پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال پنجم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۵
صص. ۸۱-۶۶

هیدرودینامیک و پایداری رودخانه قشلاق و تأثیر آن در توسعه شهری سنندج

مهران مقصودی – دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تهران
هادی نیری* – استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه کردستان
خبات امانی – دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۰۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۴/۲۲

چکیده

رودخانه‌ها سیستمی پویا بوده و همواره برای رسیدن به تعادل بستر در مسیر خود برداشت، حمل و رسوب‌گذاری می‌کنند. به همین دلیل مشخصه‌های مورفولوژیکی آن‌ها به‌طور پیوسته در طول زمان تغییر می‌کند. پژوهش حاضر باهدف بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه قشلاق، شامل الگوی رود، روند تغییرات و جابجایی مسیر جریان آب، شناخت نظری فرایندهای رودخانه با در نظر گرفتن متغیرهای محیط طبیعی و همچنین تشخیص و پیش‌بینی مسیرهای بحرانی ازنظر فرسایش کناری رودخانه انجام‌شده است. محدوده‌ی موردمطالعه یک بازه ۵۵ کیلومتری است که از دیوار سد وحدت (قشلاق) در ۱۲ کیلومتری شمال شرق شهر سنندج شروع‌شده و تا سد در دست احداث ژاوه ادامه می‌یابد. تکنیک اصلی کار مقایسه زمانی و مکانی تغییرات بستر رودخانه است. جهت انجام پژوهش حاضر از ابزارهایی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به تابستان سال ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳ و همچنین مطالعات کتابخانه‌ای استفاده‌شده است. کنترل تغییرات از طریق کار میدانی صورت گرفته و در نرم‌افزار Arc GIS نقشه‌ها و تصاویر رقومی شده، زمین مرجع گردیده و پارامترهای هندسی رودخانه با روش برازش دایره‌های مماس بر قوس رودخانه در محیط نرم‌افزاری Auto Cad انجام‌شده است. سپس تحلیل‌های کمی با استفاده از روابط ریاضی به‌دست‌آمده است. نتایج حاصل مؤید آن است که از ابتدای محدوده موردبررسی تا حوالی روستای سواریان تغییرات به دلیل جنس سست سازندها و تأثیرات بسیار زیاد عوامل انسانی، بسیار بالاست به‌گونه‌ای که می‌تواند توسعه بدون برنامه شهری را با اختلال مواجه کند. اما در ادامه مسیر، در بازه زمانی موردمطالعه تغییرات کم‌تری مشاهده می‌شود.

واژگان کلیدی: ژئومورفولوژی، هیدرودینامیک رودخانه، قشلاق، تغییرات بستر رود

---

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

مقدمه

شهر سنندج در کنار رودخانه قشلاق واقع‌شده است. رودخانه قشلاق به‌خصوص در بازه موردمطالعه در زمین‌های تراکمی و کم شیب جریان دارد، پدیده‌هایی همچون فرسایش و رسوب‌گذاری و تغییرات رودخانه‌ای عکس‌العمل‌هایی است که رودخانه برای رسیدن به شرایط پایدار ایجاد می‌نماید و در بعضی از موارد این عکس‌العمل‌ها منجر به وارد شدن خسارت-هایی جدی به سازه‌های انسانی و زمین‌های زراعی اطراف می‌شود.

وجود رودخانه در هر منطقه نعمت پراهمیتی است که باید به حفظ و حراست آن توجه شود. رودخانه بستر حیات است و غالباً تمدن‌های بزرگ دنیا در کنار رودخانه‌ها شکل‌گرفته‌اند(رفاهی،۱۳۸۲ص۱۱۷). رودخانه‌ها سیستمی پویا بوده و همواره برای رسیدن به تعادل بستر در مسیر خود برداشت، حمل و رسوب‌گذاری می‌کنند به همین دلیل مشخصه‌های مورفولوژیکی آن‌ها به‌طور پیوسته در طول زمان تغییر می‌کند. به دلیل فرسایش کناری و جابجایی مرزهای رودخانه، هرساله سطح زیادی از اراضی کشاورزی و نواحی مسکونی و تأسیسات ساحلی در معرض نابودی و تخریب قرار می-گیرند(رنگزن و دیگران۱۳۸۰،ص۱). رودخانه‌ها برای تأمین آب کشاورزی، صنعت، حمل‌ونقل، تفریحات و حتی به‌عنوان مسیرهای تخلیه آب آلوده مورداستفاده انسان هستند. اما خطراتی چون فرسایش، سیل و مشکلات ناشی از انتشار آلودگی‌ها و بیماری‌ها را نیز به همراه دارند. علاوه بر جنبه‌های فیزیکی رودخانه‌ها ازلحاظ فرهنگی، سیاسی و مذهبی نیز همواره حائز اهمیت بوده‌اند(رایت و کروساتو[1]، ۲۰۱۳). تغییر الگوی هندسی رودخانه، ناپایداری بستر و فرسایش سواحل رودخانه نه‌تنها موجب خسارت به اراضی مستعد کشاورزی و تأسیسات مجاور ساحل رودخانه شده بلکه رسوبات حاصل از فرسایش موجب کاهش گنجایش مفید سدها شده و شرایط هیدرولوژیکی جریان را مختل می‌کند. بنابراین، شناسایی پدیده‌های ژئومورفیک و زمین‌شناختی که باعث تغییر الگوی هندسی رودخانه و ناپایداری بستر می‌شوند امری ضروری است(رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰).

هیدرودینامیک گویای چگونگی جریان آب در رودخانه، فرسایش و ته‌نشینی مواد رسوبی درنتیجه این جریان و از طرفی نقش آن در تحول پارامترهای هندسی رود می‌باشد(یمانی و همکاران،۱۳۸۵). اثر فرسایش آب‌های جاری در اشکال مختلفی ظاهر می‌شود. تنوع اشکال فرسایشی حاصل تغییرات میزان نیرو در آب‌های جاری می‌باشد بنابراین در ارتباط مستقیم با دینامیک آب قرار دارد(محمودی۱۳۸۲،ص۸۴). نیروی شیب دامنه‌ها و حوضه‌های زهکشی در آب، به میزان تخلیه رسوبی متمرکز می‌شود (چورلی[2]،۱۹۸۵). سرعت جابجایی مواد در بستر به عواملی مانند سرعت جریان، تلاطم جریان، قطر ذرات، قدرت چسبندگی، و وزن مخصوص ذرات، چگونگی پراکنش ذرات در آب، درجه زبری و موانع مسیر جریان بستگی دارد(احمدی، ۱۳۸۶، ص ۳۴۰). فرسایش کناری رودخانه پیوسته به جریان‌های پیک یا اوج مرتبط می‌شود(هوک[3]، ۱۹۸۰). متغیرهای مؤثر در دینامیک آبراهه‌های آبرفتی در ارتباط باهم به‌صورت علت و معلولی عمل می‌کنند. عوامل اکولوژیک نظیر فعالیت‌های انسانی شامل کشاورزی، صنعتی شدن و شهری سبب تغییر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه می‌شود(جداری عیوضی و همکاران، ۱۳۸۸). تأثیرات انسان در رودخانه بدون داشتن اطلاعات لازم، فرسایش کانال را به دنبال دارد (یانگ شین و همکاران[4]، ۲۰۱۴).

هدف پژوهش حاضر، شناخت بهینه رودخانه قشلاق جهت ساماندهی، مدیریت رودخانه، کنترل فرسایش آن و همچنین پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه در آینده جهت برنامه‌ریزی‌های مربوط به توسعه کالبدی شهر سنندج می-باشد.

---

[1] .N.Wrigh & A.Crosato
[2] . Chorley
[3] .hooke
[4] .Young Shin Lim. a, Jin Kwan Kim.b, Jong Wook Kim.a, Sei Sun Hong. B. a

مبانی نظری

عوامل و متغیرهای متعددی در تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها مؤثرند. با نگاهی اجمالی به پیشینه تحقیق می‌توان دریافت که مطالعاتی که تاکنون در زمینه مورفولوژی رودخانه صورت گرفته اعم از داخلی و خارجی بیشتر در راستای مهندسی رودخانه و مسائل فرسایش کناری انجام‌گرفته است و کمتر در قالب اهداف جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی بوده است. لئوپلد و ولمن[1](۱۹۵۷) شاید نخستین کسانی بودند که مورفولوژی رودخانه و مشخصات هندسی- هیدرولیکی مئاندرها را مطالعه کرده و برای آن یک نوع تقسیم‌بندی را پیشنهاد نمودند. آن‌ها پلان رودخانه‌های آبرفتی را به سه دسته مستقیم، رودخانه شریانی و رودخانه پیچان‌رود تقسیم‌بندی کردند.

تورن[2](۲۰۰۲) به لزوم مطالعه رفتار مورفولوژیکی رودخانه‌های بزرگ پرداخته و یک چارچوب مطالعاتی در این زمینه ارائه نموده که بر پایش منظم مشخصات مورفولوژیک رودخانه با استفاده از روش‌های نوین تأکید دارد. در سال‌های اخیر با توسعه تکنیک‌های سنجش‌ازدور(RS) امکان پایش تغییرات زمانی رودخانه‌ها فراهم‌شده و در کنار آن سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پردازش آن‌ها را تسریع و تسهیل می‌بخشد.

بی وایت[3] و همکاران نقش وسعت حوضه را در ویژگی‌های هیدرودینامیکی و مورفولوژیکی رودخانه‌ایلینوی بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده برخلاف فرضیه پیشنهادی بود که نشان داد در مقیاس‌های کوچک بسته به فرکانس جریان، پراکندگی ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه بیشتر است و بالعکس در مقیاس‌های بزرگ کمتر می‌باشد.

پوژول و همکاران[4] به مطالعه هیدرودینامیک و مورفولوژی رودخانه ابرو در شمال شرق اسپانیا پرداختند. آن‌ها با استفاده از عنصر تریتیوم به‌عنوان یک ماده کم زیان رادیواکتیو به محاسبه زمان تمرکز و تعیین ضریب پراکندگی طولی و سرعت متوسط آب رودخانه پرداختند. و دریافتند که رودخانه در بازه موردمطالعه از سه منطقه متفاوت ازنظر هیدرودینامیکی تشکیل‌شده که این شرایط تا حدود زیادی از مورفولوژی رودخانه تأثیر می‌پذیرد.

چن یانگ و همکاران[5] به ایجاد مدل جدیدی برای پیش‌بینی تکامل بستر در محدوده دهانه رود زرد و کاربرد آن در دلتای رود پرداختند. آن‌ها در این بررسی بر روی فرایند انتقال رسوب متصل و منفصل متمرکز شدند و جهت انجام این کار برای شبیه‌سازی تکامل بستر در دلتای رودخانه از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵ پارامترهای مؤثر را رتبه‌بندی کردند.

ارتگا و همکاران[6] (۲۰۱۴) به بررسی فعالیت‌های انسانی اخیر و تغییر در دینامیک و مورفولوژی رودخانه‌های موقتی در در دو حوضه در اسپانیا پرداختند.

در ایران نیز کارهای متعددی در خصوص رودخانه‌ها به‌ویژه الگوی رود صورت گرفته که بیشتر به مطالعه هندسی رود پرداخته است؛ ازجمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

حقی آبی(۱۳۷۶) به بررسی هیدرولیکی- هندسی تغییرات کانال رودخانه قزل‌اوزن پرداخته و نتیجه گرفت که تغییرات شکل رودخانه و عوامل پیچان‌رودی طی یک دوره ۳۷ ساله توانسته است نرخ فرسایش، وضعیت فرسایش‌پذیری و پایداری رودخانه را در طول مسیر ۱۹۵ کیلومتر تعیین کند.

غریب زاده در سال ۱۳۸۵ مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان را با استفاده از عکس-های هوایی سال ۱۳۴۶ Land sat TM، سال ۱۹۸۹ و Land sat ETM سال ۲۰۰۰، واحدهای رسوبی و خصوصیات هندسی رودخانه موردبررسی قرارداد و نتیجه گرفت که از سال ۱۳۴۶ تاکنون ۲ مورد قطع‌شدگی در کانال

---

[1] .Leopold, L.B. and Wolman
[2] .Thorne
[3] .Amando b white
[4] .L Pujol & joan albert sancher
[5] .Chen yang
[6] .Ortega, J.A., Razola, L., and Garzón

رودخانه رخ‌داده و تعداد پیچش‌ها از ۴۳ به ۴۶ مورد افزایش‌یافته است. همچنین طی بازه زمانی یادشده سالانه ۱۵/۳ هکتار از اراضی پیرامون رودخانه فرسایش یافته و در قبال آن ۱۰ هکتار رسوب‌گذاری مشاهده‌شده است.

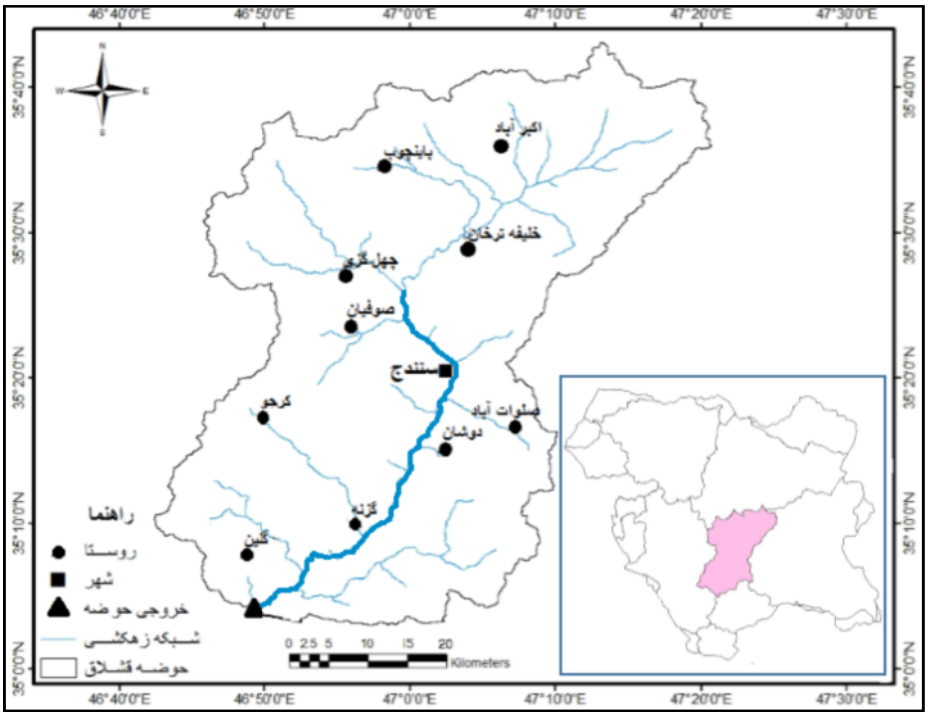
یمانی و همکاران(۱۳۸۵) هیدرودینامیک رودخانه‌های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییر مشخصات هندسی آن را موردمطالعه قرار داده و در آن نقش دبی جریان و رسوبات را در تغییرات آبراهه و مشخصات هندسی متغیرهای دبی آب و رسوب به‌طور مقایسه‌ای مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته و با استفاده از برقراری ارتباط متغیرها با یکدیگر تغییرات دوره‌ای ابعاد شکل و الگوی رودخانه‌ها را برآورد نموده‌اند.

مقصودی و همکاران(۱۳۸۹) به بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ی خرم‌آباد با استفاده از RS، GIS و Auto Cad پرداختند و نتیجه گرفتند که عمده‌ترین دلایل تغییر بستر و الگوی کانال رودخانه، فعالیت‌های انسانی و فعالیت‌های نئوتکتونیکی در یک بازه زمانی ۵۲ ساله است.

شرفی و همکاران (۱۳۹۳) تغییرات مورفولوژیکی رودخانه اترک را در بازه زمانی ۲۰ ساله مطالعه کردند. آن‌ها با مقایسه پارامترهای هندسی رودخانه در سال‌های ۱۹۹۴، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۳ به این نتیجه رسیدند که بستر و کانال رودخانه اترک در حال تغییر بوده و عوامل این تغییرات با نوع سازندهای زمین‌شناسی، فرسایش پذیر بودن سازندهای کنار بستر رودخانه افزایش بار رسوبی بستر، تغییرات دبی جریان آب، عوامل انسانی و درنهایت فرسایش کناری رودخانه ارتباط دارد.

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه: رودخانه قشلاق در استان کردستان واقع در غرب کشور قرار دارد که از کوه-های شمالی شهر سنندج سرچشمه می‌گیرد. محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر، یک بازه ۵۵ کیلومتری است که از دیوار سد وحدت(قشلاق) در ۱۲ کیلومتری شهر سنندج شروع‌شده و تا سد در دست احداث ژاوه ادامه می‌یابد از لحاظ موقعیت جغرافیایی این محدوده بین عرض جغرافیایی″۵۵ ′۲۰ °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ″۱۱ ′۰۳ °۴۷ شرقی تا عرض جغرافیایی ″۴۱ ′۰۷ °۳۵ شمالی تا طول جغرافیایی ″۴۳ ′۵۳ °۴۶ شرقی قرار دارد. این محدوده به سه بازه کوچک‌تر تقسیم‌شده است که هرکدام از این بازه‌ها از ویژگی‌ها و مظاهر مورفولوژیکی خاصی برخوردارند. بازه اول از دیوار سد وحدت شروع‌شده و تا انتهای محدوده شهری سنندج ادامه می‌یابد. بازه دوم از فرودگاه سنندج آغازشده و تا حوالی روستای سواریان ادامه دارد. این دو بازه آبرفتی بوده و به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرارگرفته‌اند. بازه سوم نیز از روستای سواریان آغازشده و تا منتهی‌الیه محدوده مطالعاتی و دیوار سد ژاوه ادامه می‌یابد. در این بازه فعالیت‌های انسانی به‌صورت چشم‌گیری محدود می‌شود. اما در سال‌های اخیر با توجه به احداث سد ژاوه دخالت انسان در این محدوده نیز بسیار فزونی گرفته است.



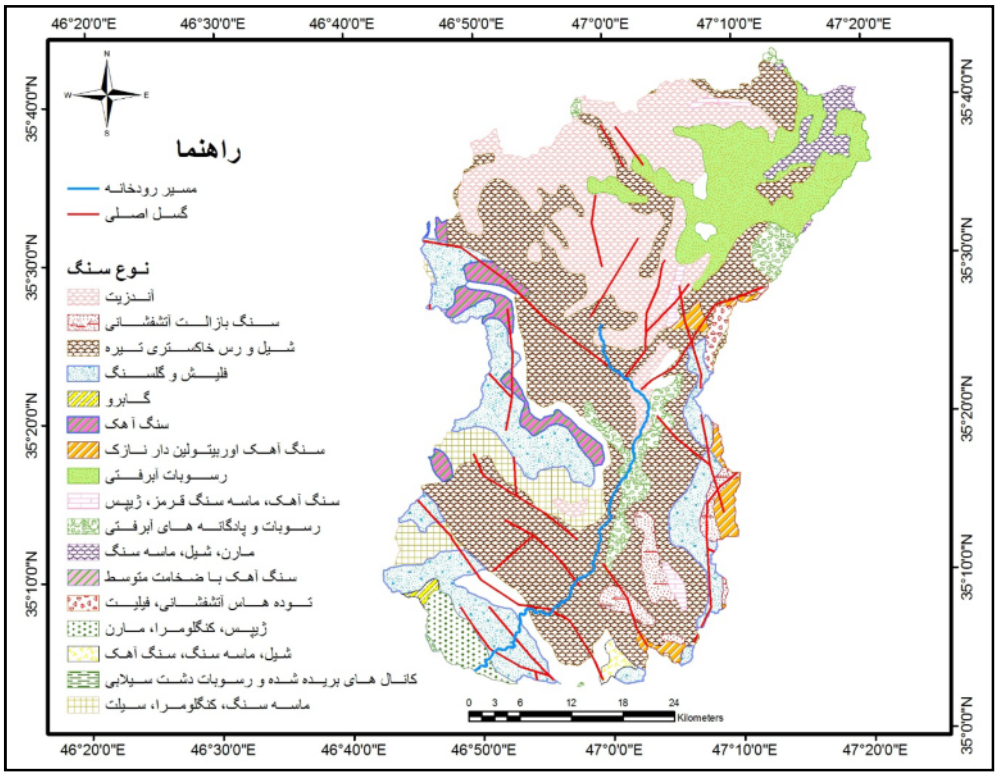
شکل ۱: موقعیت محدوده موردمطالعه رودخانه قشلاق و بازه‌های انتخابی آن

در پژوهش حاضر، پارامترهای هندسی رودخانه در بازه‌های زمانی تحت بررسی مطالعه شده است. برای این کار از نقشه‌ها و ابزارهایی مانند نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به تابستان سال ۱۳۶۴و ۱۳۹۳و همچنین اسناد و گزارش‌ها و کتاب‌های موجود در کتابخانه‌ها استفاده‌شده است. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌های موجود از نرم‌افزارهای Arc GIS، Auto Cad، Envi، Google Earth و غیره استفاده‌شده است. تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش آن، توصیفی-تحلیلی و مقایسه‌ای می‌باشد. جهت پرداختن به اهداف تحقیق به تغییرات دوره‌ای الگوی رودخانه در سال‌های موردمطالعه با مقایسه اسناد موجود پرداخته‌شده است. روش کار بدین‌صورت بود که ابتدا عکس‌ها و تصاویر در محیط نرم‌افزار Arc GIS واردشده و ژئورفرنس گردیدند. و سپس بستر رودخانه در بازه‌های زمانی مذکور رقومی شده و باهم مقایسه شدند. برای بررسی میزان تغییرات و جابجایی رودخانه ضرایب هندسی مختلفی ازجمله زاویه مرکزی، ضریب خمیدگی، طول پیچان‌رودی و غیره استفاده‌شده است. برای تعیین تغییرات مورفولوژی و خصوصاً تعیین محدوده‌های دارای الگوی پیچان‌رودی، با استفاده از مسیر رقومی شده رودخانه بر روی تصاویرماهواره‌ای و تصاویر گوگل ارث و با روش برازش قوس دوایر با حلقه‌های پیچان‌رودی، کار بررسی انجام‌شده و سپس در محیط نرم‌افزاری اتوکد، با استفاده از ترسیم دوایر بر هر یک از قوس‌های رودخانه که بیشترین و بهترین تطابق را با قوس داشته باشد، دوایری ترسیم گردید، با انجام این کار، امکان محاسبه مشخصات هندسی پلان رودخانه که برای تشخیص الگوی رود و تغییرات آن به کار می‌رود، فراهم شد. با انجام این کار محل‌های دارای بیشترین تغییرات در بازه موردمطالعه مشخص گردید که با توجه به آن می‌توان برای توسعه کاربری‌ها در آینده بهتر تصمیم‌گیری کرد. خروجی‌های حاصل بعلاوه نتایج به‌دست‌آمده در ادامه در قالب نقشه‌ها، جداول و نمودارهایی ارائه‌شده است.

بحث و یافته‌ها

زمین‌شناسی محدوده موردمطالعه: پوسته کشور ایران به دوازده واحد مرفولوژیکی بزرگ تفکیک می‌شود که سنندج به لحاظ مورفولوژیکی در واحد زون سنندج – سیرجان قرار دارد(طرح جامع سنندج،۱۳۸۴،ص ۴۳). این محدوده ازنظر

زمین‌شناسی از شیست‌های متعلق به کرتاسه فوقانی و سنگ‌های آذرین خروجی تشکیل‌شده است. مهم‌ترین ویژگی این شهرستان وجود راندگی‌های طول با راستای شمال غرب – جنوب شرقی است که این راندگی‌ها به‌ویژه در کنار زون زاگرس گسترش داشته و با حرکات و جابجایی خود سبب وقوع زمین‌لرزه‌هایی گردیده است. (محمدی، ۱۳۸۰. ص ۵۹). همان‌طور که از شکل ۲ نیز پیداست پوشش غالب رودخانه در محدوده موردمطالعه شیل‌های سنندج هستند اما در قسمت انتهایی حوضه که بازه سوم مسیر موردبررسی نیز در آن جریان دارد ژیپس، کنگلومرا و فلیش پوشش غالب سطحی هستند که اثرات آن‌ها بر مورفولوژی رودخانه در ادامه نمایان می‌شود.



شکل۲ : نقشه زمین‌شناسی محدوده موردمطالعه. مسیر رودخانه در حوضه آبریز قشلاق

بررسی پارامترهای هندسی رودخانه قشلاق

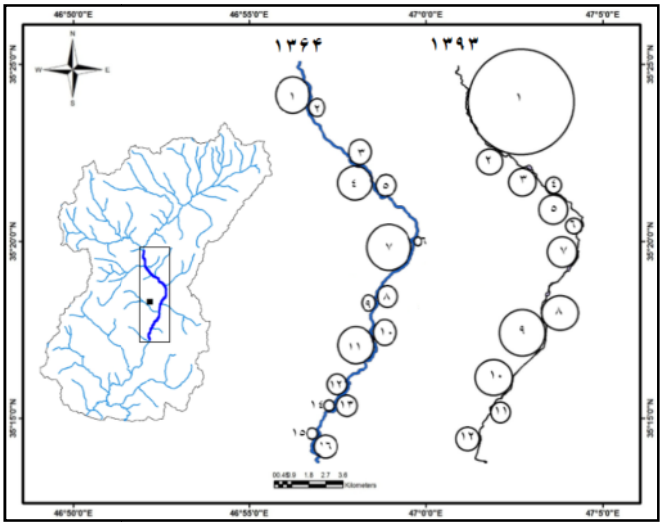
در طول سال‌های موردمطالعه تحت تأثیر عواملی مانند تغییرات کاربری اراضی، کاهش حفاظت بیولوژیک کناره بستر، مکان گزینی شهرک‌ها، کاربری‌های تجاری، خدماتی و صنعتی در نزدیکی بستر و همچنین تصرف حواشی رودخانه برای فعالیت‌های کشاورزی و زراعی، الگوی رودخانه و برخی پارامترهای هندسی آن تغییرات قابل‌توجهی به خود دیده است. با توجه به پویا بودن سیستم رودخانه این تغییرات، سبب بروز رفتارهای جدید هیدرولیکی در این رودخانه شده است. در جداول ۱ شاخص‌های مرکزی مربوط به پارامترهای هندسی رودخانه در دو دوره زمانی مجزا برای بازه‌های محدوده تحت بررسی ارائه‌شده است.

جدول ۱: شاخص‌های مرکزی پارامترهای هندسی رودخانه قشلاق در بازه‌های موردمطالعه در سال‌های ۶۴-۹۳

بازه	۱		۲		۳	
سال	۹۳	۶۴	۹۳	۶۴	۹۳	۶۴
میانگین ضریب خمیدگی	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۵۸	۱/۶۵	۱/۴۸	۱/۵۴
حداکثر ضریب خمیدگی	۱/۹۸	۲/۰۴	۲/۳۷	۲/۲۸	۱/۹۲	۱/۹۹
حداقل ضریب خمیدگی	۱/۶۲	۱/۵	۱/۰۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۸۵
میانگین زاویه مرکزی(درجه)	۷۷/۵	۱۳۱/۴۷	۱۰۱/۲	۱۰۷/۹	۱۲۰/۹۲	۱۱۱/۴۸
حداکثر زاویه مرکزی (درجه)	۱۳۳/۶۷	۲۵۳/۵۲	۱۳۷/۸	۱۵۱/۶	۱۶۰/۵	۱۵۸/۵
حداقل زاویه مرکزی (درجه)	۶۱/۲۹	۹۱/۴۵	۵۳/۶۹	۶۵/۸۶	۶۳/۱۲	۴۵/۰۶
میانگین طول‌موج(متر)	۱۰۹۸/۰۸	۱۰۱۸/۹۴	۴۹۲/۹	۴۴۰/۲	۲۱۴/۷	۲۴۸/۷
حداکثر طول‌موج(متر)	۳۸۶۰	۱۸۸۴	۱۹۵۳	۶۴۷	۳۶۴	۴۳۲
حداقل طول‌موج(متر)	۵۳۶	۴۴۵	۲۳۱	۱۴۵	۸۶	۱۱۴
میانگین شعاع دایره(متر)	۸۰۹/۳	۴۸۴/۷	۲۹۲/۷	۲۵۳/۵	۱۱۳/۲	۱۳۹/۲
حداقل شعاع قوس(متر)	۳۸۴	۱۳۳	۱۰۲	۶۱	۳۵	۵۲
حداکثر شعاع قوس(متر)	۲۴۰۹	۱۰۰۰	۱۳۹۹	۵۴۴	۳۸۵	۳۲۲

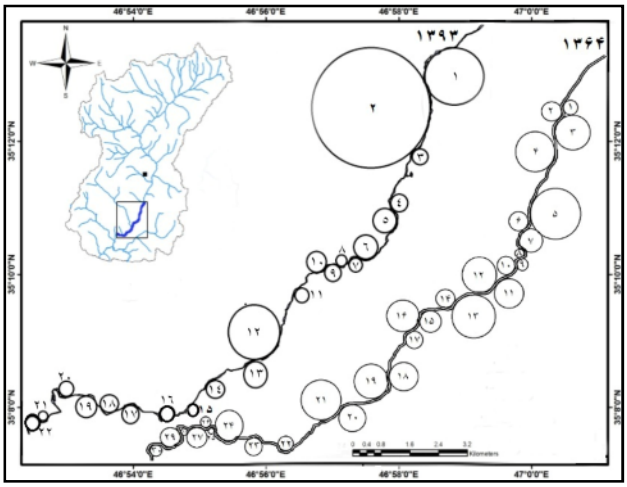
مقایسه پارامترهای هندسی رودخانه

تغییرات موجود در ضرایب جدول فوق بیانگر این است که رودخانه در بازه زمانی موردبررسی ثابت نبوده و تغییراتی را به خود دیده است. این تغییرات به‌ویژه در بازه اول که محدوده شهری سنندج را دربر می‌گیرد بسیار چشم‌گیر است. همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود تعداد دوایر مماس بر قوس‌های پیچان‌رودی در سال ۱۳۶۴، ۱۶ عدد بوده درحالی‌که در سال ۱۳۹۳ به ۱۲ دایره مماس کاهش می‌یابد که اصلی‌ترین دلیل آن تغییرات انسانی موجود در محدوده شهری می‌باشد. از بارزترین نشانه‌های دخالت انسانی در این بازه احداث فرودگاه سنندج در بستر رودخانه می‌باشد که در انتهایی‌ترین قسمت بازه اول ملاحظه می‌شود که رودخانه به‌صورت مستقیم می‌باشد.



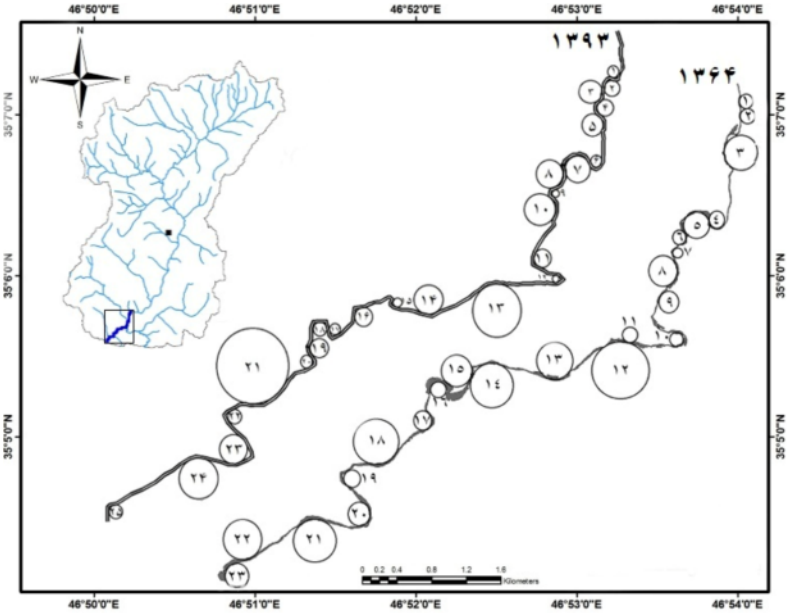
شکل۳ :دوایر مماس بر قوس‌های پیچان‌رودی بازه اول در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳

شکل ۴ دوایر مماس بر قوس‌های پیچان‌رودی بازه دوم رودخانه قشلاق را در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳ نشان می-دهد. در این بازه نیز همانند بازه اول تعداد دوایر با گذشت زمان کمتر شده و مسیر رودخانه روند مستقیم پیداکرده است. کاربری غالب این محدوده کشاورزی و زراعی بوده و نمی‌توان دخالت‌های انسانی را نیز در این بازه نادیده گرفت. شایان‌ذکر است که جنس غالب زمین در بازه‌های اول و دوم موردمطالعه شیل می‌باشد و ازجمله دلایل دیگر تغییرات در این محدوده سست بودن زمین است. اما در بازه سوم تغییرات بسیار کمتر می‌شود.



شکل ۴: دوایر مماس بر قوس‌های پیچان‌رودی بازه دوم در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳

همان‌طور که در مباحث مربوط به زمین‌شناسی منطقه اشاره شد، بازه سوم محدوده موردمطالعه در سازندهای سخت جریان دارد و این امر باعث شده که رودخانه قادر نباشد بستر خود را عریض کند به همین دلیل دامنه‌های پرشیب منتهی به رودخانه امکان توسعه فعالیت‌های انسانی را فراهم نکرده و سبب می‌شود که رودخانه تغییرات چندانی را به خود نبیند. در بازه سوم در سال ۱۳۶۴تعداد پیچان‌رودهای موجود ۲۵ عدد بوده که در سال ۱۳۹۳به میزان ۲۳ عدد کاهش می‌یابد. (شکل ۵)



شکل ۵- دوایر مماس بر قوس‌های پیچان‌رودی بازه سوم در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳

زاویه مرکزی – شعاع دایره

زاویه مرکزی کورنایس برای بیان توسعه و پیشرفت پیچان‌رودی شدن رودخانه‌های آبرفتی و تمایز آن‌ها از یکدیگر از استفاده می‌شود. بدین‌صورت که اگر از مرکز دایره مماس بر قوس‌ها دو شعاع به نقاط عطف دوایر با دره رودخانه ترسیم شود، به زاویه ایجادشده زاویه مرکزی و شعاع مماس بر دایره قوس‌ها شعاع دایره گفته می‌شود. در جدول ۲ انواع رودخانه‌ها با توجه به زاویه مرکزی رده‌بندی می‌شوند.

جدول ۲: استفاده از زاویه مرکزی برای تقسیم‌بندی توسعه پیچان‌رودی رودخانه (تلوری، ۱۳۷۱)

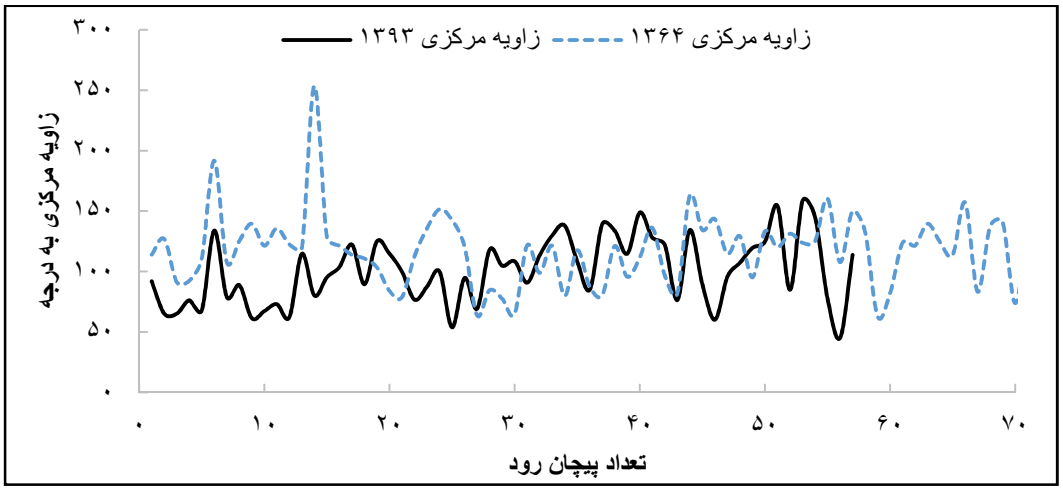
شکل رودخانه	زاویه مرکزی (درجه)
مستقیم	۰
شبه پیچان‌رودی	۰–۴۱
پیچان‌رودی توسعه‌نیافته	۴۱–۸۵
پیچان‌رودی توسعه‌یافته	۸۵–۱۵۸
پیچان‌رودی بسیار توسعه‌یافته	۱۵۸–۲۹۶
شاخ گاوی (Ox Bow)	> ۲۹۶

جدول ۳ محاسبات مربوط به زاویه مرکزی کورنایس را در بازه موردمطالعه رودخانه قشلاق در دو دوره زمانی سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در بازه‌های اول و دوم رودخانه از حالت پیچان‌رود توسعه‌یافته سال ۱۳۶۴ به پیچان‌رود توسعه‌نیافته در سال ۱۳۹۳ تغییر حالت پیداکرده است. اما در بازه سوم به دلیل جنس سخت سازندهای موجود تغییر چندانی در شکل رودخانه صورت نگرفته است.

جدول ۳: درصد فراوانی زاویه مرکزی‌های پیچان‌رودی در بازه‌های رودخانه قشلاق در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۳

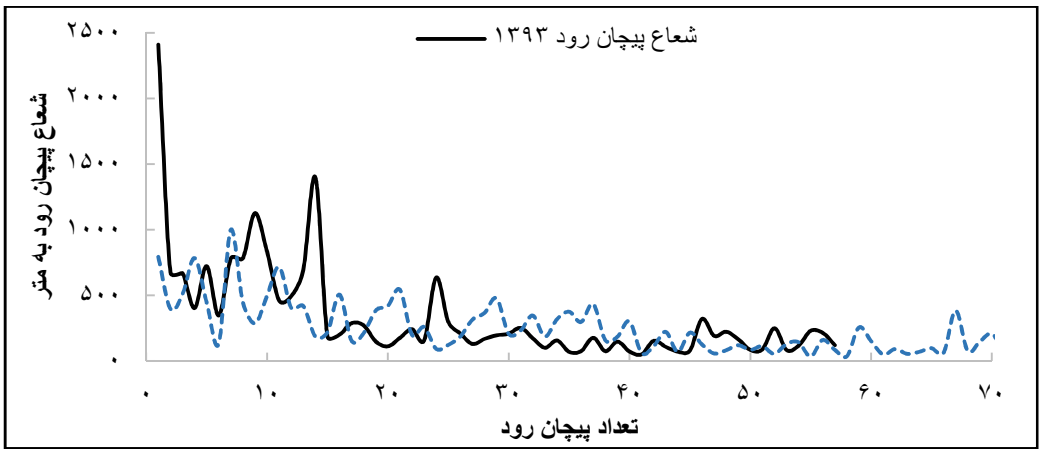
	بازه اول		بازه دوم		بازه سوم	
شکل رودخانه	درصد فراوانی سال ۱۳۶۴	درصد فراوانی سال ۱۳۹۳	درصد فراوانی سال ۱۳۶۴	درصد فراوانی سال ۱۳۹۳	درصد فراوانی سال ۱۳۶۴	درصد فراوانی سال ۱۳۹۳
مستقیم	…	…	…	…	…	…
شبه پیچان‌رود	…	…	…	…	…	…
پیچان‌رود توسعه‌نیافته	…	۷۵	۳۰	۸۱/۸۸	۱۶	۲۶/۰۸
پیچان‌رود توسعه‌یافته	۸۷/۵	۲۵	۶۳/۳۳	۱۸/۱۸	۸۰	۶۹/۵
پیچان‌رود بسیار توسعه‌یافته	۱۲/۵	…	۳/۳۳	…	۴	۴/۳۴
شاخه گاوی (ox-bow)	…	…	…	…	…	…

شکل ۶ تغییرات زاویه مرکزی پیچان‌رودهای رودخانه قشلاق را در دو بازه زمانی موردمطالعه نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار می‌توان دریافت که میزان توسعه‌یافتگی پیچان‌رودهای بازه اول در سال ۱۳۶۴ بیشترین مقدار و همچنین بالاترین نوسان را داشته است. اما در سال ۱۳۹۳ به‌شدت نزول می‌کند. همان‌طور که اشاره شد دلیل آن جریان داشتن رودخانه در محدوده شهری است. اما در بازه‌های دوم و سوم میانگین اندازه زاویه مرکزی سال ۹۳ کمتر از سال ۶۴ می‌باشد. این نکته گویای آن است که رودخانه قشلاق در طول زمان به شکل مستقیم گرایش می‌یابد.



شکل ۶: تغییرات زاویه مرکزی پیچان‌رودهای رودخانه قشلاق در دو بازه زمانی موردمطالعه

در مورد شعاع پیچان‌رود نیز بازه اول بیشترین تغییرات را به خود دیده است و به‌تدریج بافاصله گرفتن از ابتدای محدوده موردمطالعه، شعاع پیچان‌رودها کاهش می‌یابد. همان‌گونه که در شکل ۷ نیز مشاهده می‌شود، شدت پیچان‌رودی رودخانه قشلاق از ابتدای بازه زمانی و مکانی محدوده تا انتهای این بازه‌ها به تدیج کاهش می‌یابد. البته کاهش شعاع پیچان‌رودها در یک بازه زمانی نسبت به بازه دیگر، به معنای تغییر مورفولوژی رودخانه در این بازه نیست، بلکه تنها نشان‌دهنده توسعه شعاع حلقه‌های پیچان‌رودی در برخی از قوس‌هاست. شایان‌ذکر است که در بستر آبرفتی که رودخانه در بازه‌های اول و دوم در آن جریان دارد، فرسایش کناری نقش عمده را در پیچان‌رودی شدن دارد.



شکل ۷: تغییرات شعاع پیچان‌رودهای رودخانه قشلاق در دو بازه زمانی موردمطالعه

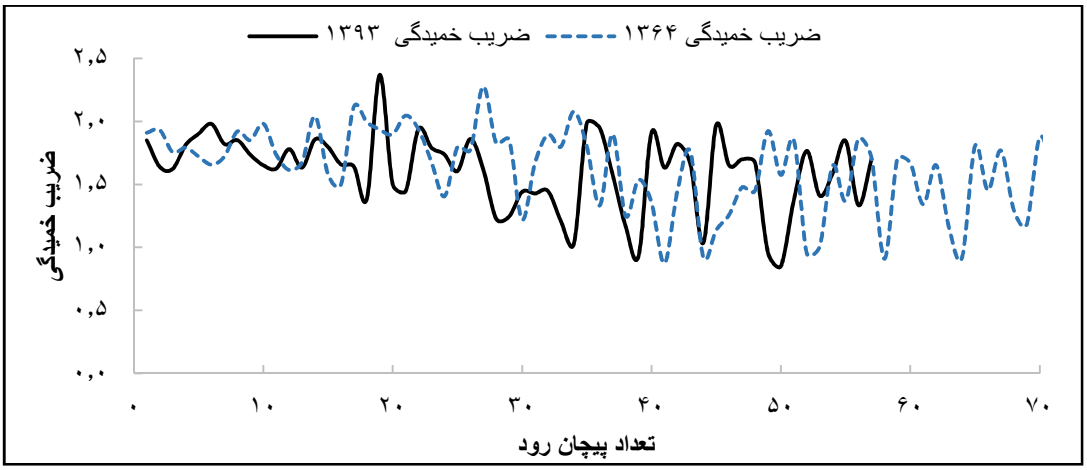
ضریب خمیدگی

شاخص ضریب خمیدگی (پیچشی) ازجمله معیارهای کمی است که در تقسیم‌بندی رودخانه مورداستفاده قرار می‌گیرد. این عامل نشان‌دهنده نسبت طول خط محور رودخانه به طول دره یا طول چم می‌باشد و میزان تکامل دره را نشان می-دهد. با تقسیم کردن طول دره بر طول‌موج، می‌توان ضریب خمیدگی را برای هر موج محاسبه کرد. ضریب خمیدگی رودخانه معمولاً در طول زمان افزایش می‌یابد. بنا بر تعریف ضریب پیچشی بزرگ‌تر از ۱/۴ تا ۱/۵ بیانگر پیچشی بودن رودخانه و کمتر از آن نشان‌دهنده مستقیم بودن رودخانه و بازه موردنظر است(دولتی، ۱۳۸۷، ص ۱۴۰، به نقل از آل یاسین). پیتز[1] (۱۳۶۵) برحسب میزان ضریب پیچشی چهار نوع رودخانه را به شرح جدول زیر تقسیم‌بندی می-کند(جدول۴).

جدول شماره۴: تقسیم‌بندی رودخانه‌ها برحسب ضریب پیچشی

ضریب پیچشی	۱-۱/۰۵	۱/۰۶-۱/۲۵	۱/۲۵-۲	>۲
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچان‌رودی	پیچان‌رودی شدید

با توجه به جدول ۱ رودخانه قشلاق در تمام طول مسیر در کلاس رودخانه پیچان‌رودی قرار می‌گیرد. فقط در بازه دوم در برخی از قسمت‌ها در کلاس پیچان‌رودی شدید می‌باشد. با دقت در شکل ۸ ملاحظه می‌شود که روند کلی ضریب خمیدگی از سال ۶۴ به سال ۹۳ کاهش نسبی را نشان می‌دهد. و این امر مؤید این است که رودخانه با گذر زمان به حالت مستقیم گرایش پیدا می‌کند.



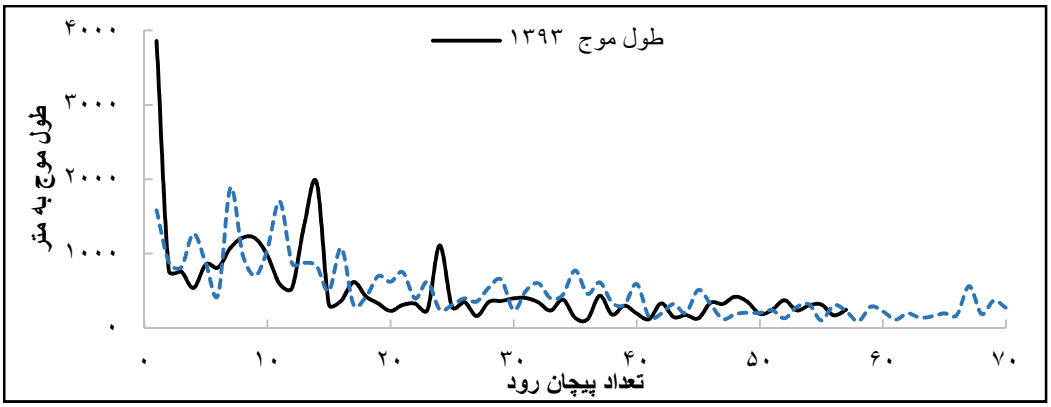
شکل ۸: نوسانات ضریب خمیدگی پیچان‌رودهای رودخانه قشلاق در دو بازه زمانی موردمطالعه

طول‌موج و طول دره

طول‌موج و طول دره دو پارامتر اصلی در طبقه‌بندی رودخانه و تعیین ضریب خمیدگی رودخانه‌ها هستند. و معمولاً بین این دو پارامتر همبستگی بالایی وجود دارد. با دقت در شکل ۹ می‌توان دریافت که میانگین تغییرات طول‌موج در سال ۱۳۶۴ نسبت به سال ۱۳۹۳ بیشتر است به همین دلیل ناپایداری رودخانه در این دوره نیز بیشتر بوده است. بیشترین میزان طول‌موج مربوط به سال ۱۳۹۳ بازه اول به میزان ۱۰۹۸ متر می‌باشد. و کمترین میزان نیز مربوط به بازه سوم در

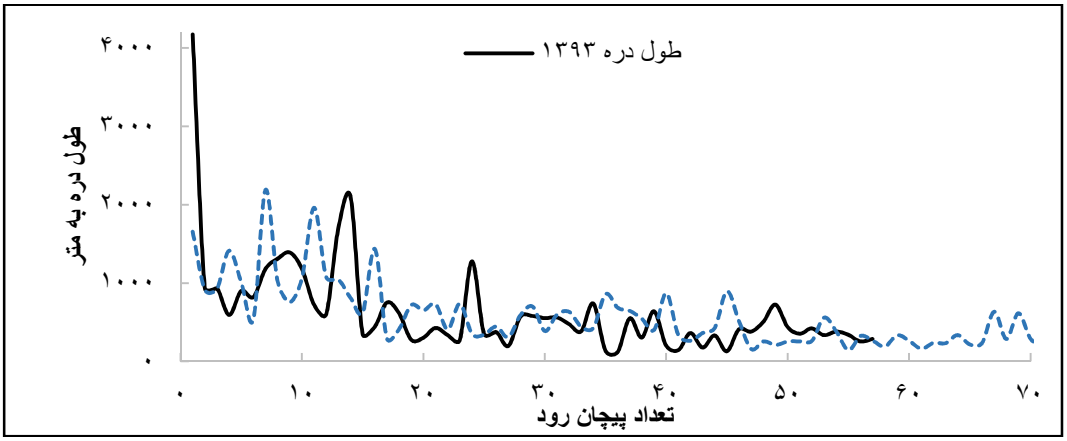
[1] Pitts

سال ۱۳۶۴ می‌باشد. درمجموع میانگین طول‌موج پیچان‌رودهای قشلاق درسال ۶۴ به میزان ۴۹۱/۲۵ متر است درحالی‌که این عدد برای سال ۱۳۹۳به ۵۲۴/۷۸ متر می‌رسد. افزایش میزان طول‌موج درگذر زمان نشان‌دهنده افزایش فاصله پیچان‌رودها از همدیگر و یا به‌عبارت‌دیگر مستقیم شدن مسیر رودخانه است.



شکل ۹: تغییرات طول‌موج پیچان‌رودهای رودخانه قشلاق در دو بازه زمانی موردمطالعه

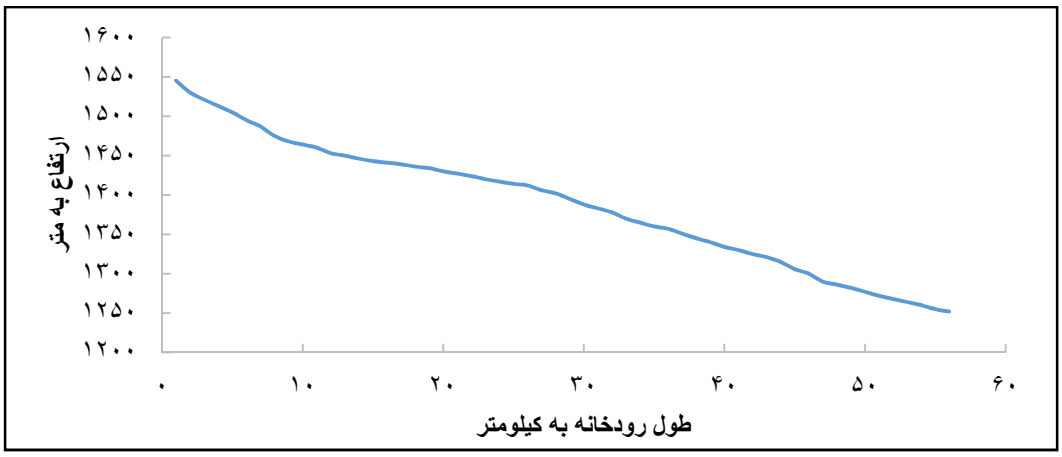
روند تغییرات طول دره نیز همانند طول‌موج می‌باشد. با این تفاوت که به دلیل اینکه طول دره مسیر رودخانه را در محدوده پیچان‌رود اندازه می‌گیرد اعداد بیشتری را به دست می‌دهد. همان‌گونه که از شکل ۱۰ نیز قابل‌مشاهده است در سال ۱۳۹۳ میزان نوسانات بیشتر است.



شکل ۱۰: تغییرات طول دره پیچان‌رودهای رودخانه قشلاق در دو بازه زمانی موردمطالعه

پروفیل رودخانه

هرچند در بازه موردمطالعه رودخانه قشلاق تغییر ناگهانی شیب به چشم نمی‌خورد اما روند تغییرات آن نیز به‌صورت کاملاً یکنواخت نمی‌باشد. به‌گونه‌ای که از سد وحدت تا نزدیکی پل قشلاق شیب حدود ۰/۹۳ درصد است. اما از ابتدای شهر سنندج تا انتهای بازه شیب در حدود ۰/۵ درصد می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از عوامل مهم در شکل‌گیری الگوی پیچان‌رودی رودخانه‌ها، شیب می‌باشد بدون تردید کاهش شیب رودخانه قشلاق نیز از عوامل تأثیرگذار در به وجود آمدن الگوی پیچان‌رودی این رودخانه است. که افزایش دبی و کاهش اندازه رسوبات مواد بستری در پائین‌دست این روند را تسریع می‌بخشد(شکل ۱۱).



شکل ۱۱: نیمرخ طولی رودخانه قشلاق در محدوده موردمطالعه

نتیجه‌گیری

مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که در بازه زمانی موردمطالعه تغییرات زیادی در مورفولوژی رودخانه صورت گرفته است. با توجه به اینکه رودخانه در محدوده شهری جریان دارد غالب تغییرات را می‌توان تأثیر فعالیت‌های انسانی دانست. البته نقش لیتولوژی و جنس فرسایش پذیر رسوبات به‌ویژه در بازه‌های اول و دوم را نمی‌توان نادیده گرفت. فعالیت‌های انسانی در بازه‌های اول و دوم سبب مستقیم شدن الگوی رودخانه در سال‌های موردمطالعه شده و الگوی رودخانه را از پیچان‌رودی توسعه‌یافته به پیچان‌رودی توسعه‌نیافته تبدیل کرده است. یعنی بازه مطالعاتی در ابتدای دوره پیچان‌رودهای متکامل‌تری داشته است. اما در بازه سوم به دلیل جنس سخت لیتولوژی غالب و عدم امکان استقرار فعالیت‌های انسانی تغییر چندانی را به خود ندیده است. نتایج حاصل بعلاوه مطالعات میدانی مؤید آن است که در بازه اول که در محدوده شهری جریان دارد تغییرات در داخل بستر در بازه زمانی موردمطالعه، به چندصد متر نیز می‌رسد بنابراین باید کاربری‌ها در محدوده بستر این بازه به مواردی نظیر فضای سبز، اراضی زراعی و زمین‌های بایر اختصاص یابد که جابجایی آن‌ها در طول زمان هزینه‌های زیادی را نطلبد. مشخصات هندسی رودخانه در بازه‌های اول و دوم نیز دستخوش تغییرات زیادی شده است. بررسی پارامترهای هندسی شامل تعداد پیچان‌رودها، طول رودخانه، زاویه مرکزی، شعاع پیچان‌رودها، زاویه مرکزی، طول‌موج، طول دره، ضریب خمیدگی و ضریب خمیدگی حاکی از وجود تغییرات زیادی در مورفولوژی رودخانه به‌ویژه در بازه‌های اول و دوم است. این تغییرات در برخی از پارامترها تفاوت‌های بارزی دارد اما در برخی پارامترهای دیگر نظیر ضریب خمیدگی و عرض رودخانه در رأس قوس‌ها تفاوت چندانی ندارد.

تعداد پیچان‌رودها در محدوده موردمطالعه از ۷۱ پیچان‌رود در سال ۱۳۶۴ به ۵۷ عدد در سال ۱۳۹۳ تقلیل یافته است که نشان‌دهنده مستقیم شدن مسیر رودخانه در بازه زمانی موردمطالعه است. بررسی‌های مربوط به زاویه مرکزی و ضریب خمیدگی نشان می‌دهد که در طول تحقیق در هیچ‌کدام از سه بازه الگوی مستقیم، شبه پیچان‌رودی و شاخه گاوی مشاهده نمی‌شود و تغییرات الگو در حواشی پیچان‌رود توسعه‌یافته و توسعه‌نیافته در حال تغییر است. بنابراین این تغییرات از ناپایداری رودخانه حکایت دارد. بررسی تغییرات مربوط به طول‌موج و طول دره نشان می‌دهد که هر میانگین هر دو در سال ۹۳ نسبت به سال ۶۴ افزایش داشته است. که دلیل این امر حذف تعدادی از پیچان‌رودها و فراخ شدن پیچ‌های رودخانه می‌باشد.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که تعارض فعالیت‌های انسانی به بستر، ساختن کانال-های کناری و سازه‌های آبی در تغییرات مورفولوژی رودخانه قشلاق تأثیرات بسزایی داشته است. این عوامل به‌علاوه

هیدرولوژی، لیتولوژی و زمین‌ساخت منطقه رفتار رودخانه را تعیین می‌کنند. بنابراین پیشنهاد می‌شود از هرگونه تعارض غیراصولی به بستر رودخانه برای کاربری‌های مختلف ازجمله کشاورزی، زراعی، خدماتی، ساخت شهرک‌های غیرمتعارف در نزدیکی بستر، برداشت شن و ماسه و غیره جلوگیری شود. این پژوهش نقاط دارای بیشترین تغییرات را در قالب نقشه-هایی ارائه کرده است که پیشنهاد می‌شود در این نواحی عملیات کنترلی بیشتری اعمال شود تا از فرسایش بی‌رویه کناره‌های بستر و افزایش مخاطرات انسانی جلوگیری به عمل آید.

شکل ۱۲: دخالت‌های انسانی در بستر رودخانه قشلاق

اهمیت پژوهش حاضر این است که در نوع خود در مورد مورفولوژی رودخانه قشلاق ازجمله اولین مطالعات است که به بررسی مهندسی رودخانه با استفاده از پارامترهای هندسی پرداخته و تغییرات زمانی را موردمطالعه قرار داده است. غالب مطالعاتی که در قالب طرح‌ها، پایان‌نامه‌ها و مقالات در این محدوده انجام‌شده به پهنه‌بندی کاربری اراضی شهر سنندج و مکان گزینی توسعه آتی آن پرداخته است که در آن‌ها به بررسی اجمالی رودخانه قشلاق به‌عنوان یک شاخص مؤثر اکتفا شده است. لذا پژوهش حاضر می‌تواند به‌عنوان اساس مطالعات بعدی در این زمینه قرار گیرد.

منابع

- آل یاسین، احمد، ۱۳۷۹ ، کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، وزارت نیرو (کمیته ملی سدهای بزرگ ایران)، نشریه ۳۳، ص ۶۵
- احمدی، حسن، ۱۳۸۶ ، ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول، چاپ پنجم
- تکاور، بیژن، ۱۳۸۸ ، هیدرودینامیک رودخانه قزل‌اوزن و نقش آن در تکامل پیچان‌رودها (از پل نساره تا گنبد حاجی)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا
- تلوری، عبدالرسول ،۱۳۷۱ ، شناخت فرسایش کناری رودخانه در دشت‌های رسوبی. محل نشر تهران. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع
- حبیبی، کیومرث، پوراحمد، احمد، ۱۳۸۴ ، طرح جامع شهر سنندج، انتشارات دانشگاه کردستان، چاپ اول

- حقی آبی، امیرحمزه، ۱۳۷۶ ، بررسی هیدرولیکی- هندسی تغییرات کانال رودخانه‌ها(مطالعه موردی، رودخانه قزل اوزن)، کارشناسی ارشد، دانشگاه مدرس، دانشکده کشاورزی
- جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۸۳ ، ژئومورفولوژی ایران (رشته جغرافیا)، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ هفتم
- جداری عیوضی، جمشید، مقیمی، ابراهیم، یمانی، مجتبی، محمدی، حسین، عیسایی، احمدرضا ، ۱۳۸۸ ، تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب مطالعه موردی: رودخانه کر و دریاچه سد درودزن، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۱،صص ۱۷-۳۲
- رضائی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا، اصغری، سراسکانرود، صیاد، ۱۳۹۱ ، بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه قزل اوزن با تأکید بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ۴۶، شماره ۲
- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۸۲ ، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۸۷
- رنگزن، کاظم، صالحی، بهرام، سلحشوری، پروین ، ۱۳۸۷ ، بررسی تغییرات منطقه پائین‌دست کرخه قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر چند زمانه *Land sat*، اولین همایش ژئوماتیک ایران
- شرفی، سیامک، شامی، ابوالفضل، یمانی، مجتبی ،۱۳۹۳، بررسی تغییرات مورفولوژیکی رودخانه اترک در بازه زمانی ۲۰ ساله. مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال چهارم . دانشگاه گلستان
- غریب زاده، محمدرضا، معصومی، حمیدرضا ، ۱۳۸۵، مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، صص ۱۲۴-۱۳۰
- مقصودی، مهران، شرفی، سیامک، مقامی، یاسر ، ۱۳۸۹ ، روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانه خرم‌آباد با استفاده از *RS*، *GIS* و *Auto Cad*، مدرس علوم انسانی- برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره۳.
- محمودی، فرج‌الله، ۱۳۸۳ ، ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ ششم
- یمانی، مجتبی، حسین زاده، محمدمهدی، نوحه‌گر، احمد ، ۱۳۹۰ ، هیدرودینامیک رودخانه تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییرات مشخصات هندسی آن‌ها، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵.
- یمانی، مجتبی، علمی زاده، هیوا، مقصودی، مهران، مقیمی، ابراهیم، نوحه‌گر، احمد ، ۱۳۸۹ ، بررسی تغییرات پیچان‌رودی و ناپایداری بستر رودها در جلگه شمالی تنگه هرمز، مدرس علوم انسانی- برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم، شماره ۴
- *Amanda B Whitea, Praveen Kumara, Patricia M Sacoa, Bruce L Rhoadsb, Ben C Yena (2004), Hydrodynamic and geomorphologic dispersion: scale effects in the Illinois River Basin, Journal of Hydrology, Vol 288, Issues 3–4, Pages 237–257*
- *Chorley, R, Standly,A, David,S, (1984),Geomorphologhy(1 st sd),london: Mehuen and Co, ISBN 0-416-32590-4,P,316-341*
- *Hooke, J,M, (1980), Magnitude and distribution of rates of river Bank erosion, Earth surface processes, Vol,5, No ,2, pp,143-157*
- *Joan-Albert Sanchez-Cabeza, Lluís Pujol (1999), Study on the hydrodynamics of the Ebro river lower course using tritium as a radiotracer, Water Research, Vol 33, Issue 10, Pages 2345–2356*
- *Leopold, L,B, and Wolman, M,G, (1957), River Channel Pattern- Braided Meandring and Straight, USGS, Professional Paper, 282, B,*

- *Ortega, J,A,, Razola, L,, and Garzón, G, (2014), Recent human impacts and change in dynamics and morphology of ephemeral rivers, Nat, Hazards Earth Syst, Sci,, 14:713–730,*
- *Thorne, C, R (2002), Geomorphic analysis of large alluvial rivers, J, Geomorphologhy, Vol 44,No 5, 203-219*
- *Wrightt N, Crosato, A, (2013), The Hydrodynamics and Morphodynamics of Rivers, Journal of Hydrology*
- *Yang M. D. and Sykes R. M. (2005). Estimation of algal biological parameters using water quality modeling. Ecological Modeling.125(1):1-13*
- *Young Shin Lim. a, Jin Kwan Kim.b, Jong Wook Kim.a, Sei Sun Hong. B. a(2014), Evaluation of suspended-sediment sources in the Yeongsan River using Cs-137 after major human impacts, Quaternary International 344 .64e74*