پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال چهارم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹٤
صص. ۱۱۱-۹۷

بررسی تغییرات پلان فرم و شعاع قوس‌های مئاندر رودخانه گاماسیاب با استفاده از روش آماری از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹

نوشین پیروزی نژاد* – فارغ‌التحصیل مقطع دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز
سجاد پیروزی نژاد – کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه ساری

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۱۰/۲۸

چکیده

رودخانه گاماسیاب یکی از رودخانه‌های بزرگ در استان کرمانشاه است که دچار تغییرات زیادی در پلان فرم شده است. این تحقیق با استفاده از روش تاریخی به بررسی تغییرات اندازه شعاع قوس‌های مئاندر رودخانه گاماسیاب و رابطه آن با تغییرات پلان فرم پرداخته است. در این مطالعه از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳٤، ۱۳٤۸، ۱۳۸۲ و تصاویر ماهواره‌ای ETM لندست سال ۱۳٦۰ و تصاویر ماهواره IRS سال ۱۳۸۹ استفاده‌شده است. با مختصات دار کردن عکس‌های هوایی در نرم‌افزار ARC MAP بر اساس نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ مسیر رودخانه دیجیت و رودخانه به ۱۲ بازه تقسیم‌شده است با استفاده از نرم‌افزار Autocad شعاع قوس‌ها مئاندرهای رودخانه در ۵ دوره متوالی اندازه‌گیری شده است. مقادیر شعاع در نرم‌افزار HYFA برازش داده‌شده است. نتایج نشان داد که بهترین توزیع ، توزیع گامبل است. رابطه همبستگی بین داده‌های شعاع در سال‌های متوالی نشان داد که ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳٤ با ۱۳٤۸(r =۰/۷۳۸)، ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳٤ با ۱۳٦۰(r =۰/۲۵۷)، ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳٤ با ۱۳۸۲(r =-۰/۰٥٤) و ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳٤ با ۱۳۸۹(r =-۰/۰۷۰) می‌باشد. انجام آزمون آماری تی تست برای داده‌های شعاع در ۵ دوره متوالی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر شعاع در سال‌های۱۳۳٤ ،۱۳٤۸و ۱۳٦۰ وجود ندارد ولی اختلاف معنی‌داری بین این مقادیر با مقادیر شعاع در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ وجود دارد. نتایج نشان داد که تغییرات پلان فرم رودخانه گاماسیاب از الگوی مئاندری به الگوی گیسویی و الگوی رودخانه‌های به‌هم‌پیچیده در سال‌های اخیر دلیل تغییر اندازه شعاع رودخانه ، حذف قوس‌های مئاندر و کاهش رابطه همبستگی بین داده‌های شعاع می‌باشد.

واژگان کلیدی: *عکس‌های هوایی،تصاویر ماهواره‌ای، شعاع قوس، رابطه همبستگی، آزمون تی تست، رودخانه گاماسیاب*

* نویسنده مسئول: E-mail: Nooshinpirouzi@ yahoo.com

مقدمه

کانال رودخانه‌های آبرفتی می‌توانند انواع مختلفی از الگوها را داشته باشند که شامل الگوی رودخانه‌های مستقیم، مئاندری، گیسویی (شریانی)۱، رودخانه‌های با مجاری به‌هم‌پیوسته(آناستوموسینگ۲و آنابرنچ۳) است. رودخانه‌های مئاندری و مستقیم جزء رودخانه‌های تک مجرایی هستند یعنی رودخانه تنها یک مسیر جریان دارد و ممکن است پشته های میانی رودخانه را تقسیم کرده باشد اما در الگوی چند مجرایی مانند رودخانه‌های گیسویی و رودخانه‌های با مجاری به‌هم‌پیوسته رودخانه دارای چندین کانال و مجرا است که در اطراف پشته‌های۴ ماسه‌ای توسعه پیداکرده است (ریتر،۱۹۹۵،-۲۱۳). یک رودخانه می‌تواند دارای الگوهای متفاوتی از بالادست تا پایین‌دست باشد. (برثولدی،۲۰۰۲، ۲۹۸) رودخانه گیسویی، با الگوی جریانی که در اطراف پشته‌های ماسه‌ای که معمولاً در زمان سیلاب زیر آب می‌روند مشخص می‌شوند این پشته‌ها در زمان سیلاب به‌راحتی جابه‌جا می‌شوند.(توس،۲۰۰۴، ۲۳۵) رودخانه‌هایی که به شبکه‌های به‌هم‌پیوسته‌ای از کانال تقسیم می‌شوند را رودخانه‌های با مجاری به‌هم‌پیوسته می‌گویند.(گاسوامی،۱۹۹۹، ۲۳۱-۲۲۷). ویژگی این رودخانه تقسیم کانال به چندین شاخه و انشعاب است این شاخه‌ها به‌وسیله جزایر و یا موادی از دشت سیلابی از همدیگر جدا می‌شوند. تفاوت رودخانه‌های با مجاری به‌هم‌پیوسته نسبت به رودخانه‌های گیسویی در ثبات جزایر و پشته‌های میانی است. جزایر و پشته‌ها در الگوی گیسویی متحرک است ولی در الگوی آنابرنچ این جزایر و پشته‌ها برای مدت‌زمان زیادی ثابت و بی‌تحرک هستند به عبارتی جزایر بخشی از دشت سیلابی و مناطق اطراف رودخانه هستند.

بررسی‌های متعددی در مورد رودخانه و تغییرات آن در سراسر دنیا صورت گرفته است. بررسی پدیده مهاجرت مئاندر خیلی مهم است زیرا جابه‌جایی و فرسایش کناری رودخانه باعث از بین رفتن تأسیسات انسانی و زمین‌های کشاورزی می‌شود. بنابراین بررسی وضعیت جابه‌جایی رودخانه در زمان حاضر و روندیابی تغییرات آن درگذشته و پیش‌بینی رفتار رودخانه در آینده اهمیت بسزایی دارد. ازجمله مطالعات انجام‌شده می‌توان به مطالعه رودخانه براهماپوترا در هندوستان اشاره کرد (سارما ، ۲۰۰۵، ۲۲۸) به بررسی مورفولوژی رودخانه براهماپوترا و محاسبات ژئومتری مئاندر مانند طول‌موج و شعاع کمربند و عرض رودخانه پرداخته است. نتایج نشان داد که رابطه بین طول‌موج و شعاع کمربند یک رابطه خطی است.(هوک[۵] ، ۲۰۰۴، ۲۰۰۷) به بررسی علت وقوع بریدگی‌ها(CUT OFF) در رودخانه‌های مئاندری می‌پردازد. بریدگی‌ها و دریاچه‌های نعل اسبی یکی از اشکال خیلی معروف در رودخانه‌های مئاندری است. در این مطالعه بریدگی‌ها و دریاچه‌های نعل اسبی رودخانه بولین در انگلستان موردمطالعه قرارگرفته است. این مطالعه با استفاده از روش تاریخی و ۲۰ سال مانیتورینگ رودخانه انجام‌شده است. برخی از بریدگی‌ها در زمان وقوع سیلاب سال ۲۰۰۱- ۲۰۰۰ رخداده است. برخی از نظریه‌ها بیان می‌کنند که وقوع سیلاب و تغییرات هیدرولوژی باعث ایجاد بریدگی‌ها می‌شود و برخی دیگر بیان می‌کنند که افزایش ضریب سینوسیته در کانال در طی زمان و رسیدن به آستانه بحرانی باعث وقوع بریدگی‌ها و دریاچه‌های نعل اسبی می‌شود. (اولرو[۶]، ۲۰۱۰، ۲۸۰) در رودخانه مئاندری ابرو[۷] در اسپانیا انواعی از پلان فرم‌ها شامل عرض کانال، باریک شدگی کانال، کانال‌های ساده، کانال‌های گیسویی، مهاجرت کانال، رشد سینوسیته، بریدگی‌ها و میزان رشد سینوزیته و مهاجرت و بریدگی مئاندر را در طی ۸۰ سال اخیر مطالعه کرده است. در طی این سال‌ها ۳۸ مورد سینوزیته ، ۳۳ مورد مهاجرت مئاندر، ۲۰ مورد بریدگی و ۲۱ مورد ترکیب حلقه‌های پیچان‌رود ثبت‌شده است. (نیکل[۸] و

---

[1] braided
[2] Anastomosing
[3] anabranching
[4] Bar
[5] Hoock
[6] Ollero
3Ebro
[8] Nicol

همکاران، ۲۰۱۰،۴۰) در مقاله‌ای به بررسی ژئومتری در مهاجرت کانال رودخانه‌های مئاندری محبوس و آزاد پرداخته‌اند نتایج نشان داد که در مهاجرت رودخانه‌های مئاندری محبوس رودخانه نمی‌تواند بریدگی و (CUTOFF)را داشته باشد اما در رودخانه‌های آزاد رودخانه به‌طرف پایین‌دست به شکل موج‌های سینوسی هم بسته‌ای ظاهر می‌شود و مقدار جابه‌جایی و مهاجرت خیلی بیشتر است. به‌طوری‌که از ۰/۰۱تا ۵/۸ متر در سال می‌تواند جابه‌جایی داشته باشد. (جورج و همکاران، ۹۴،۲۰۰۶) جهت مطالعه مئاندرها، نرم‌افزار RVR Meander را معرفی کرده‌اند. هدف اصلی این تحقیق شرح مدل RVR می‌باشد. این مدل با استفاده از روش شی گرا تهیه‌شده است. برای این مدل از دو ترکیب تحلیل‌های آماری و شکل جابه‌جایی رودخانه استفاده‌شده است. ازجمله مطالعات دیگر می‌توان به کار کسانی مانند(لی[1] و همکاران، ۲۰۰۷)، (جوکل،[2] ۲۰۰۸،) ،(اوسزارک[3] ،۲۰۰۸)، (کمپ ،۲۰۰۴)، (فولر[4]، ۲۰۰۸) (دولال[5] و همکاران،۲۰۱۰) (سورین[6] ، ۲۰۰۲) (برگ،۲۵۳،۲۰۰۵) اشاره کرد. (تلوری ۱۳۷۸، ۱۶) در بررسی تغییرات پلان رودخانه‌ای در قسمتی از رودخانه کارون از روش برازش حلقه‌های مئاندر با قوس دوایر مماس استفاده کرده است. نتایج بررسی وی نشان داد که مناسب ترین توزیع آماری برای شعاع قوس‌های رودخانه‌ای شطیط و کارون بزرگ توزیع لوگ نرمال می‌باشد. ایشان با مقایسه آماری شعاع قوس‌های رودخانه شطیط بر اساس آزمون تی استیودنت نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵بین شعاع قوس‌های کمتر از ۲۰۰۰متر بین سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۰ وجود دارد ولی در مورد شعاع‌های بزرگتر از۲۰۰۰ متر این اختلاف در سطح ۰/۰۱ می‌باشد. (جوزی، ۱۳۸۵، ۶۵) به بررسی تغییر ژئومتری مقطع عرضی و فرسایش جانبی شاخه اصلی رودخانه گاماسیاب در دشت چمچمال صحنه پرداخته است. ایشان در این تحقیق بخش‌های از پایین‌دست رودخانه را موردمطالعه قرارداده است و فرسایش جانبی رودخانه را در ارتباط با تغییر ژئومتری موردبررسی قرار داده است. در این مطالعه از روش تاریخی برای بررسی تغییرات شعاع رودخانه گاماسیاب استفاده‌شده است. با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹ روند تغییرات رودخانه‌ای بررسی‌شده است. با برازش قوس‌های مماس بر پیچ رودخانه در نرم‌افزارAutocad شعاع قوس‌های رودخانه برای ۵ دوره متوالی اندازه‌گیری شده است. مقادیر شعاع در نرم‌افزار SPSS و HYFA مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است.با انجام آزمون همبستگی و آزمون تی استیودنت تغییرات شعاع رودخانه شناسایی و با انجام آزمون فرض صفر معنی‌دار بودن تغییرات شعاع و درنتیجه تغییرات الگوی رودخانه اثبات‌شده است.

هدف از این مطالعه به شرح زیر می‌باشد.

بررسی رابطه همبستگی بین مقادیر شعاع رودخانه در دوره‌های متوالی از سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹

بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین داده‌های شعاع رودخانه گاماسیاب در ۵۶ سال اخیر

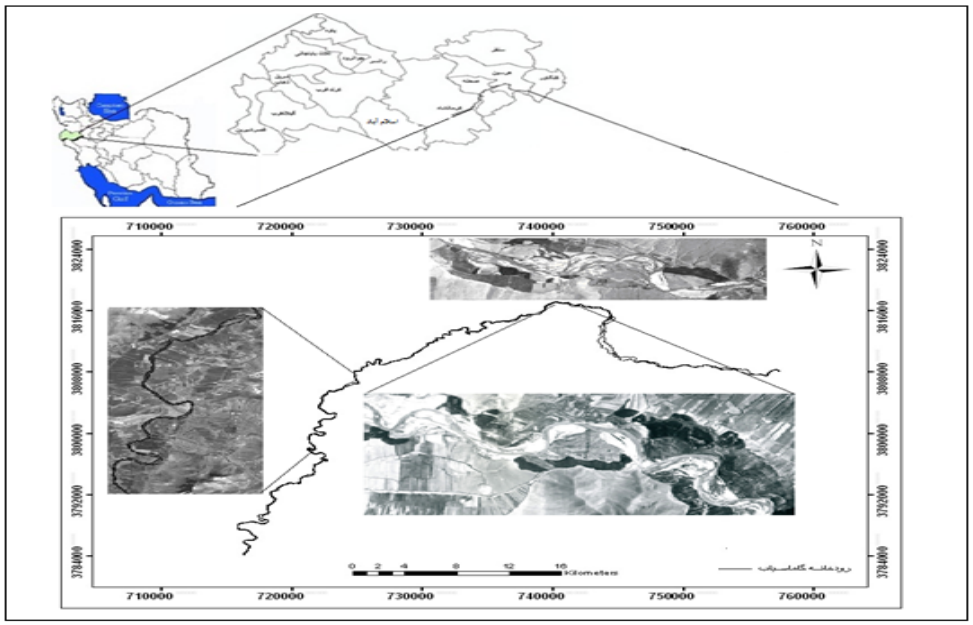
بررسی رابطه بین تغییرات پلان فرم رودخانه و تغییرات داده‌های شعاع رودخانه گاماسیاب

منطقه موردمطالعه

رودخانه گاماسیاب از چشمه‌های آهکی واقع در ۲۱ کیلومتری جنوب شرقی نهاوند واقع در استان همدان از دامنه های شمالی ارتفاعات گرین به نام سراب گاماسیاب سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه از سمت نهاوند با جهت شرقی غربی وارد کرمانشاه شده و سپس به قره‌سو می‌پیوندد. گاماسیاب در طول شهرستان خرم‌آباد سیمره نامیده می‌شود و در خوزستان به نام کرخه است. برای انجام این مطالعه یک بازه ۹۰ کیلومتری از رودخانه انتخاب‌شده است که در طول

[1] Li
[2] jockel
[3] Owczarek
[4] Fuller
[5] Dulal
[6] Surian

جغرافیایی "۵۵ '۵۹ °۴۷ الی "۵۷ '۲۰ °۴۷ و عرض جغرافیایی "۵۷ '۲۰ °۳۴ الی "۳۸ '۱۰ °۳۴ قرارگرفته است شکل زیر موقعیت منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. (پیروزی نژاد،۱۳۹۳، ۶۰)



شکل ۱: موقعیت منطقه موردمطالعه

مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق حاضر از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۴ با مقیاس۱/۵۵۰۰۰، عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۸با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰، عکس‌های هوایی سال ۱۳۸۲ با مقیاس۱/۴۰۰۰۰، که از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و سازمان نقشه‌برداری تهیه‌شده، استفاده‌شده است. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای ETM لندست سال ۱۳۶۰ باقدرت تفکیک ۳۰ متر و باند پانکروماتیک تصاویر ماهواره‌ای IRS۲۰۱۰ مصادف با سال ۱۳۸۹ باقدرت تفکیک ۵/۸ متر استفاده‌شده است. استفاده از عکس‌های هوایی با مقیاس مناسب و تصاویر ماهواره‌ای باقدرت تفکیک بالا توانایی شناسایی روند تغییرات رودخانه را فراهم کرده است. با اسکن کردن عکس‌های هوایی عملیات مختصات دار کردن عکس‌های هوایی[1] انجام‌شده است. در این عملیات بر اساس نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و با استفاده از نقاط مشترک در عکس نظیر خطوط جاده-ای یال‌های کوهستان و شبکه‌های آبراهه‌ای که در طی این مدت تغییری نداشته‌اند عکس‌ها مختصات دار شده‌اند. برای شناخت مسیر دقیق رودخانه در دشت با استفاده از نقاط کنترلی در واحد دشت نظیر آبراهه‌ها و تپه‌های موجود و مرز زمین‌های کشاورزی که ثابت مانده بودند مسیر رودخانه با دقت تعیین‌شده است سپس در نرم‌افزار ARC MAP مسیر رودخانه برای دوره‌های ۱۳۳۴، ۱۳۴۸،۱۳۶۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ رقومی شده است. با استفاده از این داده‌ها، توالی از تغییرات ۵۶ ساله رودخانه موردمطالعه قرارگرفته است مسیر رودخانه بر اساس تغییرات مورفولوژی رودخانه و انواعی از تغییرات به ۱۲ بازه تقسیم‌شده تا بتوان میزان تغییرات را در هر بازه به‌خوبی شناسایی کرد. با برازش قوس‌های مماس بر رودخانه در نرم‌افزار Autocad شعاع قوس‌ها، برای مئاندرهای رودخانه در ۵ دوره متوالی محاسبه‌شده است در مرحله بعد شعاع قوس‌های رودخانه در سال‌های مختلف در نرم‌افزار Hyfa بر اساس هفت توزیع آماری نرمال، لوگ نرمال، لوگ نرمال ۲ پارامتری، توزیع نرمال ۳ پارامتری توزیع پیرسون ، لوگ پیرسون، توزیع گاما و توزیع گامبل برازش داده‌شده است. در این تحقیق برای نشان دادن سطح معنی‌دار بودن تغییرات شعاع رودخانه در ۵ دوره متوالی آزمون فرض‌ها انجام‌شده است.

[1] Orthophoto

H0 اختلاف معنی‌داری بین اندازه شعاع قوس‌های مئاندر وجود ندارد.

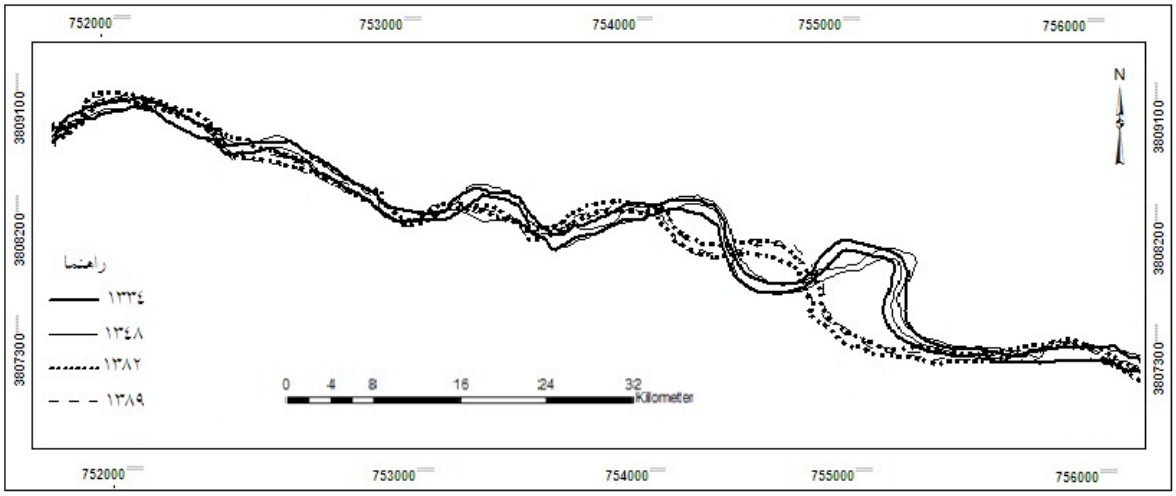
H1 اختلاف معنی‌داری بین اندازه شعاع قوس‌های مئاندر وجود دارد.

برای ارزیابی میزان تغییرات رودخانه در طی ۵۶ سال گذشته بین مقادیر شعاع قوس‌های رودخانه در ۵ دوره متوالی رابطه همبستگی و آزمون تی استیودنت در نرم‌افزار SPSS انجام‌شده است.

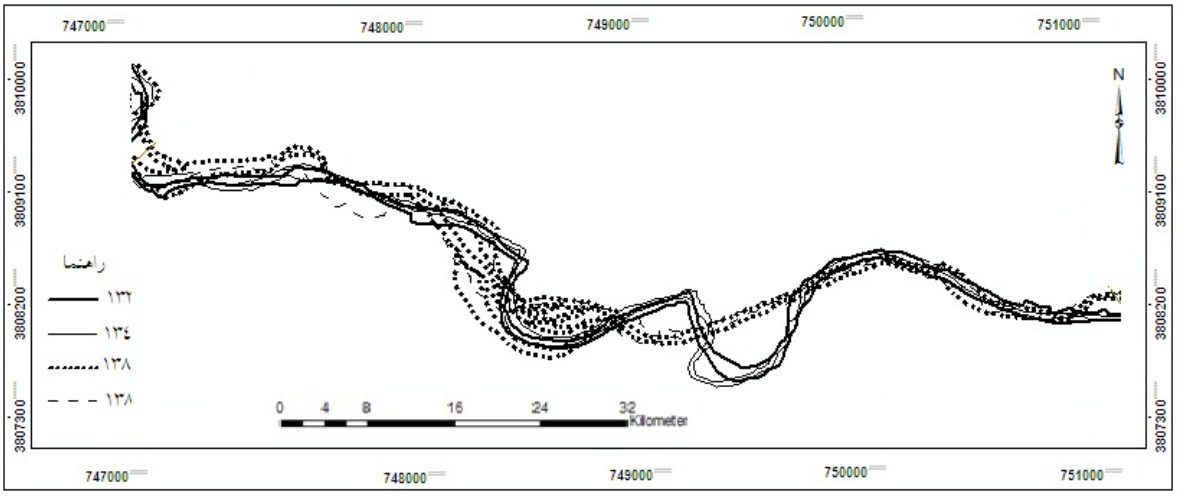
بحث و یافته‌ها

بررسی تغییرات الگوی رودخانه گاماسیاب

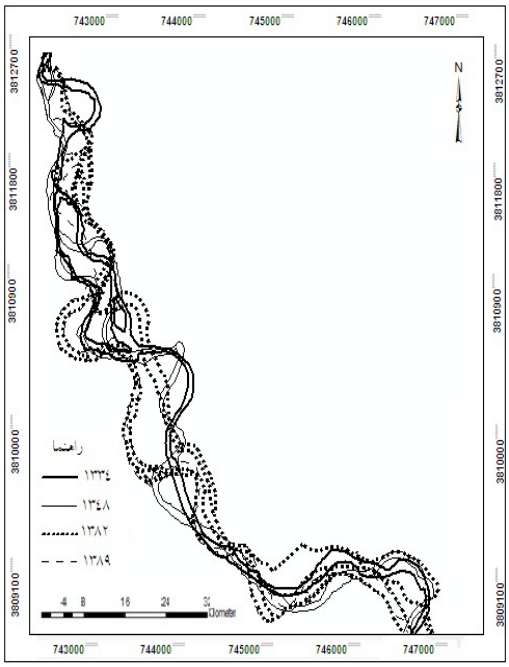
برای بررسی تغییرات رودخانه گاماسیاب مسیر موردمطالعه به ۱۲ بازه تقسیم‌شده است. این تقسیم‌بندی بر اساس شرایط مورفولوژی رودخانه، طول رودخانه، تغییرات الگوی رودخانه و جابه‌جایی کانال رودخانه بوده است. تقسیم‌بندی بازه‌ها برای مطالعه دقیق‌تر تغییرات رخداده در الگوی رودخانه طی ۵۶ سال گذشته بوده است. بر اساس تفسیر تصاویر ماهواره‌ای IRS سال ۲۰۱۰ در حال حاضر رودخانه گاماسیاب در بازه‌های خود دارای الگوهای مختلفی است. اشکال ۲ تا ۱۰ تصاویر بازه‌های مختلف رودخانه با تغییرات الگوی رودخانه را از سال ۱۳۳۴تا سال ۱۳۸۹ نشان می‌دهد.



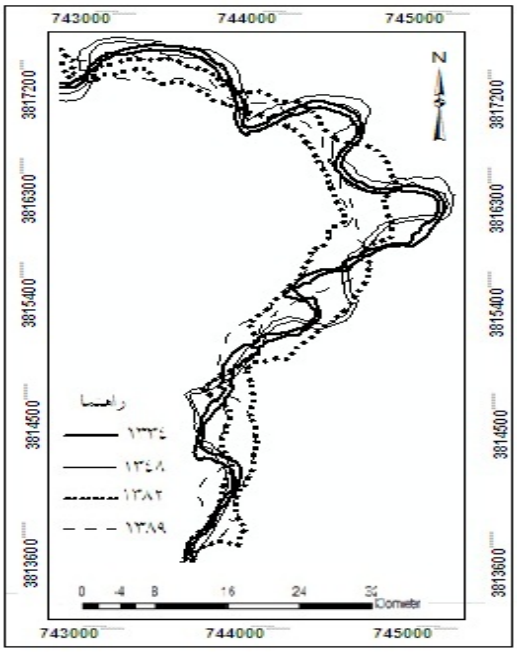
شکل۲: بازه ۱ رودخانه گاماسیاب با الگوی رودخانه پیچان و تغییرات قوس مئاندر



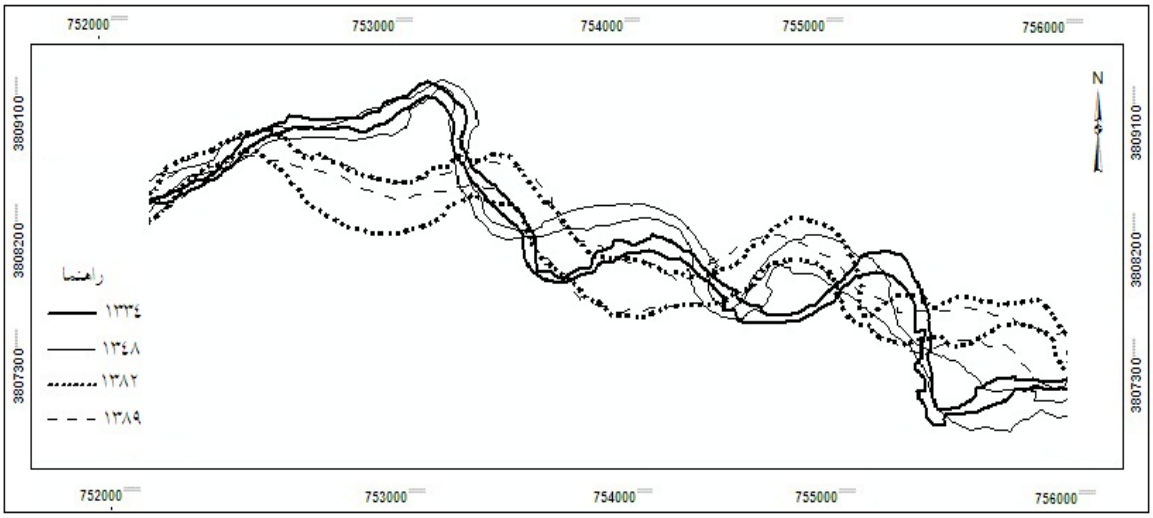
شکل۳: بازه ۲ رودخانه گاماسیاب با الگوی رودخانه پیچان و تغییرات قوس مئاندر



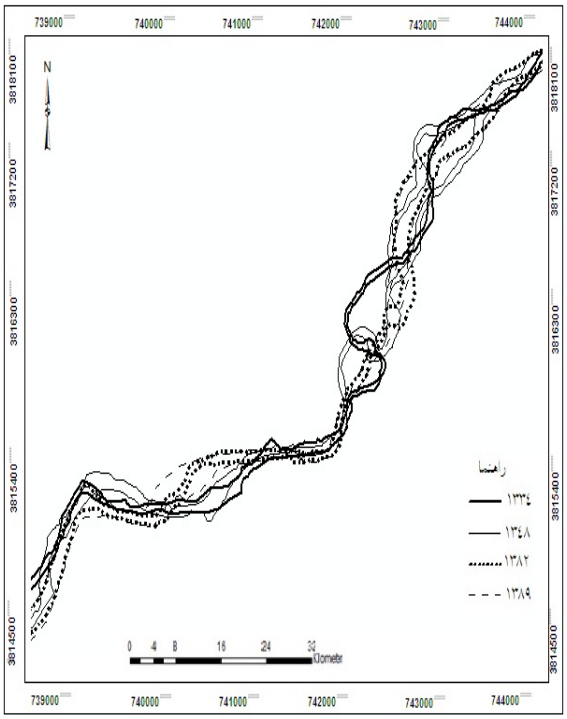
شکل٤: بازه ۳ رودخانه با الگوی آنابرنچ



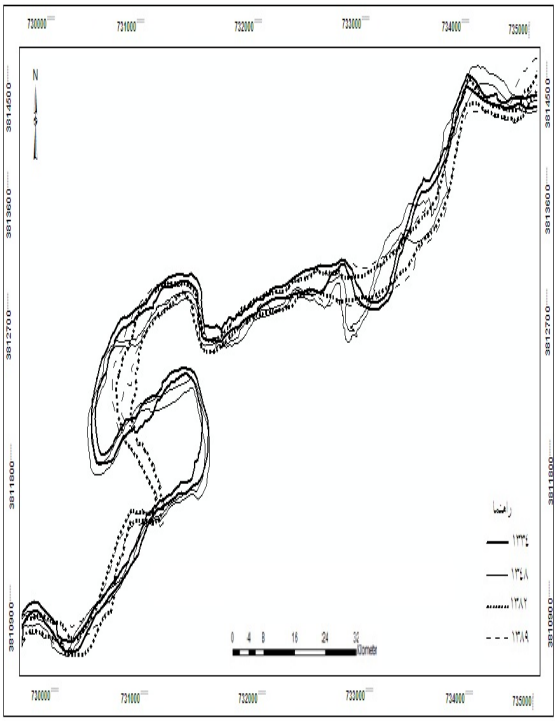
شکل٥: بازه ٤و ٥ تغییر از الگوی مئاندری به الگوی گیسویی



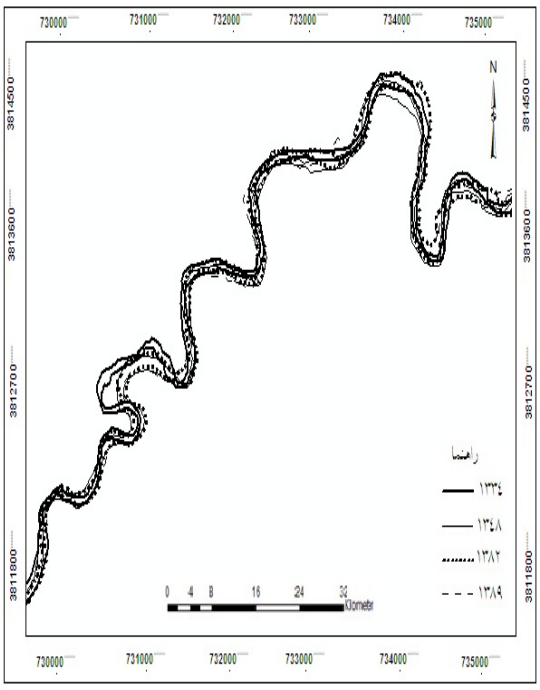
شکل ٦: بازه ٦ تغییرات الگوی مئاندری به الگوی گیسویی و تغییرات قوس مئاندر



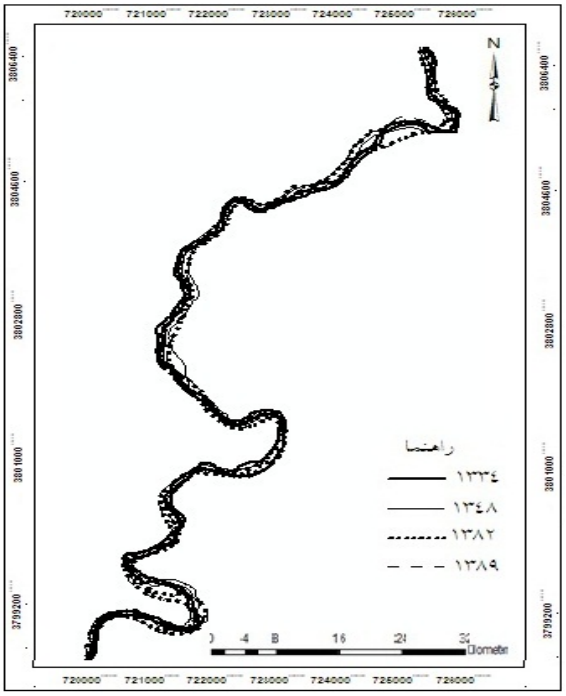
شکل ۷: بازه ۷ رودخانه با الگوی مئاندری



شکل ۸: بازه ۸ رودخانه با الگوی مئاندری



شکل۹: بازه ۹ و۱۰رودخانه با الگوی مئاندری



شکل۱۰: بازه ۱۱و۱۲ رودخانه با الگوی مئاندری

بررسی تغییرات رودخانه در طی ۵ دوره مطالعاتی۱۳۳۴، ۱۳۴۸،۱۳۶۰،۱۳۸۲،۱۳۸۹ نشان داد است که الگوی رودخانه گاماسیاب در سال ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ در تمام‌مسیر خود به‌جز بازه ۳ دارای الگوی مئاندری بوده است. بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی بازه ۳ رودخانه گاماسیاب دارای الگوی رودخانه‌های به‌هم‌پیچیده (آنابرنچ) بوده است. اما در سال‌های بعد به دلیل شرایط خاص، هر بازه با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، جنس مواد بستری رودخانه، مقدار دبی، عمق رودخانه، میزان برداشت آب، تغییرات انسانی مانند احداث بند انحرافی دچار تغییرات بسیار زیادی شده است.

تغییرات الگوی رودخانه به الگوی گیسویی و الگوی رودخانه‌های به‌هم‌پیچیده باعث ایجاد تغییرات زیادی در اندازه شعاع قوس‌های رودخانه شده است در سال ۱۳۶۰ در بازه ۴ تعداد قوس‌های رودخانه کاهش‌یافته و به شکل گیسویی درآمده و از حالت مئاندری خارج‌شده است ولی بقیه بازه‌ها همچنان دارای روند مئاندری توسعه‌یافته بوده‌اند. افزایش حجم رسوب و کاهش میزان دبی به دلیل برداشت بی‌رویه آب برای کشاورزی شرایط را برای انباشت رسوب و ایجاد الگوی گیسویی رودخانه فراهم کرده است. در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ بازه ۴ ،۵ و ۶ از حالت مئاندری خارج و به شکل کاملاً گیسویی درآمده‌اند قوس‌های رودخانه در این بازه‌ها حذف و رودخانه به شکل مستقیم با الگوی شریانی درآمده است. .(رضایی مقدم،۱۳۹۲،۱۲) احداث بند انحرافی عین القاس در سال ۱۳۷۵برای استفاده بهینه از آب رودخانه گاماسیاب سبب شده است مواد رسوبی درشت‌دانه در پشت‌بند باقی بمانند. افزایش حجم رسوب بستر باعث کاهش شیب بستر رودخانه شده است با تجمع رسوبات در بستر، رودخانه قدرت و توان حفر بستر را ازدست‌داده و بیشتر قدرت جریان آب معطوف به فرسایش کناری دیواره‌ها و عریض شدگی بستر شده است. افزایش حجم رسوب و افزایش عرض بستر و کاهش مقدار دبی رودخانه باعث شده است که انرژی جریان رودخانه در بستر رودخانه توزیع شود و هرجایی که رودخانه قدرت حمل خود را ازدست‌داده مواد رسوبی را در بستر بجا بگذارد و پشته‌های ماسه‌ای متعددی را در بستر ایجاد کند و شرایط برای ایجاد الگوی گیسویی در این بازه‌ها فراهم شود. اما بازه‌های دیگر رودخانه همچنان دارای الگوی مئاندری توسعه‌یافته هستند. به‌طورکلی تغییرات الگوی رفتاری کانال رودخانه گاماسیاب را می‌توان به دودسته طبقه‌بندی کرد از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۴۸ این رودخانه با افزایش ضریب خمیدگی و مئاندری شدن مواجه بوده که تعداد قوس‌های مئاندر، میزان خمیدگی و چرخش مئاندر و زاویه مرکزی قوس‌ها افزایش‌یافته است ولی از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۹ وضعیت تغییرات به شکل دیگری بوده است. به‌گونه‌ای که رودخانه در برخی بازه‌ها از حالت مئاندر ی متکامل به شکل گیسویی درآمده و عرض رودخانه به میزان زیادی افزایش‌یافته است (پیروزی نژاد،۱۳۹۲، ۶۲).

بررسی تغییرات شعاع قوس‌های رودخانه گاماسیاب در رابطه با تغییرات الگو

اندازه‌گیری شعاع قوس‌های رودخانه در بازه‌های مختلف نشان داد که شعاع قوس‌های رودخانه تغییرات زیادی را از خود نشان داده است. در طی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۴۸ شعاع قوس‌های رودخانه دارای روند کاهشی بوده و اندازه قوس‌ها کوچک‌تر شده و به تعداد قوس‌های مئاندر افزوده‌شده است. افزایش تعداد قوس‌های مئاندر به دلیل افزایش مقدار دبی و افزایش ضریب سینوسیته در این سال‌ها بوده است. مقدار دبی پیک بالا و عدم برداشت بی‌رویه آب از رودخانه شرایط را برای ایجاد تحولات مئاندر و افزایش خمیدگی و انحنا مئاندر در این دوره فراهم کرده است. وقوع بریدگی‌ها (CUT OFF) فراوان در دشت سیلابی رودخانه شاهدی بر مقدار دبی بالا و تحولات مئاندر رودخانه است. تعداد قوس‌های مئاندر از ۱۱۲ قوس در سال ۱۳۳۴ به ۱۲۱قوس در سال ۱۳۴۸ رسیده است که نشان‌دهنده افزایش پیچ‌های مئاندر و افزایش روند خمیدگی مئاندر بوده است در این فاصله زمانی رودخانه با روند افزایشی در تعداد قوس‌ها و افزایش خمیدگی مواجه بوده و ارتفاع قله موج در این دوره زیاد شده که این مسئله شرایط را برای ایجاد بریدگی‌ها (CUT OFF) در سال‌های بعدی فراهم کرده است. اما از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۶۰ در بازه ۴ رودخانه به دلیل افزایش حجم رسوب و کاهش مقدار دبی به دلیل مصرف کشاورزی رودخانه از الگوی مئاندری به الگوی گیسویی تغییر پلان فرم داده است. با تغییر الگوی رودخانه از مئاندری به گیسویی تعداد قوس‌های مئاندر کاهش‌یافته است و قوس‌های مئاندر از ۱۲۱ قوس در سال ۱۳۴۸ به ۱۱۱ قوس در سال ۱۳۸۲ رسیده است. بازه‌های ۴ ،۵ و ۶ تبدیل به الگوی گیسویی شده‌اند. تعداد قوس‌ها در سال ۱۳۸۹ به ۹۲ قوس کاهش پیداکرده است. جدول شماره(۱) تعداد قوس‌های مئاندر، میانگین ، حداکثر، حداقل و انحراف معیار قوس‌های رودخانه را نشان می‌دهد.

جدول۱: ویژگی‌های قوس مئاندر رودخانه گاماسیاب از سال ۱۳۳٤ تا ۱۳۸۹

سال	تعداد قوس	میانگین شعاع	حداکثر شعاع	حداقل شعاع	انحراف معیار شعاع
۱۳۳۴	۱۱۲	۱۷۵	۴۹۰	۳۹	۹۲
۱۳۴۸	۱۲۱	۱۸۰	۵۱۱	۱۷	۱۰۶
۱۳۶۰	۱۱۱	۲۰۲	۶۱۹	۵۱	۱۰۷
۱۳۸۲	۹۲	۲۰۳	۵۲۱	۵۳	۱۰۶
۱۳۸۹	۹۲	۱۹۰	۵۳۸	۲۵	۱۱۳

برای بررسی وضعیت تغییرات قوس‌های مئاندر رودخانه و حذف بسیاری از قوس‌ها از نسبت تعداد قوس در هر کیلومتر استفاده‌شده است جدول شماره (۲) نسبت تغییرات تعداد قوس به طول هر بازه در ۵ دوره متوالی در رودخانه گاماسیاب را نشان می‌دهد. این نسبت میزان تغییرات را به‌خوبی نشان می‌دهد به‌عنوان نمونه در بازه ۴ در سال ۱۳۳۴ این نسبت ۱/۵۶، در سال ۱۳۴۸ به ۲/۲ ، در سال ۱۳۶۰ به ۱/۵۴ و در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ این نسبت به صفر رسیده و عملاً قوسی از مئاندر در طول این بازه به چشم نمی‌خورد و این بیانگر تغییرات الگوی رودخانه در بازه‌های ، ۴، ۵، ۶ است.

برازش شعاع قوس‌های مئاندر رودخانه گاماسیاب در نرم‌افزار Hyfa

به‌منظور بررسی روند تغییرات شعاع رودخانه گاماسیاب در طی ۵ دوره مطالعاتی مقادیر شعاع در نرم‌افزار Hyfa برازش داده‌شده است و روند این تغییرات با استفاده از هفت توزیع آماری نرمال، لوگ نرمال ، توزیع نرمال ۳ پارامتری، توزیع پیرسون ، توزیع لوگ پیرسون سه پارامتری، توزیع گاما و توزیع گامبل برازش داده‌شده است که درنهایت با در نظر گرفتن حداقل خطای محاسباتی بهترین توزیع، توزیع گامبل شناخته‌شده است که نتایج آن در جدول (۳) آمده است. با توجه به مقادیر استخراج‌شده توزیع گامبل به‌عنوان بهترین توزیع شناخته‌شده است. توزیع گامبل بهترین برازش را با داده‌هایی که پراکندگی زیادی دارند نشان می‌دهد که بیانگر این مسئله است که داده‌های شعاع رودخانه گاماسیاب به دلیل تغییرات زیاد از توزیع یکسانی برخوردار نیستند و نوسانات زیادی در اندازه شعاع رودخانه وجود دارد و این توزیع با وضعیت متغیر شعاع قوس‌های رودخانه گاماسیاب بهترین برازش را دارد.

جدول۲: نسبت تغییرات تعداد قوس به طول هر بازه در ۵ دوره متوالی در رودخانه گاماسیاب

بازه	طول بازه	تعداد قوس در هر بازه					تعداد قوس در کیلومتر				
سال		۱۳۳۴	۱۳۴۸	۱۳۶۰	۱۳۸۲	۱۳۸۹	۱۳۳۴	۱۳۴۸	۱۳۶۰	۱۳۸۲	۱۳۸۹
۱	۵/۹۰۵	۶	۹	۸	۱۰	۱۰	۱/۰۶	۱/۵۲	۱/۳۵	۱/۶۹	۱/۶۹
۲	۵/۶۴۱	۶	۵	۵	۵	۴	۱/۰۶	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۷۰
۳	۵/۷۹۶	۱۲	۱۲	۶	۱۲	۱۲	۲/۰۷	۲/۰۷	۱/۰۳	۲/۰۷	۲/۰۷
۴	۴/۵۴۴	۸	۱۰	۷	۰	۰	۱/۷۶	۲/۲	۱/۵۴	۰	۰
۵	۳/۸۶۰	۹	۷	۶	۰	۰	۲/۳۳	۱/۸۱	۱/۵۵	۰	۰
۶	۳/۶۵۷	۷	۹	۷	۰	۰	۱/۹۱	۲/۴۶	۱/۹۱	۰	۰
۷	۴/۲۸۵	۴	۵	۴	۳	۴	۰/۹۳	۱/۱۶	۰/۹۳	۰/۷۰	۰/۹۳
۸	۷/۵۸۰	۱۳	۱۲	۱۵	۱۴	۱۵	۱/۷۱	۱/۵۸	۱/۹۷	۱/۸۴	۱/۹۷
۹	۱۰/۵۴۷	۱۴	۱۴	۱۵	۹	۹	۱/۳۲	۱/۳۲	۱/۴۲	۰/۸۵	۰/۸۵
۱۰	۱۲/۰۲۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۱	۹	۰/۸۳	۰/۹۹	۱/۱۶	۰/۹۱	۰/۷۴
۱۱	۱۱/۲۳۷	۱۴	۱۶	۱۴	۱۱	۱۳	۱/۲۴	۱/۴۲	۱/۲۴	۰/۹۷	۱/۱۵
۱۲	۱۴/۶۸۶	۹	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۰/۶۱	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۸

جدول۳: برازش قوس‌های مئاندر رودخانه گاماسیاب در سال‌های ۱۳۳٤ تا ۱۳۸۹

ردیف	سال	توزیع	مناسب ترین روش	مقدارکای[1] محاسباتی
۱	۱۳۳۴	گامبل[2]	حداکثر خطای بزرگ نمایی[3]	۰.۷۸۲۶۱
۲	۱۳۴۸	لوگ نرمال[4]	حداکثر خطای بزرگ نمایی	۱.۰۳۲۷۹
۳	۱۳۶۰	گامبل	حداکثر خطای بزرگ نمایی	۰.۴۷۴۵۸
۴	۱۳۸۲	لوگ نرمال دوپارامتری[5]	حداکثر خطای بزرگ نمایی	۰.۲۵۲۴۳
۵	۱۳۸۹	گامبل	حداکثر خطای بزرگ نمایی	۰.۴۴۴۴۴

آزمون فرضیه‌ها و معنی‌دار بودن آن‌ها

به‌منظور نشان دادن معنی‌دار بودن تغییرات قوس‌های مئاندر رودخانه گاماسیاب در ۴ دوره متوالی و به‌عبارت‌دیگر تغییر در پلان فرم رودخانه آزمون فرضیه صفر برگزارشده است. سال‌هایی که رودخانه دچار تغییرات شده است و اختلاف بین مقادیر شعاع قوس‌ها زیاد است نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین داده‌ها است و درنتیجه فرضیه صفر رد می‌شود و فرضیه یک اثبات می‌شود. سال‌هایی که اختلاف بین مقادیر شعاع کم می‌باشد و به‌عبارت‌دیگر تغییرات الگوی رودخانه زیاد نبوده است اختلاف بین داده‌ها معنی‌دار نیست و فرضیه صفر اثبات می‌شود و بیان می‌کند که تفاوت معنی‌داری بین داده‌ها وجود ندارد و تغییرات شعاع قوس رودخانه قابل‌توجه نیست و درنتیجه الگوی رودخانه تغییری نکرده است

H0 :اختلاف معنی‌داری بین اندازه شعاع قوس‌های مئاندر وجود ندارد.

H1 : اختلاف معنی‌داری بین اندازه شعاع قوس‌های مئاندر وجود دارد.

برای اثبات فرضیه‌ها با برقراری رابطه همبستگی بین داده‌های شعاع در سال‌های متوالی و انجام آزمون تی استیودنت فرضیه صفر برای هر دوره اثبات و یا رد می‌شود.

برقراری رابطه همبستگی بین مقادیر شعاع در ۵ دوره متوالی

با برقراری رابطه همبستگی بین مقادیر شعاع ۵ دوره متوالی(۱۳۸۲،۱۳۶۰،۱۳۴۸،۱۳۳۴و ۱۳۸۹) در نرم‌افزار SPSS تغییرات الگوی رودخانه به‌خوبی تفسیر می‌شود. ضریب همبستگی بالا در رابطه همبستگی نشان می‌دهد که داده‌ها شباهت بسیار نزدیکی به هم دیگر دارند و درنتیجه رودخانه تغییر الگویی نداشته است و ضریب همبستگی پایین در رابطه نشان‌دهنده این است که داده‌ها شباهت زیادی به هم دیگر نداشته و تغییرات شعاع و درنهایت تغییرات الگوی رودخانه بسیار زیاد بوده است. جدول (۴) مقادیر ضریب همبستگی بین داده‌های شعاع رودخانه در سال‌های مختلف را برای رودخانه گاماسیاب نشان می‌دهد.

جدول٤: ضریب همبستگی بین داده‌های شعاع ۵ دوره متوالی رودخانه گاماسیاب

۱۳۳۴	۱۳۳۴	۱۳۴۸	۱۳۶۰	۱۳۸۲	۱۳۸۹
۱۳۳۴	۱	۰/۷۸۳**	۰/۲۵۷*	-۰/۵۴	-۰/۰۷۰
۱۳۴۸	۰/۷۸۳**	۱	۱۱۲	۰/۰۲۰	-۰/۰۰۱
۱۳۶۰	۰/۲۵۷*	۱۱۲	۱	۰۱۹	۰/۰۳۱
۱۳۸۲	-۰/۰۵۴	۰/۰۲۰	۰/۰۱۹	۱	۰/۸۶۵**
۱۳۸۹	۰/۰۷۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۳۱	۰/۸۶۵**	۱

**با سطح ۱ درصد معنی‌دار است. *با سطح ۵ درصد معنی‌داراست.

[1] Chi-square value
[2] GumbelL
[3] Max.likelihood
[4] LognormalL
[5] 2Lognormal

رابطه همبستگی بین داده‌ها در سال‌های متوالی نشان داد که ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴ با ۱۳۴۸(R =۰/۷۳۸)، ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴ با ۱۳۶۰(R =۰/۲۵۷)، ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴ با ۱۳۸۲(R =-۰/۰۵۴) و ضریب همبستگی بین مقادیر شعاع‌های رودخانه در سال‌های ۱۳۳۴ با ۱۳۸۹(R =-۰/۰۷۰) می‌باشد. بر اساس داده‌های استخراج‌شده از جدول همبستگی داده‌های شعاع سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ دارای ضریب همبستگی بالایی می‌باشد و داده‌ها در سطح ۰/۰۱معنی‌دار می‌باشند که این نشان‌دهنده شباهت بسیار زیاد بین الگوی رودخانه ازنظر اندازه شعاع رودخانه در این دو دوره متوالی می‌باشد. داده‌های سال ۱۳۳۴ با داده‌های سال ۱۳۶۰ در سطح ۰/۰۵ در صد معنی‌دار است که نشان‌دهنده شباهت نسبی بین مقادیر شعاع در این دو دوره است. در سال ۱۳۶۰ بازه ۴ رودخانه به سمت الگوی گیسویی در حال تغییر است ولی هنوز تغییرات چشم‌گیری در پلان فرم رودخانه ایجاد نشده است. بین مقادیر شعاع سال ۱۳۳۴ با مقادیر شعاع سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ هیچ‌گونه رابطه معنی‌داری وجود ندارد که بیانگر تغییرات فراوان رودخانه در این فاصله است. الگوی رودخانه در سال ۱۳۳۴ کاملاً مئاندری توسعه‌یافته بوده است اما در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ الگوی رودخانه دارای چندین الگوی متفاوت می‌باشد و این مسئله باعث شده است که اندازه شعاع قوس‌های رودخانه از همدیگر تبعیت نکند. در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ بازه‌های رودخانه از بالا تا پایین دارای الگوی رودخانه با مجاری به‌هم‌پیوسته ، الگوی گیسویی و الگوی مئاندری است و قوس‌های رودخانه در بازه‌های ۴،۵ و۶ حذف‌شده است و این مسئله بیانگر تغییرات الگوی رودخانه و اختلاف معنی‌داری بین داده‌های شعاع است.

تعیین سطح معنی‌دار بودن تغییرات الگوی رودخانه گاماسیاب با آزمون تی استیودنت جفتی

به‌منظور بررسی روند تغییرات شعاع قوس‌های مئاندر رودخانه گاماسیاب در طی دوره‌های مختلف، همچنین از آزمون تی استیودنت در نرم‌افزار SPSS استفاده‌شده است و اختلاف بین تغییرات رخداده با روش آماری به‌دست‌آمده است. تغییرات شعاع رودخانه در سال‌های متوالی با همدیگر تحلیل‌شده و تغییرات رخداده در شکل و فرم رودخانه بررسی‌شده است. جدول(۵) رابطه معنی‌دار بودن اختلاف بین تغییرات رخداده در سال‌های متوالی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از آزمون تی استیودنت نشان می‌دهد که بین شعاع در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد که شکل ظاهری رودخانه و پلان فرم رودخانه این مسئله را ثابت می‌کند و اختلاف معنی‌داری بین قوس‌های رودخانه و الگوی رودخانه و پراکنش قوس‌های رودخانه وجود ندارد اما بین سال‌های ۱۳۳۴ با سال‌های ۱۳۶۰ ،۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ اختلاف معنی‌داری وجود دارد که نشان‌دهنده تغییرات زیاد در پلان فرم رودخانه گاماسیاب است.

بین شعاع قوس‌های رودخانه در سال ۱۳۴۸ با سال‌های۱۳۶۰ ،۱۳۸۲و ۱۳۸۹ اختلاف معنی‌داری وجود دارد که تغییرات الگوی رودخانه و چرخش قوس‌های مئاندر و حذف بسیاری از قوس‌ها این مسئله را نشان می‌دهد.

بین قوس‌های سال ۱۳۶۰ با قوس‌های سال ۱۳۳۴و ۱۳۴۸ اختلاف معنی‌داری وجود دارد که حذف بیش از ۱۰ قوس در طول مسیر رودخانه و تغییر اندازه شعاع قوس‌ها بیانگر تغییر و معنی‌دار بودن اختلاف شعاع در آزمون تی استیودنت است. ولی بین قوس‌های سال ۱۳۶۰ ،۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

الگوی رودخانه در دو دوره ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ کاملاً از همدیگر تبعیت می‌کنند که دلیل آن را می‌توان فاصله زمانی کم بین این دو دوره دانست که مئاندر رودخانه تحولات زیادی را هنوز تجربه نکرده است.

آزمون فرض صفر

H0 اختلاف معنی‌داری بین اندازه شعاع قوس‌های مئاندر وجود ندارد.

H1 اختلاف معنی‌داری بین اندازه شعاع قوس‌های مئاندر وجود دارد.

نتایج بررسی تغییرات داده‌های شعاع رودخانه گاماسیاب با روش آزمون همبستگی و آزمون آماری تی تست بیان می‌کند که فرضیه صفر برای سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ درست است و اختلاف معنی‌داری بین داده‌های شعاع وجود ندارد بنابراین رودخانه تغییر الگویی نداشته است. اما برای سال‌های ۱۳۶۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ فرضیه صفر اشتباه است زیرا رودخانه تغییر الگو داده است و اختلاف معنی‌داری بین داده‌های شعاع وجود دارد بنابراین فرضیه یک اثبات می‌شود و بیان می‌کند که بین داده‌های شعاع اختلاف وجود دارد و رودخانه دچار تغییر الگو شده است.

جدول۵: معنی‌دار بودن اندازه شعاع قوس‌های رودخانه در سطح ۰/۰۵ درصد با آزمون تی استیودنت

سال	سطح اعتماد	درجه آزادی	مقدار t	نتیجه آزمون در سطح ۰.۰۵
۱۳۳۴-۱۳۴۸	۰.۹۶۵	۱۰۴	-۰.۰۴۴	اختلاف معنی‌دار نیست
۱۳۳۴-۱۳۶۰	۰.۰۰۵	۹۰	-۲.۹۱۳	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۳۴-۱۳۸۲	۰.۰۲۸	۷۲	-۲.۲۳۹	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۳۴-۱۳۸۹	۰.۰۱۹	۷۴	-۲.۴۰۰	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۴۸-۱۳۳۴	۰.۹۶۵	۱۰۴	-۰.۰۴۴	اختلاف معنی‌دار نیست
۱۳۴۸-۱۳۶۰	۰.۰۵۴	۹۴	-۱.۹۴۹	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۴۸-۱۳۸۲	۰.۱۷۶	۷۶	-۱.۳۶۶	اختلاف معنی‌دار نیست
۱۳۴۸-۱۳۸۹	۰.۰۸۱	۷۲	-۱.۷۷۱	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۶۰-۱۳۳۴	۰.۰۰۵	۹۰	-۲.۹۱۳	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۶۰-۱۳۴۸	۰.۰۵۴	۹۴	-۱.۹۴۹	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۶۰-۱۳۸۲	۰.۹۴۶	۷۴	-۰.۶۸	اختلاف معنی‌دار نیست
۱۳۶۰-۱۳۸۹	۰.۱۳۱	۷۷	-۱.۵۲۶	اختلاف معنی‌دار نیست
۱۳۸۲-۱۳۳۴	۰.۰۲۸	۷۲	-۲.۲۳۹	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۸۲-۱۳۴۸	۰.۱۷۶	۷۶	-۱.۳۶۶	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۸۲-۱۳۸۹	۰.۹۲۰	۸۵	-۰.۱۰۱	اختلاف معنی‌دار نیست
۱۳۸۹-۱۳۳۴	۰.۰۱۹	۷۴	-۲.۴۰۰	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۸۹-۱۳۴۸	۰.۰۸۱	۷۲	-۱.۷۷۱	اختلاف معنی‌دار است
۱۳۸۹-۱۳۸۲	۰.۹۲۰	۸۵	۰.۱۰۱	اختلاف معنی‌دار نیست

نتیجه‌گیری

بررسی شعاع قوس‌های رودخانه گاماسیاب در ۵ دوره متوالی نشان داد که رودخانه گاماسیاب در طی ۵۶ سال گذشته تغییرات فراوانی را داشته است. تغییرات فراوان شعاع ناشی از تغییرات الگوی رودخانه بوده است. رودخانه گاماسیاب در سال ۱۳۳۴ در بازه ۱ و ۲ دارای الگوی رودخانه مئاندری با بستر گراولی بوده است که این رودخانه به دلیل

دارا بودن مقادیر بالای دبی پیک سیلابی حجم بزرگی از مواد درشت‌دانه را در کناره‌های خود انباشته کرده است و در بازه ۳ نیز دارای الگوی رودخانه‌های به‌هم‌پیوسته بوده است. این رودخانه در سال‌های ۱۳۶۰ در بازه ۴ از حالت مئاندری خارج و با حذف قوس‌های مئاندر تبدیل به الگوی گیسویی شده است که دلیل آن را می‌توان کاهش مقدار دبی رودخانه به دلیل برداشت آب، افزایش حجم رسوب به دلیل تخریب اراضی اطراف رودخانه و درنتیجه انباشت رسوبات در بستر رودخانه و ایجاد الگوی گیسویی دانست. در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ بازه ۴ ،۵ و ۶ از حالت مئاندری خارج و به شکل کاملاً گیسویی درآمده‌اند قوس‌های رودخانه در این بازه‌ها حذف و رودخانه به شکل مستقیم با الگوی شریانی درآمده است. (رضایی مقدم،۱۳۹۲،۱۲) احداث بند انحرافی عین القاس در سال ۱۳۷۵برای استفاده بهینه از آب رودخانه گاماسیاب سبب شده است مواد رسوبی درشت‌دانه در پشت‌بند باقی بمانند. افزایش حجم رسوب بستر باعث کاهش شیب بستر رودخانه شده است با تجمع رسوبات در بستر، رودخانه قدرت و توان حفر بستر را ازدست‌داده و بیشتر قدرت جریان آب معطوف به فرسایش کناری دیواره‌ها و عریض شدگی بستر شده است. افزایش حجم رسوب و افزایش عرض بستر و کاهش مقدار دبی رودخانه باعث شده است که انرژی جریان رودخانه در بستر رودخانه توزیع شود و هرجایی که رودخانه قدرت حمل خود را ازدست‌داده مواد رسوبی را در بستر بجا بگذارد و پشته‌های ماسه‌ای متعددی را در بستر ایجاد کند و شرایط برای ایجاد الگوی گیسویی در این بازه‌ها فراهم شود. اما بازه‌های۸، ۹،۱۰،۱۱ و۱۲ رودخانه گاماسیاب در طی این ۵۶ سال به دلیل اینکه در سازندهای آبرفتی واقع‌شده‌اند و مواد بستر رودخانه مواد بسیار ریزی می‌باشد فقط دچار پدیده چرخش مئاندر شده‌اند و تغییر الگویی نداشته است رودخانه در بازه‌های بالادست مواد درشت‌دانه را بجا گذاشته و بازه‌های پایین‌دست رودخانه از قدرت حمل کمتری برخوردار است و تغییرات آن در حد چرخش مئاندر بوده است. لازم به ذکر است که بازه‌های ۱۱و ۱۲ رودخانه گاماسیاب دارای بستر کاملاً سنگی می‌باشد و در دره کوهستانی محصور می‌باشد به همین دلیل این بازه‌ها هیچ‌گونه تغییری نداشته‌اند.(پیروزی نژاد،۱۳۹۲،۶۲) رابطه همبستگی بین مقادیر شعاع در سال‌های مختلف بر روی رودخانه گاماسیاب نشان داد که مقادیر شعاع سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ در سطح ۰/۰۱ همبستگی دارند که نشان‌دهنده شباهت زیاد بین مقادیر شعاع و تغییرات کم شعاع می‌باشد. مقادیر شعاع سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ با مقادیر شعاع ۱۳۶۰ در سطح ۰/۰۵ همبستگی دارد که نشان‌دهنده شروع تغییرات است. مقادیر شعاع سال‌های ۱۳۳۴، ۱۳۴۸ و ۱۳۶۰با مقادیر شعاع سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ همبستگی ندارد که نشان‌دهنده تغییرات فراوان در اندازه شعاع رودخانه و حذف بسیاری از قوس‌های مئاندر می‌باشد. همچنین آزمون تی تست نشان داد که بین مقادیر شعاع سال‌های۱۳۳۴، ۱۳۴۸ و۱۳۶۰ اختلاف معنی‌داری بین ارقام شعاع رودخانه وجود ندارد و داده‌ها از توزیع و شباهت بالایی نسبت به هم برخوردار هستند اما بین داده‌های سال۱۳۳۴، ۱۳۴۸ و ۱۳۶۰ با داده‌های شعاع سال ۱۳۸۲ و۱۳۸۹ اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این بیانگر تغییرات رخداده در مقادیر شعاع و به‌عبارت‌دیگر تغییرات رخداده در پلان فرم رودخانه است. (تلوری ۱۳۷۸، ۱۶) با انجام آزمون تی تست بر روی مقادیر شعاع رودخانه شطیط بیان می‌کند اختلاف معنی‌داری بین شعاع قوس‌های کمتر از ۲۰۰۰ متر وجود دارد ولی در مورد شعاع‌های بزرگتر از ۲۰۰۰ متر این اختلاف در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد همچنین نتایج تحقیق ایشان بر روی رودخانه کارون نیز نشان می‌دهد که تغییرات شعاع در قوس‌های کوچک‌تر بیشتر از تغییرات شعاع در قوس‌های بزرگتر می‌باشد. ایشان در این تحقیق بهترین توزیع برای بررسی وضعیت شعاع قوس‌های رودخانه شطیط و کارون بزرگ را توزیع لوگ نرمال دانسته است که دلیل انتخاب این توزیع در این بررسی روند نسبتاً منظم تغییرات شعاع رودخانه بوده است اما بررسی‌های موجود و برازش مقادیر شعاع رودخانه گاماسیاب در نرم‌افزار Hyfa نشان داد که بهترین توزیع ، توزیع گامبل می‌باشد و دلیل اینکه این توزیع برای تغییرات اندازه شعاع رودخانه گاماسیاب مناسب شناخته شد تغییرات زیاد در اندازه شعاع رودخانه و حذف بسیاری از قوس‌های رودخانه بوده است. نتایج آزمون فرض صفر برای تغییرات شعاع رودخانه گاماسیاب نشان داد فرضیه صفر برای تغییرات شعاع در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ اثبات شد که بیان می‌کند اختلاف معنی‌داری بین داده‌های شعاع وجود ندارد

بنابراین رودخانه تغییر الگویی نداشته است. اما برای سال‌های ۱۳۶۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ فرضیه صفر رد می‌شود زیرا رودخانه تغییر الگو داده است و اختلاف معنی‌داری بین داده‌های شعاع وجود دارد بنابراین فرضیه یک اثبات می‌شود و بیان می‌کند که بین داده‌های شعاع رودخانه در سال‌های ۱۳۶۰تا ۱۳۸۹ اختلاف وجود دارد و رودخانه دچار تغییر الگو شده است.

منابع و مآخذ

- *Bartholdy J., P Billi.,(2002), Morphodynamics of pseudomeadering gravel bar reach, Geomorhpology 42,pp 293-310*
- *1-Burge Leif., (2005), Wandering Miramichi river, New Brunswick, Canada, Geomorphology69 253-274*
- *Dulal K., Y Shimizu., (2010), Experimental simulation of meandering in clay mixed sediments,Journal of hydro- environment Research4, 329-343*
- *Fuller I., and R.G Large, and D. J Milan, (2003), Quantifying channel development and sediment transfer following chute cutoff in a wandering gravel-bed river, Geomorphology 54, pp 307–323*
- *Goswami U.and J.N Sarma, and A.D Patgiri, (1999), River channel changes of the Subansiri in Assam, India, Geomorphology 30, pp.227-244*
- *Hooke, J.M, (2007), Complexity, self-organisation and variation in behavior in meandering rivers, Geomorphology 91, pp 236-258*
- *Joeckel, R.M., and G.M. Henebry, (2008), Channel and island change in the lower Platte River, Eastern Nebraska, USA: 1855–2005, Geomorphology 102 , pp.407–418*
- *Jorge D., and A Macelo., H. Garcia (2006), RVR Meander: A toolbox for re-meandering of channelized streams, Computers & Geosciences 32 p 92-101.*
- *Jozi A.,(2005) investigation with section and bank erosion gamasiab river in chmchamal plain in sahneh , master of arts tez , supervisor iraj jabary , faculity of humanitiese, razi university, geomorphology field ,pp.60-80*
- *Kemp J, (2004), Flood channel morphology of a quiet river, the Lachlan downstream from Cowra, southeastern Australia, Geomorphology 60, pp.171–19*
- *Li L., L Xixi, C Zhongyuan., (2007). River channel change during the last 50 years in the middle Yangtze River, the Jianli reach, Geomorphology85, pp, 185-196*
- *Nicol T., H Edward., (2010), Planform geometry and channel migration of confined meandering river on the Canadian Prairies.Geomorphology.116, pp 37-47*
- *Ollero A.,(2010), Channel changes and floodplain management in the meandering middlEbro river,Spain, Geomorhpology 117, pp,274277.*
- *Owczarek, Piotr, (2008), Hillslope deposits in gravel bed rivers and their effects on the evolution of alluvial channel forms: A case study from the Sudetes and Carpathian Mountains, pp.111-125*
- *Pirouzi najad N., (2013), change detection bar, shore line and flood plain in gamasiab river in (1955-2010), PHD.tez,supervisor mohamad hosin rezaee moghadam, advisor iraj jabary, faculity of geography, Tabriz university, geomorphology field ,pp50-60*
- *Rezaeemoghadam,M.H., ,and I jabbari and N pirouzinajad,(1392), Investigation channel plan forms meandering, birded and anabranching us of birding index and sinuosity in gamasiab river, Journal of Watershed Management Research, PP.22-38*
- *Ritter D., and R.C kochel and J.R miller., (1995), process geomorphology, Barbara hodgson, pp.212-232*
- *Sarma J.N., (2005).Fluvial process and morphology of the Brahmaputra river in Assam, India, Geomorhpology 70, pp.226-256*
- *Surian N., (2002), Downsteam variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes, Geomorphology 43, 137-149*

- *Talvari, A.,(1995),change detection planform in section in karon river,pajahesh va sazandgi30, pp.15-19*
- *Tooth., S. and T.S. McCarthya, (2004), Ana branching in mixed bedrock-alluvial rivers: example of the Orange River bove Augrabies Falls, Northern Cape Province, South Africa, Geomorphology 57 , 235*