جغرافیا و توسعه شماره ۴۰ پاییز ۱۳۹۴
وصول مقاله : ۱۳۹۲/۰۲/۱۴
تأیید نهایی : ۱۳۹۳/۱۱/۲۰
صفحات : ۱۳۸ – ۱۲۵

پیش‌بینی فرسایش کناری بخش‌های پیچانرودی رودخانه‌ی کشکان

دکتر امیرحمزه حقی‌آبی[۱]، دکتر صمد امامقلی‌زاده[۲]

چکیده

رودخانه‌ی کشکان یکی از زیر شاخه‌های مهم و پرآب رودخانه‌ی کرخه می‌باشد که آب‌های منطقه‌ی وسیعی از استان لرستان را جمع‌آوری می‌نماید. این رودخانه درجنوب غربی پلدختر در منطقه‌ی موسوم به کل سفید به رودخانه‌ی سیمره ملحق شده و رودخانه‌ی کرخه را به وجود می‌آورد. طول رودخانه‌ی کشکان حدود ۲۷۰ کیلومتر و مساحت حوضه‌ی آبریز آن در بالادست ایستگاه کشکان- پلدختر ۹۴۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. این رودخانه در بازه‌هایی به علت خصوصیات مورفولوژیکی، مئاندری و حتی در بعضی نقاط سیلابدشتی، شریانی می‌باشد. در نواحی مئاندری مشکل فرسایش کناری و جابجایی پلان رودخانه وجود دارد. از آنجایی‌که یافتن راهکارهای فنی مناسب، مستلزم شناخت نحوه‌ی رفتار رودخانه و عوامل هندسی و هیدرولیکی مؤثر بر فرایند فرسایش و رسوبگذاری آن می‌باشد، در تحقیق حاضر به منظور بررسی تغییرات زمانی پلان رودخانه‌ی کشکان از نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های ماهواره‌ای استفاده گردید. با انجام بازدیدهای میدانی و مقایسه‌ی پلان جدید و قدیم رودخانه با استفاده از نرم‌افزار GIS، تغییرات رودخانه در طیّ دوره‌ی ۵۲ ساله مورد بررسی و بازه‌های بحرانی رودخانه مشخص گردید. همچنین خصوصیات پیچانرودی رودخانه و میزان توسعه‌یافتگی مئاندرها در وضعیت فعلی در ۴۹ قوس رودخانه در یک بازه‌ی ۱۰۸ کیلومتری در حد فاصل مناطق ورپل و تیمورآباد، بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد ۶ درصد از قوس‌ها توسعه‌نیافته، ۵۱ درصد توسعه‌یافته و ۴۳ درصد بیش از حد توسعه‌یافته می‌باشند در نهایت با توجه به مشخصات هندسی رودخانه و به کمک روابط تجربی، میزان فرسایش کناری در بازه‌های بحرانی در آینده پیش‌بینی گردید. نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد رودخانه در منطقه کلهو سفلی و چرخستان ۶۵۷ متر، در منطقه‌ی خاطره، دوآب و دول بزرگ ۱۰۳۵ متر و در منطقه‌ی بالا دست چم پلک ۱۲۹۷ متر پیشروی نماید تا بطور طبیعی تثبیت گردد.

کلیدواژه‌ها: ژئومورفولوژی، فرسایش کناری، رودخانه‌ی کشکان، رودخانه‌ی کرخه.

۱- دانشیارآب، دانشگاه لرستان
haghiabi@yahoo.com
۲- دانشیار آب و خاک، دانشگاه شاهرود (نویسنده مسؤول)
s_gholizadeh517@shahroodut.ac.ir

مقدمه

رودخانه‌ها و دشت‌ها هسته‌ی اصلی شکل‌گیری و تکامل تمدن بشری از قرن‌ها پیش می‌باشند. ساحل رودخانه‌ها به عنوان مکان‌های مناسب برای فعالیّت‌های کشاورزی، صنعتی و تجاری در نظر گرفته می‌شود. در این راستا، بررسی و مطالعه بر روی این پدیده‌ها به منظور شناخت و کسب اطلاعات دقیق و ارزیابی مشکلات و عوامل مؤثر در جهت حفاظت و استفاده بهینه از منابع طبیعی مهم و ضروری می‌باشد *(غریب و معصومی، ۱۳۸۵: ۲)*. رودخانه به عنوان سیستمی پویا، مکان‌وخصوصیات مورفولوژیکی خود را همواره برحسب زمان، عوامل ژئومورفیک، زمین‌شناختی، هیدرولوژیکی و گاه در اثر دخالت بشر تغییر می‌دهد *(رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱؛ فاطمی‌عقدا و همکاران، ۱۳۸۰: ۱۶۴)*.

در بسیاری از سیستم‌های رودخانه‌ای، در طول صد سال گذشته، عوامل متعددی مانند استفاده از زمین، شهرنشینی، زه‌کشی، ساخت سدها، انحراف مسیر رودخانه، احداث معادن شن و ماسه و دینامیک رودخانه تغییرات قابل توجهی در اثر دخالت انسانی داشته‌است *(Surian&Rinaldi, 2003: 307)*. فرسایش کناری در رودخانه‌ها هر ساله خسارات زیادی را به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌ها، سازه‌های کنار رودخانه، جاده‌ها، پل‌ها و غیره وارد می‌کند و به علاوه باعث انتقال مقادیر قابل‌توجهی رسوب به مخازن سدها می‌شود *(حبیبی و حقی‌آبی، ۱۳۸۱: ۴۹)*.

تغییرات رودخانه‌ای به صورت فرسایش یا رسوبگذاری در بستر، تخریب‌دیواره‌ها،تغییر راستای جریان، تغییر و جابجایی مئاندرها و تغییر در فرم، رودخانه نمودار می‌شوند *(فروغی و همکاران، ۱۳۸۰: ۲)*. در رابطه با تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه‌ها کارهای متعددی در ایران و جهان صورت گرفته است که این تحقیقات عمدتاً به‌مسائل مهندسی رودخانه پرداخته‌اند و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی‌رودخانه کمتر موردتوجه قرار گرفته است *(یمانی و شرفی، ۱۳۹۰:۱۶)*. برای مثال مطالعات فاطمی عقدا در سال ۱۳۸۰ بر روی رودخانه‌ی‌کرخه با استفاده از عکس‌های‌هوایی سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۷۲ و همچنین بر اساس تجزیه و تحلیل نمونه رسوبات برداشت شده از بستر رودخانه نشان داد پایین بودن درجه‌ی تراکم و سستی رسوبات کناره‌ها به علت جدید بودن آنها، متفاوت بودن جنس لایه‌ها، چسبندگی کم بعضی از لایه‌های رسوبی در معرض فرسایش و وجود املاح پراکنده‌کننده در بعضی از لایه‌ها، عمده‌ترین دلایل فرسایش کناری رودخانه‌ی کرخه (روستای عبدالخان تا الهایی) بوده است *(فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۰: ۱۶۴)*.

یمانی و شرفی عوامل مؤثر در ناپایداری و فرسایش کناری رودخانه هررود در استان‌لرستان را مورد مطالعه قرار دادند. آنها عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴ و تصویر ماهواره‌ای IRS سال ۱۳۸۶ را به عنوان ابزار مقایسه زمانی تغییرات مورد استفاده قرار دادند. آنها با تقسیم مسیر رودخانه به ۳ بازه نتیجه گرفتند علی‌رغم کاهش قطر ذرات و افزایش دبی و رسوب از بازه ۱ به طرف بازه ۳، بیشترین تغییرات در بازه‌ی اول رخ داده است. کمترین تغییرات در بازه‌ی سوم و بالاخره در بازه‌ی دوم نیز تغییرات، بیشتر از بازه‌ی سوم و کمتر از بازه‌ی اول می‌باشد. بر این اساس، نتایج کلی نشان می‌دهد که برخلاف معمول، تغییرات مورفولوژی و فرسایش کناری رودخانه‌ی مورد مطالعه از بالادست به طرف پایین دست کاهش یافته است. همچنین یافته‌ها نشان داد که ساختمان زمین‌شناسی و لیتولوژی بستر و کناره‌ی رودخانه، مهمترین عوامل تغییر پایداری بستر به‌شمار می‌روند *(یمانی و شرفی،۱۳۹۰: ۱۵)*.

ارشد و همکاران با استفاده از سنجش از دور تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ی کارون از گتوند تا بند

قیر را از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۲ مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که خصوصیات قوس‌ها در طول رودخانه در حال تغییر است و مقدار جابجایی عرضی قوس‌ها در مناطقی به ۱۹۵۰ متر در طول ۱۳ سال می‌رسد. همچنین تراکم و اندازه‌ی انحنای قوس‌ها به سمت پایین‌دست جابجا شده‌اند. تغییرات زمانی ضریب خمیدگی قوس‌ها در محدوده‌ی قوس‌ها در محدوده‌ی گتوند تا بند قیر کاملاً مشهود بوده و در حالی‌که در بازه‌ی بند قیر تا فارسیات این تغییرات ناچیز می‌باشد *(ارشد و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۹۶)*.

حسین‌زاده و همکاران با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به بررسی تغییرات ژئومورفولوژیک رودخانه‌ی مهران بر روی دلتا (استان هرمزگان، بندر لنگه) در طیّ بازه‌ی ۲۱ ساله پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که کانال رودخانه‌ی مهران دارای جابجایی زیادی‌بوده بطوری‌که تشکیل‌مئاندرهای جدید و متروک شدن بخش‌هایی از مسیر کانال نتیجه همین جابجایی بوده است. همچنین آنها بیان داشتند تغییرات اندکی که در خط‌ساحلی اتفاق افتاده نتیجه‌ی پیشروی و رسوب‌گذاری رودخانه به داخل خلیج‌فارس بوده است *(حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۳)*.

نوحه‌گر و همکاران تغییرات ژئومورفولوژیک نیمرخ طولی و عرضی علیای رودخانه‌ی میناب را در بخش جلگه‌ای (محدوده سد تا پل میناب) مورد بررسی قرار دادند. به منظور بررسی تغییرات شیب بستر، نیمرخ طولی‌رودخانه از نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ استفاده کردند. همچنین برای شناسایی و نوع عملکرد فرسایش در آبراهه، ۴ مقطع را در مکان‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان می‌دهد بستر رودخانه، در اثر کاهش تدریجی بار جامد حاصل از حوضه‌ی آبخیز میناب به علت احداث سد و گیر افتادن رسوب‌ها، مخصوصاً رسوب‌های درشت‌دانه در دریاچه‌ی سد، موجب پایین رفتن نیمرخ رودخانه در تمام طول مسیر رودخانه شده است. بطور کلی رودخانه‌ی میناب از سد تا پل به عنوان یک واحد ژئومورفولوژیکی، به سه بخش با بستر تنگ و عمیق، بستر عریض با عمق کم و بستر تنگ با عمق متوسط نمودند *(نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳۷)*. بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد بررسی مورفولوژی رودخانه در سایر کشورها نیز از اهمیت خاصی برخوردار بوده است و تا به حال محققان مختلفی مانند بیدنهام[1] و همکاران (۲۰۰۰) تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ی می‌سی‌سی‌پی را مورد بررسی قرار دادند. همچنین اُرفا و استواکس[2] (۲۰۰۲) مشخصات هیدرولیکی و مورفولوژی رودخانه‌ی پارانا واقع در کشورهای برزیل و آرژانتین را مورد بررسی قرار دادند. علاوه بر آن می‌توان به تحقیقات رامسبی و همکاران[3] (۲۰۰۸)، ورهار[4] و همکاران (۲۰۰۸)، لهوتسکی[5] و همکاران (۲۰۱۰)، بارنارد[6] و همکاران (۲۰۱۰)، باروسو[7] و همکاران (۱۹۹۸) اشاره نمود. با توجه به اهمیت مسأله در این تحقیق تغییرات رودخانه‌ی کشکان مورد بررسی قرار می‌گیرد و بازه‌های بحرانی رودخانه مشخص خواهد شد. همچنین خصوصیات پیچانرودی رودخانه و میزان توسعه‌یافتگی مئاندرها در وضعیت فعلی بررسی خواهد شد. در نهایت با توجه به مشخصات هندسی رودخانه و به کمک روابط تجربی، میزان فرسایش کناری در بازه‌های بحرانی در آینده پیش‌بینی گردید. نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر موجب شناخت رودخانه از دیدگاه ژئومورفولوژیک شده و همچنین می‌توان از طریق نتایج به‌دست آمده، به مدیریت‌صحیح و علمی منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخت.

1-Biedenharn
2-Orfeo and Stevaux
3-Rumsby
4-Verhaar
5-Lehotský
6-Barnard
7-BARUSSEAU

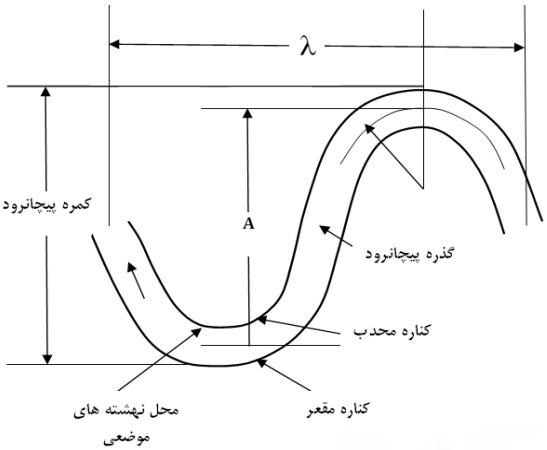
خصوصیات هندسی پیچانرودها

لئوپولد و ولمن (۱۹۶۰) شکل هندسی ۱ را برای نشان دادن مشخصات یک حلقه‌ی پیچانرود ارائه نموده‌اند که در آن پارامترهای شعاع انحناء (R)، عرض رودخانه (B)، طول موج یا طول پیچانرود (λ) دامنه‌ی نوسانات (A) و سایر مشخصات هندسی نشان داده شده است (۲). در این شکل طول موج پیچانرود فاصله‌ی افقی بین دو نقطه‌ی متناظر از دو قوس پیچانرود متوالی واقع بر محور رودخانه می‌باشد که آن را طول موج (λ) گویند. همچنین دامنه‌ی نوسانات پیچانرود (A)، به حداکثر فاصله‌ی عمودی بین دو انحنای متوالی واقع بر محور رودخانه گفته می‌شود. بر اساس این شکل عرض کمربند پیچانرود، حداکثر فاصله‌ی عمودی بین کناره‌های مقعر دو قوس متوالی از رودخانه را عرض کمربند پیچانرود می‌گویند و ضریب خمیدگی به صورت زیر تعریف می‌شود:

معادله ۱:

$$\text{ضریب خمیدگی} = \frac{\text{فاصله قوسی}}{\text{نصف طول موج}}$$

بر طبق این تعریف ضریب خمیدگی عبارت است از طول آبراهه به طول دره‌ای که آبراهه در آن جریان دارد. چون طول آبراهه عملاً همان طول بستر عادی، برای دبی کم می‌باشد و طول دره، طول بستر سیلابی برای دبی زیاد است، می‌توان ضریب خمیدگی را مساوی با نسبت شیب بستر سیلابی به شیب بستر عادی دانست. زاویه بین دو شعاع متصل به نقاط عطف دو طرف یک قوس را زاویه‌ی مرکزی می‌گویند. "کورینس" جهت کمّی کردن میزان توسعه‌ی پیچانرود در رودخانه‌های آبرفتی و متمایز کردن آنها از یکدیگر، با استفاده از زاویه‌ی مرکزی تقسیم‌بندی جدول ۱ را انجام داد *(تلوری، ۱۳۸۳:۲۸۶)*.



شکل۱: مشخصات هندسی یک قوس پیچانرود

مأخذ : لئوپولد و ولمن، ۱۹۶۰

جدول۱: تعیین میزان توسعه‌ی پیچانرودی به کمک زاویه مرکزی

شکل رودخانه	زاویه مرکزی (درجه)
رودخانه‌ی مستقیم	—
رودخانه‌ی شبه پیچانرود	< ۴۱
رودخانه‌ی شبه پیچانرود توسعه‌نیافته	۴۱ – ۸۵
رودخانه‌ی پیچانرود توسعه‌یافته	۸۵ – ۱۵۸
رودخانه‌ی بیش از حد توسعه‌یافته	۱۵۸ – ۲۹۶
رودخانه‌ی نعل اسبی (Ox-bow)	بیش از ۲۹۶

مأخذ: تلوری، ۱۳۸۳

روابط هیدرولیکی ـ هندسی پیچانرودها

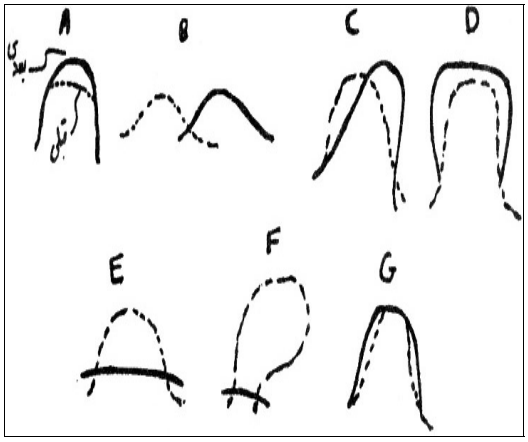
فریدکین (۱۹۴۵) رابطه‌ی ۲ را در ارتباط با مشخصه‌های هیدرولیکی ـ هندسی ارائه کرده است:

معادله ۲: $A = dW^n$

که W عرض کمربند پیچانرود و A دامنه نوسانات پیچانرودی می‌باشد. d و n ضرایب‌ثابت تجربی هستند. لئوپلد و ولمان (۱۹۶۰) ضرایب رابطه‌ی ۲ را به صورت زیر ارائه کرده‌اند:

معادله ۳ : $A = ۲/۷\ W^{۱/۱}$

فرسایش در پیچانرودها حالات مختلفی را دربرمی‌گیرد که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل۲: حالات مختلف توسعه‌ی قوس پیچانرود

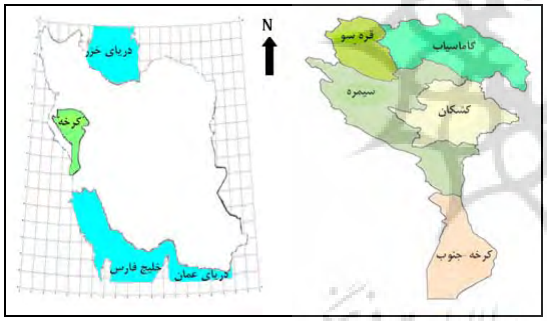
مأخذ: تلوری، ۱۳۸۳

A = توسعه‌یافتگی (Extension)
E = میانبری آبشاری (Chute-cutoff)
B = انتقال (Translation)
F = میانبری طوقه‌ای (Neck-cutoff)
C = چرخش (Rotation)
G = گسترش جانبی (Lateral extension)
D = تبدیل به قوس مرکب (Conversion)

مواد و روش‌ها

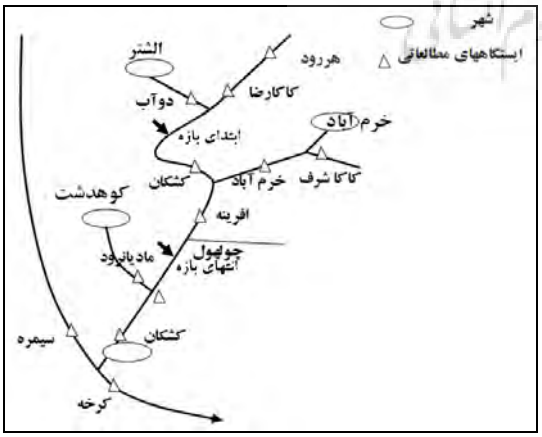
منطقه‌ی مورد مطالعه

رودخانه‌ی کشکان یکی از شعب مهم و پرآب رودخانه‌ی کرخه می‌باشد که آب‌های منطقه‌ی وسیعی از استان لرستان را جمع‌آوری می‌نماید. این رودخانه در جنوب غربی پلدختر در منطقه‌ای موسوم به کل سفید به رودخانه‌ی سیمره ملحق و کرخه را به وجود می‌آورد. با احداث سد مخزنی کرخه بر روی آن حداقل ۳۰۰ هزار هکتار اراضی دشت‌های استان‌های خوزستان و ایلام آبیاری و سیلاب‌های مخرب آن مهار می‌گردد. بر روی این رودخانه و شعبات فرعی آن مجموعاً ۱۱ ایستگاه هیدرومتری وجود دارد که پنج ایستگاه روی رودخانه اصلی و مابقی روی خروجی شعبات فرعی آن احداث گردیده‌اند. آخرین ایستگاه هیدرومتری کشکان به‌نام پلدختر با موقعیت جغرافیایی ۴۷,۴۳ طول شرقی و ۳۳,۰۹ عرض شمالی در سال ۱۳۳۴ تأسیس گردید. این ایستگاه دارای تجهیزات اشل،لیمنیگراف و تلفریک می‌باشد. مساحت حوضه در بالادست این ایستگاه ۹۱۴۰ کیلومتر مربع بوده و طول رودخانه‌ی کشکان حدود ۲۷۰ کیلومتر می‌باشد. در شکل ۳ حوضه‌ی آبریز کرخه و زیرحوضه‌ی کشکان و در شکل۴ شبکه‌ی هیدروگرافی رودخانه‌ی کشکان نشان داده شده است. از آنجایی‌که ارتفاع حوضه نسبت به سطح دریا نشان‌دهنده‌ی موقعیت اقلیمی آن حوضه است، بررسی توزیع مساحت در ارتفاعات مختلف برای حوضه‌ی آبریز کشکان نشان می‌دهد بیشترین ارتفاع حوضه بین ۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر (۴۰/۲ درصد)، و متوسط ارتفاع حوضه ۱۶۵۳ متر می‌باشد.



شکل۳: حوضه‌ی آبریز کرخه و زیرحوضه‌ی کشکان

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

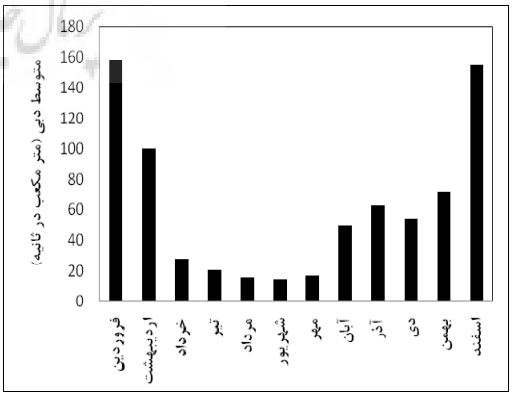


شکل۴: شبکه‌ی هیدروگرافی رودخانه‌ی کشکان

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

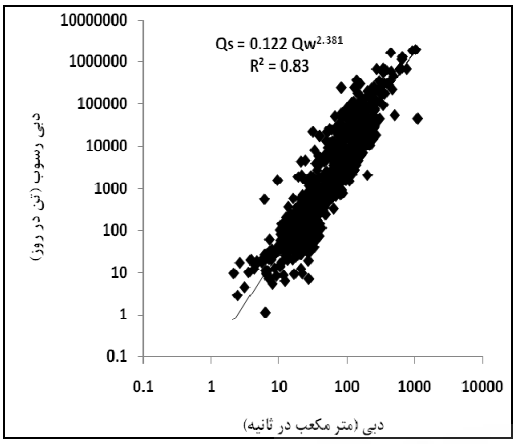
این رودخانه دارای جریان آب دائمی بوده و حوضه‌ی آن عمدتاً کوهستانی و مرتفع و پرپیچ و خم است. این رودخانه در بازه‌هایی به علت خصوصیات مورفولوژیکی، مئاندری وحتی در بعضی نقاط سیلابدشتی، شریانی می‌باشد. در نواحی مئاندری مشکل فرسایش کناری و جابجایی پلان رودخانه به چشم می‌خورد. از آنجایی‌که یافتن راهکارهای فنی مناسب، مستلزم شناخت نحوه‌ی رفتار رودخانه و عوامل هندسی و هیدرولیکی مؤثر بر فرایند فرسایش، رسوبگذاری و سینوسی شدن آن می‌باشد و با توجه به اهمیت موضوع، در تحقیق حاضر به آن پرداخته شد. بر اساس آمار دبی ۳۰ ساله اندازه-گیری شده در ایستگاه هیدرومتری پلدختر حداکثر دبی لحظه‌ای و حداکثر روزانه رودخانه‌ی کشکان به ترتیب ۹۵۸ و ۵۷۹ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. همچنین آبدهی متوسط سالیانه‌ی رودخانه‌ی مزبور در یک دوره‌ی سی ساله حدود ۵۷۰ میلیون متر مکعب می‌باشد.رژیم آبی آن برفی و دوران‌پرآبی آن در ماه‌های بهار می‌باشد (شکل ۵).

رابطه‌ی بین دبی و دبی رسوب معلق در این‌ایستگاه آبسنجی برابر با $Q_s=0.122Q_w^{2.381}$ می‌باشد. پهنای رودخانه از ۲۰ تا ۵۰ متر و ژرفای آن بین ۱ تا ۲/۵ متر متغیّر می‌باشد.



شکل۵: متوسط دبی۳۰ ساله رودخانه‌ی کشکان در ایستگاه هیدرومتری پل دختر

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

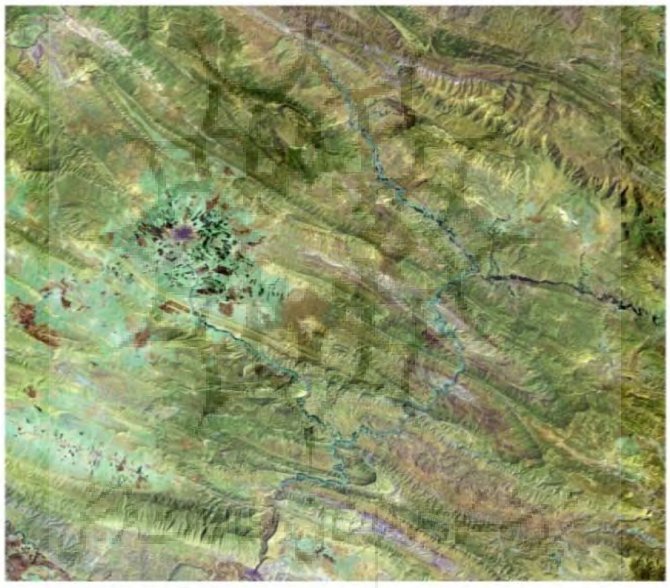


شکل۶: رابطه بین دبی و دبی رسوب ایستگاه هیدرومتری پلدختر

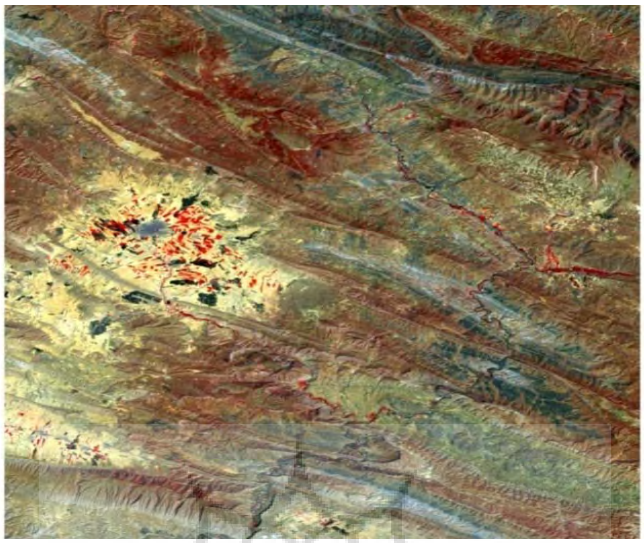
مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

برای مطالعه و بررسی روند تغییر مسیر رودخانه‌ی کشکان، از تصاویر ماهواره‌ای ETM سال ۱۳۸۹ و مقایسه آن با نقشه‌های سال‌های ۱۳۳۷ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده گردید. به‌منظور آماده‌سازی تصاویر و انطباق نقشه‌ها، ابتدا نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور اسکن شده و مختصات نقاط مشخص (گوشه‌های نقشه‌ها) به مختصات متریک تبدیل شد. پس از مختصات‌دار کردن نقشه‌ها، مسیر مشخص شده رودخانه بر روی نقشه‌ها رقومی شد. برای آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای نیز ابتدا سین مربوط به استان مشخص و پس از جداسازی سین کلی منطقه، سین تصاویر مشخص و به اصطلاح sub map از سین کلی مربوط به منطقه استخراج گردید و پس از آن تصحیحات لازم روی تصاویر اعم از تصحیح مختصات و تصحیح مربوط به مواد معلق در فضا انجام شد. با توجه به اینکه بایستی تصاویر با نقشه‌ها مقایسه شوند، تصحیح مختصات تصاویر از روی همان نقشه‌ها انجام گردید. همچنین برای اندازه‌گیری و دانستن فاصله، مساحت و یا محیط، نقشه‌ها به مختصات UTM تبدیل شدند. برای این‌کار ابتدا می‌بایست موقعیت زون منطقه مشخص شود و سیستم تصویر مناسب منطقه گرفته

شود که برای پروژه‌ی فوق، بیضوی Clarc 1880 و WGS 84 درنظر گرفته شده است. سطح رقوم ارتفاعی که برای این پروژه در نظر گرفته شده سطح آزاد آب دریای‌عمان بوده وسپس از Scrip نرم‌افزارهایی GIS مانند Ilwis و Arcinfo استفاده شد و نقاط شاخص و با مختصات معین به‌سیستم مختصات UTM تبدیل و این مختصات به هر دو محیط (نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای) منتقل شد.برای مشخص شدن بهتر مسیر رودخانه و گویاتر شدن تصاویر از ترکیب‌های رنگی به اصطلاح false color composite استفاده شد که بهترین ترکیباتی که سطح مسیر رودخانه را مشخص نماید با سعی و خطا بین باندهای ۱ و ۳ و ۴ (شکل۷) و۷ و ۵ و ۱ (شکل ۸) بوده که پس از ساختن ترکیب رنگی باندها و اضافه کردن لایه‌ی مربوط به نقشه‌ای که از رقومی کردن کردن نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ به دست آمده بر روی ترکیب باندی تصاویر می‌توان روند تغییرات مسیر رودخانه در پیچ‌ها را مشاهده کرده و مورد بررسی قرار داد.



شکل۷: ترکیب باندهای ۷ و ۵ و۱ ETM
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲



شکل۸: ترکیب باندهای ۱ و ۳ و ۴ ETM

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

البته روی هم‌اندازی و پایش روند تغییرات بین این دو، خطاهایی را هم در پی داشته که سعی شده این خطاها به حداقل ممکن برسد ولی با توجه به اینکه نقشه‌ی مسیر رودخانه در سه برگ مختلف بوده و اتصال آنها به هم یا به اصطلاح مرجع کردن نقشه‌های جدا از هم مقداری جابجایی را شامل می‌شود، می‌توان آن را به راحتی مشخص و از روند تغییرات خارج نمود.

- بازه‌ی مورد نظر جهت مقایسه‌ی دو پلان بایستی دارای شرایط ذیل باشد:

۱- بازه‌ی مورد مطالعه باید در ناحیه‌ی آبرفتی قرار داشته باشد (شکل ۹)؛ به عبارت بهتر فرسایش‌پذیر بوده و نسبت به بازه‌های دیگر روند فرسایشی بیشتری داشته است. زیرا در ناحیه‌ی کوهستانی و سنگی تغییر مسیر و جابجایی پلان رودخانه اصولاً نتیجه‌ی فرایندهای‌تکتونیکی است و فرسایش کناری توسط جریان رودخانه نقش ناچیزی دارد.

۲- هم در پلان جدید و هم در پلان قدیم رودخانه، بایستی دو ساحل راست و چپ وجود داشته باشد؛ به عبارت دیگر عرض رودخانه مشخص باشد. زیرا اگر روی نقشه، مسیر رودخانه فقط به صورت یک خط منحنی باشد با توجه به مقیاس نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ که یک میلیمتر روی نقشه برابر ۵۰ متراست و با در نظر گرفتن خطای چشم، تعیین میزان جابجایی با خطا و حتی اشتباه فاحش همراه خواهد بود.

۳- دارای دو حلقه‌ی پیچانرودی متوالی با عرض کمربند مئاندر مشخص باشد.

۴- خطای ناشی از تطبیق مسیر جدیدوقدیم رودخانه بر اثر کنار هم‌گذاری تصاویر ماهواره‌ای وجود نداشته باشد.

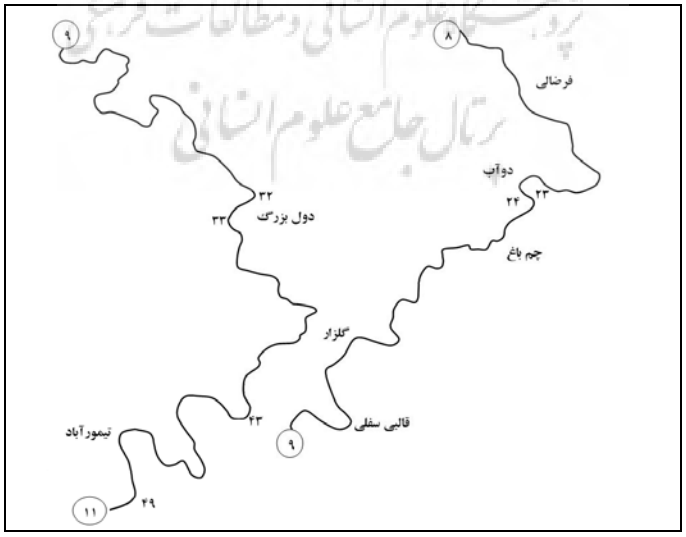
با توجه به ماهیّت کار در این تحقیق سعی گردید در شرایط کاهش نسبی دبی جریان، از رودخانه بازدید صحرایی انجام شود، زیرا در این حالت نهشته‌های کف رودخانه و الگوی فرسایش کف و بستر آن بهتر و بیشتر مشخص می‌شود و اثر متقابل هیدرولیک جریان و هندسه‌ی رودخانه قابل پایش می‌باشد. با توجه به بازدید انجام شده نهایتاً شش منطقه‌ی چم‌پلک، کلهوسفلی، خاطره، چرخستان، دوآب و دول‌بزرگ با داشتن ۴۹ قوس جهت پیش‌بینی فرسایش کناری

انتخاب گردید (شکل۹). بازه‌ی رودخانه‌ی مورد مطالعه دارای طول حدود ۱۰۸ کیلومتر می‌باشد. خصوصیات هندسی مئاندر از قبیل شعاع قوس و طول قوس اندازه‌گیری گردید و نهایتاً با توجه به زاویه‌ی مرکزی قوس‌ها وضعیت مئاندر و میزان توسعه‌یافتگی آن در شرایط کنونی مورد بررسی قرار گرفت. برای مثال محاسبات حداکثر پیشرفت مئاندر تا مرحله‌ی تثبیت بر اساس روابط لئوپلد و ولمان، برای منطقه‌ی چم‌پلک عرض کمربند مئاندر (W) برابر با ۵۵۰ متر، دامنه نوسان پیچ یا عرض مئاندر در حالت تثبیت شده (A) برابر با ۳۱۴۳ متر و حداکثر مقداری که باید رودخانه پیشروی کند تا بطور طبیعی تثبیت گردد، برابر خواهد بود با ۳۱۴۳-۵۵۰=۲۵۹۳m و برای هر طرف رودخانه ۱۲۹۶/۵ متر می‌باشد*(Lopold&Wolman, 1960: 790)*

نتایج و بحث

بررسی وضعیت فرسایش رودخانه

بررسی نشان می‌دهد رودخانه کشکان که نقشه‌های آن از سال ۱۳۳۷ در دسترس می‌باشند در طول بازه‌ی دشت رسوبی خود دستخوش فرسایش کناری شده است. این فرسایش در برخی نقاط بیشتر و در برخی نقاط کمتر است. در قوس‌های پیچانرودی میزان فرسایش در مقایسه با سایر بخش‌هایی که انحنای ضعیف‌تری دارند، بیشتر است. در مجموع ۴۹ قوس رودخانه در یک بازه‌ی ۱۰۸ کیلومتری مورد مطالعه قرار گرفت که برای نمونه در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ قوس‌های ۳ و ۴ واقع در منطقه‌ی چم‌پلک نشان داده شده است. بیشترین فرسایش در حدّ فاصل مناطق خاطره و امیرآباد رخ داده است به گونه‌ای که در منطقه‌ی چرخستان میزان جابجایی پلان رودخانه تا حدود ۲۶۰ متر اتفاق افتاده است. رودخانه نیز در این ناحیه به‌خاطر فرسایش زیاد تغییر الگو داده و به‌حالت شریانی درآمده است. در پایین‌دست پل کشکان نیز میزان جابجایی پلان تا ۱۵۰ متر مشاهده می‌شود. رودخانه در حد فاصل مناطق چم‌خوشه و کلهو سفلی دارای جابجایی کمتری نسبت به مناطق خاطره تا امیرآباد می‌باشد. در این بازه جابجایی رودخانه تا ۵۶ متر مشاهده می‌شود.



شکل ۹ : بازه‌ی مورد مطالعه و محل قوس‌ها

مأخذ : مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

شکل ۱۰: محل قوس‌های ۳و۴ در منطقه‌ی چم پلک بر روی نقشه گوگل ارث

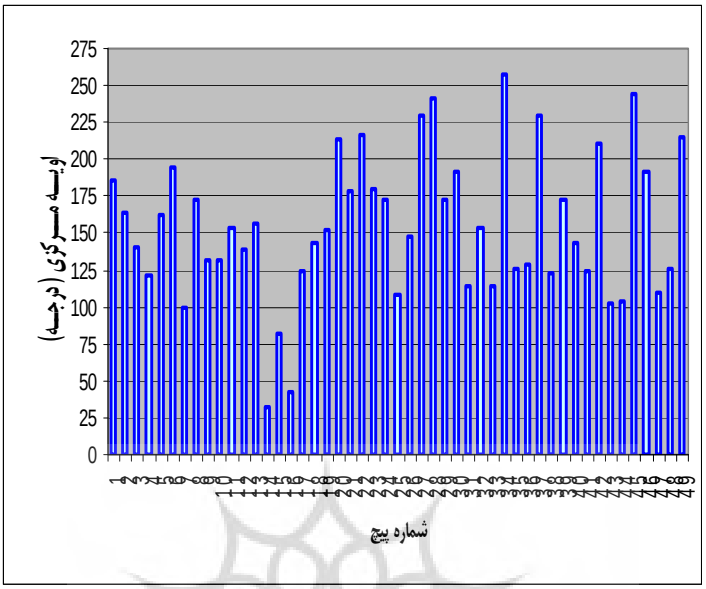
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

شکل ۱۱: تصویر قوس‌های ۳ و ۴ در منطقه‌ی چم پلک

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

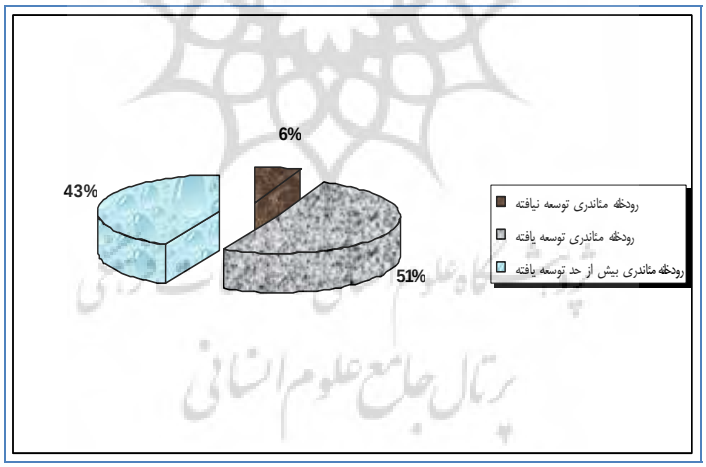
وضعیت فعلی رودخانه

در شکل ۱۲ زاویه‌ی مرکزی در قوس‌های پیچانرودی نشان داده شده است. در شکل ۱۳ درصد فراوانی پیشرفت مئاندری شدن در محدوده‌ی مورد مطالعه نشان داده شده است. در حال حاضر از ۴۹ قوس مورد مطالعه در یک بازه‌ی ۱۰۸ کیلومتری در حد فاصل مناطق ورپل و تیمورآباد، ۶ درصد از قوس‌ها توسعه‌نیافته، ۵۱ درصد توسعه‌یافته و ۴۳ درصد بیش از حد توسعه‌یافته می‌باشند. به‌عبارت دیگر در این بازه، مئاندرهای رودخانه پتانسیل توسعه‌ی زیاد را دارا می‌باشند. رودخانه در منطقه‌ی چرخستان در سطح وسیعی حالت شریانی به خود گرفته است. در بازه‌ای از مسیر رودخانه در منطقه‌ی چم‌پلک نیز این حالت مشاهده می‌شود. رودخانه در بازه‌ای در منطقه‌ی کله و سفلی حالت ox-bow یا نعل اسبی به خود گرفته است. همچنین در محل پل‌کشکان نیز به خاطر کاهش سرعت و رسوبگذاری، رودخانه حالت شریانی (جزیره‌ای دارد).



شکل۱۲: زاویه‌ی مرکزی در قوس‌های فرسایش‌پذیر رودخانه‌ی کشکان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲



شکل۱۳: درصد فراوانی پیشرفت مئاندری شدن در قوس‌های فرسایش‌پذیر رودخانه‌ی کشکان

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۲

نتیجه

بر اساس بررسی و محاسبات انجام شده در این تحقیق پیش‌بینی می‌شود رودخانه بطور متوسط از هرطرف در منطقه‌ی کلهو سفلی و چرخستان ۶۵۷ متر، در منطقه‌ی خاطره، دوآب و دول‌بزرگ ۱۰۳۵ متر و در منطقه‌ی بالادست چم‌پلک ۱۲۹۷متر پیشروی نماید تا بطور طبیعی تثبیت گردد (شکل ۹). همچنین ممکن است رودخانه در بازه‌هایی که در گذشته فرسایش شدید داشته است نسبت به سایر بازه‌ها فاصله‌ی کمتری (فرسایش کمتری) تا نقطه‌ی تثبیت خود داشته باشد. علاوه بر آن ممکن است رودخانه در بازه‌هایی که در گذشته بطور نسبی فرسایش کمتری

داشته است، در آینده فرسایش بیشتری پیدا نماید تا به نقطه‌ی تثبیت خود برسد. برای مثال می‌توان برای حالت اول به منطقه‌ی چرخستان و برای حالت دوم به منطقه‌ی چم‌پلک اشاره نمود. البته به صرف این‌که رودخانه در گذشته بطور نسبی فرسایش کمتری داشته نیز نمی‌توان با قاطعیت گفت که در آینده فرسایش بیشتری خواهد داشت تا به نقطه‌ی تثبیت برسد، بلکه هندسه‌ی مئاندرها و بطور مشخص عرض کمربند مئاندر در این رابطه تعیین‌کننده می‌باشد که به عنوان مثال در این قسمت می‌توان به منطقه‌ی کلهو سفلی اشاره کرد. به خاطر سیلاب‌ها در سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ اراضی مرغوب وسیعی در منطقه‌ی چرخستان از بین رفته که اگر ساحل راست رودخانه در این قسمت و در نزدیکی چاه‌نیمه‌ی عمیق روستا تثبیت نشود، در سیلاب‌های آینده شاهد وقوع مجدد این حادثه‌ی تلخ خواهیم بود. بطور کلی رودخانه از منطقه‌ی چم‌پلک و چم‌دشتی تا بالادست پل کشکان نیاز به تثبیت ساحل و اقدامات مهندسی رودخانه جهت حفاظت اراضی زراعی دارد. البته این به معنای عدم نیاز به این مهم در سایر بازه‌های رودخانه نیست ولی چون در حاشیه‌ی بازه‌ی مذکور، اراضی زراعی بیشتری قرار دارد از اولویّت بیشتری نیز برخوردار است.

منابع

- سازمان آب منطقه‌ای استان لرستان (۱۳۹۱). آمار ایستگاه هیدرومتری کشکان- پلدختر.
- ارشد، صالح؛ سعید مرید؛ هادی میرابواقاسمی (۱۳۸۶). بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور: مطالعه موردی روخانه کارون از گتوند تا فارسیات (۱۳۶۹-۱۳۶۹)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهاردهم. شماره ششم. صفحات ۱۹۶-۱۸۰.
- تلوری، عبدالرسول (۱۳۸۳). اصول مقدماتی مهندسی و ساماندهی رودخانه، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، وزارت جهاد، ۴۸۸ صفحه.
- حبیبی، مهدی؛ امیرحمزه حقی‌آبی (۱۳۸۱). بررسی آزمایشگاهی آستانه ایجادکانال‌های پیچانرودی. پژوهش و سازندگی ۵۷-۵۶، صفحات ۵۵-۴۸.
- حسین‌زاده، محمدمهدی؛ احمد نوحه‌گر؛ سیدحسن صدوق؛ عنایت غلامی (۱۳۹۰). بررسی تغییرات ژئومورفولوژیک رودخانه مهران بر روی دلتا با استفاده از سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (استان هرمزگان، بندر لنگه)، پژوهش‌های فرسایش محیطی. جلد ۱. شماره ۲. صفحات ۶۸-۵۳.
- نوحه‌گر، احمد؛ محمدمهدی حسین‌زاده؛ طاهره افشار (۱۳۸۹). تغییرات ژئومورفولوژیک نیمرخ طولی وعرضی علیای رودخانه میناب (از سد تا پل میناب)، جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، دوره ۸. شماره ۲. صفحات ۱۵۸-۱۳۷.
- رضائی‌مقدم، محمدحسین؛ محمدرضا ثروتی؛ صیاد اصغری سراسکانرود (۱۳۹۱). بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل‌اوزن با تأکید بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. دوره ۲۳. شماره ۲. صفحات ۱۴-۱.
- غریب‌رضا، محمدرضا؛ حمیدرضا معصومی (۱۳۸۵). مورفولوژی رودخانه‌ی زهره و تغییرات آن در جلگه‌ی ساحلی هندیجان هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحات ۹-۱.
- فاطمی‌عقدا،سیدمحمود؛ فرجاله فیاضی؛ داریوش علیپور (۱۳۸۰). بررسی زمین‌شناسی مهندسی بخشی از رودخانه‌ی کرخه (روستای عبدالخان تا روستای الهایی)، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. جلد ۱. شماره ۳ و۶. صفحات ۱۷۸-۱۶۳.

- فروغی، عبدالمجید؛ محمد بنی‌رضی، محمد ابراهیم بنی حبیب؛ محمود شفاعی‌بجستان؛ مسعود ساجدی‌سابق (۱۳۸۰). کاربرد صفحات مستغرق برای ساماندهی و تثبیت‌رودخانه‌های فصلی، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه تهران. صفحات ۸-۱.
- یمانی،مجتبی؛ سیامک شرفی (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه هرررود در استان لرستان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی سال ۲۳. پیاپی ۴۵. شماره ۱. صفحات ۳۲-۱۵.
- Barnard, P.L., and Warrick, J. A(2010).Dramatic beach and nearshore morphological changes due to extreme flooding at a wave-dominated river mouth. Marine Geology 271:131-148.
- Barusseau,J.B., J. Bii, C, Descamps,S. Diop,B, Diouf,A,Kane,J,Luc Saos and A,Soumart (1998). Morphological Senegal River COMMUNICATION and sedimentological changes in the estuary after the constuction of the Diama dam. Journal of African Earth Sciences, Vol. 26. No. 2: 317-326.
- Biedenharn, D.S., C.R. Thorne, C.C. Watson (2000). Recent morphological evolution of the Lower Mississippi River, Geomorphology, Vol (34): 227–249.
- Friedkin, J. F (1945). A laboratory study of the meandering of alluvial rivers. U. S . waterways Exp . Sta., Vicksburg , Mississippi .
- Lopold, L. and M.G. Wolman (1960). River Meanderes. Bulletin of the Geological Society of America, 71:769- 794.
- Lehotský, M., Novotný, J., Szmańda, J., Grešková, A (2010). A suburban inter-dike river reach of a large river: Modern morphological and sedimentary changes (the Bratislava reach of the Danube River, Slovakia). Geomorphology, Vol (117): 298–308.
- Orfeo, O., J. Stevaux (2002). Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Parana´ River (Argentina and Brazil). Geomorphology,Vol(44): 309-322.
- Rumsby, B.T., J. Brasington, J.A. Langham, S.J. McLelland, R. Middleton, G. Rollinson (2008). Monitoring and modelling particle and reach-scale morphological change in gravel-bed rivers: Applications and challenges. Geomorphology, Vol(93): 40–54.
- Surian, N., M, Rinaldi (2003). Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. Geomorphology, Vol (50): 307–326.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی