مجله علوم جغرافیایی(جغرافیای کاربردی)، دوره ۱۵، شماره۳۰، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۱۲۶-۱۱۹

بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه گلمکان با استفاده از شاخص های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی

محمدرضا مرتضوی[۱]، ابوالفضل بهنیافر[۲]، هادی قنبرزاده[۳]

[۱]کارشناس ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
[۲]دانشیار ژئومورفولوژی و عضو هیأت علمی گروه جغرافیا، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران
[۳]استادیارجغرافیای طبیعی و عضو هیأت علمی گروه جغرافیا، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

نویسنده مسئول: mortazavi.m.reza@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۴/ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۸

چکیده

در این پژوهش، مورفولوژی رودخانه گلمکان در استان خراسان رضوی با استفاده از روش مقایسه زمانی –مکانی مورد بررسی قرارگرفته است. در تحقیق حاضر جهت بررسی الگوی هندسی مسیر رودخانه گلمکان در سه دوره از نقشه توپوگرافی گلمکان در سال ۱۳۶۳، عکس‌های هوایی ۱۳۷۰ و تصویر گوگل ارث منطقه در سال ۲۰۱۵ (۱۳۹۴) استفاده شده است. بستر رودخانه گلمکان در سه بازه زمانی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS رقومی گردیده و سپس پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول موج، ضریب خمیدگی، شعاع نسبی و نظایر آن برای بررسی تغییرات با روش برازش دایره‌های مماس بر قوس رودخانه از روش‌های غیر فیزیکی (لئوپلد و ولمن) برای تعیین و اندازه‌گیری ضریب خمیدگی و (کورنایس) برای تعیین زاویه‌های اندازه‌گیری مرکزی استفاده شده است. با توجه به اینکه سرعت تکامل رودخانه‌های مئاندری از نظر زمانی و مکانی متفاوت است بنابراین مدل‌های مذکور میانگین ضریب خمیدگی قوس‌ها را برابر۱,۴۷نشان می‌دهند و این رقم بیانگر پیچان‌رودی رودخانه گلمکان هست. همچنین شاخص زاویه مرکزی، میانگین زاویه مرکزی، قوس‌های رودخانه را پیچان‌رود توسعه نیافته نشان می‌دهد که با توجه به شاخص مدل کورنایس، ۱۳,۶۸ درصد قوس‌ها در زمره پیچان‌رود توسعه‌یافته و ۵۸,۹۲ درصد در زمره پیچان‌رودهای توسعه نیافته قرار دارند. ضرایب به دست‌آمده از طریق این مدل‌ها، ضرورت تثبیت میان‌مدت و کوتاه‌مدت بستر را از طریق روش‌های مدیریتی و مهندسی سازه ایجاب می‌کند.

کلیدواژه: مورفولوژی، رودخانه گلمکان، الگوی پیچان‌رودی، مئاندر شدگی، زاویه مرکزی، ضریب خمیدگی.

۱- مقدمه

۱-۱- بیان مسئله

انسان از زمان پیدایش تمدن ،مشکلات زیادی را در رویارویی با رودخانه ها داشته است و تمام تلاش خود را به کار گرفته است تا آن ها را حل کند.رودخانه ها برای استفاده چندگانه از قبیل مهار سیلاب،تأمین آب،تولید انرژی و آبیاری بیشتر و بیشتر مهار می گردند.رودخانه ها و آبراهه ها از زمین های متفاوت عبور می کنند و در امتداد خود موادی را از زمین جدا کرده و با خود حمل می کنندوباعث تغییراتی در مسیر آب می شوند و در جایی که از ناحیه کوهستانی خارج شده و شیب مسیر ملایم تر شده باشد عمل رسوب گذاری انجام می شود و درمراحل بعدی عبور جریان آب از این سطح رسوب گذاری شده و آبرفتی تغییراتی را در مورفولوژی آن به دنبال خواهد داشت .در هر صورت تغییر شکل و الگوی کانال های رودخانه ای منوط به درهم ریختن و انتقال مواد است (تلوری،۲۵:۱۹۹۴) بررسی الگوی مورفولوژیکی رودخانه ها برای درک شرایط کنونی و پتانسیل تغییرات احتمالی آن ها در آینده ضروری بوده و تنها از این طریق می توان عکس العمل طبیعی آنها را نسبت به تغییرات طبیعی و یا اقدامات ناشی از اجرای طرح های اصلاح مسیر و تثبیت کناره ها پیش بینی نمود و میزان جابجایی، تغییرات ابعاد و الگوی آنها را تشخیص داد (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹: ۲۱۱). به طور قراردادی فرض بر این است که رودخانه ای که دارای ضریب مارپیچی بزرگ تر از ۱/۵ باشد از نوع مآندری محسوب می شود (لئوپلد و ولمن، ۱۹۵۷). شناختن شکل و الگوی کانال های رودخانه ای را مورفولوژی رودخانه می نامند (www.ngdir.ir). رودخانه ها و آبراهه ها سیستم های پویا و

تغییرپذیری هستند و موقعیت، شکل هندسی و سایر مشخصات مورفولوژیکی آنها به طور مداوم و در بستر زمان در حال تغییر می باشد. مجموعه ای از فاکتورها مانند شیب آبراهه، میزان جریان، مشخصات مصالح بستر، فرکانس و شدت سیلابها و ... مورفولوژی رودخانه هارا در بعد زمان و مکان تعیین می سازد (یمانی و شرفی،۱۳۹۱: ۳۶). جهت توصیف الگوی آبراهه های پیچان رودی یکسری پارامترهای هندسی مرتبط با پلان رودخانه تعریف شده است (شکل ۱-۴) که با تجزیه و تحلیل فراوانی و اندازه این خصوصیات در طول رودخانه و در زمان های مختلف روند تغییرات رودخانه در بعد مکان وزمان قابل بررسی خواهد بود این پارامترها مواردی نظیر طول پیچان رود، عرض پیچان رود، عرض رودخانه و طول گذر رودخانه هستند (بیدنهارد و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۲۱ و لنکستر و بارز، ۲۰۰۲: ۴). بطور کلی می توان دلایل زیر را بعنوان عوامل اصلی شروع مئاندری شدن بحساب آورد:

۱- تخریب موضعی دیواره ها که خود بدلیل حرکت مارپیچی ،تنش برشی جریان، عدم مقاومت کافی تنش برشی دیواره ها یا اشباع شدن خاک دیواره ها، جریان آب اشباعی دیواره بطرف رودخانه، ایجاد حفر ه و لغزش دیواره و غیره می باشد.

۲- اثر حرکت دورانی زمین در تمایل به فرسایش جانبی درجهت شرقی غربی ویا غربی شرقی در برخی از رودخانه ها

۳- اثرات متقابل تغییر در شرایط و شکل بستر رودخانه روی جریان آب، فرسایش و رسوبگذاری .

۴- ایجاد نیروهای ناگهانی و غیره در اثر عوامل مختلف مانند حرکت ایزوستازی (قائم مقامیان و همکاران، ۱۳۸۴).

جهت شناسایی دقیق الگوهای مجاری رودخانه لازم است که انواع الگوهای مجاری تشریح گردند. الگوهای مجاری رودخانه ای در شیوه قدیمی به انواع مستقیم، پیچان رودی و چند شاخه (شریانی) طبقه بندی می شدند (لئوپلد و ولمن، ۱۹۵۷: ۲۱). انواع الگوهای مجرا غالباً به کمک وضعیت جدا شدن مجرا در اطراف موانع ماسه ای گیسویی و یا موانع ماسه ای جزیره ای و سینوسته قسمت های مختلف مجرا تعیین می شود (بریج، ۱۳۸۷: ۲۸۲). طبقه بندی مجاری به انواع مستقیم و پیچان رودی (تک مجراهایی با سینوسیته متفاوت) و مجاری گیسویی به هم بافته شده (چند مجرایی با سینوسیته متفاوت) است (بریج، ۱۳۷۸: ۲۷۳). از جمله ویژگیهای مهم یک رودخانه پیچ و خم دار، اندازه و قابلیت جابجایی خم های آن است. شکل خم ها با یکی از حالات منحنی دایره ای، پارابولیک و یا سینوسی تعریف می شود که حالت دایره ای بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد (رضایی مقدم و خوشدل، ۱۳۸۸: ۱۰۴) که با ترسیم دوایر مختلف منطبق با مسیر آبراهه های پیچ و خم دار می توان ضریب خمیدگی را تعیین کرد (ماکاسکی و همکاران، ۲۰۰۹ : ۱۹۵). پیچان ها را میتوان به شکل سینوسی، منظم یا فشرده، بسیار نامنظم، مچاله شده و حتی دیگر اشکال مشاهده نمود. شکل پیچان تابع خصوصیاتی نظیر شیب جریان، عرض رودخانه، جنس مصالح بستر و میزان جریان است (گرگوریی، ۱۹۷۷ : ۱۲۴). این تحقیق سعی دارد با شناسایی و بررسی کمی خصوصیات و ویژگی ها پیچان های رودخانه گلمکان الگوی رودخانه را تعیین کرده و توسعه پیچان رودهایی منطقه را باتوجه به موفولوژی منطقه مورد بررسی قراردهد.

۱-۲- پیشینه تحقیق

بعد از قرن بیستم ژئومورفولوژیست ها و مهندسان کوشش کردند تا فرم مبنای رودخانه ها را در شیب ها و مناطق زهکشی پیش بینی کنند . ابتدا در سال ۱۹۵۷ لئوپلد و ولمن در ارتباط با جدا کردن رودخانه های مئاندری از سایر رودخانه ها تحقیقاتی را انجام دادند که تأکید زیادی بر تأثیر شیب داشتند . سپس در سال ۱۹۸۴ کارسون بر روی مورفولوژی رودخانه ها مطالعاتی را انجام داد . یانگ و همکاران (۱۹۹۹) دربارهٔ آشکار سازی تغییرات خط ساحلی دلتای رودخانهٔ زرد چین با استفاده از تصاویر ماهواره ای MSS و TM نشان دادند رودخانه از حالت شریانی مستقیم به مئاندری ضعیف تغییر شکل داده است . تغییرات کانال رودخانه های تی و تومل را در اسکاتلند در شرایط کوتاه و میان مدت با استفاده از نقشه های توپوگرافی و عکس های هوایی ساندرا (۲۰۰۰) بررسی کرد و نتیجه گرفت در شرایط میان مدت میانگین عرض کانال رودخانه ها و در شرایط کوتاه مدت روند تغییر شکل رودخانه ها کاهش یافته است .تایمر(۲۰۰۳) با بررسی روش های کنترل تغییرات رودخانه های پیچانرودی بر روی رودخانهٔ تیس زا نتیجه گرفت که پیچان رودی شدن رودخانه به شدت تحت تأثیر موقعیت گسل ها و فرونشست های غیر عادی است.در ایران در سال ۱۳۸۲ نوحه گر و یمانی به بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان رود و نقش آن در فرسایش بستر و کناره های رودخانه میناب پرداخته اند. یمانی و همکاران در سال ۱۳۸۵ به بررسی نقش هیدرودینامیک در ناپایداری و تغییر مشخصات هندسی رودخانه های تالار و بابل پرداختند. سپس در سال ۱۳۸۸ رضایی مقدم و خوشدل مقاله ای با عنوان پیچ وخم های مئاندراهرچای در محدوده دشت ازومدل ورزقان به طبقه بندی مئاندرها براساس زاویه مرکزی کونایس پرداخته اند. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانهٔ خرم آباد با تصاویر ماهواره ای و پارامترهای هندسی تغییرات شکل و پلان رودخانه را نشان دادند .در سال ۱۳۹۱ یمانی وشرفی نقش پارامترهای هندسی در تغییرات زمانی-مکانی بستر رودها را نشان دادند. رضایی مقدم و همکاران تغییرات کناری و مناطق خطر رودخانه آجی چای رادر سال۱۳۹۱ نشان دادند. طالقانی و همکاران به ارزیابی نقش انسان در فرسایش کناره ای وگسترش جانبی مئاندرهای رودخانه در سال ۱۳۹۲ پرداختند.

۲ -روش شناسی تحقیق

۲-۱ -قلمرو جغرافیایی تحقیق

منطقه مورد مطالعه در دامنه شمالی بینالود در محدوده طولهای "۲۲ '۵۹°۱ الی "۱۷ '۸ °۵۹ شرقی و عرضهای "۱۶ '۱۸ °۳۶ الی "۵۷ '۲۶ °۳۶ شمالی و در ارتفاع ۱۴۲۰ متری از سطح دریا در استان خراسان رضوی، شهرستان چناران، بخش گلبهار در جنوب شهر گلمکان واقع شده است. منطقه مطالعاتی از شهر مشهد حدود ۴۷ کیلومتر و از شهرستان چناران حدود ۳۰ کیلومتر فاصله دارد. منطقه مورد نظر در شناسی در واحد شمال شرق زون بینالود-آلاداغ با اقلیمی نیمه خشک سرد با متوسط دمای سالانه بالاتر از صفر درجه سانتیگراد و رژیم بارندگی زمستانه-بهاره واقع شده است. از نظر متوسط بارندگی سالانه نسبت به خراسان رضوی وضعیت نسبتاً مطلوبی داشته و حدود ۲۴۳ میلی متر است.

۲-۲- روش تحقیق

در تحقیق حاضر جهت بررسی الگوی هندسی مسیر رودخانه گلمکان در سه دوره از نقشه توپوگرافی گلمکان در سال ۱۳۶۳، عکسهای هوایی ۱۳۷۰ و تصویر گوگل ارث منطقه در سال ۲۰۱۵ (۱۳۹۴) استفاده شده است. پیش پردازش ها شامل موزاییک نمودن عکس های هوایی و ژئورفرنس نمودن عکسها و نقشه منطقه است. تصحیح هندسی تصویر و زمین مرجع کردن آن براساس نقشه های ۱:۵۰۰۰۰ و سیستم مختصات UTM و زون 40 تنظیم شده است. سپس در محیط ARC GIS خط بستر رود به صورت لایه های رقومی مستقل استخراج شد. در مرحله بعد اقدام به شناسایی پیچان رودهای موجود شد و نقاط عطف یا نقاط تغییر انحنای محور رودخانه برای هر سه بازه زمانی با دقت زیاد مشخص شد. برای هر یک از قوس های رودخانه دوایری برازش شد که بیشترین و بهترین تطابق را با قوس داشته باشد و در ادامه مشخصات هندسی پیچان رودها از قبیل طول موج، طول قوس، شعاع انحنا در محیط نرم افزار ARC GIS با استفاده از توابع موجود استخراج گردید.

۳- یافته های تحقیق

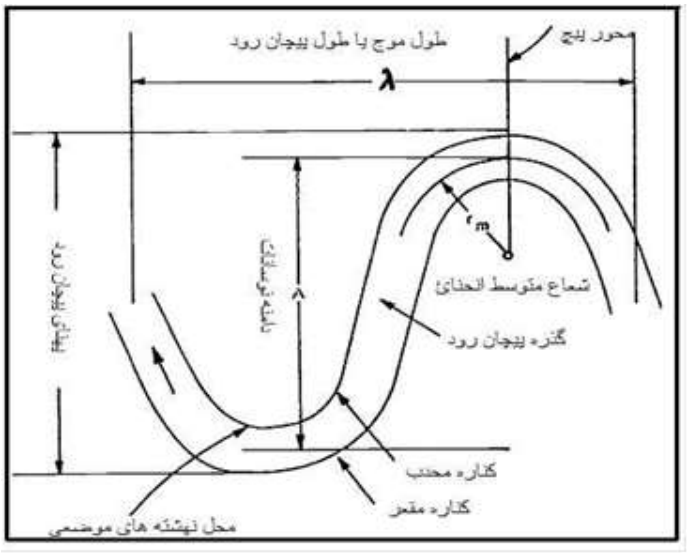
با استفاده از روابط (۱) و (۲) اندازه ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی برای هر قوس محاسبه شد و در نهایت میزان توسعه پیچان رودی به وسیله جدول شماره ۱-۱- کورنیس مشخص گردید.

$$S = \frac{L}{\lambda/2} \quad (۱)$$

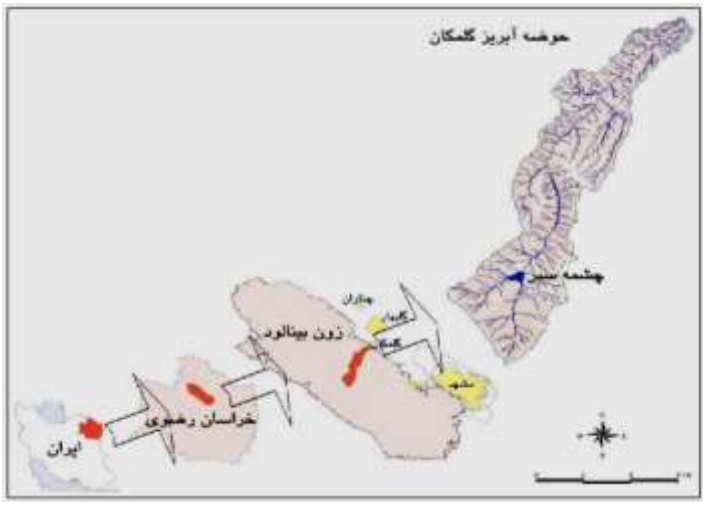
$$A = \frac{180\,L}{R\,\pi} \quad (۲)$$

S: ضریب خمیدگی، L : طول قوس، $\lambda/2$: نصف طول موج
A: زاویه مرکزی، R : شعاع دایره برازش داده شده

زاویهٔ مرکزی به عنوان معیاری جهت تقسیم بندی و شناسایی میزان توسعهٔ پیچانرودی رودخانه استفاده می شود. پس از ترسیم دایره های مماس بر مسیر رودخانه در نرم افزار اتوکد، از مرکز هر یک از دایره های مماس بر قوس ها دو شعاع به نقاط عطف دایره ها با درهٔ رودخانه ترسیم می شود. به زاویهٔ ایجادشده از محل اتصال دو شعاع، زاویهٔ مرکزی و به شعاع مماس بر دایرهٔ قوس ها، شعاع دایره گفته می شود. شاخص ضریب خمیدگی یکی از معیارهای کمی است که در تقسیم بندی شکل رودخانه استفاده می شود. این عامل نشان دهندهٔ نسبت طول خط محور رودخانه به طول دره یا طول چم است و میزان تکامل چم را می نمایاند (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۸۲) میانگین ضریب خمیدگی در سه دوره مورد پژوهش نشان می دهد رودخانه حالت پیچان رودی داشته است. تغییرات ضریب خمیدگی کاهش این پارامتر را در سال ۱۳۹۴ نشان می دهد. بررسی زاویه مرکزی نیز در سال ۱۳۷۰ کاهش و در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است یعنی میزان توسعه یافتگی پیچان رودها در سال ۱۳۶۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ بیشتر بیشتر می باشد. در هر سه دوره نیز شکل رودخانه با توجه به زاویه مرکزی خم دار توسعه نیافته می باشد.



شکل ۱- مشخصات هندسی یک حلقه پیچان رود (مأخذ: لئوپولد و ولمن، ۱۹۵۷: ۷۸۴)



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۴)

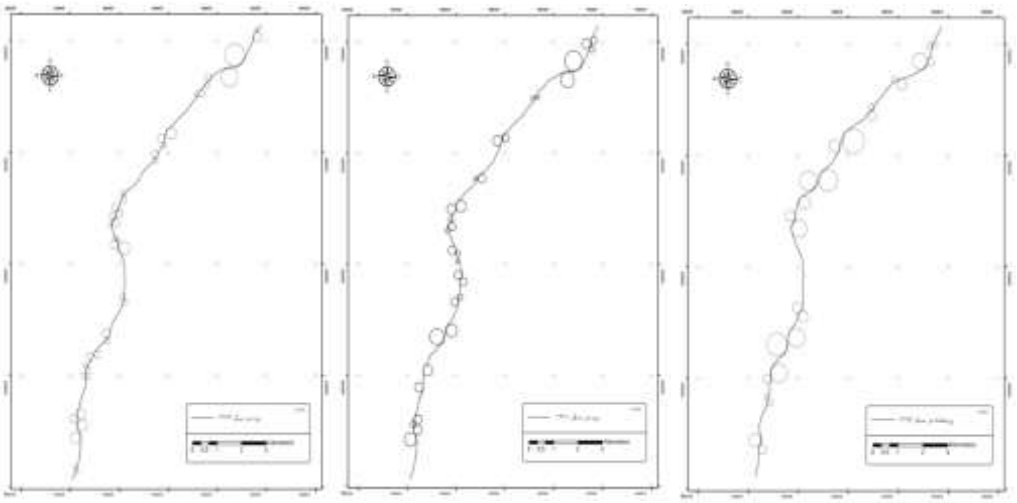
جدول ۱- میزان توسعه پیچان رودی به کمک زاویه مرکزی کورنایس (۱۹۸۰) مأخذ: تلوری، ۱۳۷۱: ۱۳۹

شکل رودخانه	زاویه مرکزی (درجه)
رودخانه شبه پیچان رود	<۴۱
رودخانه پیچان رود توسعه نیافته	۴۱-۸۵
رودخانه پیچان رود توسعه یافته	۸۵-۱۵۸
رودخانه بیش از حد توسعه یافته	۱۵۸-۲۹۶
رودخانه نعل اسبی	>۲۹۶

جدول ۲- تقسیم بندی رودخانه ها بر حسب ضریب خمیدگی مأخذ: پیتز، ۱۳۶۵: ۲۵۱

بیش تر از ۲	۲- ۱,۲۵	۱,۲۵ -۱,۰۶	۱,۰۵ -۱	ضریب پیچشی
پیچان رودی شدید	پیچان رودی	سینوسی	مستقیم	نوع رودخانه

شکل ۳- تغییرات مورفولوژی رودخانه در سال های ۱۳۶۳، ۱۳۷۰ و ۱۳۹۴



جدول ۳- میزان پیچش قوس ها بر اساس زاویه مرکزی در سالهای مورد مطالعه مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۴

شکل رودخانه	زاویهٔ مرکزی خم (درجه)	درصد فراوانی			
		۱۳۶۳	۱۳۷۰	۱۳۹۴	میانگین
شبه خم دار	۰-۴۱	۲۱,۴۲	۳۵,۷۱	۲۵	۲۷,۳۷
خم دار توسعه نیافته	۴۱-۸۵	۵۷,۱۴	۵۷,۱۴	۶۲,۵	۵۸,۹۲
خم دار توسعه یافته	۸۵-۱۵۸	۲۱,۴۲	۷,۱۴	۱۲,۵	۱۳,۶۸
خم دار بیش از حد توسعه یافته	۱۵۸-۲۹۶	۰	۰	۰	۰
شاخ گاوی	>۲۹۶	۰	۰	۰	۰

جدول ۴- تغییرات پارامترهای هندسی در سالهای مورد مطالعه مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۴

میانگین پارامتر	سال ۱۳۶۳	سال ۱۳۷۰	سال ۱۳۹۴
طول موج	۷۶۶,۲۸	۷۶۴,۲۸	۶۹۶۸
شعاع دایره مماس	۱۶۴,۳۵	۱۹۵	۱۴۰۲,۲۵
ضریب خمیدگی	۱,۷۵	۱,۹۳	۱,۰۲
زاویه مرکزی	۶۳,۵	۴۸,۹	۵۳,۷۴
تعداد مئاندرها	۴۰	۳۱	۲۵

۴- نتیجه گیری

یافته های پژوهش حاکی از آن است که در سه دوره زمانی مورد پژوهش تغییرات چشمگیری در رودخانه دیده می شود، میزان این تغییرات در ابتدای حوضه (پایین دست) بیشتراز بالا دست حوضه می باشد. تغییرات طول رودخانه از ۲۰ کیلومتر در سال۱۳۶۳ به ۱۹,۲۳ کیلومتر در سال ۱۳۹۴ را نشان می دهد. کاهش طول رودخانه و در نتیجه آن افزایش شیب بستر، تغییر کاربری اراضی و وجود سازندهای فرسایش پذیر مانند شیل و اسلیت می تواند از علل ناپایداری رودخانه باشد. با توجه به مقادیر بدست آمده در جدول شماره ۳ بیشترین فراوانی قوس ها بر اساس زاویه مرکزی در سه بازه زمانی ۱۳۶۳، ۱۳۷۰ و ۱۳۹۴ خم دار توسعه نیافته می باشد. روند افزایشی شعاع پیچان رودها از سال ۱۳۶۳ نسبت به سال ۱۳۹۴ رودخانه از حالت مستقیم در آمده است. تعداد مئاندها در سال ۱۳۶۳ بیشتر از دو دوره دیگر و در سال ۱۳۹۴ تعداد آن کمتر می باشد. کاهش تعداد مئاندرها تغییرات بستر و مورفولوژی رودخانه را در سه دوره زمانی نشان می دهد. گسترش ساخت و سازهای غیر اصولی در حریم رودخانه، وجود سازندهای فرسایش پذیر و تغییر کاربری زمین سبب افزایش فرسایش کناری و در نتیجه ایجاد تغییرات مئاندری شده است.در پایین دست، رودخانه بر روی عرض بستر جریان دارد و رسوب گذاری زیاد سبب گردیده تا جزایر رسوب بر روی بستر پیچان رود به وجود آید و رودخانه در فصل کم آبی به دلیل عرض زیاد بسیار زیاد به شکل شریانی در آید. در واقع رودخانه در بازه های کوهستانی، در یک مسیر پیچ و خم دارتر جریان یافته است که به دلیل مقاومت تشکیلات زمین شناسی کناره رودخانه و عرض کم منتج از این عامل، است. با بررسی پارامترهای ذکر شده در این تحقیق می توان گفت که محدوده مورد مطالعه رودخانه گلمکان یک رودخانه پیچان رود توسعه نیافته است. با توجه به بررسی های انجام شده مشخص می گردد که تأثیرگذار ترین پارامتر در تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه جنس سازندهای بستر و کناره ها می باشد. در مناطق دشتی علت پیچ و خم دار شدن مسیر رودخانه، به دلیل وجود رسوبات سست و فرسایش پذیر است در حالی که در مناطق کوهستانی مسیر رودخانه حاصل از روند گسلها و شکافهای که از قبل وجود داشته می باشد و به بهترین وجه ممکن در اثر فرایندهای فرسایش تعریض و تعمیق حاصل نموده اند، در مناطق کوهستانی عامل فرسایش کناری در درجه دوم قرار دارد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰۰). توپوگرافی منطقه و شیب زیاد در پهلوی دره¬ها هم در سطح و هم در زیربنا باعث افزایش فرسایش کناره ای در رودخانه شده است. همچنین تغییر کاربری در پاییین دست رودخانه باعث تغییر در نیمرخ طولی رودخانه شده و باعث افزایش سیلاب در منطقه می گردد. با افزایش بار جامد رودخانه ها نیمرخ طولی آنها تغییر کرده و موجب افزایش سیل خیزی در منطقه می گردد. مهمترین عمل در افزایش دبی و افزایش فرسایش شیب می باشد. شیب های زیاد و ویژگی های توپوگرافیک نیز این ویژگی را تشدید می کنند و پوشش گیاهی در خط القعرها و دامنه های مجاور رودخانه درختان میوه و باغات می باشد. کاهش پوشش گیاهی در چند دهه اخیر از وسعت نفوذپذیری حوضه کاسته و شرایط برای رواناب، فرسایش و رسوب فراهم گردیده است.

منابع و مأخذ

بریج. .ر. جان اس رودخانه ها و دشتهای سیلابی جلد۱ دینامیک و فرایندها، ترجمه محمد حسین رضایی و ثقفی، تهران ۱۳۸۷

محمدرضا مرتضوی، ۱۳۹۴، بررسی عوامل تغییر ژئومورفولوژیکی بستر بر مآندرشدگی رودخانه گلمکان(با تاکید بر پارامترهای هندسی) ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

تصاویر گوگل ارث سال ۱۳۹۴ محدودهٔ مورد مطالعه

-تلوری.ع ر، شناخت فرسایش کناری رودخانه در دشت های رسوبی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع۱۳۷۱

چورلی.ریچارد.جی، شوم.استانلی.اِ، سودن.دیوید.ای، ژئومورفولوژی؛ فرآیندهای دامنه ای، آبراهه ای، ساحلی و بادی، جلد سوم، ترجمه احمد معتمد، انتشارات سمت ۱۳۷۹

رضایی مقدم.م ح ،خوشدل.ک، بررسی پیچ و خم های مئاندر اهر چای در محدوده دشت ازومدل ورزقان، جغرافیا و برنامه ریزی محیط، شماره پیاپی۳۳، ۱۳۸۸

رضایی مقدم.م ح، ثروتی.م ر، اصغری سراسکانرود.ص، بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه قزل اوزن با استفاده از شاخص های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، جغرافیا (فصل نامه علمی – پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال دهم، شماره ۳۴ ۱۳۹۱، صص۱۰۲-۸۵

سیف.ع، نجفی.ن، بارزسازی تغییرات پیچان رودهای کارون با استفاده ازتصاویر چند زمانه Landsat وIRS ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره پیاپی۱۱۰، ۱۳۹۲

عکس هوایی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۳۷۰ محدودهٔ مورد مطالعه، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

قائم مقامیان.ش، میجانی. ک، شهسواری. م، توکلی. م ر، بررسی عوامل موثر در مئاندری شدن رودخانه ها و راه حلهای آن، دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک ، کرمان دانشگاه شهید باهنر و انجمن مهندسی آب و آبیاری ایران۱۳۸۴

مقصودی.م، شرفی.س، مقامی.ی، روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانهٔ خرم آباد با استفاده ازRS ، GISو Auto Cad ، مدرس علوم انسانی- برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره ۳، ۱۳۸۹ صص ۲۹۴-۲۷۵

نقشهٔ توپوگرافی رقومی ۱:۵۰۰۰ محدودهٔ مورد پژوهش، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

نقشهٔ زمین شناسی رقومی ۱:۲۵۰۰۰۰ محدودهٔ مورد پژوهش، سازمان زمین شناسی کشور

یمانی.م، شرفی.س، پارامترهای هندسی و نقش آنها درتغییرات زمانی-مکانی بستر رودها، مطالعه موردی: رودخانه های هررود سرشاخه رود کرخه در استان لرستان، جغرافیا و توسعه شماره ۲۶، ۱۳۹۱

یمانی.م، حسین زاده.م م، نوحه گر.ا، هیدرودینامیک رود خانه های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییر مشخّصات هندسی آنها، پژوهش های جغرافیایی – شماره ۵۵ ، ۱۳۸۵صص ۳۳-۱۵

Biedenharn D.S., Elliot, C.M. and Watson, C.C (1997). The WES stream investigation and stream bank stabilization handbook. US. Army Engineering. P 286;

Gregory, K.J(1977) River channel changes. JohnWilley & Sons. Pp212.

Lancaster, S. T., R. L. Bars (2002) A simple model of river meandering and its

Leopold, L.B., and Wolman, M.G.(1957) River channel patterns- braided, meandering and straight. U.S. Geological Survey. Professional Paper;

Makaske Bart, Derald G. Smith, Henk J.A. Berendsen, Arjan G. de Boer, Marinka F. van Nielen- iezebrink, Tracey Locking (2009) Hydraulic and sedimentary processes causing anastomosing morphology of the upper Columbia River, British Columbia, Canada, Geomorphology Vol:111 Pp194–205;

Sandra j. winterbotton. (2000). Medium and short Term channel planform changes on the Rivers Tay and Tummel. Scotland. Geomorphology. PP. 195-208.

Timer. Gabor (2003). "Controls on channel sinuosity changes. A case study of the Tisza River, The Great Hungarian plain" Quaternary science Reviews. 22. P. 2206.

Yang, X. Et. al. (1999). Satellite Remote Sensing and Geographic Information System for Monitoring and Morphodynamics of the Active Yellow River Delta. Chaina. 0- 7803-

http//: www.ngdir.ir

Investigation of Golmakan river river bending pattern using curvature coefficient and central angle indices

abstract

In this study, the morphology of Golmakan river in Khorasan Razavi province has been studied using temporal-spatial comparison method. In the present study, in order to study the geometric pattern of the Golmakan river route in three periods, the topographic map of Golmakan in 1984, aerial photographs of 1991 and the Google Earth image of the region in 2015 (2015) have been used. Golmakan riverbed is digitized in three time periods using Arc GIS software and then river geometric parameters such as wavelength, curvature coefficient, relative radius, etc. to study changes by fitting circles tangential to the river arc by non-physical methods (non-physical methods). (Wellman) is used to determine and measure the curvature coefficient and (Cornice) is used to determine the central measuring angles. Due to the fact that the rate of evolution of Meander rivers is different in terms of time and place, so the mentioned models show the average curvature coefficient of the arches equal to 1.47 and this figure indicates the intersection of Golmakan river. Also, the central angle index, the average central angle, shows the river arches as undeveloped torsion. According to the Cornice model index, 13.68% of the arches are among the developed torsion and 58.92% are among the undeveloped turns. The coefficients obtained through these models require the need for medium and short-term stabilization of the substrate through management and structural engineering methods.

Keywords: MORPHOLOGY, GOLMAKAN RIVER,MEANDERING