حد گراول. این نوع مجاری به عنوان مرحله انتقالی بین مئاندری و گیسویی توصیف شده است. در انتها به چند قسمت تقسیم می‌شوند و اغلب چند آدا کوچک که پایدارند در کنار آنها شکل می‌گیرند. استراتوگرافی دشت‌های که این نوع مجاری در آنها شکل می‌گیرد شامل یک لایه گراولی پایه که در بالا ماسه و سیلت بر روی آنها قرار گرفته می‌باشد.

نوع۶- غلبه با رسوبات گراولی، رودخانه‌های آدا پایدار: این نوع مجاری در حوضه‌های آبریز کوچک با پوشش جنگلی که دارای شیب زیاد هستند، تشکیل می‌شوند. با وجود شیب زیاد، پوشش گیاهی پایداری این نوع مجاری را تامین می‌کند.

رودخانه مهاباد با طرحی که به وسیله نانسون و نایتون (۱۹۹۶) تطبیق داده شده است. در این طرح توان جریان، میزان بار بستری، اندازه ذرات کرانه‌ها، میزان افزایش عمودی و نسبت بین طول جزایر و پهنای مجرا مورد ارزیابی قرار گرفته است. شکل۱۱ رودخانه مهاباد را در تمام این معیارها نشان داده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد با تمام شش نوع رودخانه آدا اختلاف دارد میزان توان جریان، اندازه بار بستری و اندازه ذرات کرانه‌ها و میزان افزایش عمودی، در محدوده نوع یک قرار می‌گیرد اما میزان جابه‌جایی و نسبت طول جزایر به پهنای مجرا در محدوده نوع ۵ قرار می‌گیرد.

نتایج تطبیق رودخانه مهاباد با طرح نانسون و نایتون نشان می‌دهد که این رودخانه نتوانسته با این طرح مطابقت نماید. کلمنت (۱۹۹۹) نیز با بررسی رودخانه یوکا به نتیجه مشابه‌ای رسید وی عدم تطابقت رودخانه یوکا با این طرح به ویژه در شاخص توان جریان را به بزرگی رودخانه نسبت داد. به نظر می‌رسد که در رودخانه مهاباد عامل اصلی عدم مطابقت سد انحرافی باشد. سد انحرافی با برگشت آب و رسوبات مانع از توسعه و گسترش طولی جزایر شده است و رسوبات اغلب در حاشیه جزایر رسوب کنند به همین دلیل از یک سو سبب افزایش پهنا و جابه‌جای شده و از سوی دیگر با کاهش یافتن طول جزایر در معادله نسبت طول جزایر به پهنا مجرا این شاخص، اندازه بسیار پایینی به دست دهد، در نتیجه مجرا آدا غیر عادی باشد. در شکل ۹ رشد جگن‌ها در اطراف درختان بید در امتداد مقطع پهنا نشان‌دهنده این است که رشد پهنا این جزایر زیاد است.

## نتیجه‌گیری

رودخانه مهاباد در محل ورود به دشت، در قسمت مرکزی مسیر به خاطر ته نشین شدن رسوبات بصورت محلی، به شکل آدا در می‌آید. این محدوده به وسیله شکستگی شیب و پهنای

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

زیاد بستر به خاطر ترکیب فرکانس و عظمت سیلاب گذشته در مجرا مشخص است. در این تحقیق آشکار شد فاکتوری که عمل می‌کنند در شکل‌گیری این مجرا نخست تغییرات زیاد رژیم جریان است. بر اساس وجود رس فراوان در کرانه‌ها به نظر می‌رسد دبی در گذشته از محدوده‌های زیادی بستر خارج و رسوباتی که همراه آنها بوده‌اند سیستم را ترک و بر روی کرانه‌ها ته‌نشین می‌شود. چنین ویژگی در گذشته سبب شده که شکل آدا در رودخانه بسیار محدود باشد. بعد از احداث سد مهاباد بر روی این رودخانه دبی اوج کاهش پیدا کرده است، به تدریج در قسمت‌های از بستر رسوب ته‌نشین شده است که با شکل‌گیری جزایر همراه است.

مقایسه عکس‌های هوایی سال‌های متوالی نشان‌دهنده شکل‌گیری جزایر بر اثر ته‌نشین شدن رسوبات و فرسایش جانبی مجرا است. فرایند جداشدگی که اتفاق بیفتد و سبب شکل‌گیری جزایر گردد، دیده نمی‌شود. با ته نشین شدن رسوبات در داخل مجرا بر روی رسوبات پوشش گیاهی رشد کرده و آنها تثبیت شده‌اند ارتفاع آنها تا سطح دشت‌های سیلابی افزایش می‌یابد. جزایر رشد افقی هم دارند. جزایر بزرگ از به هم پیوستن جزایر پراکنده و کوچک شکل گرفته-اند به تدریج رشد جانبی سبب جدایی شاخه‌ها از قسمت مرکزی مجرا شده است.

بنابراین چنین استنباط می‌شود که این رودخانه برای جبران انرژی ناشی از کاهش دبی اوج بعد از احداث سد تمایل به رسوبگذاری در داخل بستر دارد. بخشی از رودخانه را رسوب اشغال کرده است در نتیجه شکل آدا به خاطر بار معلق ته نشین شده در شکل جزایر پایدار نهایتا جانشین جریان سیل گذشته شده است. البته محدوده‌های دیگر رودخانه با تغییر رژیم بالا وجود دارد که به شکل آدا نیستند، پس چنین استنباط می‌شود دیگر شرایط بایستی با این ویژگی (نتایج) برای توسعه این نوع مجرا، ترکیب شود

به نظر می‌رسد هرچند هیدرولیک جریان کنترل شده به وسیله سد مهاباد و پهنای ایجاد شده به وسیله سیلاب‌های گذشته عامل شکل‌گیری آدا است و در ابتدا بار رسوبی در داخل مجرا به علت کاهش توان جریان ناشی از متغیر دبی برای حمل رسوب در واکنش به افزایش بیش از اندازه پهنا نهشته می‌شود که ناشی سیلابهای گذشته باشد و منابع تولید رسوب در رودخانه رسوب‌گذاری کنند اما سد انحرافی که در پایین‌دست سد مخزنی ایجاد شده با برگشت آب و ایجاد مانع و کاهش شیب و توان جریان به رسوب بار رودخانه ، که از سد مخزنی عبور نموده، در این محدوده کمک کرده است که شکل‌گیری جزایر بزرگ در نزدیک سد انحرافی نشاندهنده نقش آن به عنوان یک عامل می‌باشد. احداث دو سد در نزدیک هم رشد تدریجی بارها و جزایر را به همراه دارد که در حال حاضر نیز فعال هستند و توسعه تدریجی آنها سبب شستشوی کرانه‌ها که نتیجه آن به وجود آمدن (زایش) یک مجرا جداگانه که به طور جانبی

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

فعال می‌باشد، است. در نهایت چنین استنباط می‌شود که رودخانه از طریق تغییر شکل و ژئومتری مجرا به احداث سد ،کاهش دبی و کاهش شیب واکنش نشان داده و به تعادل رسیده است و شکل‌گیری آدا واکنشی به کاهش توان جریان و جبران آن است.

**منابع و ماخذ**


۱. دفتر بهره‌برداری از سد و شبکه آبیاری (۱۳۷۶) **رسوب‌سنجی و رسوب‌شناسی مخزن سد مهاباد**. گزارش مرکز تحقیقات منابع آب(تماب).

۲. سازمان زمین شناسی کشور، **نقشه زمین‌شناسی مهاباد**، تهیه شده به وسیله افتخار نژاد، مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱

۳. طالب پوراصل، داود (۱۳۸۴) **مطالعه علل کاهش عمر مفید سد مهاباد و شناسایی نواحی مستعد تولید رسوب در بالادست آن** . پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

۴. علیزاده، امین(۱۳۸۱) **اصول هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ پانزدهم..

۵. مهدی، زارع (۱۳۷۱) **معرفی گسل سد مهاباد**، مجله عمران دانشگاه صنعتی شریف، شماره هشتم.

Abera, B.J., (2005) ***Application of remote sensing and spatial data integration modeling to predicative mapping of apatite-mineralized zones in the Bikilal Layerd Gabbro complex***, Western Ethiopia, MSC thesis, ITC, Holland.

Bradley, C.E., and Smith, D.G., (1986) ***Plains cottonwood recruitment on a prairie meandering river floodplain, Milk River, southern Alberta and northern Montana***. Canadian Journal of Botany, Vol. 64: 1433-1442.

Brice.J .C, (1984) ***Plan form properties of meandering streams in river meandering***, New York American society of civil engineers. M . Eliot 1-15


[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

Clement, D. T., (1999) ***Fluvial Geomorphology of thy Yukon River, Yukon Flats, Alaska***. MSC Thesis.Calgary, Alberta.

Elektroprojekt Consulting Engineers-ZAGREB-Yugoslavia, (1964) ***Ministry of water and power Azarbaijan: water and Power Authority final Hydrogeological report of Mahabad, Plain and Shahpur dam***. Vol 1 and 2.

Hewson, R.D., Cudahy, T.J., Mizuhiko, S. K., Mauger, A.J., (2005) ***Seamless geological map generation using ASTER in theBroken Hill-Curnamona province of Australia, Remote Sensing of Environment***, Vol 99, 159–172.

Hickin, E.J and. Nanson. G. C. (1984) ***Lateral migration rates of river bends. Journal of Hydraulic engineering .***Vol.110: 1557–1567.

Kinghton, A.D., (1984) ***Fluvial forms and processes***, Great Britain for Edward Arnold.

Kondolf, G. M., Piegay, H., and Sear. D., (2003) ***Tools in fluvial geomorphology: Integrating geomorphological tools in ecological and management studies***. John Wiley & Sons, Ltd.

Nanson, G. C., and. Knighton, A. D., (1996) ***Anabranching river: the cause, character and classification: Earth Surface Processes and Landform***. Vol.21: 217-239..

Petts, G. E,. and Gurnell, T. A. M., (2005) ***Dams and geomorphology: Research progress and future directions, Geomorphology***. Vol. 71:27–47.

Richards, K. S., (1982) River ***Form and Process in Alluvial Channels*** . Methuen: London.

Sabins, F.F (1999) Remote ***sensing for mineral exploration, Ore Geology Reviews***, Vol 14: 157–183.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]

Schumm, A. S., (1985)***Patterns of Alluvial Rivers***: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 13: 5-27.

Chumm, A. S,. (1969) ***river metamorphosis***: American Society of civil Engineer, v.23, P 317- 323.

Schumm, A. S., and Lichty. R. W., (1965) ***Time, space and causality in geomorphology***: American journal of science, Vol.263:.110-119.

Vikrant, J., Preston, N., Frystie, K., and Brierley, G., (2006) ***Comparative assessment of tree approaches for deriving stream power plots along long profiles in the upper Hunter River catchment, New South Wales Australia***. Geomorphology. Vol. 74: 297-317.

Williams, G.P., Wolman, M.G., (1984) ***downstream effects of dams on alluvial rivers. US Geological Survey professional paper 1286, US Government Printing Office***, Washington DC, USA: Vol 83.

Yang, C.T., and Song, C.S., (1979) ***Theory of minimum rate of energy dissipation***. Journal of the Hydraulic Division of American Society of Civil Engineers, Vol. 105:769-784.

[ Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29 ]