

بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه گادر با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی

مهدی جمالی* (هیأت علمی دانشگاه پیام نور شاهین شهر)
موسی عباسی (دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی)

چکیده

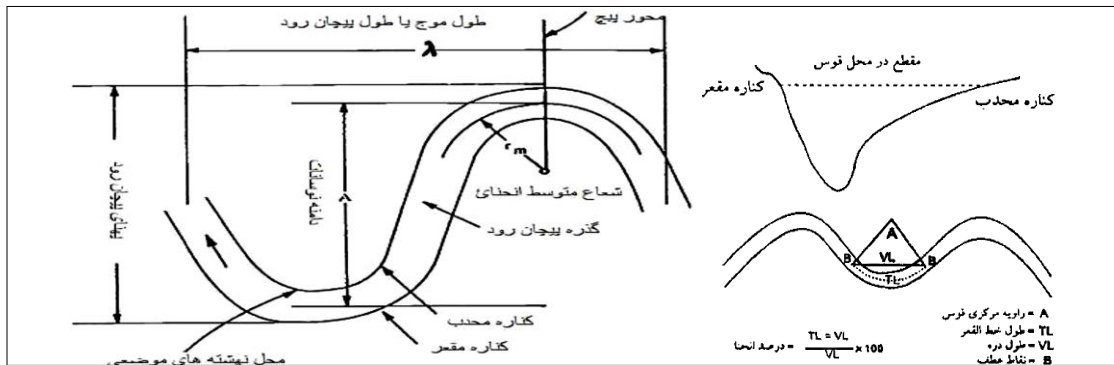
از جمله مهمترین مسایل مهندسی رودخانه مانداری شدن است که فعالیت های بشری را بسیار متأثر می سازد. بر این اساس مطالعه این پدیده در رودخانه ها به منظور شناخت دقیق، شناسایی مخاطرات حاصل از آن، مقابله با آنها و بهره برداری بهینه از منابع طبیعی، ضروری است. هدف از این پژوهش بررسی کمی ویژگی های پیچان رودهای مسیر رودخانه گادر است. برای رسیدن به این هدف با توجه به وسعت منطقه مورد مطالعه، بهره گیری از تصاویر ماهواره ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به منظور پردازش، از ابزار اساسی به شمار می روند. بر همین مبنا از تصاویر ماهواره ای ETM+ مربوط به سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ و IRS استفاده شد. نتایج نشان داد که در طول دو دوره بررسی، روند تغییرات رودخانه در بازه های سه گانه کاملاً با هم متفاوت است. به طوری که بازه اول بیشترین و بازه سوم کمترین تغییرات را در طول دو دوره به خود اختصاص داده اند. مقادیر مربوط به زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی نیز نشانگر آن است که در همه بازه ها تغییرات ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی به استثنای نسبت اندکی در مناطق کوهستانی محدود است که وجود قوس های تقریباً مشابه در طول مسیر را تأیید می کند.

کلید واژه ها: رودخانه گادر، پیچان رود، شاخص ضریب خمیدگی، شاخص زاویه مرکزی

در مقیاس ایران بخش عمده‌ای از آبادی‌ها، اراضی زراعی، فعالیت‌های صنعتی و... که نیازمند بهره برداری 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، تقسیم بندی مسیر رودخانه از نظر الگوی کلی مسیر و سرانجام دست یابی به سیاست‌های اجرایی به منظور پایدار سازی آن‌ها انجام می‌پذیرد. بررسی الگوی مورفولوژیکی رودخانه‌ها برای درک شرایط کنونی و پتانسیل تغییرات احتمالی آن‌ها در آینده ضروری بوده و تنها از این طریق می‌توان عکس العمل‌های طبیعی آن‌ها را نسبت به تغییرات طبیعی و یا اقدامات ناشی از اجرای طرح‌های اصلاح مسیر و تثبیت کناره‌ها پیش بینی نمود و میزان جا به جایی و تغییرات ابعاد و الگوی آن‌ها را تشخیص داد (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹: ۲۱۱). توجه به تغییراتی که در شکل و الگوی کانال‌های جریانی و در طول مسیر آن‌ها به وقوع می‌پیوندند و ممکن است سبب متروک شدن بخشی از دیواره کانال‌ها یا پیوستن بعضی فضاهای متروک کانال‌ها به فضای اصلی شود یکی از موضوعات اساسی و مهم ژئومورفولوژی است (یمانی و حسین زاده، ۱۳۸۳: ۱۴۵ به نقل از تلوری، ۱۳۷۳). رودخانه‌های آبرفتی در مسیر خود به طور عمده پیچ و خم‌های بسیاری را شامل می‌شوند که در اکثر موارد این پیچ و خم‌ها حالت منظم ندارند اگرچه در قسمت‌هایی به طور قرینه نیز مشاهده می‌شوند که در این صورت پیچان رود (مثاندر) اطلاق می‌گردد (ادوارد و اسمیت^۱، ۲۰۰۱: ۱۲). این خم‌ها در اثر حرکت افقی رودخانه‌ها به وجود آمده‌اند و خود تغییرات آتی در مسیر رودخانه را سبب می‌شوند. بررسی رفتار و نوع تغییر شکل پیچان رودها روشی برای دست یابی به تغییرات آتی در شکل رودخانه‌ها در چنین رودخانه‌هایی خواهد بود. به منظور توصیف الگوی آبراهه‌های پیچان رود مجموعه‌ای از پارامترها هندسی مرتبط با پلان رودخانه تعریف شده است (شکل ۱). با تجزیه و تحلیل فراوانی و اندازه این خصوصیات در طول رودخانه و در زمان‌های مختلف روند تغییرات رودخانه در بعد مکان و زمان قابل بررسی خواهد بود. طول پیچان رود، عرض پیچان رود، عرض رودخانه و طول گذر رودخانه از جمله پارامترهای مذکور می‌باشند (بیدنهارد و همکاران^۲، ۱۹۹۷: ۱۲۱ و لنکستر و بارز^۳، ۲۰۰۲: ۴).

1. Edward and Smith
2. Biedenham et al
3. Lancaster. Bars

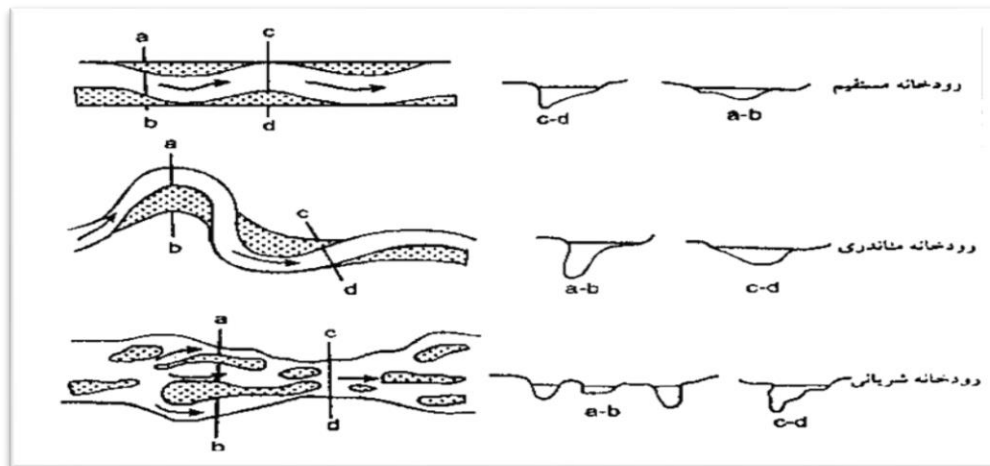
شکل شماره (۱): مشخصات هندسی یک حلقه پیچان رود



منبع: لئوپولد و ولمن، ۱۹۶۰: ۷۸۴

تشریح انواع الگوهای مجاری رودخانه‌ای به منظور شناسایی دقیق الگوهای مجاری رودخانه‌ای ضروری است. الگوهای مجاری رودخانه‌ای در شیوه قدیمی به انواع مستقیم، منандری و گیسویی تقسیم می‌شدند (لئوپولد و ولمن^۱، ۱۹۵۷: ۲۱) (شکل ۲).

شکل شماره (۲): نمیرخ عرضی الگوهای مختلف رودخانه‌ای



تهیه و ترسیم: مولفین

1. Leopold and Wolman

از آن‌جا که طبقات ارائه شده کاملاً منحصر به فرد نبوده و عوامل متعددی جهت تعیین الگوهای متفاوت مجرا باید مورد توجه قرار گیرد این طبقه‌بندی در حال حاضر چندان رضایت بخش نیست. از جمله ویژگی‌های مهم یک رودخانه پیچ و خم دار اندازه و قابلیت جا به جایی خم‌های آن است. شکل خم‌ها با یکی از حالات منحنی دایره‌ای، پارابولیک و یا سینوسی تعریف می‌شود که حالت دایره‌ای بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (رضایی مقدم و خوشدل ۱۳۸۸:۱۰۴) که با ترسیم دوایر مختلف منطبق بر مسیر آبراهه‌های پیچ و خم دار می‌توان ضریب خمیدگی را تعیین کرد (ماکاسکی و همکاران^۱، ۲۰۰۹:۱۹۵).

پیچان‌ها را می‌توان به شکل سینوسی، منظم یا فشرده، بسیار نامنظم، مچاله شده و حتی دیگر اشکال مشاهده نمود. شکل پیچان تابع خصوصیات پیچان چون شیب جریان، عرض رودخانه، جنس مصالح بستر و میزان جریان است (گرگوری^۲، ۱۹۷۷:۱۲۴). تلاش‌های اولیه در جهت توجیه علمی تشکیل پیچان‌ها مربوط به کارهای علمی هیکن است وی کوشید با استناد به نتایج مطالعات پیگیر خود در زمینه تشکیل چنین پدیده‌ای آستان‌هایی برای تشکیل آن ارائه دهد (شیدگن^۳، ۱۹۹۱ ص ۲۹۹ به نقل از هیکن^۴) بعد از وی توجه هیدرولوژیست‌ها و سپس ژئومورفولوژیست‌ها به این پدیده جلب شد و مطالعات زیادی در جهت توجیه علمی آن‌ها صورت گرفت.

یمانی و نوحه‌گر (۱۳۸۲) وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان رود و نقش آن را در فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه‌های میناب را مورد بررسی قرار و به این نتیجه رسیده‌اند که پیچ‌های قوس در طول زمان به آهستگی به سمت پایین رودخانه در حال حرکت است و در نتیجه طول خم‌ها و عرض آن‌ها با افزایش دبی و شیب در اثر آورد رسوب‌های بالادست افزایش یافته است. ارشد و همکاران (۱۳۸۶) تغییرات مورفولوژیکی رودخانه کارون را مطالعه کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که خصوصیات قوس‌ها در طول رودخانه در حال تغییر است و مقدار عرض قوس‌ها در مناطق مختلف از یک حالت خطی پیروی نکرده بلکه در بخش‌های مختلف کاملاً متغیر است. رضایی مقدم و خوشدل (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان بررسی پیچ و خم‌های مئاندر اهر چای در محدوده دشت ازومدل ورزقان، به این نتیجه رسیده‌اند که مئاندرهای منطقه دارای حرکات عرضی و طولی هستند که این حرکات باعث ایجاد تغییرات در مسیر رودخانه شده است. یانگ و همکاران^۵ (۱۹۹۹) تحقیقی در زمینه آشکارسازی تغییرات خط ساحلی رودخانه زرد چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که رودخانه از حالت شریانی مستقیم به مئاندری ضعیف تغییر حالت داده است. برتولدی و بیلی^۶ (۲۰۰۲) در بررسی اثر شدت سیل بر مورفولوژی بخشی از رودخانه سیسنا نتیجه‌گیری کرده‌اند که به طور

1. Makaske Bart
2. Gergory
3. Scheidggen
1. Hiken
2. Yang,X et.al
3. Bartholdy,j., and Billi, p.

طبیعی سیلاب‌های بزرگ جزوی مؤثرترین و عمده ترین فاکتورهای جا به جایی طولی پیچان رودها بوده و روی طول موج قوس نیز تأثیرگذارند. در مورد سیلاب‌های کوچکتر، اصل بر جا به جایی عرضی خم پیچان رود بوده و عمده تأثیر بر روی دامنه موج قوس است. سارما^۱ (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای مورفولوژی و فرایندهای رودخانه‌ای رودخانه برهماپترا در هند نتیجه گرفتند که مورفولوژی رودخانه، پیچانی شدن، مستقیم شدن و حالت قیطانی بستر را تعیین می‌کند. زامولی و همکاران^۲ (۲۰۱۰) نقش نئوتکتونیک را در کنترل سینوزیتی رودخانه و الگوی مجرا در حاشیه غربی دشت هانگیرین مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص سینوزیته ابزار بسیار حساسی برای نشان دادن فعالیت‌های نئوتکتونیک است. در این پژوهش سعی بر آن است که با شناسایی و بررسی خصوصیات پیچان‌های رودخانه گادر الگوی رودخانه را در بخش‌های مختلف تعیین و توسعه پیچان رودهای منطقه را با توجه به مورفولوژی منطقه بررسی نمود.

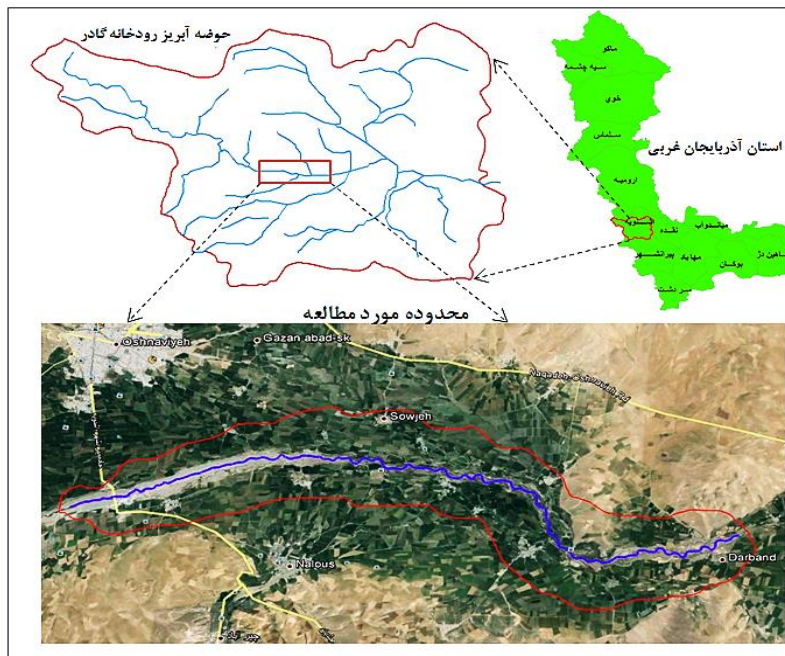
موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه گادر در استان آذربایجان غربی در مرز ایران و ترکیه و موقعیت جغرافیایی بین ۳۶ درجه ۴۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه طولی شرقی قرار گرفته است. مساحت این حوضه برابر با ۲۰۸۶.۹۳ کیلومتر مربع و محیط آن برابر با ۲۳۹.۶ کیلومتر می‌باشد. حوضه گادر یک حوضه نسبتاً کشیده است و زمان تمرکز آن ۵.۲۶ می‌باشد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳). این حوضه یکی از پر آب ترین زیر حوضه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد که از کوه‌های دالامپر با ارتفاع ۳۴۵۱ متر واقع در ۳۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان اشنویه سرچشمه می‌گیرد (شکل ۳).

4. Sarma.J.N

1. Zámolyi A. B. Székely , E. Draganits , G. Timár

شکل شماره (۳): موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی و حوضه آبریز رودخانه گادر



تهیه و ترسیم : مولفین

مواد و روش‌ها

در این تحقیق جهت بررسی الگوی هندسی مسیر رودخانه گادر در دو دوره از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ سال ۲۰۰۰، ETM+ سال ۲۰۱۲ و تصویر سنجنده Pan ماهواره IRS سال ۲۰۱۲ استفاده شده است. قدرت تفکیک هندسی تصویر سنجنده Pan ماهواره IRS ۲/۵ متر است و قدرت تفکیک رادیومتریک تصویر-IRS P۵ معادل ۱۰ بیت است که برای شناسایی الگوی رودخانه مناسب است (هاشمیان و همکاران ۱۳۹۰:۲). ولی اندازه سلول‌های تصاویر لندست ۳۰ متر بوده و در حوضه گادر عرض رودخانه مورد مطالعه بیش از ۱۰۰ متر است در نتیجه از آن جایی که در تحقیق‌های دیگر که رودخانه دارای شرایط مشابهی بوده از تصاویر لندست استفاده شده است. (یانگ و همکاران، ۱۹۹۹:۱۴۷، ماتی کومو و همکاران، ۲۰۰۸:۱۰۴)، جهت آماده سازی تصاویر برای تعبیر، تفسیر و کاهش خطاها، عملیات پیش پردازش بر روی تصاویر انجام گرفت. پیش پردازش-

1. Matti kummu et al

های اعمال شده شامل تصحیحات رادیومتریک، هندسی و ژئورفرنس نمودن تصاویر است. تصحیح هندسی تصویر و زمین مرجع نمودن آن بر اساس نقشه‌های ۱:۵۰۰۰ و حدود ۲۵ نقطه کنترل زمینی مشابه صورت گرفت. تصحیح هندسی فوق‌الذکر با استفاده از الگوریتم نزدیک ترین همسایه انجام شده و تمام تصاویر در سیستم تصویر UTM و زون ۳۹ تنظیم شد. در مرحله بعدی برای استخراج خطوط ساحلی از تصاویر محدوده طیف مرئی استفاده شد. همچنین برای استخراج محل برخورد آب و خشکی از یک باند منفرد نیز استفاده شد. چرا که ویژگی انعکاسی آب در باند مادون قرمز انعکاسی تقریباً صفر است و انعکاس پوشش زمین در این محدوده خیلی بیشتر از آب است (وینارسو و بودهیمن^۱، ۲۰۰۱:۲۴، رسولی، ۱۳۸۷:۵۲۱). بررسی هیستوگرام آستانه انعکاس آب در باندهای مادون قرمز تصویر ETM+ نشان داد که از ۸ باند انعکاسی ETM+ باند ۵ مادون قرمز میانی با قدرت تفکیک ۳۰ متر برای استخراج خط برخورد خشکی و آب مناسب‌تر است. با تفسیر بصری تصاویر مربوطه مشخص شد که مغایرت و اختلاف شدیدی بین محدوده آب و اطراف آن وجود دارد. این عمل به علت جذب زیاد انرژی مادون قرمز میانی به وسیله آب و انعکاس شدید مادون قرمز میانی به وسیله سایر پوشش‌های زمین در این محدوده است (رسولی، ۲۰۰۷ و رسولی، ۱۳۸۷:۵۲۳). همین‌طور با اعمال شاخص WI بر اساس رابطه ۱ که تمام باندهای مرئی بر باندهای نامرئی تقسیم می‌شوند مشخص گردید که این شاخص بر روی تصاویر ETM+ به دلیل نسبت بالای سیگنال‌ها فاقد کیفیت مطلوب بود.

$$\text{رابطه ۱ (رسولی، ۱۳۸۷:۶۳۶).} \quad WI_{TM,ETM+} = B_1 + B_2 + B_3 / B_4 + B_5 + B_7$$

برای استخراج سطوح آبی از تصاویر سنجنده ETM+ تکنیک‌های ترکیب رنگی تصاویر (RBG) باندهای ۲-۴-۷ استفاده شد که از بین روش‌های ذکر شده ترکیب رنگی تصاویر (RBG) برای استفاده نتایج مطلوب‌تری داشت. جهت استخراج مسیر رودخانه از تصویر IRS سنجنده Pan این ماهواره بهره گرفته شد که مسیر رودخانه در این سنجنده بخوبی قابل تشخیص و ترسیم است.

پیش از پردازش تصاویر فایل رقومی حاصل به محیط ARC GIS وارد و خط بستر و ساحل رودخانه به صورت لایه‌های رقومی مستقل استخراج شد. در ادامه به دلیل طولانی بودن مسیر، منطقه مورد مطالعه به سه بازه تقسیم گردید. در مرحله بعد اقدام به شناسایی پیچان رودهای موجود گردید. سپس نقاط عطف با نقاط تغییر انحنای محور رودخانه برای هر سه بازه با دقت زیاد مشخص گردید. برای هر یک از قوس‌های 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 انحنای دامنه نوسان در محیط نرم افزار ARC GIS با استفاده از توابع موجود استخراج گردید. سپس با استفاده از رابطه ۲ اندازه ضریب خمیدگی برای هر قوس محاسبه شد.

2. Winarso and Budhiman

$$S = \frac{L}{\lambda / 2}$$

رابطه ۲

در ادامه زاویه مرکزی قوس‌های زده شده بر روی هر کدام از بازه‌ها با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$A = \frac{180L}{R\pi}$$

رابطه ۳

در نهایت میزان توسعه پیچان رودی به وسیله جدول (شماره ۱) کورنیس (۱۹۸۰) مشخص گردید (تلوری، ۱۳۷۱).

جدول شماره (۱): میزان توسعه پیچان رودی به کمک زاویه مرکزی

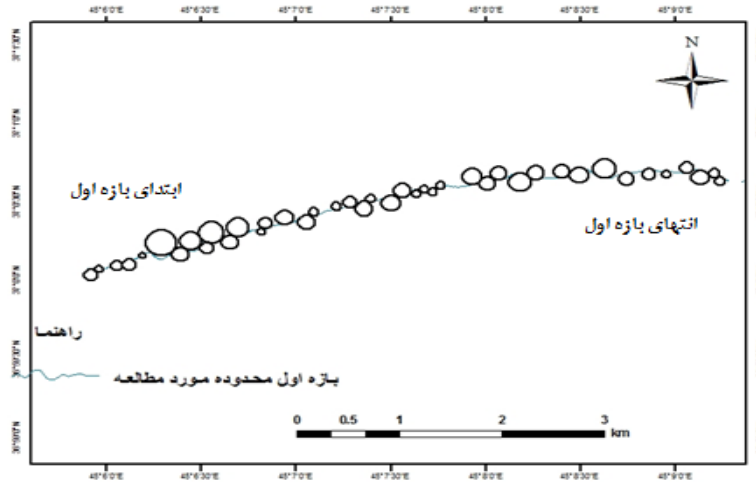
زاویه مرکزی (درجه)	شکل رودخانه
$41 >$	رودخانه شبه پیچان رود
۴۱-۸۵	رودخانه پیچان رود توسعه نیافته
۸۵-۱۵۸	رودخانه پیچان رود توسعه یافته
۱۵۸-۲۹۶	رودخانه بیش از حد توسعه یافته
بیش از ۲۹۶	رودخانه نعل اسبی

منبع: کورنیس (۱۹۸۰)

یافته‌های تحقیق

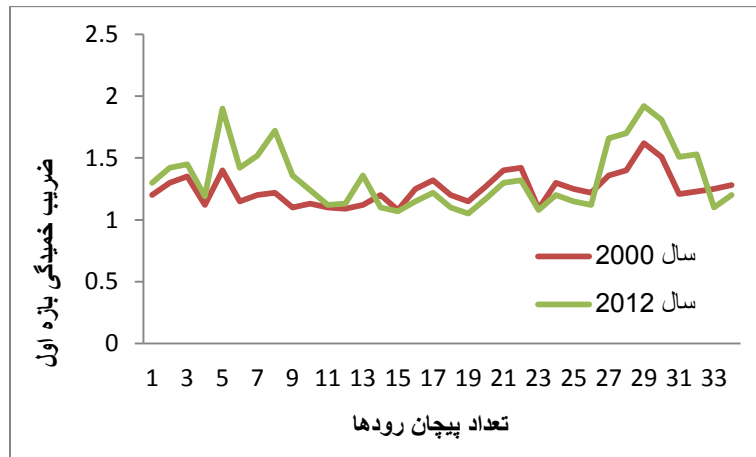
در این تحقیق به دلیل طولانی بودن محدوده مورد مطالعه، محدوده به سه بازه تقسیم شده است. بازه اول در محدوده بین روستای پوش آباد تا روستای سوچه می‌باشد که در این بازه ۳۴ حلقه پیچان رود مشاهده می‌گردد (شکل ۴).

شکل شماره (۴): بازه اول محدوده مورد مطالعه با دواير برآزش شده بر پيچان رودها



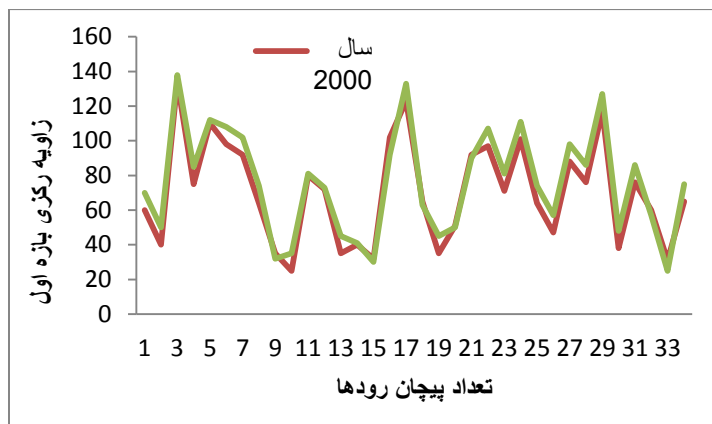
ماخذ: یافته‌های پژوهش

شکل شماره (۵): مقادير ضريب خمیدگی پيچان‌های بازه اول



ماخذ: یافته‌های پژوهش

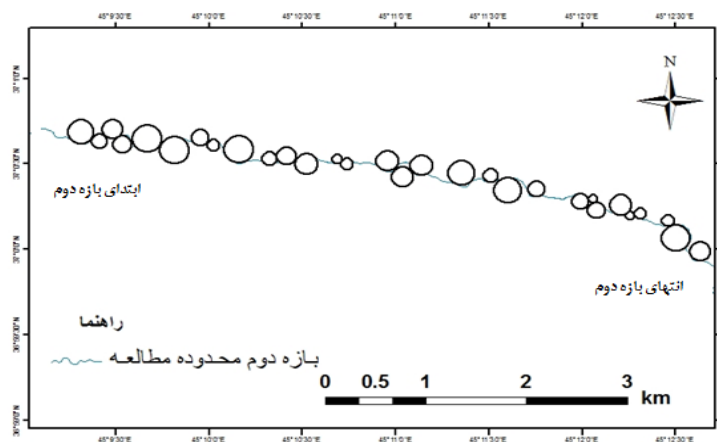
شکل شماره (۶): مقادیر زاویه مرکزی پیچان‌های بازه اول



ماخذ: یافته‌های پژوهش

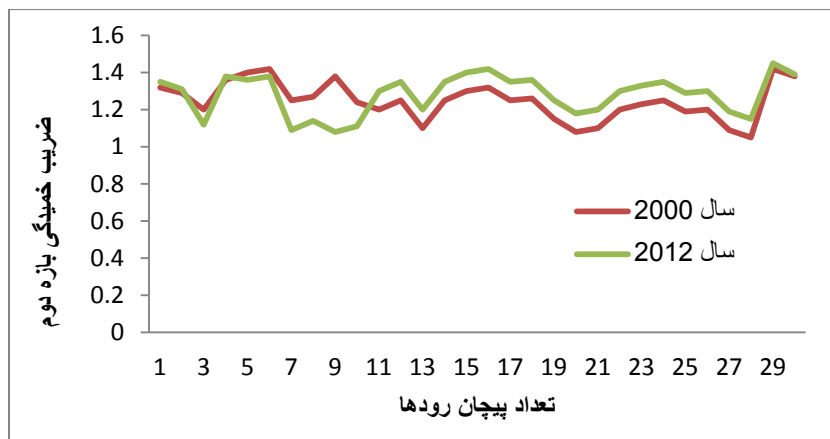
بازه دوم در محدوده بین روستای سوچه تا روستای حسن نوران می‌باشد که در این بازه ۳۰ حلقه پیچان رود با دوایر برآزش شده (شکل ۶).

شکل شماره (۷): بازه دوم محدوده مورد مطالعه با دوایر برآزش شده بر پیچان رودها



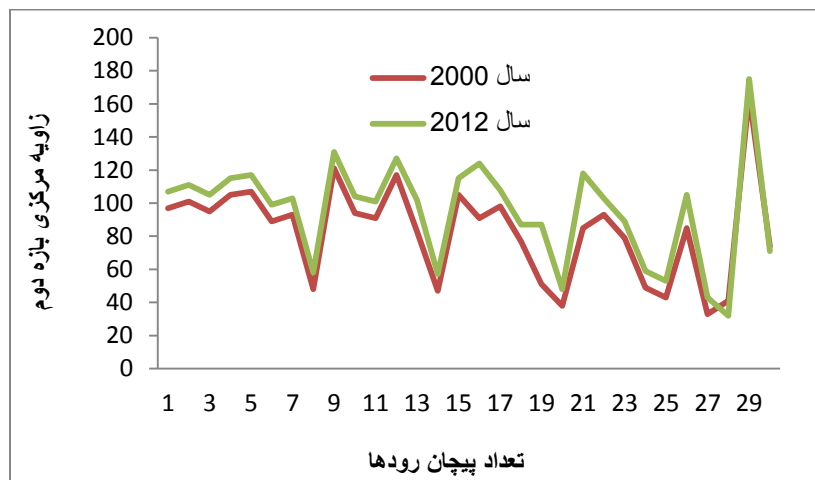
ماخذ: یافته‌های پژوهش

شکل شماره (۸): مقادیر ضریب خمیدگی پیچان‌های بازه دوم



ماخذ: یافته‌های پژوهش

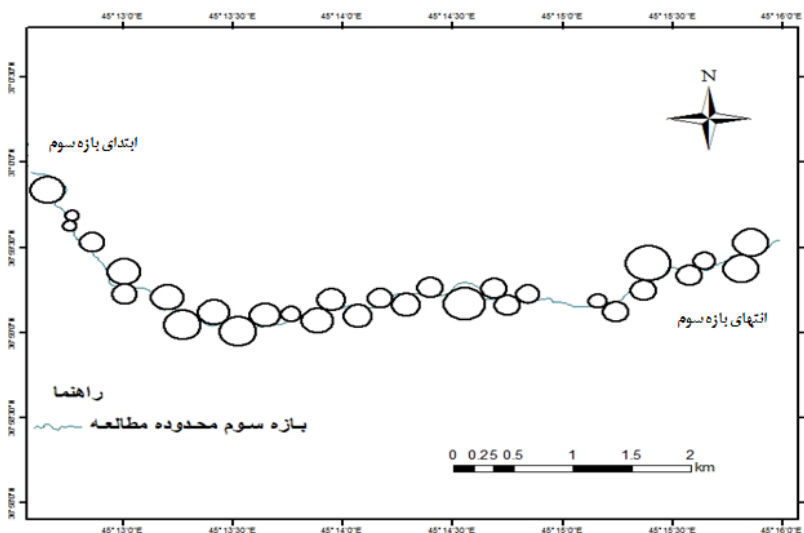
شکل شماره (۹): مقادیر زاویه مرکزی پیچان‌های بازه دوم



ماخذ: یافته‌های پژوهش

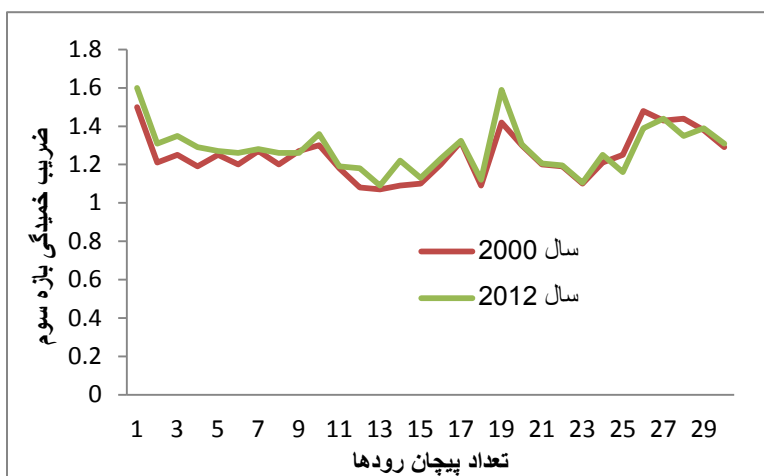
بازه سوم در محدوده بین روستای حسن نوران تا پایین روستای دربند را شامل می‌شود که در این بازه ۳۰ حلقه پیچان رود با دوایر برآزش داده شد (شکل ۹).

شکل شماره (۱۰): بازه سوم محدوده مورد مطالعه با دواير برازش شده بر پيچان رودها



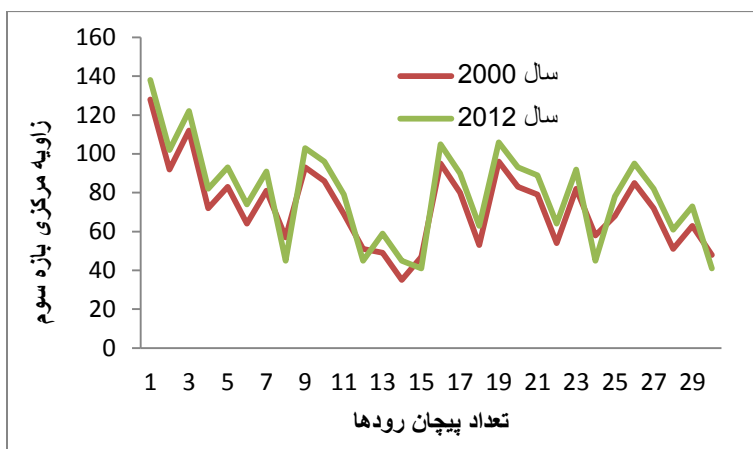
ماخذ: یافته‌های پژوهش

شکل شماره (۱۱): مقادير ضريب خمیدگی پيچان‌های بازه سوم



ماخذ: یافته‌های پژوهش

شکل شماره (۱۲): مقادیر زاویه مرکزی پیچان‌های بازه سوم



ماخذ: یافته‌های پژوهش

با بررسی‌های که روی شاخص‌های مطالعه شده انجام گرفته است مشخص می‌شود که به دلیل مهاجرت حلقه-های پیچان رود و قدرت جا به جایی زیاد بستر رود خانه در آبرفت و بستر سست که بازه‌های اول و دوم شامل آن می‌گردند متوسط طول موج در بازه سوم بیشتر از بازه‌های اول و دوم است. هم چنین به دلیل فرسایش پذیری کناره رودخانه که غالباً آبرفتی است متوسط شعاع حلقه‌های پیچان رود نیز در بازه سوم در مقایسه با دو بازه دیگر به طور چشمگیری بیشتر است و توسعه شعاعی حلقه‌های پیچان رود را در پی دارد.

بررسی پارامترهای زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی نمایانگر رفتار متفاوت رودخانه گادر در بازه‌های مذکور است. ضریب خمیدگی مبین میزان توسعه پیچان رودی در مسیر است (بیدنهارد و همکاران ۱۹۹۷). بررسی جداول و اشکال مربوط به زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ نشان می‌دهد که مقادیر متوسط زاویه مرکزی (A) و ضریب خمیدگی (S) بازه سوم نسبت به بازه‌های دیگر کمتر است. این نکته بیانگر پر پیچ و خم دار بودن مسیر رودخانه در بازه کوهستانی است. در بازه اول رودخانه بر روی بستر عریض جریان دارد و رسوب گذاری زیاد سبب به وجود آمدن جزایر رسوبی بر روی بستر پیچان رودی شده است و رودخانه در فصول کم آبی به دلیل عرض بسیار زیاد این بازه به شکل شریانی درآید. در بازه‌های مورد مطالعه، تغییرات ضریب خمیدگی در بازه سوم به واسطه وجود قوس‌های تقریباً مشابه در طول مسیر رودخانه محدود است در مقابل ضریب خمیدگی در بازه اول بیشتر است. دامنه تغییرات زاویه مرکزی نیز به ترتیب در بازه‌های ۱ و ۲ از بازه سوم بیشتر بوده و نتایج منتج از دامنه تغییرات ضریب خمیدگی را شامل می‌گردد.

روند تغییرات ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی (جداول ۲ و ۳) در طول سال‌های مورد مطالعه نشانگر بیشترین میزان تغییرات در بازه اول بوده و تغییرات قوس‌های مطالعه شده کاملاً مشخص است. در مقابل در بازه دوم

میزان تغییرات کمتر است و در بازه سوم میزان تغییرات بسیار کم است که علت آن را می‌توان در کوهستانی بودن این بازه جستجو کرد.

جدول شماره (۲): نتایج ضریب خمیدگی قوس‌های بازه‌های محدوده مورد مطالعه رود گادر در سال‌های مورد مطالعه

مسیر مطالعاتی	میانگین S (متر)	S_{min} (متر)	S_{max} (متر)	دامنه تغییرات (متر)	
بازه اول	سال ۲۰۰۰	۱.۲۴	۱.۰۸	۱.۶۲	۰.۵۴
بازه اول	سال ۲۰۱۲	۱.۳۴	۱.۰۵	۱.۹۲	۰.۳۷
بازه دوم	سال ۲۰۰۰	۱.۱۴	۱.۰۲	۱.۵۲	۰.۵
بازه دوم	سال ۲۰۱۲	۱.۱۶	۱.۰۸	۱.۴۵	۰.۳۸
بازه سوم	سال ۲۰۰۰	۱.۲۱	۱.۰۷	۱.۵	۰.۴۳
بازه سوم	سال ۲۰۱۲	۱.۲۸	۱.۰۹	۱.۶	۰.۵۱

ماخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس جدول ۳ بیشترین فراوانی پیچان رودهای توسعه یافته در هر دو دوره مورد بررسی در بازه دوم مشاهده می‌گردد و این میزان در سال ۲۰۱۲ حدود ۷۰ درصد است. توسعه یافتگی پیچان‌های بازه سوم در هر دو دوره به صورت افزایش پیچان رودهای توسعه نیافته است. و در مقابل بقیه اشکال توسعه یافتگی در این بازه درصد-های کمتری را نشان می‌دهند. در بازه دوم پیچان رودهای توسعه یافته بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. در نهایت بررسی درصدهای مربوط به بازه سوم حاکی از سهم بیشتر پیچان رودهای توسعه نیافته در دوره اول (۲۰۰۰) و پیچان رودهای توسعه یافته در دوره دوم (۲۰۱۰) است.

قطع شدگی از مهمترین خصوصیات رودخانه‌های پیچان رودی می‌باشد (سلیبی، ۱۹۸۳: ۲۷۶). در محدوده مورد مطالعه آثار قطع شدگی به وسیله نقش پرکنندگی مواد سیلابی و همچنین اجرای طرح‌های ساماندهی سواحل رودخانه محو شده است بنابراین همه بازه‌ها فاقد رودخانه نعل اسبی هستند.

جدول شماره (۳): درجه توسعه یافتگی پیچان رودهای هر یک از بازه‌های مورد مطالعه در سال‌های مورد مطالعه

بازه سوم		بازه دوم		بازه اول		درصد فراوانی شکل رودخانه
سال ۲۰۱۲	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۱۲	سال ۲۰۰۰	سال ۲۰۱۲	سال ۲۰۰۰	
۱۶.۶	۳.۳	۶.۸	۶.۷	۱۶.۳	۱۴.۷۰	رودخانه شبه پیچان رود
۳۶.۶	۶۶.۵	۲۰	۴۰	۴۰	۳۸.۲	رودخانه پیچان رود توسعه نیافته
۴۶.۶	۲۳.۳	۷۰	۴۳.۳	۳۳.۴	۳۲.۳۵	رودخانه پیچان رود توسعه یافته
۰	۶.۶	۳.۳	۱۰	۲۳.۹	۱۷.۶	رودخانه بیش از حد توسعه یافته

ماخذ: یافته‌های پژوهش

نتیجه‌گیری

بر اساس شواهد به دست آمده و با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بر روی پارامترهای ذکر شده در تحقیق می‌توان رودخانه گادر را جزء رودخانه‌هایی قلمداد کرد که پیچان رودها در آن به نحو چشم‌گیری توسعه یافته‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش که در طول دو دوره است روند تغییرات در بازه‌های سه گانه مورد بررسی متفاوت است. به طوری که تغییرات در بازه اول به نسبت در مقایسه با دو بازه دیگر بیشتر است و بازه سوم کمترین میزان تغییرات را به خود اختصاص داده است. وجود قوس‌های مشابه در طول مسیر رودخانه نتیجه‌ای است که از بررسی تغییرات ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی استنباط می‌گردد که به جز نسبت اندک در مناطق کوهستانی این تغییرات در دامنه محدود مشاهده می‌گردد. وجود قوس‌های مشابه نشانگر آن است که رودخانه‌های مئاندری در مقیاس هندسه فراکتالی به طور مشخصی مشابه‌اند، به عبارت دیگر در این رودخانه‌ها ضریب خمیدگی در مسیرهای منحنی طولی‌تر مجرا کمتر از سینوسیته مسیرهای منحنی و کوتاه‌تر است (بریج، ۱۳۷۸: ۲۹۵).

سازندهای فرسایش پذیر بخش زیادی از بازه اول را تشکیل می‌دهد و رودهای شریانی وضعیت پایداری ندارند و جهت جریان و موقعیت جزایر رسوبی و عرض رودها دائماً تغییر می‌کند تغییرات آتی در بازه شریانی محتمل‌تر به نظر می‌رسد و هر گونه تغییر در مؤلفه‌های ریخت‌شناسی محدوده با توجه آن که محدوده عمدتاً دارای زمین‌های کشاورزی است موجب به هم خوردن تعادل دینامیکی و عکس‌العمل مورفودینامیک محیط می‌گردد و در اثر تعرض آب بر زمین‌های کشاورزی اطراف سواحل رودخانه عرصه عمل فرسایش بسیار گسترده خواهد بود. نکته مهم آن که بایستی اقدامات ساماندهی در محدوده مورد نظر با توجه به متغیرهای مورفولوژیکی منطقه صورت بگیرد.

منابع و ماخذ

- ۱- ارشد، صالح، مرید، سعید، میرابولقاسمی، هادی (۱۳۸۳)، بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: رودخانه کارون از گتوند تا فارس‌سیاب ۸۲-۱۳۶۹)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره ۶، صص ۱۸۰-۱۹.
 - ۲- بریج، جان، اس (۱۳۸۷)، رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی، ترجمه محمد حسین رضایی مقدم مهدی ثقفی، انتشارات سمت، صفحه ۴۷۳.
 - ۳- تلوری، عبدالرسول (۱۳۷۱)، شناخت فرسایش کناری رودخانه‌ها در دشت‌های سیلابی، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد سازندگی، صفحه ۱۳۹.
 - ۴- چورلی، ریچارد جی، استانلی، شوم، دیویدای، سودن (۱۳۷۹)، ژئومورفولوژی فرآیندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی، (ترجمه) احمد معتمد، انتشارات سمت، صفحه ۴۵۵.
 - ۵- رسولی، علی اکبر (۱۳۸۷) مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای، انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول، صفحه ۷۸۰.
 - ۶- رضائی، مقدم، محمد حسین، خوشدل، کاظم (۱۳۸۸) بررسی پیچ و خم‌های مئاندر اهر چای در محدوده دشت ازومدل ورزقان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال بیستم، شماره ۱ صص ۱۰۱-۱۱۲.
 - ۷- عبدی، پ (۱۳۸۵)، ارزیابی عملکرد آبشکن‌های احداثی بر روی رودخانه‌ها در استان زنجان، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، ص ۹.
 - ۸- مقصودی، مهران، مرادی، انور، عباسی، موسی، برزکار، محسن (۱۳۹۳)، بررسی نقش داده‌های مورفومتری در پیش بینی هیدروگراف سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه گادر)، همایش علوم جغرافیایی ایران، تهران.
 - ۹- نوحه گر، احمد، یمانی، مجتبی (۱۳۸۲)، بررسی وضعیت ژئومورفولوژیکی پیچان رود و نقش آن در فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه میناب (پایین دست میناب) پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۶۵-۸۵.
 - ۱۰- هاشمیان، محبوبه، ربیعی، بهاره، مومنی، احسان (۱۳۹۰)، مقایسه تصاویر ماهواره‌ای به منظور بازنگری نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰، همایش ملی ژئوماتیک، اردیبهشت ۱۳۹۰، صص ۱-۱۰.
 - ۱۱- یمانی، مجتبی، حسین زاده، مهدی (۱۳۸۳)، بررسی الگوی پیچان رودی رودخانه تالار با استفاده از شاخص‌های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، فصلنامه جغرافیایی، شماره ۲، صص ۱۴۴-۱۵۴.
- 12-Bartholdy, j., and Billi, p., (2002) Morph dynamics of a pseudo meandering gravel bar reach. *Geomorphology*. Vol 42 . Pp 293-310.

- 13- 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.
- 14-Edwards, B. F, D. H. Smith (2001), River meandering dynamics. National Energy Laboratory, Morgantown, West Virginia, USA.
- 15- Gregory, K.J(1977) River channel changes. John Willey & Sons. Pp212.
- 16- Jansen.P (1979) Principles of river engineering , Pitman, London.
- 17- Lancaster, S. T., R. L. Bars (2002) A simple model of river meandering and its comparison to natural channels. Journal of Hydrol. Process No (16). Pp1-26.
- 18- Leopold, L.B., and Wolman, M.G.(1957) River channel patterns- braided, meandering and straight. U.S. Geological Survey. Professional Paper.
- 19- Makaske Bart, Derald G. Smith, Henk J.A. Berendsen, Arjan G. de Boer, Marinka F. van Nielen-Kiezebrink, Tracey Locking (2009) Hydraulic and sedimentary processes causing anastomosing morphology of the upper Columbia River, British Columbia, Canada, Geomorphology Vol:111 Pp194 – 205.
- 20- Matti kummu, X.X.Lu., Akchousand Rasphone, Juha Sarkkula, Jormakoponen, (2008), "Riverbank Change along the Mekong River: Remote Sensing Detection in the Vientiance-Nong Khai Area", Quaternary International, (186),100-112.
- 21- Rasouli, A.A. (2007), Modeling of Urmia Lake coastal change by Applying an integrated RS/GIS approach. GIS for the coastal zone; a selection of papers from Coast GIS 2006, University of Wollongong:13-16 July 2006, Australia.
- 22- Sarma.J.N (2005) fluvial process and morphology of the Brahaputra River in Assam, India. Geomorphology, Vol: 70(3-4) Pp 226-256.
- 23- Scheidggen, M (1991) Theoretical geomorphology. Springer;
- 24-Selby. M. J, (1983) Earth changing surface. Oxford University Publication.
- 25-Winarso, G.M. and Budhiman, S. (2001), The potential application of remote sensing data for coastal study, 22 nd Asian Conference on remote sensing , 5-9 November 2001, Singapore. Pp21-31.
- 26-Yang, Xiaojun, , Michiel C. J. Damenb and Robert A. van Zuidam ,(1999), "satellite remote sensing and geographic information system for Michiel C. J. Damen and monitoring morphodynamic of the active yellow river delta, China". Applied Earth Observation and Geoinformation,Vol 1. pp 146-157.

27-Zámolyi A. B. Székely , E. Draganits , G. Timár(2010) Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain, Geomorphology 122,(3-4) pp231-243.

