دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی الگوهای رودخانه‌ای مئاندری، شریانی و آنابرنچینگ با استفاده از شاخص‌های شریانی و خمیدگی در رودخانه گاماسیاب

محمدحسین رضایی‌مقدم[۱]، ایرج جباری[۲] و نوشین پیروزی‌نژاد[۳]

۱- استاد، دانشگاه تبریز، (نویسنده مسوول: rezmogh@yahoo.com)
۲- دانشیار، دانشگاه رازی کرمانشاه
۳- دانشجوی دکتری، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۳

چکیده

رودخانه‌ها دارای الگوهای متفاوتی از جریان هستند. رودخانه‌های مستقیم و مئاندری رودخانه‌های تک مجرایی هستند و رودخانه‌های شریانی و رودخانه‌های با مجاری به‌هم پیوسته (آنابرنچینگ و آناستوموسینگ) رودخانه‌های با الگوی چند مجرایی هستند. رودخانه گاماسیاب در استان کرمانشاه دارای الگوهای متفاوتی از کانال است. در این مطالعه از روش تاریخی استفاده شده است و با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۴، ۱۳۴۸، ۱۳۸۲ و تصاویر ماهواره IRS سال ۱۳۸۹ انواع تغییرات پلان فرم بررسی شده است. با انجام عملیات مختصات دار کردن عکس‌های هوایی در نرم‌افزار Arc Map بر اساس نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ مسیر رودخانه و پشته‌های ماسه‌ای داخل رودخانه رقومی، و رودخانه به ۱۲ بازه تقسیم و شاخص شریانی و خمیدگی برای بازه‌های مختلف محاسبه شده است. نتایج نشان داد که رودخانه در طی ۵۶ سال گذشته تغییرات قابل توجهی داشته است به طوری که در بازه‌های بالادست به دلیل وقوع اولشن رودخانه از حالت مئاندری به الگوی رودخانه‌های با مجاری به‌هم پیوسته تبدیل شده است. اولشن به صورت یک حرکت و جابه‌جایی سریع قسمتی از مسیر رودخانه روی دشت سیلابی است که باعث ایجاد مجرای جدیدی می‌شود و شرایط را برای ایجاد الگوی مجاری به‌هم پیوسته فراهم می‌کند. بازه‌های میانی رودخانه از حالت مئاندری خارج و تبدیل به الگوی شریانی شده‌اند. اما بازه‌های پایین دست دارای الگوی مئاندری هستند و این بازه‌ها در طی ۵۶ سال گذشته تغییر الگویی نداشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات پلان فرم، عکس‌های هوایی، ضریب خمیدگی، شاخص شریانی، رودخانه گاماسیاب

مقدمه

الگوهای مجاری رودخانه‌ای در شیوه‌های قدیمی به انواع مستقیم[۱]، مئاندری[۲] و شریانی[۳] طبقه‌بندی می‌شوند. انواع الگوهای مجرای رودخانه را می‌توان به دو الگوی تک‌مجرایی و چند مجرایی تقسیم نمود. پشته‌های ماسه‌ای میانی رودخانه عامل اصلی در ایجاد الگوهای متفاوت کانال هستند. این پشته‌های ماسه‌ای در الگوی مئاندری به صورت پشته‌های تثبیت شده هستند و در الگوی شریانی در زمان سیلاب به راحتی حرکت می‌کنند. بریس به نقل از برتولدی (۱) بیش‌تر پشته‌های ماسه‌ای فاقد پوشش گیاهی را پشته‌های ناپایدار و یا گذرا و جزایر ماسه‌ای دارای پوشش گیاهی را تحت عنوان پشته‌های تثبیت شده و پایدار طبقه‌بندی نموده است (۱). رودخانه‌هایی که چند مجرایی هستند و مجاری آن‌ها را که در نزدیک پشته‌های ماسه‌ای از هم جدا می‌شوند را رودخانه‌های شریانی می‌گویند. رودخانه‌های شریانی با پشته‌های ماسه‌ای که معمولاً در زمان سیلاب زیرآب می‌روند مشخص می‌شوند در الگوی شریانی، مجاری بسیار موقت هستند و نمی‌توان برای آن‌ها ضریب خمیدگی را محاسبه کرد (۱۹). رودخانه‌هایی را که در محدوده دشت سیلابی با انشعابات متعدد ظاهر می‌شوند و دارای جزایر ثابتی هستند، را رودخانه‌های به‌هم‌پیوسته یا انشعابی[۴] می‌گویند. این مجاری به دلیل این‌که نسبتاً ثابت و مستقل هستند دارای ضریب خمیدگی مشخصی هستند. در رودخانه‌های با الگوی به‌هم پیوسته پشته‌ها یا جزایر محدوده‌ای از دشت سیلابی هستند که گسترده‌تر و ثابت‌تر از پشته‌های ماسه‌ای در الگوی شریانی هستند (۱). در الگوی رودخانه‌های با مجاری به‌هم پیوسته، پدیده اولشن[۵] جزء پدیده غالب است. اولشن در لغت به معنی جدا شدن زمینی از یک منطقه و پیوستن آن به منطقه و ملک دیگر در نتیجه تغییر مسیر رودخانه به دلیل وقوع سیل، جابه‌جایی و انتقال رودخانه می‌باشد (۳). اولشن به صورت یک حرکت کامل بخشی از کانال است به طوری که باعث ناپایداری کانال و ایجاد یک یا چند کانال جدید می‌شود. وقوع اولشن شرایط را برای ایجاد رودخانه‌های با مجاری به‌هم‌پیوسته فراهم می‌کند (۱۲). برای بررسی ویژگی‌های رودخانه‌های مئاندری از شاخص سینوسیته و برای رودخانه‌های شریانی از شاخص شریانی و برای رودخانه‌های مجاری به‌هم‌پیوسته از این دو شاخص به

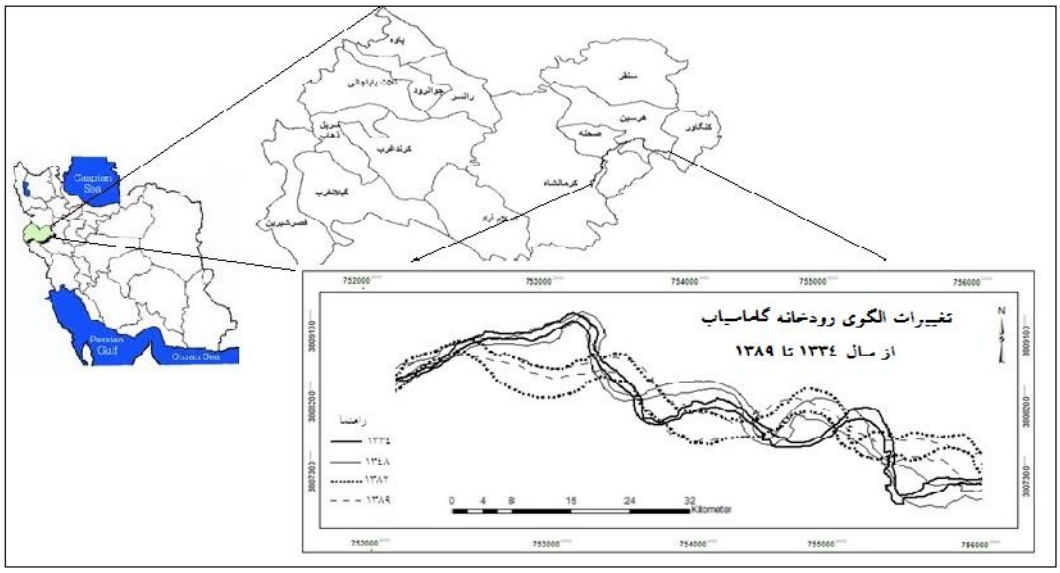
1- Straight 2- Meandering 3- Braided
4- Anabranching 5- Avulsion

همراه تحولات پدیده اولشن استفاده می‌شود. مطالعه تاریخی تغییرات کانال رودخانه مهم‌ترین قسمت از شناخت سیستم‌های آبرفتی است. تنها از طریق شناخت وضعیت گذشته رودخانه است که می‌توان روند تغییرات کانال را در زمان حال و آینده پیش‌بینی کرد (۲۰). بررسی تغییرات رودخانه‌ای در مقیاس زمانی و مکانی با استفاده از نقشه‌ها و تصاویر تاریخی در سال‌های اخیر به تعداد زیادی افزایش یافته است. افرادی مانند گاسوامی (۶)، سانتو (۱۷)، برتولدی (۱)، اکونور (۱۵)، سارما (۱۸)، هوک (۷)، نیکل (۱۳) به بررسی تغییرات رودخانه ای با استفاده از GIS پرداخته‌اند، برای مثال مثال گاسوامی و همکاران (۶) به بررسی مدل‌های تعیین کننده در شناخت انواع الگوهای رودخانه‌ای پرداخته‌اند و بر اساس فرمول‌های تجربی انواع پلان فرم و آستانه‌هایی که الگوهای شریانی را از مجاری به‌هم پیوسته و مئاندری جدا می‌کنند، تعریف کرده‌اند. لتروبس (۱۱) به بررسی الگوی کانال مجاری به هم پیوسته در رودخانه مگا از شاخه‌های رودخانه آمازون در آمریکای جنوبی اقدام نمود و با اندازه‌گیری پارامترهای دبی، نسبت عرض به عمق، اندازه‌گیری ذرات، قدرت جریان و عدد فرود به تعیین الگوی کانال پرداخت. وی بیان کرد که رودخانه مگا نمی‌تواند بر اساس الگوی مئاندری و شریانی تقسیم شود و این رودخانه دارای الگوی مجاری به‌هم پیوسته است. فیلیپس (۱۶) به بررسی پدیده اولشن و فاکتورهای کنترل کننده پرداخت و بیان کرد که اولشن وابسته به فاکتورهایی است که در مقیاس جهانی در سیستم‌های آبرفتی دیده می‌شود. فاکتورهایی که باعث ایجاد پدیده اولشن می‌شود شامل آبرفت‌گذاری، دبی‌های فراوان و افزایش شیب و کانال‌های رها شده در دشت سیلابی است. اولرو (۱۴) نیز انواعی از کانال‌های ساده، مئاندری و شریانی را در رودخانه ابرو و نیز تغییرات مهاجرت مئاندر، رشد سینوسیته، بریدگی، اولشن، تغییرات عرض کانال و باریک شدگی کانال را مطالعه کرده است. سارما (۱۸) به بررسی مورفولوژی رودخانه براهماپوترا در هند پرداخت. وی مقدار رسوب معلق سالانه و ویژگی‌های کانال رودخانه را به وسیله پشته‌های ماسه‌ای میانی و کناری شناسایی کرد. ایشان تغییرات انشعابی مئاندر را به دلیل بریدگی‌های نعل اسبی در روند حرکت مئاندر دانسته که باعث شده تا شاخص شریانی از ۶/۱۱ به ۸/۳۳ افزایش پیدا کند. نیکل (۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی ژئومتری در مهاجرت کانال رودخانه‌های مئاندری محبوس و آزاد پرداخت. در این مطالعه، ژئومتری پلان فرم رودخانه و الگوی رفتار جابه جایی و مهاجرت مئاندر در ۲۳ نقطه در رودخانه برتیش کلمبیا مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که نسبت طول کانال به عرض کانال و انحناء کانال در رودخانه‌های مئاندری خیلی بیش‌تر از رودخانه‌های آزاد است. این تحقیق نیز با هدف شناسایی انواع الگوهای رودخانه‌ای انجام شده است. رودخانه گاماسیاب در استان کرمانشاه یک سیستم آبرفتی بزرگ می‌باشد که به منظور شناخت الگوی رودخانه‌ای و تغییرات آن از روش تاریخی استفاده شده است و در طی آن روند تغییرات الگوی رودخانه استخراج شده است. بنابراین هدف از این تحقیق به شرح زیر بوده است: ۱- بررسی ماهیت تغییرات کانال رودخانه گاماسیاب طی ۵۶ سال گذشته، ۲- محاسبه شاخص خمیدگی و شاخص شریانی برای بازه‌های مختلف ۳- شناخت انواع تغییرات الگوی رودخانه و تغییرات عرضی کانال رودخانه، ۴- بررسی رابطه تغییرات دبی و وقوع اولشن.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

رودخانه گاماسیاب از چشمه‌های آهکی واقع در ۲۱ کیلومتری جنوب شرقی نهاوند واقع در استان همدان از دامنه‌های شمالی ارتفاعات گرین به نام سراب گاماسیاب سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه از سمت نهاوند با جهت غربی شرقی وارد شهرستان‌های کنگاور، هرسین و بیستون شده و سپس در بیستون با عبور از نزدیک کوهستان وارد منطقه فرامان شده و با جهت شمالی جنوبی به مسیر خود ادامه می‌دهد و پس از دریافت آب سایر شاخه‌های فرعی و جریانات سطحی حوزه‌های مجاور به رودخانه قره‌سو می‌پیوندد. گاماسیاب در شهرستان خرم‌آباد سیمره نامیده می‌شود و در خوزستان به نام کرخه است. برای انجام این مطالعه یک بازه ۹۰ کیلومتری از رودخانه انتخاب شده است که در طول جغرافیایی ″۵۷ ′۲۰ °۴۷ الی ″۵۵ ′۵۹ °۴۷ و عرض جغرافیایی ″۳۸ ′۱۰ °۳۴ الی ″۵۷ ′۲۰ °۳۴ قرارگرفته است. این رودخانه در طول مسیر خود از واحدهای کوهستانی تنگ و دشت‌های آبرفتی وسیع می‌گذرد (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه.

برای انجام تحقیق حاضر، عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ منطقه با مقیاس۱/۵۵۰۰۰ از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح خریداری شده است. عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۸ با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی سال ۱۳۸۲ با مقیاس۱/۴۰۰۰۰ منطقه از سازمان نقشه‌برداری خریداری شده است. همچنین باند پانکروماتیک تصاویر ماهواره‌ای IRS متعلق به سال ۲۰۱۰ (مصادف با سال ۱۳۸۹) با قدرت تفکیک ۵/۸ متر تهیه شده است. با اسکن کردن عکس‌های هوایی عملیات مختصات دار کردن عکس‌های هوایی[1] انجام شد. به طوری که عکس‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ مختصات دار شده است. سپس در نرم افزار Arc Map مسیر رودخانه برای دوره‌های ۱۳۳۴، ۱۳۴۸، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ رقومی شده است. مسیر رودخانه بر اساس تغییرات مورفولوژی رودخانه به ۱۲ بازه تقسیم شد. از آن‌جایی‌که رودخانه در قسمت‌های بالادست دارای الگوی مجاری به‌هم پیوسته می‌باشد و این الگو از رودخانه دارای ترکیبی از الگوی شریانی و مئاندری است به منظور محاسبه تغییرات و کمی کردن این تغییرات از ضریب خمیدگی و شاخص شریانی بریس برای محاسبات استفاده شده است. در محل‌هایی که رودخانه به چندین کانال جداگانه تقسیم می‌شود برای شاخه و مجرای اصلی کانال ضریب خمیدگی محاسبه شد و برای شاخه‌های فرعی شاخص شریانی محاسبه گردیده است. برای محاسبه ضریب خمیدگی مشخصات هندسی پیچان رودها از قبیل طول موج، طول قوس و دامنه انحنا استخراج گردیده است و سپس با استفاده از رابطه ۱ ضریب خمیدگی برای هر قوس در طی ۴ دوره محاسبه شده است.

$$S=\frac{L}{\lambda/2}$$ رابطه (۱)

که در این رابطه L: طول موج و λ: نصف طول موج می‌باشد.

محاسبه شاخص شریانی

برای محاسبه شاخص شریانی در بازه‌هایی که شریانی هستند از روش بریس استفاده شده است. این روش بر اساس پیشنهاد بریج (۱) بهترین روش در محاسبه شاخص شریانی معرفی شده است. بر اساس این روش، طول پشته‌های ماسه‌ای موجود در داخل رودخانه تقسیم بر طول کانال‌های مختلف در یک بازه می‌شود. برای محاسبه ضریب شریانی در رودخانه گاماسیاب از رابطه ۲ استفاده شده است.

رابطه (۲)

ضریب گیسویی بریس = مجموع طول موانع در قطعه موردنظر / طول خط وسط قطعه موردنظر

نتایج و بحث

برای بررسی تغییرات الگوی رفتاری کانال رودخانه گاماسیاب مقادیر ضریب خمیدگی و شاخص شریانی برای بازه‌های مختلف برای ۴ دوره مطالعاتی محاسبه شد (جدول ۱). مقادیر جدول بیانگر تغییرات فراوان در الگوی مئاندر در بازه‌های مختلف است. در طی سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ کل مسیر رودخانه دارای الگوی مئاندری می‌باشد و رودخانه تغییر الگویی نداشته است.

1- Orthophoto

و ضریب خمیدگی برای رودخانه محاسبه شده است. در فاصله سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۸۹ رودخانه تغییر الگو داده است. ایجاد الگوی رودخانه با مجاری به‌هم پیوسته و شریانی باعث شده که در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ ضریب شریانی شدن برای رودخانه محاسبه شود. وقوع اولشن، افزایش حجم رسوب، کاهش دبی و احداث بند روی رودخانه از جمله دلایل تغییر الگوی کانال در رودخانه گاماسیاب است. اولشن به صورت یک حرکت و جابه‌جایی سریع باعث ایجاد کانال و شاخه جدیدی از مجرا شده است (۱۰). این پدیده شرایط را برای ایجاد رودخانه‌های با مجاری به‌هم پیوسته و رودخانه‌های پیچان با بستر گراولی فراهم کرده است (شکل‌های ۲ و ۳).

شکل ۲- پدیده اولشن در رودخانه گاماسیاب.

شکل ۳- پدیده اولشن در دشت سیلابی (بریلی، ۲).

جدول ۱- محاسبه ضریب خمیدگی و شاخص شریانی بریس برای رودخانه گاماسیاب

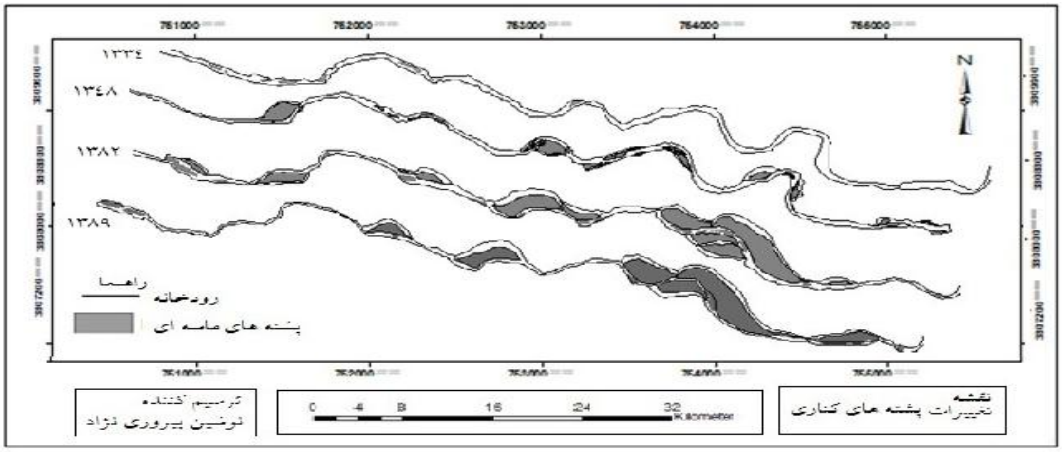
نام بازه	طول (کیلومتر)	ضریب سینوسیته				شاخص شریانی بریس			
		۱۳۳۴	۱۳۴۸	۱۳۸۲	۲۰۱۰	۱۳۳۴	۱۳۴۸	۱۳۸۲	۲۰۱۰
۱	۵۹۰۵	۱/۹۵	۱/۷۶	۱/۷۶	۱/۹۳	۰	۰	۱/۰۴	۱/۳۳
۲	۵۶۴۱	۱/۷۲	۱/۶۵	۱/۶۵	۲/۱۵	۰	۰	۰/۷۵	۰/۷۸
۳	۵۷۹۶	۱/۷۵	۱/۸۳	۱/۸۳	۲	۰	۰	۱/۸	۳/۲۵
۴	۴۵۴۴	۱/۸۳	۱/۷۳	۰	۰	۰	۰	۰/۷۸	۱/۱۹
۵	۳۸۶۰	۱/۸۲	۱/۷۱	۰	۰	۰	۰	۰/۸۰	۱/۹۸
۶	۳۶۵۷	۱/۷۸	۱/۸۵	۱/۸۵	۲	۰	۰	۰	۰
۷	۴۲۸۵	۱/۹۴	۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۹۹	۰	۰	۰	۰
۸	۷۵۸۰	۲	۱/۷۹	۱/۷۹	۱/۷۵	۰	۰	۰	۰
۹	۱۰۵۴۷	۱/۷۲	۱/۸۰	۱/۸۰	۱/۷۵	۰	۰	۰	۰
۱۰	۱۲۰۲۸	۱/۸۸	۱/۹۰	۱/۹۰	۱/۶۸	۰	۰	۰	۰
۱۱	۱۱۲۳۷	۱/۸۹	۱/۸۵	۱/۸۵	۱/۷۲	۰	۰	۰	۰
۱۲	۱۴۶۸۶	۱/۶۱	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۰	۰	۰	۰

بازه‌های ۱ و ۲ رودخانه گاماسیاب در سال ۱۳۳۴ و ۱۳۴۸ دارای الگوی مئاندری خیلی توسعه یافته بوده‌اند که وقوع اولشن باعث ایجاد انشعابات فرعی کانال در این بازه شده است و رودخانه از حالت تک مجرایی خارج و به شکل چند مجرایی درآمده است. برگ (۴) این الگوی کانال را gravel bed river wandering تعریف کرده است (شکل‌های ۴ و ۵).

شکل ۴- الگوی رودخانه پیچان با بستر گراولی رودخانه گاماسیاب.

شکل ۵- الگوی رودخانه پیچان با بستر گراولی (بریلی، ۲).

رودخانه‌های پیچان‌رود با بستر گراولی در بسیاری از اقلیم‌ها و مناطق زمین شناسی ایجاد می‌شوند اما در نواحی کوهستانی که مقادیر بالایی رسوب از کوهستان وارد جریان اصلی می‌شوند. این نوع از رودخانه‌ها فراوان هستند. مقادیر رسوب ورودی باعث تشکیل پشته‌های میانی بزرگی در وسط کانال می‌شود که ممکن است محرکی برای وقوع پدیده اولشن شود. رودخانه‌های پیچان شرایط انرژی انتقالی آن‌ها بین رودخانه‌های شریانی و مئاندری است. میزان خمیدگی کانال اصلی در این الگو دارای روند افزایشی است و کانال‌های فرعی زیادی دارد. برای تعریف رودخانه‌های پیچان از شاخص‌های سینوسیته، شاخص کانال‌های رها شده، شاخص شریانی، میانگین تعداد کانال به عرض دره، رتبه کانال و شاخص طول موج شریانی استفاده می‌شود (۴). بازه‌های ۱ و ۲ رودخانه گاماسیاب دارای الگوی رودخانه‌های پیچان با بستر گراولی است. در بازه ۱ ضریب خمیدگی کانال از ۱/۹۵ در سال ۱۳۳۴ به ۱/۷۶ در سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۸۲ کاهش یافته است که در سال ۱۳۸۹ این ضریب مجدداً به ۱/۹۳ رسیده است و در بازه ۲ ضریب خمیدگی از ۱/۷۲ در سال ۱۳۳۴ به ۱/۶۵ در سال ۱۳۴۸و ۱۳۸۲رسیده که در سال ۱۳۸۹ این ضریب به ۲/۱۵ افزایش یافته است. با توجه به تغییرات رخ داده در پلان فرم رودخانه و گرایش رودخانه به سمت الگوی پیچان‌رود با بستر گراولی شاخص شریانی برای کانال‌های فرعی محاسبه شده است. شاخص شریانی بریس برای بازه ۱ در سال ۱۳۸۲ به ۱/۰۴ و این شاخص در سال ۱۳۸۹ به ۱/۲۳ افزایش یافته است. در بازه ۲ شاخص بریس از ۰/۷۵ در سال ۱۳۸۲ به ۰/۷۸ در سال ۱۳۸۹ افزایش یافته است (شکل ۶).



شکل ۶- روند تغییرات الگوی رودخانه گاماسیاب.

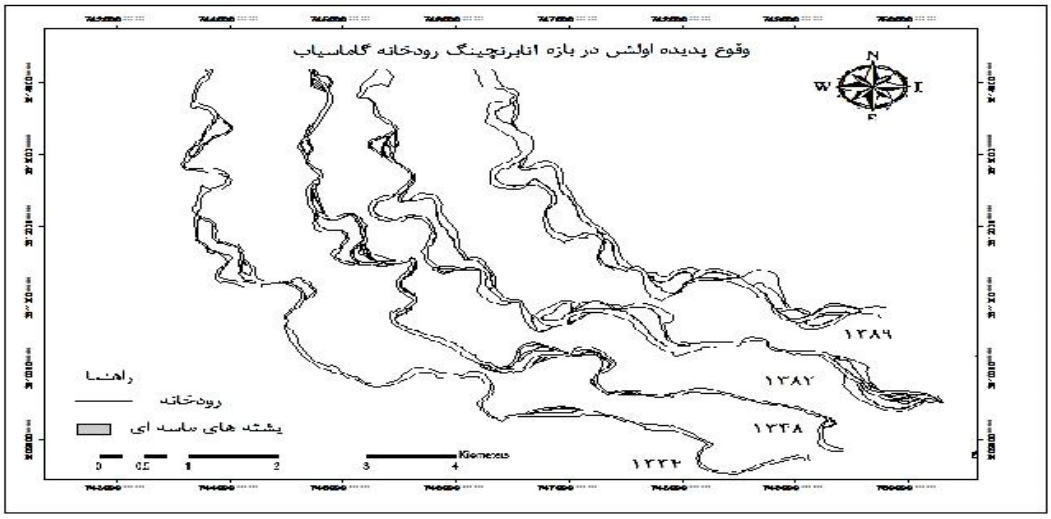
بازه ۳ رودخانه گاماسیاب دارای الگوی رودخانه با مجاری به‌هم پیوسته می‌باشد این بازه از رودخانه در سال ۱۳۳۴ دارای یک اولشن بزرگ بوده که باعث ایجاد یک جزیره میانی بزرگ شده است و می‌توان گفت رودخانه در این بازه در سال ۱۳۳۴ نیز دارای الگوی رودخانه‌های با مجاری به‌هم‌پیوسته بوده است و کانال اصلی رودخانه ضریب خمیدگی بالایی داشته است. در سال‌های بعد وقوع اولشن باعث ایجاد مجاری فرعی

بیش‌تری در اطراف رودخانه شده است. ویژگی این بازه از رودخانه تقسیم کانال به چندین شاخه و انشعاب فرعی است. این شاخه‌ها به وسیله پشته‌ها و یا جزایری از دشت سیلابی از هم‌دیگر جدا می‌شوند. بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای این جزایر در طی زمان زیادی ثابت هستند که شاخه‌های فرعی رودخانه با ضریب خمیدگی بالا اطراف این پشته‌ها و جزایر را گرفته‌اند. منشأ تشکیل و پیدایش جزایر رسوبی در الگوی رودخانه با مجاری به هم پیوسته بسیار متفاوت از رودخانه‌های مئاندری است. جزایر رسوبی و پشته‌های ماسه‌ای در رودخانه‌های مستقیم و مئاندری در اندازه‌های کوچک‌تر و در مدت زمان زیادی تشکیل می‌شوند. این جزایر به صورت انفرادی در فواصل زیاد در طول رودخانه ایجاد می‌شوند و در زمان کم آبی رأس این جزایر از آب بیرون است. این پشته‌ها و جزایر به دلیل استفاده از شن و ماسه در فصل کم آبی مورد برداشت قرار می‌گیرند. اما در الگوی رودخانه با مجاری به هم پیوسته جزایر در واقع بخشی از رسوبات دشت سیلابی هستند و به علت حرکت ناگهانی بخشی از کانال و یا همان پدیده اولشن ایجاد شده‌اند و برای همیشه این جزایر ثابت هستند. این جزایر در واقعه بخشی از زمین‌های دشت سیلابی هستند که به محاصره شاخه‌های فرعی رودخانه در آمده‌اند. تفاوت این الگو از رودخانه نسبت به الگوی شریانی در ثبات جزایر رسوبی است. در الگوی شریانی، جزایر با وقوع هر سیلاب به راحتی جابه‌جا می شوند و تغییر شکل و مساحت می‌دهند. فاکتورهایی که باعث توسعه الگوی رودخانه با مجاری به هم پیوسته شده است، شامل آبرفت‌گذاری و رژیم هیدرولیکی مناسب منطقه است. تحت این شرایط شبکه‌های فرعی کانال رودخانه به وسیله پدیده اولشن و آبرفت‌گذاری و انحراف جریان سیلابی به بیرون از کانال ایجاد شده‌اند (۵). تفاوت بین کانال‌های منفرد و الگوهای چند مجرایی شاخص شریانی شدن است که رودخانه به چند شاخه تقسیم می‌شود. بنابراین، برای این بازه از رودخانه برای مجرای اصلی ضریب خمیدگی و برای مجاری فرعی شاخص شریانی محاسبه شده است (شکل‌های ۷ و ۸).

شکل ۷- الگوی رودخانه آنابرنچینگ.

شکل ۸- الگوی آنابرنچینگ در رودخانه گاماسیاب.

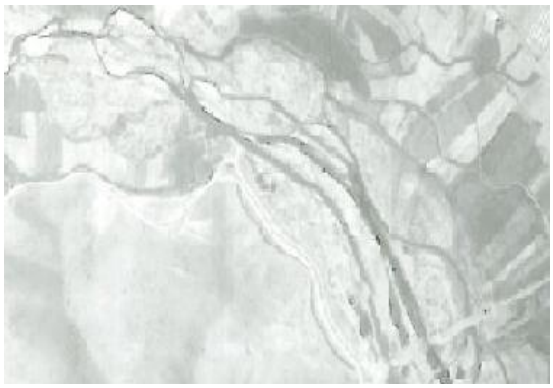
ضریب خمیدگی این الگو در سال ۱۳۳۴ ۱/۷۵ و در سال ۱۳۴۸ و ۱۳۸۲ این ضریب به ۱/۸۳رسیده است. هم‌زمان با افزایش تعداد اولشن‌ها در سال ۱۳۸۹ ضریب خمیدگی کانال اصلی به ۲ رسیده است و الگوی کانال تبدیل به الگوی مجاری به‌هم پیوسته شده است و تعداد انشعابات فرعی بسیار زیاد شده است. با توجه به افزایش تعداد کانال‌های فرعی از شاخص شریانی بریس برای محاسبه کانال‌های فرعی استفاده شد که مقدار آن از ۱/۸ در سال ۱۳۸۲ به ۳/۲۵ در سال ۱۳۸۹ رسیده است. طبق تعریف بریج (۱) رودخانه های با مجاری به‌هم پیوسته (آنابرنچینگ) رودخانه‌هایی هستند که دارای ضریب خمیدگی بیش‌تر از ۱/۵ هستند بر اساس این تعریف بازه ۳ رودخانه گاماسیاب دارای الگوی مجاری به‌هم پیوسته می‌باشد (شکل ۹).



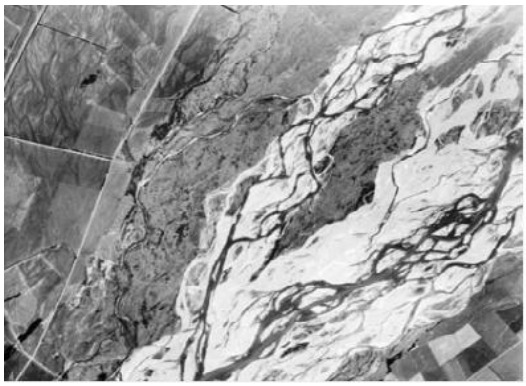
شکل ۹- الگوی مجاری به هم پیوسته همراه با پدیده اولشن در بازه ۳ رودخانه.

تغییر الگوی رودخانه از مئاندری به شریانی

بر اساس مشاهدات عکس‌های هوایی و بازدیدهای صحرایی ثابت شده است که بازه‌های ۴، ۵ و ۶ رودخانه گاماسیاب دارای الگوی شریانی هستند. این بازه‌ها از رودخانه در طی ۵۶ سال گذشته از الگوی مئاندری به الگوی شریانی تغییر پلان فرم داده‌اند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

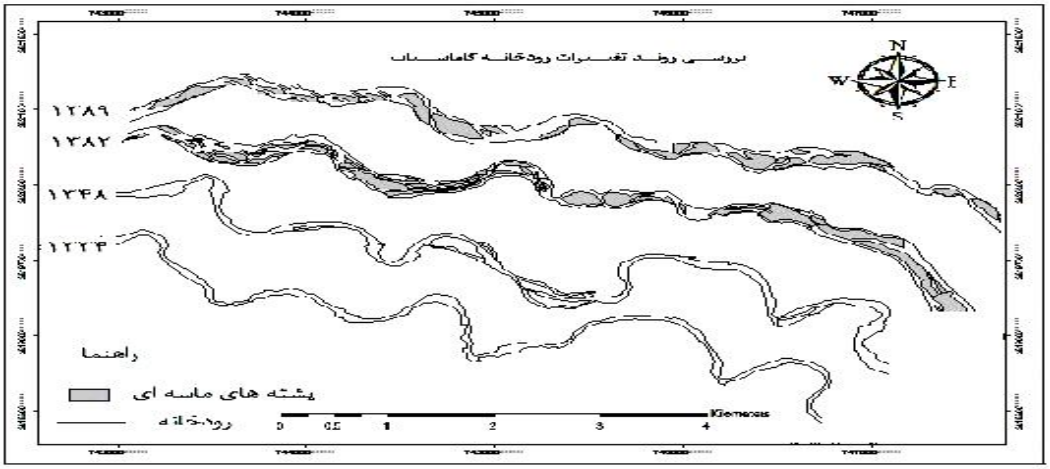


شکل ۱۰- الگوی شریانی در رودخانه گاماسیاب.



شکل ۱۱- الگوی رودخانه شریانی (بریلی، ۲).

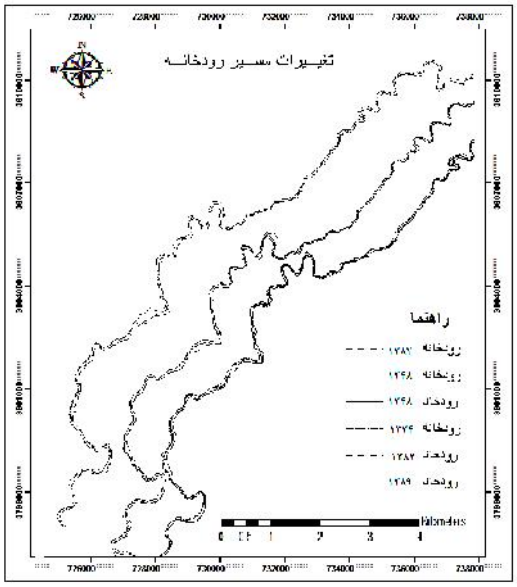
بازه ۴ رودخانه در سال ۱۳۳۴ دارای الگوی مئاندری با ضریب خمیدگی ۱/۸۳ بوده است، در سال ۱۳۴۸ اولشن‌های زیادی رخ داده و ضریب خمیدگی مجرای اصلی به ۱/۷۳ کاهش یافته است. این بازه از رودخانه در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ تمام قوس‌های آن حذف شده و ضریب خمیدگی آن به صفر کاهش یافته است. نسبت تعداد قوس مئاندر به کیلومتر در بازه ۴ در سال ۱۳۳۴ ۱/۵۶، در سال ۱۳۴۸ ۲/۲، در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ این نسبت به صفر رسیده و عملاً قوسی از مئاندر در طول این بازه به چشم نمی‌خورد. این بازه از رودخانه در سال ۱۳۸۲ و ۱۳۸۹ تبدیل به الگوی شریانی شده و شاخص شریانی آن‌ها از ۰/۷۸ در سال۱۳۸۲ به ۱/۹۸ در سال ۱۳۸۹ رسیده است. بازه ۵ رودخانه نیز همین شرایط را دارد و این بیان‌گر تغییرات الگوی رودخانه می‌باشد. بازه ۶ نیز در سال ۱۳۳۴ دارای الگوی مئاندری بوده است که در سال ۱۳۴۸ تبدیل به الگوی مئاندری متکامل با وقوع اولشن فراوان شده است. اما در سال ۱۳۸۲ تبدیل به الگوی شریانی شده و تعداد قوس‌های مئاندر از ۹ قوس به ۲ قوس در سال ۱۳۸۲ کاهش یافته است. بنابراین بازه‌های ۴، ۵ و ۶ رودخانه از الگوی مئاندری به الگوی شریانی تغییر پلان فرم داده‌اند (شکل ۱۲).



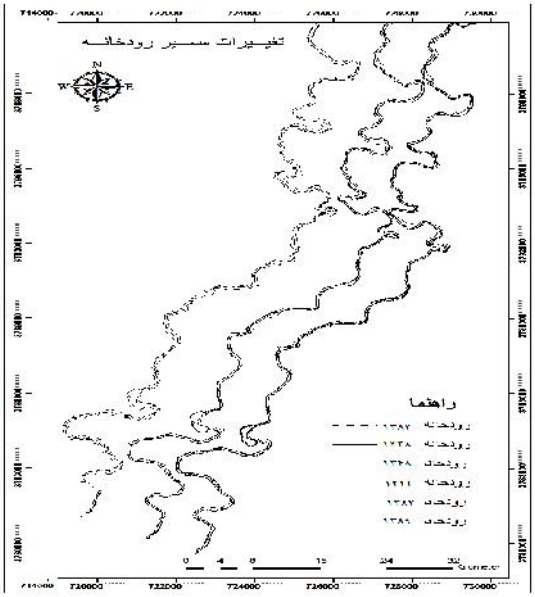
شکل ۱۲- تغییرات الگوی کانال از مئاندری به شریانی در بازه ۴ و ۵.

الگوی مئاندری

بازه‌های ۷ تا ۱۲ رودخانه گاماسیاب در طی ۵۶ سال گذشته دارای الگوی مئاندری بوده و تغییر الگویی نداشته‌اند و تنها دارای پدیده چرخش و انتقال مئاندر بوده‌اند. (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).



شکل ۱۳- انتقال مئاندر در بازه‌های ۷ تا ۱۰.

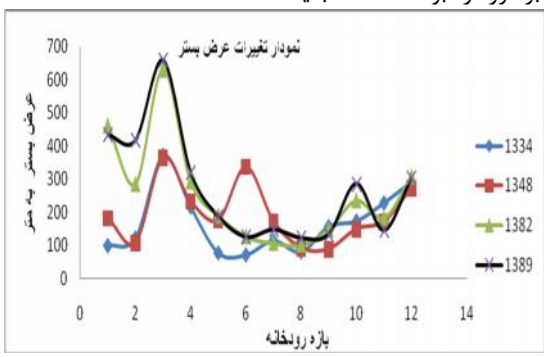


شکل ۱۴- انتقال مئاندر در بازه‌های ۱۱ و ۱۲.

تأثیرات وقوع پدیده اولشن بر افزایش عرض کانال در محدوده دشت سیلابی

تغییرات الگوی رودخانه باعث تغییراتی در عرض رودخانه و گسترش رودخانه در دشت سیلابی شده است با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای عرض رودخانه در نرم‌افزار AutoCAD اندازه‌گیری و روند تغییرات آن بررسی شده است. تغییرات عرضی کانال نشان‌دهنده تغییرات مورفولوژی ایجاد شده و تغییر الگوی کانال است. نقشه‌های تهیه شده در ۴ دوره متوالی از کانال رودخانه گاماسیاب نشان داد، در مکان‌هایی که پشته‌های ماسه‌ای میانی وجود دارد کانال عریض‌تر است هم‌چنین میانگین تغییرات عرض کانال از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۸۹ نشان داد که تغییرات عرض رودخانه به طور کلی از روند افزایشی برخوردار بوده است. بازه‌های ۱، ۲ و ۳ به دلیل تغییر الگو از مئاندری به الگوی با مجاری به‌هم‌پیوسته و بازه‌های ۴، ۵ و ۶ به

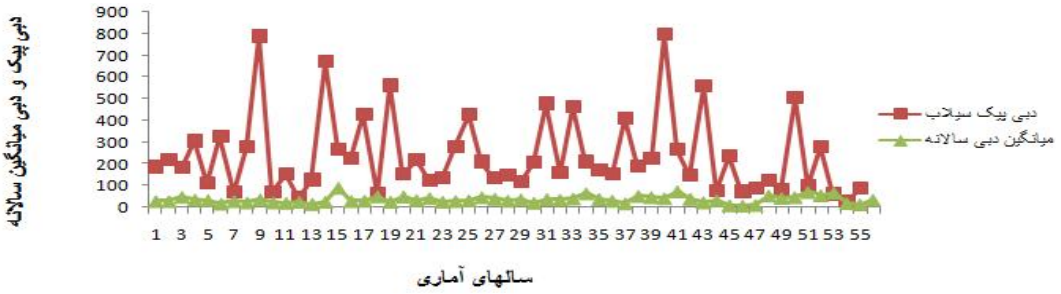
دلیل تغییر الگوی کانال از مئاندری به شریانی از بیشترین تغییرات عرضی برخوردار بوده‌اند. اما بقیه بازه‌ها تغییرات عرضی کم‌تری داشته‌اند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نمودار تغییرات عرض بستر.

رابطه مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای با وقوع اولشن

با استخراج مقادیر دبی پیک حداکثر لحظه‌ای برای ۵۷ سال متمادی می‌توان تأثیر این پدیده را بر روی وقوع اولشن و چند مجرایی شدن رودخانه به خوبی اثبات کرد. مقادیر دبی پیک نشان‌دهنده وقوع دبی‌های حداکثر بسیار بالا نسبت به مقدار میانگین سالانه است. وقوع دبی‌های پیک ۸۰۰ متر مکعب بر ثانیه نسبت به مقدار میانگین ۳۵ متر مکعب بر ثانیه در رودخانه گاماسیاب نشان‌دهنده ایجاد شرایط لازم برای وقوع پدیده اولشن و سرریز شدن جریان از کانال اصلی است. شرایط توپوگرافی، وضعیت دشت سیلابی و انباشت پشته‌های آبرفتی در وسط کانال اصلی باعث وقوع پدیده اولشن شده و این مسئله شرایط را برای ایجاد الگوی مجاری به‌هم‌پیوسته فراهم کرده است (شکل ۱۶). به طور کلی، تغییرات شاخص خمیدگی و وقوع اولشن باعث شده است که رودخانه در دهه‌های مختلف در بازه‌های مختلف پلان فرم‌های متفاوتی داشته باشد (جدول ۲).



شکل ۱۶- مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای و دبی میانگین ایستگاه پل چهر.

جدول ۲- تغییرات الگوی کانال رودخانه گاماسیاب در بازه‌های مختلف در طی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۹

بازه	۱۳۳۴	۱۳۴۸	۱۳۸۲	۱۳۸۹
۱	مئاندری با پدیده اولشن	مئاندر متکامل با پدیده اولشن	الگوی پیچان با بستر گراولی	الگوی پیچان با بستر گراولی
۲	مئاندری با پدیده اولشن	مئاندر متکامل با پدیده اولشن	الگوی پیچان با بستر گراولی	الگوی پیچان با بستر گراولی
۳	مئاندری با پدیده اولشن	مئاندر متکامل با پدیده اولشن	آنابرنچینگ	آنابرنچینگ
۴	مئاندری با پدیده اولشن	مئاندری متکامل با پدیده اولشن	شریانی	شریانی
۵	مئاندری با پدیده اولشن	مئاندری متکامل با پدیده اولشن	شریانی	شریانی
۶	مئاندری با پدیده اولشن	مئاندری	شریانی	شریانی
۷	مئاندری	مئاندری	مئاندری	مئاندری
۸	مئاندری	مئاندری	مئاندری	مئاندری
۹	مئاندری	مئاندری	مئاندری	مئاندری
۱۰	مئاندری	مئاندری	مئاندری	مئاندری
۱۱	مئاندری	مئاندری	مئاندری	مئاندری
۱۲	مئاندری	مئاندری	مئاندری	مئاندری

بررسی بازه‌های مختلف رودخانه گاماسیاب با روش تاریخی بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای نشان داد که این رودخانه در بازه‌های بالادست تغییرات فراوانی داشته است، به طوری که باعث تغییر پلان فرم رودخانه از مئاندری به الگوی رودخانه‌های پیچان با بستر گراولی و الگوی مجاری به‌هم پیوسته شده است. لتروبس (۱۱) بیان می‌کند که رودخانه‌های بزرگ در معرض انواعی از الگوهای کانال هستند و در سیستم‌های آبرفتی بزرگ تعاریفی مانند رودخانه‌های مستقیم، مئاندری، شریانی و آنابرنچینگ خیلی سخت است. رودخانه گاماسیاب نیز یک سیستم آبرفتی بزرگ به‌شمار می‌رود. در حال حاضر دارای انواعی از الگوهای جریان است. ایجاد دبی‌های پیک لحظه‌ای زیاد نسبت به میانگین دبی سالانه، شرایط توپوگرافی بستر و وضعیت کوهستانی منطقه، مواد رسوبی فراوانی را وارد مسیر رودخانه می نماید که شرایط را برای ایجاد پدیده اولشن و چند مجرایی شدن جریان فراهم می‌کند. فیلیپس (۱۶) در نتایج تحقیق خود بیان می کند در رودخانه های با بستر گراولی در حوزه‌های کوهستانی اولشن یک پدیده عمومی است و این فرآیند باعث حرکت و مهاجرت جانبی بخشی از کانال می‌شود. وقوع اولشن در رودخانه گاماسیاب نیز باعث ایجاد جابجایی بخش‌های از کانال و ایجاد شاخه‌های فرعی شده است. به همین دلیل در بازه‌های ۱، ۲ و ۳ دارای تغییرات الگوی کانال از مئاندری به رودخانه‌های پیچان با بستر گراولی و مجاری به‌هم پیوسته هستیم. بازه ۴، ۵ و ۶ رودخانه به دلیل افزایش حجم رسوب و کاهش مقدار دبی توانایی حمل رسوبات را نداشته و رودخانه از الگوی مئاندری تبدیل به الگوی شریانی شده است. احداث بند عین القاس بر روی رودخانه در تغییر الگوی رودخانه به الگوی شریانی نقش فراوانی داشته است. بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی جزایر و پشته های ماسه ای تجمع یافته در این بازه‌ها به راحتی جابه‌جا می‌شوند و مسیر جریان آب نیز در بستر سیلابی رودخانه تغییر می‌کند. بازه‌های ۷ تا ۱۲ رودخانه در طی چهار دوره متوالی هیچ‌گونه تغییر الگویی نداشته و با الگوی مئاندری به مسیر خود ادامه داده‌اند و در طی این مدت دچار تغییراتی در حد جابه‌جایی، چرخش و انتقال مئاندر شده‌اند.

همان‌طوری که نیکل و همکاران (۱۳) در تحقیقات خود بیان می‌کنند، رودخانه‌های با بستر ماسه‌ای دارای قدرت جریان و حرکت کم‌تری نسبت به رودخانه‌های با بستر گراولی هستند. بازه‌های بالادست رودخانه گاماسیاب نیز که جنس مواد گراولی دارد به راحتی تغییر مسیر و تغییر پلان فرم داده‌اند و شاخص شریانی آن‌ها افزایش یافته است اما بازه‌های پایین دست با جنس رسوبات ریزدانه الگوی مئاندری خود را حفظ کرده‌اند. نتایج تحقیق بر روی رودخانه گاماسیاب شبیه به کار ون مارن در سال (۲۰) است. وی به بررسی الگوی کانال در رودخانه لاون از شاخه‌های رودخانه زرد در چین پرداخت. او در نتایج تحقیق خود بیان می‌کند تمرکز رسوب به طور مشخصی، الگوی کانال را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد و این باعث می‌شود الگوی کانال در وسط رودخانه به الگوی شریانی تبدیل شود. در رودخانه گاماسیاب نیز تجمع رسوب و کاهش مقدار دبی باعث تجمع رسوب در بازه‌های میانی رودخانه و تغییر الگوی رودخانه از مئاندری به شریانی شده است. اولرو نیز در تحقیقات خود بر روی رودخانه مئاندری ابرو بیان کرد که تغییرات کانال، تغییرات رشد پشته‌ها، پوشش گیاهی و کاربری دشت سیلابی در رابطه با تغییرات الگوهای رودخانه‌ای و مهاجرت و بریدگی مئاندر است. در رودخانه گاماسیاب نیز تغییرات الگوی رودخانه باعث تغییر در مساحت پشته‌های میانی، کناری و دشت سیلابی شده است. سارما (۱۸) در نتایج تحقیق خود بر روی رودخانه براهماپوترا در هندوستان بیان می‌کند، تغییرات انشعابی مآندر به دلیل بریدگی‌های نعل اسبی باعث شده که شاخص شریانی از ۶/۱۱ به ۸/۳۳ افزایش پیدا کند، در رودخانه گاماسیاب نیز ایجاد شاخه‌های فرعی به دلیل ایجاد بریدگی‌ها باعث افزایش شاخص شریانی در بازه‌های یک تا سه از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۸۹ شده است.

شناخت الگوی رودخانه و تغییرات آن برای برنامه‌ریزی و مدیریت رودخانه بسیار لازم و ضروری است. هر گونه جابه‌جایی رودخانه باعث شسته شدن پای‌بندها، پل‌ها و تأسیسات ایجاد شده بر روی رودخانه و ایجاد خسارات فراوان می شود. وقوع پدیده اولشن و جابه جایی ناگهانی رودخانه و شناسایی این رفتار در مسیر رودخانه اهمیت بسیار بالایی دارد. مخصوصاً در مناطق مرزی، با جابه‌جایی رودخانه مرز سیاسی یک کشور هم تغییر پیدا می‌کند. اولشن باعث تصرف بخشی از زمین‌های ساحل یک رودخانه به نفع کشور همسایه می‌شود و این مسئله از نظر سیاسی برای رودخانه‌های مرزی مانند رودخانه ارس و رودخانه هیرمند بسیار حیاتی است. تغییرات الگوی رودخانه از الگوی مئاندری به دیگر الگوها مانند الگوی شریانی و رودخانه‌های با مجاری به هم پیوسته باعث عریض شدن بستر رودخانه و افزایش فرسایش کناری می‌شود که این تغییر الگو باعث تخریب زمین‌های کشاورزی و از بین رفتن تأسیسات و اماکن نزدیک به رودخانه می‌شود. تغییر الگوی رودخانه به الگوی شریانی می‌تواند نشان از افزایش فرسایش اراضی بالادست، افزایش حجم رسوب و کاهش مقادیر دبی باشد که رودخانه توان و قدرت انتقال

مواد را از دست می‌دهد و رسوبات را در بستر خود به جا می‌گذارد. علاوه بر تاثیراتی که جابه جایی رودخانه بر محیط طبیعی و محیط انسانی دارد فعالیت‌های انسانی نیز باعث تغییرات الگوی رودخانه می‌شود که لازم است برنامه‌ریزان محیطی به این مسئله توجه داشته باشند. احداث سد بر روی رودخانه باعث ایجاد فرسایش شدید بستر و کناره‌های رودخانه در جلوی سد در زمان سرریز آب می‌شود. احداث بندهای انحرافی بر روی رودخانه باعث تغییر الگوی رودخانه می‌شوند به طوری که در رودخانه گاماسیاب احداث بند انحرافی عین القاس باعث تغییر الگوی رودخانه از مئاندری به شریانی شده است. بنابراین با شناخت رفتار رودخانه می‌توان استفاده بهینه‌ای از طبیعت و تأسیسات احداث شده بر روی رودخانه داشت.

منابع

1. Bartholdy, J. and P. Billi. 2002. Morphodynamics of pseudomeadering gravel bar reach, geomorhpology, 42: 293-310.
2. Bridge, John S. 2003. River and flood plains: forms, processes, and sedimentary record, wiley-blackwell publish, 507 pp.
3. Brierley, G.J. and K.A. Fryirs. 2005. Geomorphology and river management, oblackwellosciencеoltd, uk, 398 pp.
4. Burge, L. 2005. Wandering miramichi river, new brunswick, canada, geomorphology, 69: 253-274.
5. Charlton, R. 2008. Fundamentals of fluvial geomorphology, routledge, publish, 234 pp.
6. Eaton, B.C., R.G. Millar and S. Davidson. 2010. Channel patterns: Braided, anbranching, and single-thread, Geomorphology, 120: 353-364.
7. Goswami, U., J.N. Sarma and A.D. Patgiri. 1999. River channel changes of the subansiri in assam, india, geomorphology, 30: 227-244.
8. Hooke, J.M. 2007. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in active meandering river, geomorphology, 84: 227-296.
9. Kummu, M., X.X, Lu, R. Akchousanh, S. Juha and K. Jorma. 2008. Quaternary international1, 86: 100-112.
10. Korup, O. 2004. Landslide-Induced river channel avulsions in mountain catchments of southwest new zealand, geomorphology, 63: 57-80.
11. Latrubesse, E.M. 2008. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers, Geomorphology 101, pp: 130-145.
12. Makaske, B. 2001. Anastomosing rivers: a review of their classification, origin andsedimentary products, Ž. Earth-Science Reviews, 53: 149-196.
13. Nicol, T. and E.J. Hickin. 2010. Planform geometry and channel migration of confined meandering river on the canadian prairies. geomorphology, 116: 37-47.
14. Ollero, A. 2010. Channel changes and floodplain management in the meandering middle ebro river, spain, geomorhpology, 117: 274-277.
15. OConnor, J.E., J. Myrtle and A.H. Tana. 2003. Flood Plain and Channel Dynamics of the Quinault and Queets Rivers, Washington, USA, Geomorphology, 51: 31-59.
16. Phillips, J.D. 2011. Universal and local controls of avulsions in southeast texas rivers, geomorphology, 130: 17-28.
17. Santos, M.L. and J.C. Stevaux, 2000. Facies and architectural analysis of channel sandy macroforms in the upper parana river, quaternary international, 72: 87-94.
18. Sarma, J.N. 2005. Fluvial Process and Morphology of the Brahmaputra River in Assam, India, Geomorphology, 70: 226-256.
19. Tooth, S. and T.S. McCarthy. 2004. Anabranching in mixed bedrock-alluvial rivers: example of the orange river bove augrabies falls, northern cape province, south africa, geomorphology, 57: 235-262.
20. Van Maren, D.S. 2007. Grain size and sediment concentration effects on channel patterns of silt-laden rivers, sedimentary geology, 202: 297-316.
21. Winterbottom, S.J. 2000. Medium and short-term channel plan form changes on the rivers tay and tummel, scotland, geomorphology, 34: 195-208.

A Study of Meandering, Braided and Ana Branching Channel Plan Forms, using Sinuosity and Braided Indexes in Gamasiab River

Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam[1], Iraj Jabbary[2] and Nooshin Pirozynezhad[3]

1- Professor, University of Tabriz (Corresponding Author: rezmogh@yahoo.com)
2- Associate Professor, Razi University of Kermanshah
3- PhD Student, University of Tabriz
Received: January 28, 2013 Accepted: February 12, 2014

Abstract

Rivers have different patterns of plan forms. Straight and meandering rivers have single channel but braided, anabranching and anastomosing rivers have multi channels. Gamasiab River in Kermanshah province has different plan forms of channels. In this study, historical method is used and is investigated different plan form and river's changes with using of aerial photography of 1955, 1969, 2003 and IRS satellite imagery 2010. Aerial photographs are ortho photo in Arc Map software based on 1:25000 topographic maps. Channels and bars were digitized and river is divided to 12 reaches. Braided index and sinuosity for different reaches were calculated. Results show that river channels have remarkable changes during the past 56 years. Evolution occurrence on the upstream section has changed from meandering to anabranching. Channel avulsion is defined as the rapid lateral relocation of a river course across parts of its floodplain due to formation of new channel and makes a condition for creating an branching plan form. In the intermediate reach of stream section changes from meandering to braided river. But in the downstream reaches section have a meandering plan form and these reaches do not have changes in the plan form during in the past 56 years.

Keywords: Braided Index, Gamasiab River, Ortho Photo, Plan Forms Change, Sinuosity Index