Archive of SID

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۵، پیـاپی ٥٦، شـماره ٤، زمسـتان ۱۳۹۳

بررسی تأثیر احداث سد در جابجایی مسیر و تغییر الگوی رودخانه با استفاده از GIS و سنجش از دور (مطالعه موردی: رودخانه اهرچای)

زهـــــرا پیـــــــری: کارشـــناس ارشـــد ژئومورفولـــوژی، دانشـــگاه تبریـــز، تبریـــز، ایـــران*
محمدحسین رضایی مقدم: اســـــتاد ژئومورفولـــــوژی، دانشـــــگاه تبریـــــز، تبریـــــز، ایـــــران
محمـــــد عاشـــــوری:کارشـــناس ارشـــد ژئومورفولـــوژی، دانشـــگاه تبریـــز، تبریـــز، ایـــران

وصـول: ۱۳۹۱/۳/۷ پـذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۱، صص ٦٨-٥٧

چکیده

رودخانه ها بدلیل ویژگی های طبیعی خود بطور مداوم در حال تغییر و تحول می باشند. این تغییرات خواه در بعـد فیزیکـی و مورفولوژیکی و خواه به لحاظ کیفی، می تواند تحت تأثیر عوامل طبیعی و یا غیرطبیعی مانند دخالت های انسـانی از قبیـل ساخت سازه های هیدرولیکی مثل کانالیزاسیون و یا احداث سد و ... باشد. احداث سد ستارخان بر روی رودخانـه اهرچـای، تغییراتی را در پارامترهای موثر بر موفولوژی رودخانه از قبیل سرعت جریان، فرسایش و نحوه ی رسـوبگذاری ایجـاد کـرده است،، بنابراین، شناسایی تغییرات اعمال شده بر مورفولوژی رودخانه بدلیل تغییر بستر سیلابی ، تغییر سطح آب، تغییر رژیـم رسوبگذاری و دبی جریان و. ...، جهت جلوگیری از هر گونه عواقب ناگوار در آینده امری ضروری تلقی مـی گـردد. در ایـن تحقیق از طریق بررسی عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰و ۱:٤۰۰۰۰ مربوط به سالهای ۱۳٤٦ و ۱۳۷٤ و تصاویر مـاهواره ی IRS مربوط به سال ۲۰۰۸، مسیر رودخانه در ۳ بازه ی انتخابی بررسی و تغییرات اعمال شده بر شکل و الگوی آبراهه در طول ٤۱ سال مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی رژیم رسوب و جریان در بازه ی مورد مطالعه از داده هـای موجـود در دو ایستگاه هیدرومتری واقع شده در مسیر رودخانه در بالادست سد استفاده شده اسـت. تحقیقـات نشـان داد کـه بعـد از احداث سد دبی های پیک و سیلابی کاهش پیدا کرده و با کاهش این کاهش، رودخانه از سینوسیته خود کاسـته و بـه سـمت مستقیم تر شدن پیش می رود.

واژه‌های کلیدی: مورفولوژی رودخانه، اثرات سد، الگوی آبراهه، مئاندر، تصاویر ماهواره ای

مقدمه

موضوع اصلی تحت مطالعه در مورفولـوژی رودخانـه، بررسی ساختار و فرم آبراهه از نظر شـکل هندسـی در پلان، شکل هندسـی در مقطـع عرضـی و مشخصـات نیمرخ طولی است. چـون رودخانـه هـا مسـیر طبیعـی حرکت آب بر سطح زمین به شمار می روند، بنـابراین، مورفولوژی رودخانه در اثر تغییرات کمی و کیفی دبـی جریان و سرعت، بده یا بار رسـوبات، جـنس مصـالح تشکیل دهنده بستر و سواحل رودخانه به طور طبیعـی در طول زمان و یا براثر فعالیـت هـای بشـری از قبیـل عملیات ساختمانی یا مهندسی تغییـر مـی کنـد. شـکل مجرا به وسیله ی فرسایش کرانه ها (رشد مئاندرها)،

*نویسنده مسؤول: E-mail: ashourim99@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

ته نشین شدن مواد در داخل مجرا (گیسویی شدن) تغییر می کند (۵). فریدمن و همکارانش در سال ۱۹۹۸ اثرات سدها بر روی تغییر شکل رودخانه های بزرگ را بیشتر به صورت کاهش در پهنا برای رودخانه گیسویی و کاهش در میزان جابه جایی و به مقداری تغییر در پهنا برای رودخانه های مئاندری بیان نمودند (۵). الگوی آبراهه یا شکل بازه یک رودخانه، هیدرودینامیک جریان در یک آبراهه و همچنین فرآیندهای حمل رسوب و پخش انرژی را نشان می دهد. به عبارت دیگر بسیاری از اشکال هندسی مجرا در نتیجه ی وقوع تغییرات در میزان دبی جریان ایجاد می شوند (۱). شکل آبراهه با واکنش به حالات متنوع انرژی به اشکال مختلف تک شاخه ای (مستقیم، موجی، پیچان رود) و یا چند شاخه ای (شریانی) در می آید(۸). تبدیلات تدریجی به انواع مختلف الگوهای مجرایی به متوسط اندازه ی ذرات بار رسوبی، دبی شکل دهنده ی مجرا (همان دبی لبریزی یا سیلابی) و شیب دره بستگی دارد. (۱). با افزایش دبی آب و رسوب الگوی مجرا از حالت مستقیم به مئاندری و گیسویی تغییر می یابد(۱) واز مجاری منفرد و مستقیم به مجاری منفرد و سینوسی مقدار سینوسیته افزایش یافته و سپس با تغییر وتبدیل تدریجی مجرا به سمت مجرای گیسویی مقدار آن کاهش می یابد (۱). ریچارد[1] و ژولین[2] (۷) تأثیر احداث سد Cochiti بر روی شاخه ی اصلی رودخانه ریوگراند و اصلاح آن را بررسی کرده و برای مقایسه دبی جریان قبل و بعد از احداث سد از روش های آماری استفاده نموده اند. نویسندگان با تاکید براین امر که احداث سد و مخازن، هم بالادست و هم پایین دست را متاثر می سازد، بیان می کنند که در پایین دست میزان آب و رسوب تعدیل شده و منجر به اصلاح ژئومتری آبراهه گشته و تغییراتی را در الگوی آبراهه و کناره ی رودخانه ایجاد کرده است. دیویس[3] و همکاران (۲) در بررسی تأثیر سد Oroville بر روی فرآیندهای مورفولوژیکی در پایاب، تأثیرات مداوم هیدرولوژی تغییر یافته پایاب و نهشته گذاری رسوب را در دریاچه ی Oroville، بر روی مورفولوژی آبراهه و حمل رسوب در پایین دست رودخانه Feather، ارزیابی و شناسایی نموده اند. سعد[4] (۹) تغییرات مورفولوژیکی رودخانه ی نیل[5] بدلیل احداث سد High Aswan در مصر را بررسی نموده است. مطالعات نشان می دهد که با احداث سد و کاهش دبی جریان، شیب سطح آب و سرعت جریان کاهش یافته و نیز رژیم رسوبگذاری دچار تغییراتی شده در نتیجه پایاب رودخانه در محل سد، الگوی آبراهه ای و خصوصیات آبراهه ای خود را تغییر داد که منعکس کننده ی تأثیر تغییر در دبی و رسوب رودخانه در اثر احداث سد می باشد. صالح خان[6] و همکاران (۱۰) به مطالعه ی تأثیر هیدرولوژیکی پروژه ی سد Tipaimukh هندوستان بر روی بنگلادش پرداخته اند. در این پروژه بدلیل دارا بودن ٥٤ رود مرزی مشترک بین هندوستان و بنگلادش، اثرات منفی تعدیل ٤٨ رودخانه توسط هندوستان بر قسمت های شمال غرب و جنوب غربی بنگلادش و نیز احداث سد Farakka

1 - Richard
2 - Julien

3 - Davis
4 - Saad
5 - Nile River
6 - Saleh Khan

www.SID.ir

Archive of SID

بر روی رودخانه ی گنگ[1] مطالعه شده است. در این بررسی با استفاده از داده های جمع آوری شده، تأثیرات سد بر هیدرولوژی – الگوی سیلابی و اکوسیستم نواحی مرطوب و دشت سیلابی رودخانه – مورفولوژی و نیز تخریب سد و پیامدهای آن را مورد بررسی قرار داده اند. یمانی، مجتبی و حسین زاده، محمد مهدی (۱۱) در بررسی تغییرات الگوی رودخانه تالار در جلگه ی ساحلی دریای مازندران، در بازه ی زمانی ۳۹ ساله و با بکارگیری روش های تغییرات زمانی و مکانی (معادلات ریاضی)، روش گرافیکی و روش میدانی و نیز با استفاده از عکس های هوایی سالهای ۱۳۳٤ و ۱۳۷٤، تغییرات مقطعی رودخانه و هیدرولیک جریان و پارامترهای هندسی کانال را مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج این بررسی نشان می دهد که رودخانه هنوز تعادل دینامیکی خود را بدست نیاورده است و همچنان در حال تغییر و جابجایی و ایجاد پیچ و خم های جدید و توسعه در قسمت علیای جلگه می باشد و در قسمت سفلی تغییرات خیلی کند و بطئی می باشد. محمدی، امین و همکاران (٤) به بررسی اثرات سیل مرداد ۱۳۸۰ شرق گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادرسو پرداختند. در این بررسی محققین با استفاده از نقشه های توپوگرافی و تصاویر TM و ETM ماهواره لندست به این نتیجه دست یافتند که برخی از خصوصیات مورفولوژیکی شامل: طول قوس، طول موج، شعاع قوس و ضریب مئاندری در دو دوره قبل و بعد از سیل با هم تفاوت معنی داری پیدا نمودند.

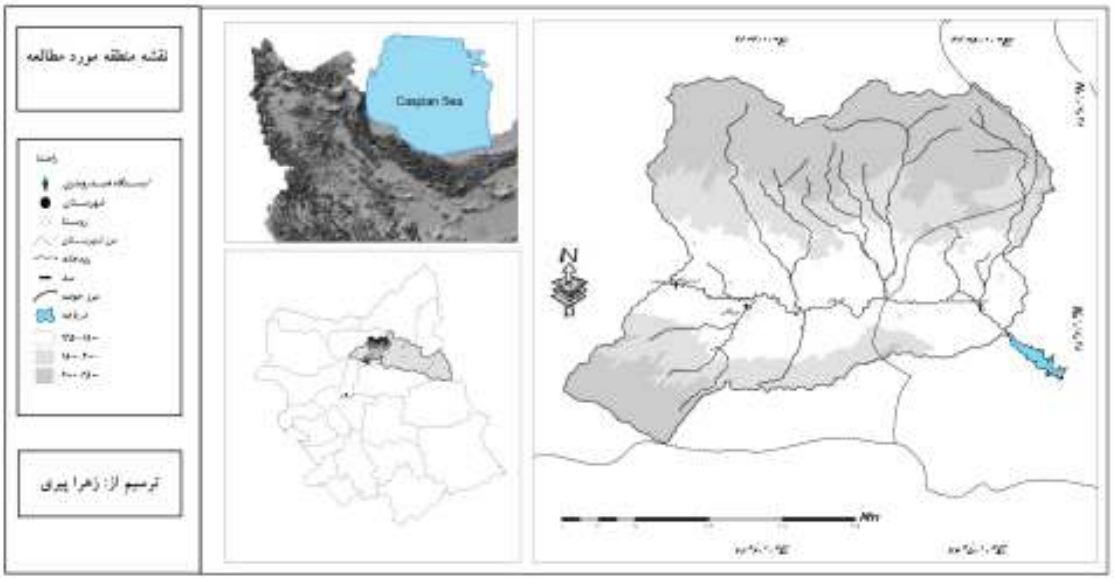
– موقعیت منطقه

حوضه ی آبریز اهرچای در شمال غرب ایران و در محدوده ی جغرافیایی ´ ۲۰ ٤٦ ° تا ٤۰ ٤۷ ° طول شرقی و´ ۱۳ ۳۸ ° تا ´ ٤۵ ۳۸ ° عرض شمالی قرار دارد. رودخانه اهرچای از غرب به شرق جریان داشته و مهمترین سازه آبی احداث شده در منطقه، سد ستارخان است که در فاصله ی ۱۲۰ کیلومتری شمال شرق تبریز و ۱۵ کیلومتری غرب شهرستان اهر بر روی رودخانه اهر چای ساخته شده است. شکل ۱ نقشه ی منطقه ی مورد مطالعه را نشان می دهد که به عنوان بخشی از حوضه ی آبریز اهرچای در بالادست سد ستارخان قرار گرفته است. با توجه به اینکه احداث این سد تغییراتی را در پارامترهای موثر بر موفولوژی رودخانه از قبیل سرعت جریان، فرسایش و نحوه ی رسوبگذاری ایجاد کرده است ، بنابراین، شناسایی تغییرات اعمال شده بر مورفولوژی رودخانه بدلیل تغییر بستر سیلابی ، تغییر سطح آب، تغییر رژیم رسوبگذاری و دبی جریانو. ..، جهت جلوگیری از هر گونه عواقب ناگوار در آینده امری ضروری تلقی می گردد.

[1] - Ganges River

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

مواد و روش

- بررسی پارامترهای دبی و رسوب

به منظور بررسی رژیم رسوب و جریان در بازه ی مورد مطالعه از داده های موجود در دو ایستگاه هیدرومتری واقع شده در مسیر رودخانه در بالادست سد استفاده شده است. برای ایستگاه اورنگ داده های رسوب روزانه بطور پراکنده از سال ۱۳٦۳ تا ۱۳۸۷ موجود است. تعداد روزهای ثبت شده برای رسوب روزانه در این ایستگاه تنها ۲٤۲ روز بوده است. این مقدار برای ایستگاه کاسین ۱۹۲ روز طی سال های ۱۳٦۷ تا ۱۳۸۷ ثبت شده است. برای تعیین مقادیر رسوب سالانه برای هر کدام از ایستگاه های مورد مطالعه از مقادیر رسوب روزانه اندازه گیری شده با دبی مشخص طی دوره ی آماری ۱٦ ساله (از سال ۱۳٦۸ – ۱۳۷٦ و از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۸) استفاده شده است. به منظور تخمین مقادیر رسوب سالانه از مدل رگرسیون تک متغیره و روش کمترین مربعات استفاده شده است. در این روش مقادیر رسوب روزانه (تن در روز) به عنوان متغیر وابسته و میزان دبی روزانه در هر ثانیه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده است. با استفاده از مقدار های میانگین دبی سالانه طی دوره آماری، میزان رسوب سالانه بر حسب تن برای هر سال بدست آمده است. در بررسی تغییرات مقادیر دبی های سیلابی و اثبات تأثیر احداث سد بر کاهش آن، به مقایسه ی مقادیر دبی های پیک ثبت شده و دبی های سیلابی برآورد شده از طریق ایجاد رابطه همبستگی بین دبی های سیلابی قبل از احداث سد و بارندگی سالانه در این دوره پرداخته شد. در اینجا بدلیل نبود آمار بارش برای سال های بعد از احداث سد در ایستگاه اورنگ و کاسین، با برقراری رابطه ی همبستگی بین ارتفاع ایستگاه ها در حوضه و مقدار بارش در هر سال، مجموع بارش سالانه برای این دو ایستگاه برآورد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

- بررسی جابجایی عرضی رودخانه

برای مقایسه ی مسیر رودخانه طی سال های قبل و بعد از احداث سد و به منظور بررسی میزان تغییرات و جابجایی های عرضی رودخانه ابتدا ۳ بازه ی مطالعاتی بر روی رودخانه به ترتیب از بالادست تا پایین دست انتخاب شد. برای استخراج لایه های رودخانه و منطقه ی مربوطه از دو سری عکس هوایی ۱:۲۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳٤٦ و نیز ۱:٤۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۷٤ منطقه و نیز تصاویر ماهواره ی IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ با قدرت تفکیک زمینی ۲۳/۵ متر و نیز تصاویر Google Earth و نقشه های توپوگرافی رقومی ۱۰۰۰: ۱ منطقه استفاده شده است. ژئورفرنس کردن عکس های هوایی در محیط نرم افزار ARC MAP و با کمک نقشه های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ انجام شده است. بدین صورت که ۵۰ نقطه ی کنترل مشخص در روی هر شیت عکس هوایی انتخاب و مختصات جغرافیایی دقیق هر یک از آنها، از روی نقشه های رقومی مشخص گردید. شایان ذکر است که برای کاهش اعوجاع عکس های هوایی و افزایش دقت مسیر رودخانه، سعی گردید تا اکثر نقاط کنترل در حاشیه مسیر رودخانه انتخاب گردد. جهت زمین مرجع نمودن تصاویر ماهواره ای IRS از نرم افزارENVI استفاده گردید. بدین صورت که ابتدا نقاط خاصی از روی تصاویر انتخاب و مختصات دقیق زمینی هر یک وارد نرم افزار شده و با روشهای Nearest Neighborhood، Bilinear و Cubic Convolution به صورت زمین مرجع در آمد و مشخص شد که روشNearest Neighborhood دارای بیشترین دقت در این تصاویر می باشد. سپس جهت بالا بردن دقت زمینی تصاویر از تصاویر اسپات استفاده شده و با روش pan sharpening میزان دقت زمینی تصاویر IRS به ۱۰ متر رسید. دلیل عدم استفاده مستقیم از تصاویر اسپات، پایین بودن قدرت تفکیک طیفی تصاویر فوق الذکرموجود از منطقه مورد مطالعه می باشد. بدین منظور ابتدا تصاویر اسپات با انتخاب تعدادی نقاط کنترل، با تصاویر IRS از نظر ژئورفرنس بودن یکسان گردیده و سپس با استفاده از روش Gram-Schmidt عملیات pan sharpening انجام شد. در نهایت تصویر بدست آمده دارای دقت بسیار بالاتری نسبت به تصویر اولیه بوده و جهت استخراج مسیر رودخانه مناسب تر شد. در انتها با انتخاب تعدادی نقاط مورد نظر بر روی مسیر رودخانه با روش نظارت شده (supervised) طبقه بندی صورت گرفته و سیر رودخانه به طور واضح تری بر روی تصویر نمایان گردید. پس از انجام عملیات ژئورفرنس و رقومی سازی و موزاییک و در نهایت برش مسیر رودخانه، همپوشانی لایه های بدست آمده، نقشه های جابه جایی مسیر رودخانه برای سه بازه ترسیم و مقایسه ی مسیر رودخانه در طی ٤۱ سال صورت گرفت.

- بررسی تغییر الگوی رودخانه

تغییرات الگوی رودخانه نیز در ۳ بازه ی انتخابی و از طریق دو مدل ضریب خمیدگی و زاویه ی مرکزی کورنایس مورد بررسی قرار گرفته است. در این بخش نیز، از مسیرهای استخراج شده از روی عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳٤٦، عکس های هوایی ۱:٤۰۰۰۰ سال ۱۳۷٤ و تصاویر ماهواره ی IRS مربوط به سال ۲۰۰۸ و نیز تصاویر Google Earth استفاده گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

الف- زاویه مرکزی

کورنایس در سال ۱۹۸۰ برای بیان کمی میزان توسعه و پیشرفت پیچان رودی شدن در رودخانه ها با استفاده از زاویه ی مرکزی، رابطه

$$\theta = \frac{180\ c}{r\pi}$$

را معرفی نمود که در این رابطه θ زاویه ی مرکزی و c انحنای مئاندر و r شعاع دایره ی فرضی و π عدد صحیح ۳/۱٤ می باشد. در هر سه بازه دوایر فرضی در محیط نرم افزار Arc map بر روی رودخانه برازش داده شده و سایر پارامترها نیز در همین نرم افزار محاسبه گردید.

ب - ضریب خمیدگی

سینوسیته یا نسبت طول آبراهه به طول دره برای توصیف شکل مجرا به کار می رود. (نیری، ۱۳۸۹: ۱٤) لئوپلد و همکاران بر اساس مقادیر طول موج C و طول قوس V، رابطه ی

$$S = \frac{C}{V}$$

را برای ضریب خمیدگی ارائه نمودند.

تحلیل یافته‌ها

با توجه به بررسی های بعمل آمده در ایستگاه هیدرومتری کاسین، مقدار میانگین دبی سالانه از ۱/۳۰۸ متر مکعب بر ثانیه در شرایط طبیعی به مقدار ۱/۰۳۸ متر مکعب بر ثانیه در سالهای بعد از ساخت سد رسیده و ۲۰/٦٤ درصد کاهش را نشان می دهد. مقادیر مجموع رسوب سالانه نیز همراه با ۲٦/۳ درصد افت از ۱٦۱۰٤/۱٤۷۷٦ تن در سال به ۱۱۸۷۱/۷۳۷٥ تن در سال کاهش یافته است. میانگین مجموع بارندگی ثبت شده در این ایستگاه بین سال های ۱۳۷۷ - ۱۳٦۷، ۲۷۲ میلی متر در سال بوده است که ازسال ۱۳۸۸ – ۱۳۷۷ به رقم ۳٤۱ میلی متر در سال رسیده و روند افزایشی را نشان می دهد. میانگین دبی های سیلابی از سال ۱۳۷۷ – ۱۳٦۷ در این ایستگاه ۳٤/٦ متر مکعب بر ثانیه بوده است. میانگین دبی های سیلابی برآورد شده با این میزان بارش رقم ٤۰ متر مکعب در ثانیه را نشان میدهد. این رقم بعد از احداث سد به ۳۲/۷ متر مکعب در ثانیه رسیده است. در ایستگاه اورنگ نیز مجموع رسوب سالانه کاهش ۳۹/۳۹ درصدی پیدا کرده و از ٤۰۸۸٦/۰۲۱۸ تن در سال به رقم ۲٤۷۷۹/٦۸۰٦۱ تن در سال تنزل یافته است. مقادیرمیانگین دبی سالانه نیز با ٤۰ درصد کاهش از ۳/۱۰۹ به ۱/۸٦٦ متر مکعب بر ثانیه رسیده است. مجموع بارش سالانه از سال ۱۳۷۷ – ۱۳٦۷، ۳٥۳ میلی متر در سال بوده است که با کاهش از سال ۱۳۸۸ – ۱۳۸۰ به رقم ۲۹۸ میلی متر در سال رسیده است. میانگین دبی سیلابی در سال های قبل از احداث سد ۳۸ متر مکعب بر ثانیه بوده است که این میزان در سال های بعد از احداث سد به عدد ۲۹ متر مکعب بر ثانیه رسیده است. همزمان با افت بارش، رقم برآورد شده برای دبی های سیلابی در این ایستگاه باید ۳۲/٥ متر مکعب در ثانیه می بود که پایین تر از آن میزان به رقم ۲۹ متر مکعب در ثانیه رسیده است.

- بررسی جابه جایی عرضی رودخانه در بازه های مورد مطالعه:

نتایج این بررسی ها بر روی رودخانه ی مورد مطالعه، بیشتر نشان دهنده جابه جایی های مئاندر، تغییر در پهنای آنها و میانبری و حرکات انتقالی و انحرافی می باشد. در بازه ی شماره ۱ که الگوی رودخانه بصورت سینوسی است از سال ۱۳٤٦ تا سال ۱۳۷٤ (دوره ی

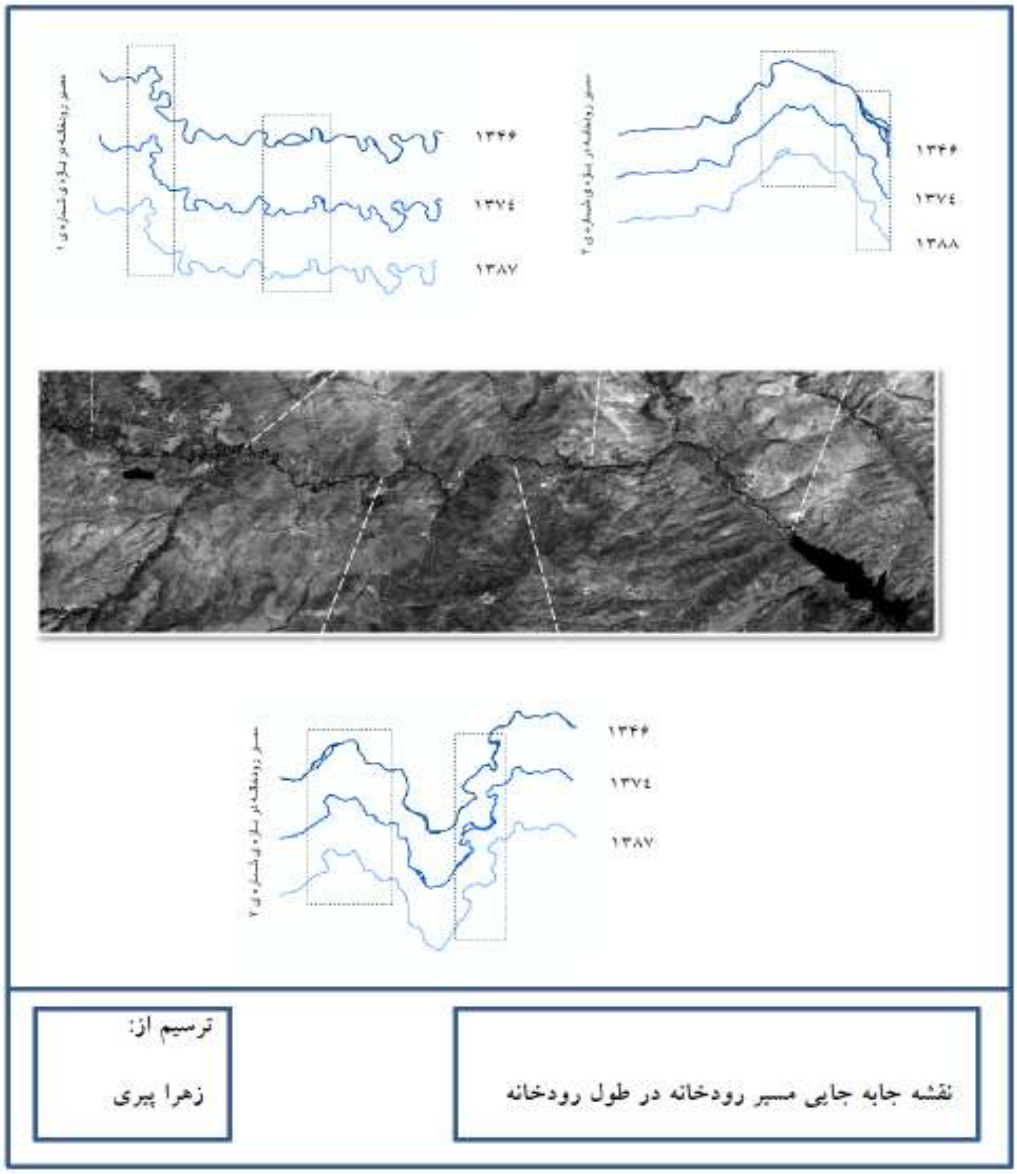
www.SID.ir

Archive of SID

۲۸ ساله) تغییرات شدید و چشمگیر است. بطوریکه قطع شدگی مئاندر به صورت طوقه ای و نیز در یک بخش از مسیر تبدیل الگوی گیسویی به سینوسی مشاهده می شود. حرکات انتقالی و نیز تغییرات ترکیبی بصورت جابه جایی های انتقالی – گسترشی همراه با افزایش سینوسیته و توسعه ی انحنای مئاندرها وجود دارد. ازسال ۱۳۸۷ – ۱۳۷٤ شدت تغییرات کاهش پیدا کرده است. حرکات انتقالی بصورت جزئی منجر به جابه جایی مئاندرها و حرکات گسترشی و انحرافی موجب تغییر شکل مسیر رودخانه شده است. در قسمت های کوچکی از مسیر نیز پیچ و خم های قبلی توسط میانبریهای آبشاری به مسیر تقریبا" مستقیمی تبدیل شده اند. شاید بتوان کاهش در میزان جابه جایی مئاندرها را در این دوره به اثرات احداث سد نسبت داد. در بررسی جابه جایی مسیر رودخانه در بازه ی شماره ی ۲ بین سال های ۱۳٤٦ – ۱۳۷٤ تغییرات بیشتر بصورت تبدیل الگوی گیسویی به حالت سینوسی در بخشی از مسیر است. گسترش جانبی و توسعه یافتگی طولی قوس ها، همچنین انتقال و جابه جایی آنها نیز قابل مشاهده اند. قابل ذکر است که در یک قسمت قوس رودخانه در سال ۱۳٤٦ همراه با گسترش طولی، در عکس های سال ۱۳۷٤ به صورت چند شاخه دیده می شود. از سال ۱۳۷٤ – ۱۳۸۷ تغییرات برخلاف دوره ی مشابه در بازه ی شماره ی ۱، نیز چشمگیرند. در تصاویر ماهواره ای مربوط به سال ۱۳۸۷ گسترش و توسعه یافتگی در پهنا و نیز طول قوس ها دیده می شود. در یک نمونه میانبری آبشاری باعث قطع مئاندر و تبدیل آن به حالت مستقیم شده است. انتقال پیچ های مئاندر و حرکات انحرافی نیز منجر به جابه جایی مسیر رودخانه شده است. مسیرهای چند شاخه ای وجود نداشته و تبدیل به حالت سینوسی و یا مستقیم شده اند. در خصوص جابه جایی و تغییر مسیر رودخانه بین سال های ۱۳۷٤ – ۱۳٤٦ می توان گفت که در پیچ و خم های رودخانه حالت توسعه یافتگی و گسترش پهنا و طول قوس ها دیده می شود. رودخانه در مسیر خود از حالت گیسویی به مئاندری تبدیل شده است. میانبری آبشاری باعث بریدگی مئاندر شده و در برخی قسمت ها، رودخانه مسیر مستقیمی را می پیماید. در بخشی نیز تغییر ترکیبی منجر به جابه جایی و انحراف قوس ها همراه با گسترش در پهنا شده و به دنبال آن سینوسیته ی رودخانه افزایش یافته است. مسیر رودخانه بین سال های ۱۳۸۸ – ۱۳۷٤ تغییراتی را شاهد بوده ولی شدت آن نسبت به دوره ی قبل کمتر بوده است. این تغییرات بیشتر بصورت جابه جایی و انتقال های کوچک و حرکات انحرافی بوده است و در یک مسیر رودخانه از حالت سینوسی به گیسویی تبدیل شده است. بطور کلی تغییرات در این دوره کمتر بوده و رودخانه بیشتر به سمت مستقیم تر شدن و کاهش سینوسیته پیش می رود که در شکل ۲(جابه جایی مسیر رودخانه در طول رودخانه) نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: جابه جایی مسیر رودخانه در طول رودخانه

- بررسی تغییرات پلان رودخانه با استفاده از شاخص کورنایس

بررسی مقادیر محاسبه شده برای این بازه نشان می دهد که در سال ۱۳٤٦ رودخانه بیشتر دارای فراوانی الگوی پیچانرود خیلی توسعه می باشد بطوریکه ٤۰/۸ درصد را در بر گرفته است. الگوی پیچانرود توسعه یافته با ۲٦/٥ درصد و حالت نعل اسبی ۱٦/۳ درصد را شامل شده است. ۱٤/۳ درصد از کل قوس ها نیز بصورت پیچانرود توسعه نیافته دیده می شوند. شبه پیچانرودها نیز با ۲ درصد کمترین میزان را نشان می دهد. در سال ۱۳۷٤ پیچانرودهای توسعه نیافته نسبت به سال ۱۳٤٦ افزایش چشم گیری یافته و با ۳۰ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده اند. ۲۸/۷ درصد از قوس ها نیز در دسته ی پیچانرودهای خیلی

www.SID.ir

Archive of SID

توسعه یافته قرار گرفته اند که این مقدار نسبت به سال ۱۳٤٦ کاهش یافته است. الگوی پیچانرود توسعه یافته و نعل اسبی و شبه پیچانرودها به ترتیب با ۲۵/۳، ۱۵ و ۱/۱۵ درصد در رتبه های بعدی قرار می گیرند. زاویه ی مرکزی قوس ها در سال ۱۳۸۷نشان دهنده افزایش پیچانرودهای خیلی توسعه یافته نسبت به سال ۱۳۷٤ بوده به نحوی که با ۳۷/۷۵ درصد بیشترین فراوانی را نشان می دهند. ۲٦/۲۳ درصد از قوس ها دارای الگوی پیچانرود توسعه یافته و ۱٤/۷۵ درصد دارای الگوی پیچانرود توسعه نیافته می باشند الگوی نعل اسبی نیز ۱٤/۷۵ درصد و شبه پیچانرودها نیز با افزایش نسبت به سال های قبل مقدار ٦/۵٦ درصد را نشان می دهند. درسال ۱۳٤٦، میانگین زاویه ی مرکزی ۱۹۲درجه می باشد . با مقایسه ی این مقدار در سال های ۱۳۷٤ و نیز ۱۳۸۷، مشاهده می کنیم که با گذشت زمان رودخانه از حالت پیچانرودی خود کاسته است بطوریکه در سال ۱۳۷٤، به ۱۷۵/۲ درجه و در سال ۱۳۸۷ به ۱۷٤ درجه کاهش یافته است. در بازه ی دوم در سال ۱۳٤٦ میانگین زاویه مرکزی با ۸۸ درجه، نسبت به بازه ی اول در این سال کاهش بسیاری یافته است و نشاندهنده ی این موضوع است که رودخانه از حالت پیچانرود خیلی توسعه به سمت الگوی پیچانرود توسعه یافته، تغییر کرده است. بطوریکه حالت نعل اسبی وجود نداشته و پیچانرود خیلی توسعه یافته تنها ۱۰ درصد از کل فراوانی را در بر گرفته است. ۲۹/۷۳ درصد از قوس ها به صورت پیچانرود توسعه یافته و ۱٦/۲ به شکل شبه پیچانرودها هستند. در سال ۱۳۷٤، شبه پیچانرودها بشدت کم شده و در مقابل پیچانرودهای خیلی توسعه یافته با ۳۷/۳ درصد منجر به افزایش میانگین زاویه ی مرکزی به رقم ۱۳۳/۲۱ درصد شده اند. با این حال پیچانرود توسعه نیافته ٤۰/۳ درصد و حالت توسعه یافته ۱۹/٤ درصد از کل قوس ها را تشکیل داده اند. در این سال نیز الگوی نعل اسبی وجود نداشته و زاویه ی مرکزی بازه ی دوم نسبت به مقدار بازه ی اول کاهش یافته است. همچنین رودخانه دارای الگوی پیچانرود توسعه یافته است. در سال ۱۳۸۷ نیز بیشتر قوس ها با ٤٦ درصد دارای الگوی پیچانرود توسعه یافته هستند که نسبت به دو دوره ی قبل افزایش چشمگیری داشته‌اند. حالت نعل اسبی وجود نداشته و شبه پیچانرودها نیز تنها۲/۷ درصد از کل قوس ها را شامل شده اند. پیچانرود خیلی توسعه یافته دارای ۲۱/٦ درصد و الگوی توسعه نیافته ۲۹/۷۳ درصد می باشند. میانگین زوایای مرکزی در این بازه ۱۱۸/۲٦ درجه بوده و نسبت به سال ۱۳۷٤ و نیز بازه ی اول در سال کاهش یافته است که بیانگر کاهش پیچ و خم ها در این بازه می باشد. شکل رودخانه در این بازه بصورت پیچانرود توسعه یافته است. مقادیر بدست آمده برای سال ۱۳٤٦، با میانگین ٦٦ درجه نشان دهنده کاهش زاویه مرکزی در این بازه می باشد. در این سال بیشترین میزان بدست آمده، برای الگوی پیچانرود توسعه نیافته با ٦۲/۵ درصد است. ۲۰/۸ درصد از کل قوس ها دارای شکل پیچانرود توسعه یافته بوده و ۱٦/۷ جزو شبه پیچانرودها هستند. در این سال رودخانه فاقد پیچانرودهای خیلی توسعه یافته و الگوی نعل اسبی است. در سال ۱۳۷٤ همچنان الگوی پیچانرود توسعه نیافته با ٦۳/۳٦ درصد بیشترین و پیچانرودهای خیلی توسعه یافته با ۸ درصد کمترین فراوانی را دارا می باشند. پیچانرودهای توسعه یافته با افزایش نسبت به سال ۱۳٤٦، ۲٦/۱٤درصد بوده و

www.SID.ir

Archive of SID

۲/۲۷ درصد نیز اختصاص به شبه پیچانرودها دارد. در این سال نیز الگوی نعل اسبی وجود ندارد. کاهش فراوانی شبه پیچانرودها و افزایش الگوی پیچانرودهای خیلی توسعه یافته و توسعه یافته منجر به افزایش میانگین درجه زاویه مرکزی به ۸۰/٦٥ درجه شده است. در سال ۱۳۸۸ پیچانرودهای خیلی توسعه یافته ۲ درصد، الگوی پیچانرود توسعه یافته ١٤ درصد و شبه پیچانرودها ۲۲ درصد از فراوانی کل قوس ها را شامل شده اند. ٦۲ درصد از قوس ها نیز جزو پیچانرود توسعه نیافته بوده و الگوی نعل اسبی نیز وجود ندارد. میانگین ٦٤ درجه نشان دهنده کاهش زاویه ی مرکزی قوس ها نسبت به سال ۱۳۷٤ می باشد اما کماکان رودخانه دارای شکل پیچانرود توسعه نیافته است. مقایسه مقادیر زاویه مرکزی برای سه بازه نشان می دهد که از سرچشمه تا پایین دست، رودخانه در هر دوره از سینوسیته ی خود کاسته و مستقیم تر شده است.

- بررسی تغییرات پلان رودخانه با استفاده ازشاخص ضریب خمیدگی

در بازه ی شماره ی ۱ از سال ۱۳٤٦ تا سال ۱۳۷٤، میانگین ضریب خمیدگی کاهش یافته که نشان دهنده مستقیم تر شدن مسیر جریان است که افزایش فراوانی الگوی مستقیم در سال ۱۳۷٤ این مطلب را تایید می کند. از طرف دیگر افزایش حالت مئاندری و کاهش الگوی مستقیم در سال ۱۳۸۷ منجر به افزایش میانگین ضریب خمیدگی و به تبع آن افزایش سینوسیته ی رودخانه شده است. در بازه ی دوم نیز با مقایسه ی مقادیر میانگین بدست آمده برای ۳ دوره قابل ذکر است که از سال ۱۳٤٦ تا سال ۱۳۸۷ رودخانه بتدریج از حالت مستقیم خود کاسته و بر سینوسیته ی خود افزوده است. ولی علیرغم این افزایش دارای الگوی مستقیم در هر سه دوره ی مورد بررسی می باشد. بررسی مقادیر بدست آمده در جدول ۱ (جدول تغییرات ضریب خمیدگی رودخانه در بازه های مورد مطالعه) برای بازه ی شماره ی ۳ بیانگر این مطلب است که در هر سه دوره یعنی سال های ۱۳٤٦ و ۱۳۷٤ و ۱۳۸۸ رودخانه با افزایش قوس هایی که دارای الگوی مستقیم می باشند باعث کاهش میانگین ضریب خمیدگی قوس ها گردیده و این امر نشان می دهد رودخانه با سرعت بسیار بالایی در این بازه از سینوسیته خود می کاهد. در هر سه دوره الگوهای مئاندری و مئاندر پایدار فاقد فراوانی هستند.

جدول ۱: جدول تغییرات ضریب خمیدگی رودخانه در بازه های مورد مطالعه

الگوی جریان	ضریب خمیدگی	شماره ۱			شماره ۲			شماره ۳		
		۱۳٤٦	۱۳۷٤	۱۳۸۷	۱۳٤٦	۱۳۷٤	۱۳۸۷	۱۳٤٦	۱۳۷٤	۱۳۸۸
مستقیم	≤ ۱/۲	٤۲/۸٦	٦۲	٥٥/۷٤	۹٤/٦	۷۳/۱۳	۷۰/۲۷	۹۷/۹	۹۸/۹	۹۸
سینوسیته کم	۱/۲ – ۱/٤	۳۰/٦	۱۳/۸	۲٤/٦	۲/۷	۲۰/۹	۱۸/۹	۲/۱	۱/۱	۲
مئاندری	۱/٤ – ۱/٥	۲	۸	٤۰/۹۲	۲/۷	٤/٤۸	۰	۰	۰	۰
مئاندر پایدار	>۱/٥	۲٤/٥	۱٦	۱٤/۷٥	۰	۱/٥	۱۰/۸۲	۰	۰	۰
میانگین		۱/۳٦	۱/۲٦	۱/۳۲	۱/۰٥	۱/۱۳	۱/۱۸	۱/۰۳۸	۱/۰٥	۱/۰٤
الگوی جریان		سینوسیته کم			مستقیم			مستقیم		

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

شواهد بسیاری در منابع و مراجع مختلف می توان یافت که با تغییر متغیرهای مستقل رودخانه، الگوی آن به ترتیب از حالت مستقیم به پیچانرودی و سپس شریانی تغییر می یابد. الگوی رودخانه با افزایش مداوم بده رسوب بتدریج از مستقیم به پیچانرودی و سپس به شریانی تبدیل می شود. اطلاعات موجود حکایت از آن داردکه توالی تغییر الگوی رودخانه ها از مستقیم به پیچانرودی و شریانی به نسبت افزایش پهنا به عمق، افزایش توان رود و افزایش مقدار بار رسوب وابسته است (بیشتر بار بستر) (رضوی و همکاران: ۸۰). با افزایش بارش در سال های بعد از احداث سد در ایستگاه کاسین تغییرات دبی های سیلابی می بایستی روند افزایشی را طی می کرد که برخلاف آن بدلیل احداث سد، رقم دبی های سیلابی کاهش یافته است. این رقم بعد از احداث سد به ۳۲/۷ متر مکعب در ثانیه رسیده است. کاهش مقادیر دبی های سیلابی یکی از اهداف عمده ی ساخت سدها می باشد. در ایستگاه اورنگ، بررسی ها نشان از کاهش بارش داشته و میانگین دبی سیلابی در سال های قبل از احداث سد ۳۸ متر مکعب بر ثانیه بوده است. همزمان با افت بارش، رقم برآورد شده برای دبی های سیلابی در این ایستگاه باید ۳۲/۵ متر مکعب در ثانیه می بود که بدلیل تأثیر احداث سد در کاهش مقادیر دبی های سیلابی، پایین تر از آن میزان به رقم ۲۹ متر مکعب در ثانیه رسیده است. در این بررسی مشاهده شد که احداث سد از طریق تغییر در مقادیر دبی رسوب و جریان منجر به تغییر در الگو و مسیر رودخانه شده است. محاسبات انجام شده از طریق شاخص کورنایس و ضریب خمیدگی نشان دهنده ی تغییر الگوی رودخانه از حالت گیسویی به مئاندری و سپس مستقیم می باشد که بدلیل کاهش مقادیر دبی جریان و بار رسوبی رودخانه کاملا" منطقی است.

منابع

بریج، جان. اس، (۱۳۸۷)، رودخانه ها و دشت های سیلابی – جلد اول: دینامیک و فرآیندها، محمد حسین رضایی مقدم، مهدی ثقفی، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران، ٤٧٤صفحه

رضوی، احمد، کرمی، مریم، مجدزاده، محمد رضا،(۱۳۸۹)، پیش نویس راهنمای شکل هندسی مقطع و راستای رودخانه، وزارت نیرو، چاپ اول، ۱۸۸ صفحه

ریچاردز، کیث، (۱۳۸٤)، رودخانه ها – اشکال و فرآیندهای آبراهه های آبرفتی، کریم سلیمانی، میرخالق ضیاء تبار احمدی، انتشارات دانشگاه مازندران، چاپ اول، مازندران، ۵۷۸ صفحه

محمدی، امین، مساعدی، ابوالفضل، علاقمند، سینا،(۱۳۸٦)، بررسی اثرات سیل مرداد ۱۳۸۰ شرق گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادرسو، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره اول، دانشکده کشاورزی ساری، صص ۱-۹

نیری، هادی، (۱۳۸۹)، تحلیل دینامیک و شکل مجرا در حوضه آبریز رودخانه مهاباد، دکتر محمد حسین رضایی مقدم، دکتر محمد تقی اعلمی، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی

یمانی، مجتبی، حسین زاده، محمد مهدی،(۱۳۸۱)، بررسی تغییرات الگوی رودخانه تالار در جلگه

www.SID.ir

Archive of SID

ساحلی دریای مازندران، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ٤٣، صص ۱۰۹-۱۲۲

Davis,G., Nicholas. M.D, And Hannigan.T. M (2003). Effects Of Project Operations On Geomorphic Processes Downstream Of Oroville Dam. Oroville Facilities P-2100 Relicensing. pp60

Du. X (2006). An Abstract of Thesis Impact of Channelization and Dam Construction on Kaskaskia River Morphology. for the Master of Science degree in Forestry. Southern Illinois University Carbondale

Richard ,G., Julien. P (2003) .Dam Impacts On And Restoration Of An Alluvial River– Rio Grande, New Mexico. International Journal of Sediment Research 2. 89-96

Saad , M.B.A (2002). Nile River Morphology Changes Due To The Construction Of High Aswan Dam In Egypt. 1 -14

Saleh Khan, A., Sohel Masud, M.D, And Palash, W (2005). Hydrological Impact Study of Tipaimukh Dam of India on Bangladesh. Institute of Water Modelling (IWM)Dhaka, Bangladesh. pp88

www.SID.ir