Archive of SID

دکتر مجتبی یمانی، دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران — M. Yamani, Ph.D
دکتر محمد مهدی حسین زاده، عضو هیأت علمی دانشگاه طبرستان چالوس — M. M. Hosseinzadeh, Ph.D
شماره مقاله: ۶۱۱

بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه تالار با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی (۱)

چکیده

بخش عمده‌ای از شهرها و آبادیها در امتداد رودخانه‌ها و به‌ویژه در روی پادگانه‌های رودخانه‌ای استقرار یافته‌اند. از دلایل اصلی این استقرار دسترسی به آب این رودها به منظور بهره‌برداری زراعی، شرب و صنعت و از طرفی مساعد بودن توپوگرافی و خاک این زمین‌ها، می‌باشد. این زمین‌ها تحت تأثیر دینامیک رودخانه و تغییرات دبی، همواره در معرض خطراتی از جمله سیلاب و ناپایداری بستر، در نتیجه حرکات پیچان‌رودی است.

محدوده مورد بررسی این مقاله، رودخانه تالار واقع در جلگه ساحلی مازندران می‌باشد. برای تعیین الگوی این رودخانه از ضریب خمیدگی (به روش لئوپلد و ولمن) و نیز زاویه مرکزی (به روش کورنایس)، به عنوان ابزار غیر فیزیکی و از نقشه‌های توپوگرافی بزرگ مقیاس و عکسهای هوایی به عنوان ابزار فیزیکی تحقیق استفاده شده است. با توجه به اینکه سرعت تکامل پیچان رودها از نظر زمانی و مکانی یکسان نیست، بنابراین مدلهای مذکور میانگین ضریب خمیدگی قوسها را برابر ۱/۳۹ نشان می‌دهند و این رقم بیانگر بالا بودن نسبت پیچ و خم‌دار بودن رودخانه تالار است. از طرفی با توجه به نتیجه به‌دست آمده از شاخص ضریب خمیدگی، ۲۶/۴۵ درصد از قوسهای این رودخانه در زمره الگوی پیچان رودی تکامل یافته قرار می‌گیرند. همچنین، شاخص زاویه مرکزی، میانگین زاویه مرکزی، قوسهای رودخانه تالار را ۱۲۹/۱ درجه نشان می‌دهد که با توجه به این شاخص (مدل کورنایس)، ۶۰/۴ درصد قوسها در زمره پیچان رود توسعه یافته و

www.SID.ir

Archive of SID

۲۵/۵ درصد قوسها در زمره پیچان رودهای خیلی توسعه یافته قرار دارند. ضرایب به‌دست آمده از طریق این مدلها، ضرورت تثبیت میان مدت و کوتاه مدت بستر را از طریق روشهای مدیریتی و مهندسی سازه ایجاب می‌کند.

کلید واژه‌ها: الگوی پیچان رودی، رودخانه تالار، دینامیک رودخانه، جلگه ساحلی مازندران، ضریب خمیدگی (لئوپلد و ولمن)، زاویه مرکزی (کورنایس).

مقدمه

در مقیاس ایران، بخش عمده‌ای از آبادی‌ها، اراضی زراعی، فعالیتهای صنعتی و ... که نیازمند بهره‌برداری از منابع آب می‌باشند، در سواحل رودخانه‌ها استقرار یافته‌اند. از آنجا که سواحل هر رودخانه، تحت تأثیر دینامیک جریان، پایدار نیست، مطالعه و بررسی آنها به منظور شناخت این دینامیک، نحوه تحول و تکامل الگوی آنها، تقسیم‌بندی مسیر رودخانه از نظر الگوی کلی مسیر و سرانجام دست‌یابی به سیاستهای اجرایی به منظور پایدارسازی آنها، انجام می‌پذیرد.

یکی از موضوعات مهم در ژئومورفولوژی توجه به تغییراتی است که در شکل و الگوی کانالهای جریانی و در طول مسیرآنها به وقوع می‌پیوندد و ممکن است سبب متروک شدن بخشی از دیواره کانالها یا پیوستن بعضی فضاهای متروک کانالها به فضای اصلی شود. در هر صورت، تغییر شکل و الگوی کانالهای رودخانه منوط به در هم ریختن و تخریب و انتقال مواد است (*تلوری، ۱۳۷۳*). این امر در طول بسیاری از رودخانه‌های کشور از جمله رودخانه تالار مشاهده می‌شود که متأثر از رژیم رودخانه و عملکرد انسانی است، که نمودهای منفی آن را در منطقه مورد مطالعه به شکل‌های مختلف (تهدید پایداری سازه‌های مجاور رود، تخریب کناره و اراضی موجود در حواشی آن و ...) می‌توان مشاهده کرد. در این راستا، تغییرات مورفولوژی رودخانه تالار در جلگه ساحلی خزر، به منظور تعیین الگوی رودخانه (پلان)[1] با تأکید بر الگوی پیچان رودی بررسی گردیده است.

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال سلسله جبال البرز و در جنوب دریای مازندران قرار دارد. این محدوده در مختصات جغرافیایی ′۵۰ °۵۲ تا ′۲۴ °۵۳ طول شرقی و ′۵ °۳۶ ′۴۵ °۳۵

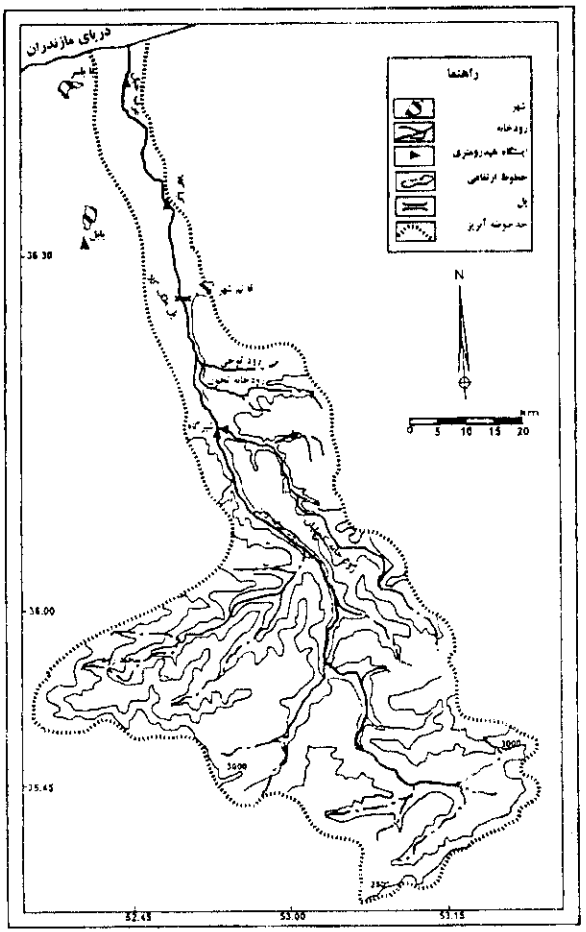
1. Plan.

www.SID.ir

Archive of SID
۱۲۴۴۹

تا ′۴۵ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد (نقشه ۱). منطقه تحت بررسی جزء استان مازندران و شهرستانهای سوادکوه، قائم‌شهر و جویبار می‌باشد. مساحت محدوده مورد مطالعه ۲۵۳۷/۳۵ کیلومتر مربع می‌باشد. طول رودخانه تالار از سرچشمه تا مصب با اندازه‌گیری توسط دستگاه کورویمتر (با نقشه ۱:۵۰۰۰۰) برابر ۱۴۳ کیلومتر می‌باشد. در این میان طول مسیر مورد مطالعه در پهنه جلگه ساحلی ۶۳ کیلومتر است. از آنجا که هدف، بررسی الگوی رودخانه تالار با تأکید بر الگوی پیچان رودی در جلگه ساحلی بوده است.

بنابراین، مرز محدوده مورد بررسی از محل خط تغییر شیب کوهستان با جلگه ساحلی از یک سو و تا نزدیکی ساحل دریا از سوی دیگر در نظر گرفته شده است. تأثیر ساختمان زمین‌شناسی به‌ویژه تأثیر حرکات ساخت‌زایی در تحول الگوی رود در این قسمت کمتر است و نقش عوامل ژئومورفیک و مورفودینامیک رودخانه‌ای در تحول الگوی رود، غالب و تعیین‌کننده می‌باشد.



نقشه ۱ رودخانه تالار و حوضه آبریز آن

رودخانه تالار

این رودخانه از ارتفاعات دامنه شمالی رشته کوههای البرز سرچشمه می‌گیرد. سرشاخه اصلی رودخانه تالار در بالادست سرخاب نامیده می‌شود. سرشاخه‌های منتهی به

www.SID.ir

Archive of SID

آن شامل چرال از سمت مغرب و سرشاخه کبیر از ارتفاعات شاه محمد قله منشأ گرفته و از سمت مشرق به آن می‌پیوندند. این رودخانه در دره‌ای نسبتا باریک تا محل شیرگاه جریان دارد و رودخانه کسیلیان در این محل از سمت مشرق به آن می‌پیوندد. در ادامه نیز شاخه‌های فرعی توجی و تجون نیز از سمت مشرق به آن می‌ریزند و پس از گذشتن از زیر پل ملک کلا وارد جلگه می‌شود و در پایین دست محل عرب خیل به دریای مازندران می‌ریزد (نقشه ۱).

رودخانه تالار و سرشاخه‌های آن در مناطق کوهستانی در دره‌ای تنگ و بستر سنگی جریان دارد و به‌تدریج ضمن عبور از نواحی کوهستانی و ورود به جلگه ساحلی، بستر خود را عریض‌تر نموده و با ایجاد پادگانه‌های پلکانی شکل متعدد به مسیر خود ادامه می‌دهد. نتایج پارامترهای فیزیوگرافی رودخانه تالار در محل ایستگاههای هیدرومتری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ نتایج پارامترهای فیزیوگرافی رودخانه تالار در محل ایستگاه‌های هیدرومتری

پارامترهای فیزیوگرافی	مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	طول رودخانه (کیلومتر)	شیب متوسط حوضه (درصد)	ارتفاع متوسط حوضه(متر)	شیب متوسط رودخانه (درصد)
تالار - پل ملک کلا	۲۲۹۸/۴	۱۰۳	۳/۵۸	۱۷۳۱/۳۱	۲/۱۸
تالار - کیاکلا	۲۴۲۸/۱	۱۲۱	۵	۱۲۶۱/۲	۱/۵
تالار - ساحل دریا	۲۵۲۲/۳۵	۱۴۲	۲/۶۴	۱۵	۱/۲۸

مأخذ: نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱ سازمان جغرافیایی، اندازه‌گیری با پلانیمتر

پیشینه تحقیق

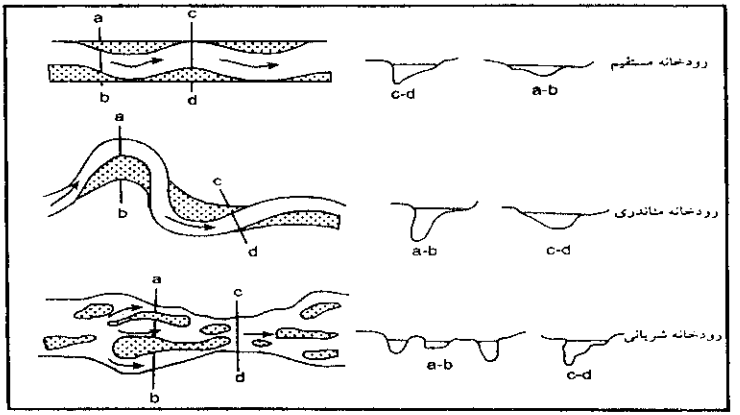
یکی از علومی که ارتباط نزدیک با شکل و سیستم شکل‌زایی رودخانه دارد، ژئومورفولوژی می‌باشد. یکی از مهمترین مباحث آن نیز، دوره ژئومورفیک یا دوره فرسایشی یعنی سیکل تغییرات شکل زمین است. در این میان نقش رودها به عنوان یکی از عوامل مهم شکل‌زایی مورد بحث قرار می‌گیرد. یکی از موضوعات مورد بررسی در خصوص رودخانه‌ها تقسیم‌بندی آنها می‌باشد که بر اساس معیارهای مختلف انجام می‌گیرد. از جمله تقسیم‌بندی بر پایه شکل پلان رودخانه‌ها می‌باشد که به سه دسته مستقیم[۲] پیچانرودی[۳] و شریانی یا بریده بریده[۴] تقسیم می‌شوند (شکل ۱).

2. Straight. 3. Meandering. 4. Braided.

www.SID.ir

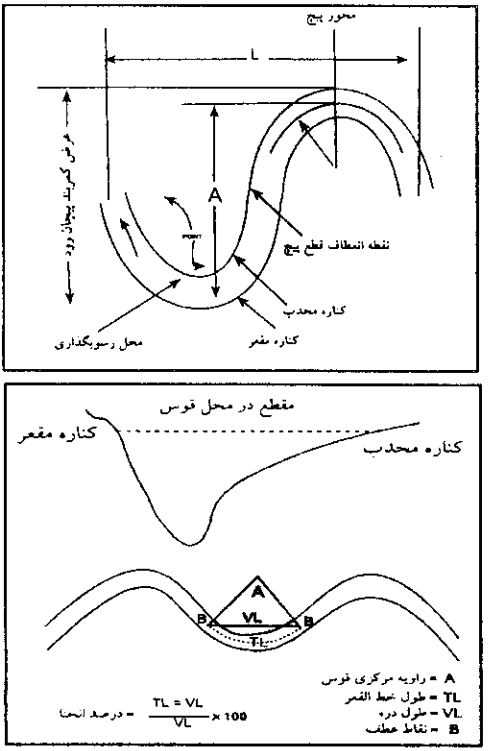
Archive of SID
۱۲۲۵۱

شکل ۱ پلان هوایی و نیمرخ عرضی الگوهای مختلف رودخانه‌ای



مأخذ: مجموعه مقالات کارگاه آموزشی- مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی

لازم به ذکر است این الگوها در یک قسمت محدود از مسیر رودخانه تعریف می‌شوند. به عبارت دیگر می‌شود هر سه الگوی یاد شده را در قسمت‌های مختلف یک رودخانه مشاهده نمود. در ضمن، مرز به خصوصی برای جدا کردن این شکلها از یکدیگر وجود ندارد، البته محققان مختلف، هر یک پارامترهای مختلفی را برای تفکیک انواع فوق استفاده کرده‌اند. لئوپلد و ولمن به طور قراردادی فرض کردند رودخانه‌هایی که دارای ضریب مارپیچی[5] بزرگتر از ۱/۵ هستند، از نوع مارپیچی می‌باشند (*Leopold & wolman, 1957*). مطالعات انجام گرفته از رودخانه‌های آمریکا نشان می‌دهد که مقدار ضریب مارپیچی می‌تواند از ۱/۵ تا ۲/۸ تغییر کند (شکل ۲).



مأخذ: مجموعه مقالات کارگاه آموزشی- مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی

شکل ۲ مشخصات هندسی رودخانه‌های پیچان‌رودی

5. sinuosity.

www.SID.ir

Archive of SID

کورنایس (*kornise, 1980*) برای بیان کمی میزان توسعه و پیشرفت پیچان رودی شدن در رودخانه‌های آبرفتی و تمایز آنها از یکدیگر با استفاده از زاویه مرکزی[6]، تقسیم‌بندی را مطابق جدول ۲ انجام داده است (شکل ۲).

جدول ۲ انواع رودخانه‌های آبرفتی برطبق نظر کورنایس (۱۹۸۰)

شکل رودخانه	میزان زاویه مرکزی(درجه)
رودخانه مستقیم	----------
رودخانه شبه مآندری	۰ تا ۴۱ درجه
رودخانه مآندری توسعه نیافته	۴۱ تا۸۵ درجه
رودخانه مآندری توسعه یافته	۸۵ تا ۱۵۸ درجه
رودخانه مآندری بیش از حد توسعه یافته	۱۵۸ تا ۲۹۶ درجه
رودخانه شاخ گاوی(ox bow)	بیش از ۲۹۶

مواد و روشها برای بررسی مورفولوژی رودخانه تالار

بررسی مورفولوژی رودخانه تالار به منظور تفکیک مسیر رود از نظر شکل ظاهری با کمک ضرایب مختلف از جمله ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی انجام گرفته است. برای انجام این کار از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور که از روی عکسهای هوایی مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ سال ۱۳۷۳ تهیه شده استفاده شده است. علاوه بر این از عکسهای هوایی۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۶۳ همان سازمان و نیز عکسهای ۱:۵۵۰۰۰ سازمان جغرافیای نیروهای مسلح نیز به‌طور مقایسه‌ای استفاده شده است.

برای استخراج پارامترهای هندسی رود، ابتدا عکسهای هوایی مذکور اسکن شده و پس از انجام اصلاحات تکنیکی بر روی نقشه‌های رقومی با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری[7]، تطبیق داده شده‌اند. برای ترسیم مسیر رود نیز از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۶۳ استفاده شده است. شکل ۳ مسیر رودخانه تالار را نشان می‌دهد که به روش مذکور ترسیم شده است. برای محاسبه ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی رودخانه تالار ابتدا مسیر رودخانه رقومی شده است، سپس در محیط نرم‌افزاری به صورت گرافیکی، بر هر یک از قوس‌های رودخانه تالار دوایری برازش داده شده است. برای دست‌یابی به نتیجه مطلوب، سعی شده است این دوایر بیشترین و بهترین تطابق را با قوس‌های رودخانه

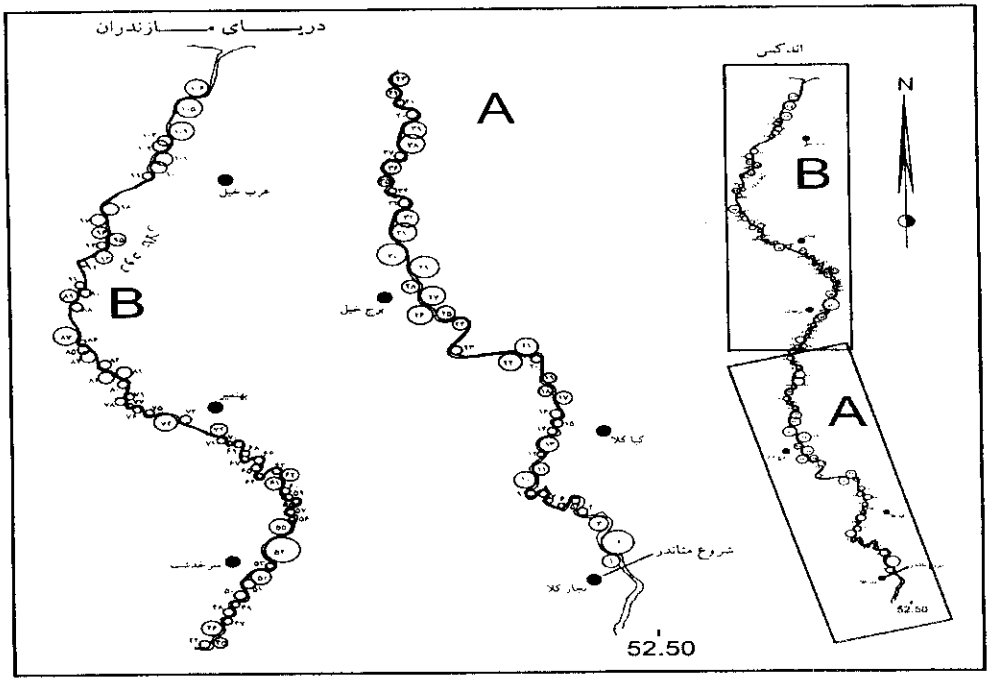
6. Central Angel.

7. Freehand 8.

www.SID.ir

Archive of SID

داشته باشند و بر اساس این دوایر، پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی به‌دست آمده است (شکل ۳).



این نقشه از روی عکسهای هوای ۱:۵۵۰۰۰ سال ۱۳۳۴و ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۷۳ دیجیتایز شده و تبدیل مقیاس شده است

شکل ۳ دوایر مماس بر قوسهای رودخانه تالار در محدوده پیچان رودی

ضریب خمیدگی قوس‌های رودخانه تالار

با استفاده از فرمول $S = \frac{L}{\lambda/2}$ اندازه ضریب خمیدگی برای هر قوس محاسبه شده و نتایج مقادیر محاسبه شده در جدول ۳ ذکر گردیده است (*تلوری، ۱۳۷۳*).

S = ضریب خمیدگی L = طول قوس λ = نصف طول موج

جدول ۳ مشخصه‌های ضریب خمیدگی قوس‌ها در رودخانه تالار

نام رود	میانگین ضریب خمیدگی	حداکثر ضریب خمیدگی	حداقل ضریب خمیدگی	قوس‌های با ضریب خمیدگی کمتر از حد میانگین (درصد)	قوس‌های با ضریب خمیدگی بالای ۲ درصد	قوس‌های با ضریب خمیدگی بالای ۱/۵ درصد
تالار	۱/۳۹	۳/۰۴	۱/۰۱	۶۷/۲	۱۲/۵	۲۶/۴

با توجه به جدول ۳ ملاحظه می‌شود که میانگین ضریب خمیدگی قوس‌های رودخانه تالار ۱/۳۹ می‌باشد که این نکته بیانگر پیچ و خم دار بودن مسیر رودخانه است.

www.SID.ir

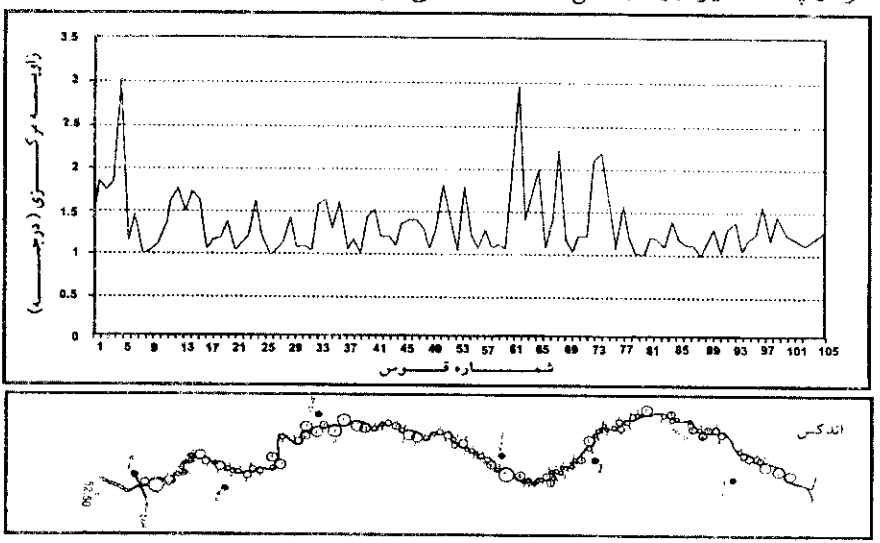
Archive of SID

با توجه به شاخص لئوپلد و ولمن R شعاع انحناء و π عدد پی تالار محاسبه گردیده است. بر اساس اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، میانگین زاویه مرکزی قوس‌های رودخانه تالار ۱۲۹/۱ می‌باشد. با توجه به تقسیم‌بندی کورنایس (۱۹۸۰) درصد فراوانی زاویه مرکزی قوس‌های پیچان رودی رودخانه تالار در جدول ۴ ذکر گردیده است.

جدول ۴ میزان رشد قوس‌های پیچان رودی در رودخانه تالار بر اساس شاخص زاویه مرکزی

شکل رودخانه	درصد فراوانی در رودخانه تالار	زاویه مرکزی (درجه)
شبه پیچان رود	-----	۰-۴۱
پیچان رود توسعه نیافته	۱۴/۲	۴۱-۸۵
پیچان رود توسعه یافته	۶۰/۴	۸۵-۱۵۸
پیچان رود خیلی توسعه یافته	۲۵/۵	۱۵۸-۲۹۶
نعل اسبی	-----	۲۹۶

ضریب خمیدگی بالای ۱/۵ شاخص الگوی پیچان رودی بودن است. در رودخانه تالار، ۲۶/۴ درصد قوس‌ها در زمره الگوی پیچان رودی تکامل یافته قرار دارد. با توجه به اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده، در رودخانه تالار، تغییرات ضریب خمیدگی، در یک دامنه محدود مشاهده می‌شود و نشان‌دهنده وجود قوس‌های تقریبا مشابه در طول مسیر رودخانه است (به جز چند مورد در علیا و سفلی رود یعنی قوس‌های ۶۴،۶۷،۷۰،۷۵،۷۶) (شکل ۴). این امر از پلان مسیر رود (شکل ۳) استنباط می‌شود.



شکل ۴ مقادیر زاویه مرکزی قوس‌های رودخانه تالار (برحسب درجه)

www.SID.ir

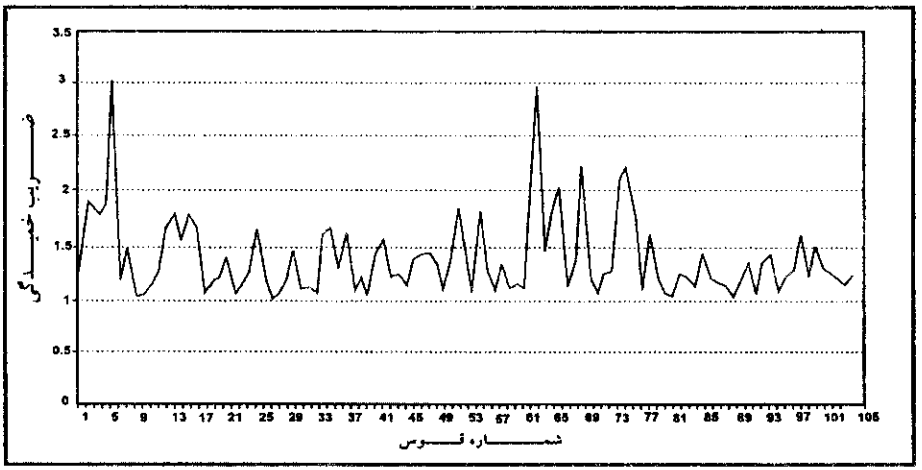
Archive of SID

زاویه مرکزی قوس‌های رودخانه تالار

با استفاده از فرمول $A = \frac{180L}{R\pi}$، زاویه مرکزی و میانگین آن برای قوس‌های رودخانه

A زاویه مرکزی L طول قوس (*تلوری، ۱۳۷۳*).

همانطور که از جدول ۴ ملاحظه می‌شود بیشترین فراوانی زاویه مرکزی در رودخانه تالار (حدود ۶۰/۴ درصد) در دسته ۱۵۸-۸۵ درجه‌ای قرار می‌گیرد که مربوط به الگوی دارای پیچان رود توسعه یافته است. ضمنا شکل ۵ نشان‌دهنده توزیع مقادیر زاویه مرکزی قوس‌های رودخانه تالار می‌باشد.



شکل ۵ مقادیر ضریب خمیدگی قوس‌های رودخانه تالار

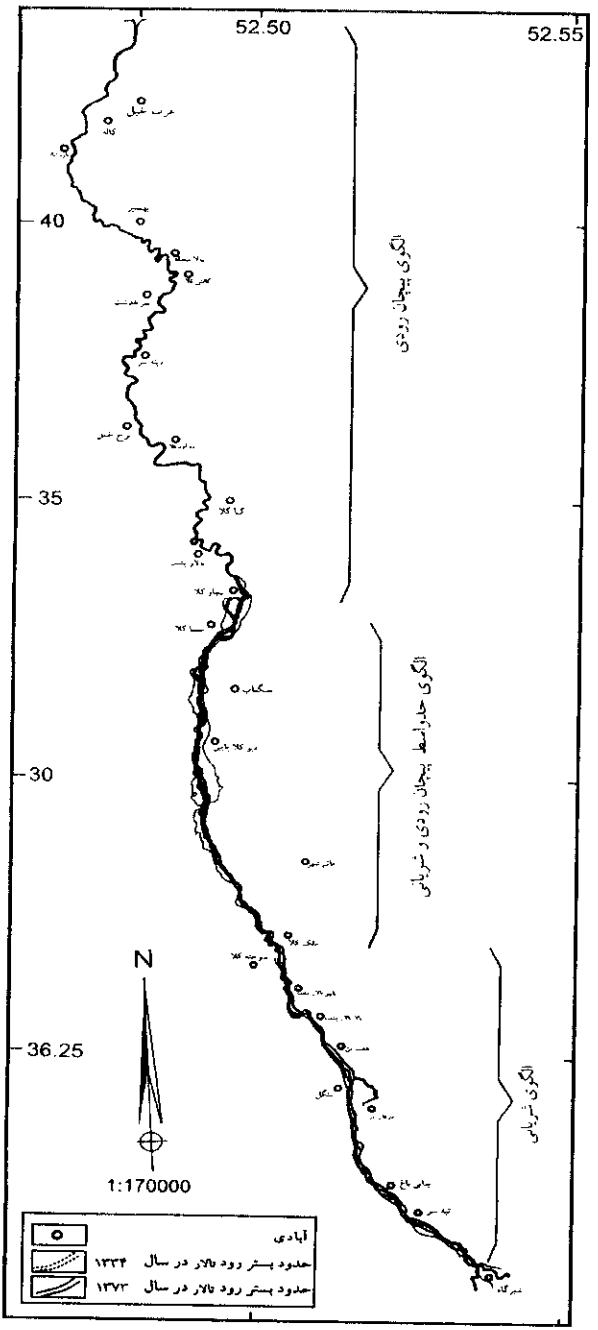
نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام گرفته و اعمال ضرایب مختلف در خصوص مشخصات هندسی رودخانه تالار، از نظر الگو و پلان رودخانه نتایج زیر حاصل شده است.

از محل پل ملک کلا تا پل نجارکلا (شکل ۶)، مورفولوژی رودخانه، حد واسط بین حالت‌های مآندری و بریده بریده شده است. در این قسمت بار رسوبی زیاد است و ماسه و ریگ و تخته سنگ‌ها بخش مهم بار رسوبی را تشکیل می‌دهند. از محل پل نجارکلا تا نزدیکی دریا (شکل ۶)، الگوی رودخانه به شدت مآندری می‌باشد، به گونه‌ای که در طول ۴ کیلومتر (از دایره ۱ تا ۱۰ در شکل ۳) تعداد ۱۴ پیچ با زوایای مرکزی ۴۵ درجه تا ۲۷۰ درجه وجود دارد. امتداد رودخانه از نظر شکل ظاهری دارای پیچ‌های متوالی می‌باشد که توسط مسیرهای مستقیم و کوتاه به هم وصل می‌گردند.

www.SID.ir

Archive of SID



این نقشه از روی عکسهای هوایی سال ۱۳۳۴ سازمان جغرافیایی کشور دیجیتایز شده است.

شکل ۶ پهنه‌بندی الگوهای رودخانه‌ای در رودخانه تالار

این قسمت از مسیر رود، در قسمت سفلای رود یعنی در قسمت جلگه سیلابی که شیب کم است، قرار گرفته است. با توجه به اندازه‌گیری‌های به عمل آمده ضریب مارپیچی در حدود ۱/۵ و بیشتر می‌باشد و شعاع خمیدگی نسبت به دیگر نواحی کاهش یافته است. به واسطه شیب کم، پتانسیل حمل رسوب آنها کم بوده و بار رسوبی عموما متشکل از مواد ریز دانه رس و لای است. از مشخصه‌های دیگر این قسمت از رود، کاهش عرض و افزایش عمق بستر و به تبع آن کاهش نسبت عرض به عمق بستر رود می‌باشد. از نظر نیمرخ عرضی، مقطع رودخانه در این قسمت که دارای الگوی پیچان رودی است، U شکل، عمیق و دارای عرض کمتری نسبت به قسمت‌های دیگر رود است. سواحل رودخانه پوشیده از درختچه‌های کوتاه و نیزار می‌باشد. فرسایش بستر و سواحل در این قسمت محدود به سواحل رودخانه در محل قوس‌های خارجی بعضی از مآندرها می‌باشد. تحت تأثیر شرایط فوق، به

www.SID.ir

Archive of SID

دلیل وجود رسوبات ریز دانه و چسبنده و نیز پوشش گیاهی بر روی کناره، این عوامل بستر رود را در مقابل تنش برشی آب محافظت نموده و موجبات پایداری نسبی کانال رودخانه و ثبات الگوی رود را فراهم می‌آورد. شکل ۶ مسیر رودخانه تالار را با الگوی پیچان رودی در محدوده جلگه ساحلی نشان می‌دهد. همچنین لازم به ذکر است که در نزدیکی مصب رودخانه تالار، شاهد الگوی متفاوتی نسبت به الگوی پیچان رودی هستیم. در این محدوده (دلتا) عمل مارپیچی شدن رودخانه، محدود شده و طول موج آن افزایش یافته است (شکل ۳). در پایان اضافه می‌نماید که هرچند رودخانه تالار در دوره کوتاه مدت، تغییرات عمده‌ای را نشان نداده یا این تغییرات در پاره‌ای از نقاط بسیار کند بوده است و این امر مسلما نتیجه دخالتهای انسانی و تثبیت پادگانه‌ها و بستر به خاطر حفاظت از اراضی زراعی پیرامون آن می‌باشد، با این وجود، اتخاذ تصمیمات و سیاستگذاری‌های دراز مدت برای پایدارسازی بخشهای فعال آن دور از انتظار نیست. بدیهی است اولویت‌بندی این اقدامات با استناد به نتایج به دست آمده از این مدلها ضروری می‌نماید.

پی‌نوشتها

۱. این پژوهش با استفاده از اعتبارات شورای پژوهشی دانشگاه تهران انجام گردیده است.

منابع و مآخذ

۱. تلوری، عبدالرسول، (۱۳۷۳): **رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آنها**، تحقیقات جهاد کشاورزی.

۲. حسین‌زاده، محمد مهدی، (۱۳۸۰): **تجزیه و تحلیل علل تغییر الگوی رودخانه‌های بابل و تالار (با تأکید بر الگوی پیچانرودی)**، رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.

۳. سازمان آب منطقه‌ای استان مازندران، (۱۳۷۵): **مطالعات تکمیلی مرحله اول طرح پاشا کلا**، گزارش هیدرولوژی.

۴. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (۱۳۴۴): **عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۵۵۰۰۰**.

۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، **نقشه‌های توپوگرافی، ۱:۵۰۰۰۰ (دراز کلا، بابل، قائم‌شهر)**.

۶. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، **نقشه توپوگرافی، ۱:۲۵۰۰۰۰ (ساری)**.

۷. سازمان نقشه‌برداری کشور، **عکس‌های هوایی مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۶۳ و ۴۰۰۰۰ : ۱ سال ۱۳۷۳**.

۸. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب جهاد کشاورزی، (۱۳۷۵): **مهندسی رودخانه‌ها و مشخصات هندسی آنها**، کارگاه آموزشی.

۹. **معتمد**، احمد و ابراهیم مقیمی، (۱۳۷۸): **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی**، انتشارات سمت.

10. Carson. M.,A and Apointe.M.A.F, (1983); **The Inherit Asymmetry of River Meanders Planform**, Journal of Geology, Vol.97.

11. Chang.T.P and G.H.A. Edes, (1983); **Statistical Comparison of Meander Planform**, Journal of Geology, Vol.97. P47-55.

12. Deng. Z.Q , (1999); **Mechanism to Conditions for Change in Channel Pattern**, Journal of Hydraulic Research, VOL. 37 no.4.

13. Hickin. J and Nanson. G.C, (1975); **The Character of Channel Migration On the Beatton R, Northwestern British Colombia, Canada, Geol.Sic .America ,Bull**. V.86.

14. Leopold. L.B and Wolman. M.G, (1957); **River Meanders, Geol.Soc America Bull**.V71.

www.SID.ir