

کاربرد سنجش از دور در تعیین تغییرات مورفولوژی رودخانه کشف رود

محبوبه سربازی^۱، محبوبه حاجی بیگلو^۲، زهرا گوهری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۸

چکیده

خصوصیات مورفولوژی رودخانه‌ها به واسطه ویژگی پویای آن، همواره دچار تغییرات هستند و این تغییرات می‌تواند بر سازه‌های بنا شده در حاشیه رودخانه‌ها، زمین‌های کشاورزی و غیره آثار منفی بگذارد. چم‌ها از شاخصه‌های مهم تغییرات محیطی به شمار می‌آیند. تحقیق حاضر بررسی تغییرات درجه میان‌بری و شکل چم‌ها در رودخانه کشف رود با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵، تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست سال ۱۳۶۶، تصویر گوگل ارث سال ۱۳۹۲ می‌باشد. در این تحقیق پارامترهای مورفولوژیکی ۱۶ چم در بازه‌ای به طول ۱۱ کیلومتر از رودخانه کشف رود برای هر دوره تعیین شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین t جفتی نشان داد که تغییرات در مقدار درجه میان‌بری در طی سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۲ دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد است. برای تعیین تأثیر تغییرات برخی از پارامترهای چم بر تغییرات درجه میان‌بری از مدل رگرسیون خطی چند متغیره استفاده شد. نتایج مدل نشان داد که در صورت تغییر در درجه میان‌بری تغییرات دامنه پیچ و خم در کناره نیز به صورت کاهشی است. همچنین نتایج همبستگی اسپیرمن نشان داد که تغییرات در پارامترهای درجه میان‌بری و حالت شکل چم به شدت به یکدیگر وابسته هستند. به طوری که همبستگی معنی‌داری بین تغییرات درجه میان‌بری و شکل چم در سطح معنی‌داری یک درصد وجود دارد. با افزایش درجه آب‌بندی اشکال چم نیز به صورت U و Ω شکل در می‌آیند و چم تمایل به بسته شدن پیدا می‌کند. در چم‌هایی که کاهش درجه میان‌بری وجود دارد مانند چم‌های شماره ۲، ۳، ۱۱ و ۱۲ عمدتاً مسیر به صورت مستقیم در آمده و قسمتی از رودخانه به صورت برکه‌های شاخ‌گاو جدا شده است.

واژه‌های کلیدی: پیچان‌رود، درجه آب‌بندی، رودخانه کشف‌رود، رگرسیون خطی، مورفولوژی رودخانه.

-
- ۱- کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشگاه تهران، تهران، ایران. مشهد، بلوار موسوی قوچانی، نبش موسوی قوچانی ۳۲، شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد. mahboobeh_sarbazi@yahoo.com ، ۰۹۱۵۹۰۳۹۷۴۰
 - ۲- کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران. مشهد، بلوار موسوی قوچانی، نبش موسوی قوچانی ۳۲، شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد. hajibigloo_m@yahoo.com ، شماره تماس: ۰۹۱۵۳۱۳۵۱۷۴ (مسئول مکاتبه)
 - ۳- کارشناسی ارشد مدیریت بیابان، دانشگاه یزد، یزد، ایران. مشهد، بلوار دانشجو، دانشجوی ۶، پلاک ۴، شرکت مهندسی مشاور مجد آب شرق. ma_gohari@yahoo.com ، ۰۹۱۵۳۰۳۰۴۴۶

مقدمه

خصوصیات ریخت‌شناسی رودخانه‌ها به علت پویایی آن‌ها همیشه در حال تغییر است. پیچان‌رودها^۱ از جمله چشم‌اندازهای بسیار زیبا در حوضه‌های آبخیز هستند که در اثر عوامل مختلفی تشکیل می‌شوند. چم‌ها اشکال مهم ژئومورفولوژیکی - هیدرولوژیکی^۲ هستند و به لحاظ جابجایی‌های مکانی که در محدوده دشت‌های سیلابی انجام می‌دهند، موجب تغییر ابعاد ریخت‌شناسی بستر جریان رودخانه و دشت‌های سیلابی می‌شوند. این پدیده‌ها به علت پویایی زیادی که دارند، مسائل و مشکلات عمده‌ای را نیز در محدوده‌های تشکیل به وجود می‌آورند (بیاتی خطی، ۱۳۹۰؛ Imran et al., 1999). چم‌ها، که از شاخص‌های مهم تغییرات محیطی و از نشانه‌های بارز وقوع تحول در بستر جریان آب‌ها به شمار می‌آیند، عامل بروز تغییرات حیاتی در بستر جریان رودخانه‌ها محسوب می‌شوند (Dai et al., 2008). تغییرات در میزان بار رسوبی، تغییرات در شیب، اقلیم، ایجاد سد و بندها و همچنین دخالت و تجاوز بشر به حریم رودخانه و تغییر کاربری اراضی اطراف رودخانه می‌تواند زمینه را برای تشکیل چم‌ها در مسیر جریان رودخانه فراهم سازد (Lofthouse and Robert, 2008)؛ Perucca et al., 2006؛ Lagasse et al., 2004؛ Camporeale et al., 2010). تغییر در پارامترهای چم می‌تواند ناشی از تغییرات توسط بشر، تغییر در رژیم هیدرولوژی رودخانه، تغییرات اکولوژیکی و یا ناشی از ژئومورفولوژی منطقه باشد (Ollero et al., 1991)؛ Cabzas et al., 2010) تغییرات در پارامترهای چم می‌تواند از دیدگاه‌های مختلفی مانند شهرسازی، سدسازی، فرسایش و رسوب و جاده‌سازی مهم باشد (Crosto, 2009؛ Heo et al., 2009). از آن جا که نیروی گریز از مرکز فشارهای برشی را در سطح مشترک آب و خاک افزایش می‌دهد، پیش‌بینی حرکت چم‌ها امری ضروری است.

در رابطه با تغییرات پارامترهای چم و عوامل مؤثر بر این تغییرات مطالعات زیادی به خصوص در خارج از کشور صورت گرفته که در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

Yang et al., 2002 در مطالعه‌ای به آشکارسازی تغییرات خط ساحلی دلتای رودخانه زرد چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که رودخانه از حالت شریانی^۳ مستقیم به چمی ضعیف تغییر شکل داده است. (Timer (2003) با بررسی روش‌های کنترل تغییرات رودخانه‌های پیچان‌رودی بر روی رودخانه تیسزا^۴ نتیجه گرفت که پیچان‌رودی شدن رودخانه به شدت تحت تأثیر موقعیت گسل‌ها و فرونشست‌های غیرعادی است. Chu et al., 2006 در مطالعه‌ای روی رودخانه زرد در چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور مناطق بیشترین فرسایش و تغییر را شناسایی کردند. Ollero (2010) در مطالعه‌ای در رودخانه ابرو^۵ در اسپانیا به بررسی تغییرات مورفولوژیکی و جابجایی رودخانه طی ۸۰ سال پرداخت. نتایج ایشان نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه این رودخانه دارای تغییرات زیادی بوده است و در برخی مناطق رودخانه تا بیشتر از ۷ کیلومتر جابه‌جا شده است. از محققان دیگری که در این زمینه مطالعه نموده‌اند می‌توان به Uribelarrea et al., 2003، Nicoll et al., 2010 و Magdalena et al., 2011 اشاره کرد. رضایی‌مقدم و خوشدل (۱۳۸۸) در مطالعه‌ای در آذربایجان شرقی به بررسی پیچ و خم‌های اهرچای پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که بیشترین درصد چم مربوط به چم‌های دارای سینوسیته بالای ۱/۵ است. ایشان علت اصلی تغییرات چم‌ها طی دهه‌های اخیر را تعرض افراد بومی به حریم رودخانه دانستند. مقصودی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای بر روی روند تغییرات الگوی مورفولوژی رودخانه خرم‌آباد با استفاده از RS و GIS بیان کردند که تعداد چم‌ها طی دوره مطالعاتی افزایش

³- Braided

⁴ Tisza

⁵- Ebro

¹- Meander rivers

²- Geomorphologic- Hydrologic

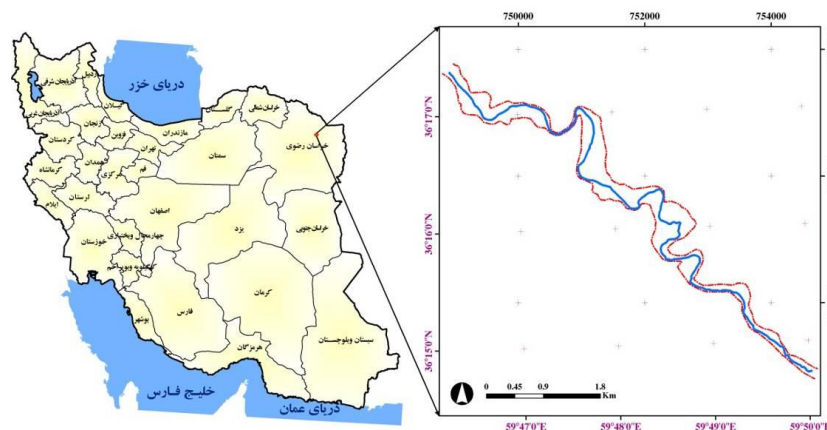
بررسی تغییر پارامترهای درجه میان‌بری و شکل چم در قسمتی از رودخانه کشف‌رود انجام شد.

مواد و روش‌ها

مسیر مورد بررسی در استان خراسان رضوی و شهرستان مشهد در محدوده جغرافیایی $34^{\circ} 59'$ تا $45^{\circ} 49'$ طول شرقی و $23^{\circ} 36'$ تا $29^{\circ} 50'$ عرض شمالی واقع می‌باشد. جهت جریان شمال غربی- جنوب شرقی است. محدوده بازه مطالعاتی، بخشی از رودخانه کشف‌رود به طول ۱۱ کیلومتر است. زمین‌شناسی منطقه از نوع آبرفت‌های کواترنری است. همچنین کاربری‌های اراضی منطقه بیشتر از نوع کشاورزی، بوته‌زار و باغ است. (شکل ۱).

یافته و علت اصلی این تغییرات را تغییر کاربری اراضی منطقه و دخل و تصرف انسان به رودخانه دانستند. یوسفی و همکاران (۱۳۹۲) روند تغییرات مورفولوژی رودخانه کارون را بر اساس دو سری تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند همبستگی معنی‌داری بین تغییرات درجه میان‌بری و شکل چم در سطح معنی‌داری یک درصد وجود دارد. به طوری که با افزایش درجه آب‌بندی اشکال چم نیز به صورت U و Ω شکل در می‌آیند و چم تمایل به بسته شدن پیدا می‌کند.

از پژوهش‌گران ایرانی دیگر که در این زمینه تحقیق کرده‌اند می‌توان به احمدیان یزدی (۱۳۸۰)، فرخی و همکاران (۱۳۸۴)، یمانی و همکاران (۱۳۸۵)، ارشد و همکاران (۱۳۸۶)، استادکلایه و همکاران (۱۳۸۶)، رنگزن و همکاران (۱۳۸۷)، بیاتی خطیبی (۱۳۹۰) نیز اشاره کرد. با آگاهی از میزان تغییرات در پارامترهای چم در یک منطقه می‌توان آینده چم و رودخانه‌ها را پیش‌بینی کرد. تحقیق حاضر برای

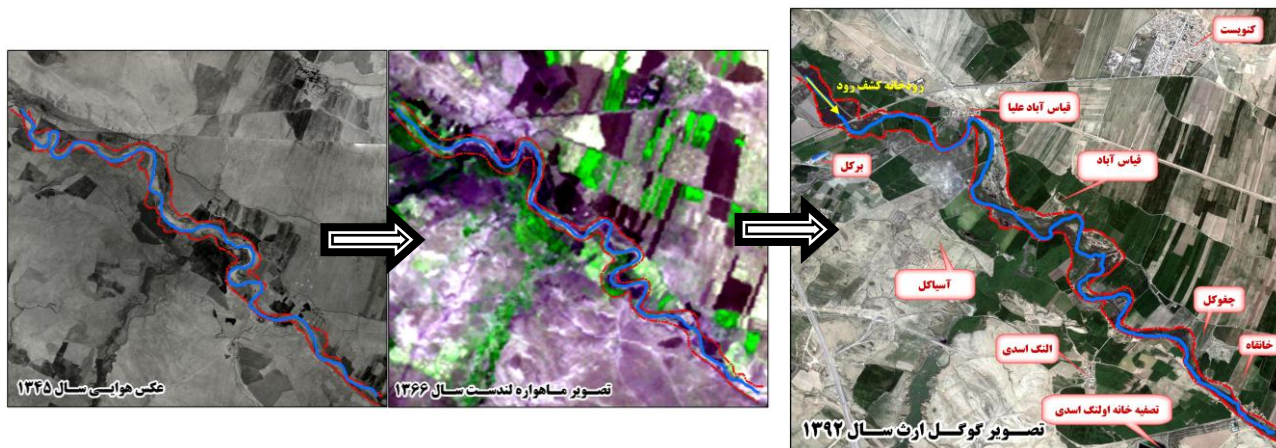


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

تصویر گوگل ارث سال ۱۳۹۲ استفاده شد.

در این تحقیق از عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۵،

تصاویر سنجنده‌های TM ماهواره لندست سال ۱۳۶۶،



شکل (۲): بستر رودخانه در تصاویر رقومی شده سه دوره آماری ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲ در ARC GIS

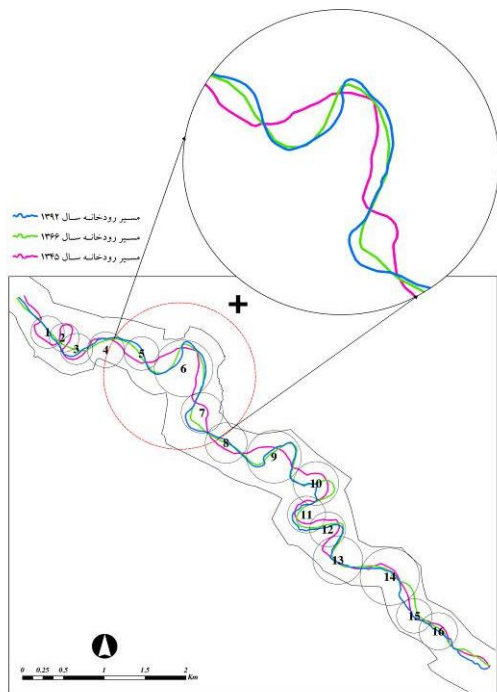
$$C = \frac{S}{L} \quad (1)$$

$$e = \frac{S}{(S + L)} = \frac{C}{(C + 1)} \quad (2)$$

به منظور مقایسه تغییرات درجه میان‌بری و شکل چم‌ها مسیر رودخانه در این سه بازه زمانی از روی عکس هوایی و تصاویر ماهواره در محیط نرم افزار Arc GIS عمل رقومی‌سازی انجام شد (شکل ۲).

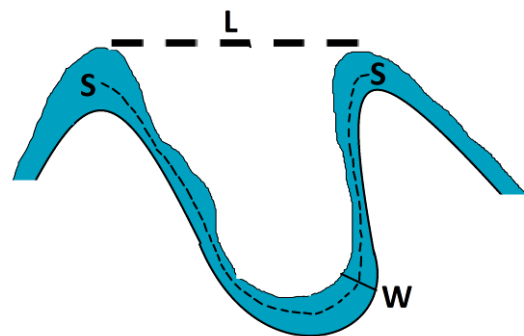
برای بررسی تغییرات پارامترهای مطالعاتی در طول بازه مطالعاتی ۱۶ چم انتخاب شد (شکل ۳). پارامترهای عرض جریان^۱ (W)، طول جریان^۲ (S) و دامنه پیچ و خم در کنار^۳ (L) با توجه به شکل (۴) برای هر یک از چم‌ها در سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲ در محیط نرم‌افزار Arc GIS اندازه‌گیری شد و ضریب خمیدگی^۴ (C) چم با استفاده از رابطه ۱ و درجه میان‌بری^۵ چم (e) با رابطه ۲ برای هر یک از چم‌ها در سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲ محاسبه شد (جدول ۱).

¹- River Width
²- Watercourse Length
³- Meander Length
⁴- Sinuosity
⁵- Sealing Degree



شکل (۳): چم های انتخابی در طول بازه مطالعاتی رودخانه کشف رود

می‌شوند (Bin et al., 2008). درجه میان‌بری به این صورت تفسیر می‌شوند، زمانی که ضریب خمیدگی چم به طرف بی‌نهایت میل (Bin et al., 2008) می‌کند درجه میان‌بری به طرف یک میل می‌کند. درجه میان‌بری بین $0/5$ و یک قرار دارد. زمانی که درجه میان‌بری بزرگتر می‌شود چم تمایل به بسته شدن دارد و جریان به صورت مستقیم در می‌آید. یعنی زمانی که درجه میان‌بری به طرف یک میل می‌کند چم در اثر فرسایش بریده می‌شود (Bin et al., 2008).



شکل (۴): پارامترهای چم

شکل اساسی پارامتر هندسی سطحی می‌تواند به شکل‌های V ، U و Ω باشد. اگر خط عمود بر محور از قسمت رأس تا گردن چم به طور مداوم بزرگتر شود چم V شکل است. اگر خط فرضی مورد نظر ابتدا بزرگتر شود و سپس ثابت بماند چم U شکل است و اگر این خط ابتدا بزرگ شود و سپس کوچک شود چم از نوع Ω محسوب می‌شود. در کل چم‌های V شکل تحت عنوان ساده، چم‌های U شکل تحت عنوان نادر و چم‌های Ω شکل جزء چم‌های بسیار نادر طبقه‌بندی

جدول (۱): پارامترهای چم برای سال های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲

۱۳۴۵						
شماره	شکل	W (متر)	L (متر)	S (متر)	e	C
۱	U	۲۸۸/۰۳	۲۸۷/۳۴	۸۱۰/۳۴	۰/۷۴	۲/۸۲
۲	Ω	۳۶۹/۷۰	۱۶۳/۸۱	۷۹۳/۵۱	۰/۸۳	۴/۸۴
۳	U	۱۳۳/۳۱	۲۵۵/۸۵	۷۵۷/۴۲	۰/۷۵	۲/۹۶
۴	V	۱۹۴/۲۶	۴۵۲/۰۶	۵۸۸/۸۵	۰/۵۷	۱/۳۰
۵	V	۲۵۹/۸۷	۴۲۳/۵۹	۴۸۱/۷۰	۰/۵۳	۱/۱۴
۶	U	۴۷۲/۳۸	۶۲۶/۳۶	۱۱۳۶/۳۸	۰/۶۴	۱/۸۱
۷	V	۴۳۱/۲۰	۵۰۵/۱۶	۵۸۳/۴۵	۰/۵۴	۱/۱۵
۸	V	۳۴۵/۳۷	۵۱۲/۶۳	۵۴۷/۳۰	۰/۵۲	۱/۰۷
۹	V	۲۷۷/۴۱	۶۵۸/۰۳	۷۸۸/۲۸	۰/۵۵	۱/۲۰
۱۰	U	۳۷۷/۵۸	۴۱۴/۸۸	۹۰۶/۷۶	۰/۶۹	۲/۱۹
۱۱	U	۳۷۵/۷۴	۲۶۴/۷۳	۸۴۱/۶۵	۰/۷۶	۳/۱۸
۱۲	U	۴۵۹/۴۶	۳۲۶/۹۳	۷۴۵/۴۶	۰/۷۰	۲/۲۸
۱۳	V	۱۲۹/۰۲	۵۳۸/۵۲	۷۶۳/۱۰	۰/۵۹	۱/۴۲
۱۴	V	۲۹۰/۲۹	۶۹۳/۹۵	۸۳۵/۳۲	۰/۵۵	۱/۲۰
۱۵	V	۱۷۰/۰۲	۳۹۷/۴۱	۴۵۷/۱۲	۰/۵۳	۱/۱۵
۱۶	V	۱۷۴/۴۳	۴۶۹/۲۵	۵۲۵/۶۳	۰/۵۳	۱/۱۲
۱۳۶۶						
شماره	شکل	W (متر)	L (متر)	S (متر)	e	C
۱	V	۲۵۹/۱۱	۴۰۵/۹۳	۴۰۶/۷۳	۰/۵۰	۱/۰۰
۲	V	۲۸۰/۸۷	۳۴۸/۲۰	۳۵۵/۳۸	۰/۵۱	۱/۰۲
۳	V	۲۹۹/۵۰	۳۸۱/۸۲	۴۱۳/۴۲	۰/۵۲	۱/۰۸
۴	V	۳۰۸/۴۱	۴۳۲/۰۷	۴۴۷/۰۹	۰/۵۱	۱/۰۳
۵	V	۲۴۳/۷۲	۴۱۷/۶۲	۴۲۲/۸۸	۰/۵۰	۱/۰۱
۶	U	۳۳۹/۷۳	۶۱۴/۴۴	۱۲۹۶/۷۷	۰/۶۸	۲/۱۱
۷	V	۱۵۶/۹۷	۵۱۲/۴۱	۶۱۶/۶۲	۰/۵۵	۱/۲۰
۸	V	۱۹۵/۹۵	۵۱۱/۴۸	۵۱۵/۶۱	۰/۵۰	۱/۰۱
۹	U	۲۶۱/۷۲	۵۹۵/۲۲	۱۱۵۳/۶۱	۰/۶۶	۱/۹۴
۱۰	Ω	۴۹۹/۱۳	۳۶۸/۰۸	۹۶۵/۷۶	۰/۷۲	۲/۶۲
۱۱	U	۳۲۲/۲۳	۳۲۸/۵۹	۷۴۸/۰۴	۰/۶۹	۲/۲۸
۱۲	U	۴۴۷/۹۸	۳۹۷/۵۳	۶۷۹/۶۶	۰/۶۳	۱/۷۱
۱۳	U	۱۴۶/۵۲	۴۶۲/۵۹	۷۰۵/۸۹	۰/۶۰	۱/۵۳
۱۴	V	۳۱۲/۴۸	۷۱۹/۲۶	۷۸۱/۹۹	۰/۵۲	۱/۰۹
۱۵	V	۳۶۰/۰۶	۳۶۹/۵۳	۳۹۵/۸۸	۰/۵۲	۱/۰۷
۱۶	V	۲۲۴/۲۱	۴۷۱/۳۳	۴۹۰/۰۱	۰/۵۱	۱/۰۴
۱۳۹۲						
شماره	شکل	W (متر)	L (متر)	S (متر)	e	C
۱	Ω	۴۹۸/۳۵	۴۰۹/۳۲	۴۱۴/۸۸	۰/۵۰	۱/۰۱
۲	Ω	۳۵۰/۸۴	۲۷۴/۷۵	۲۸۰/۶۶	۰/۵۱	۱/۰۲
۳	U	۲۵۸/۷۴	۳۸۷/۹۲	۴۸۵/۸۳	۰/۵۶	۱/۲۵
۴	U	۳۴۵/۶۶	۴۱۲/۷۲	۴۳۶/۸۵	۰/۵۱	۱/۰۶
۵	V	۲۴۱/۱۱	۴۲۰/۱۵	۴۴۶/۸۶	۰/۵۲	۱/۰۶
۶	Ω	۳۳۵/۷۷	۶۰۳/۲۲	۱۳۸۹/۸۱	۰/۷۰	۲/۳۰
۷	U	۴۷۷/۹۳	۵۱۲/۰۶	۷۲۹/۲۰	۰/۵۹	۱/۴۲
۸	V	۴۱۴/۷۸	۵۱۱/۵۰	۵۲۶/۲۰	۰/۵۱	۱/۰۳
۹	U	۳۷۹/۳۹	۵۸۰/۷۲	۱۲۲۲/۶۴	۰/۶۸	۲/۱۱
۱۰	U	۷۵۹/۴۰	۳۵۷/۲۷	۶۳۵/۴۷	۰/۶۴	۱/۷۸
۱۱	U	۲۰۱/۹۳	۳۷۷/۶۴	۸۴۵/۴۹	۰/۶۹	۲/۲۴
۱۲	U	۵۱۵/۵۷	۳۷۱/۲۰	۶۷۰/۹۸	۰/۶۴	۱/۸۱

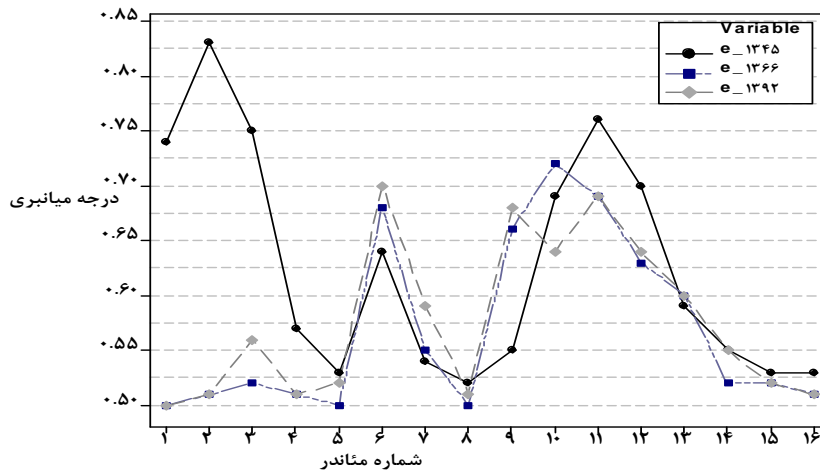
ادامه جدول (۱): پارامترهای چم برای سال های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲

C	e	۱۳۹۲					W (متر)
		e	L (هکتار)	W (هکتار)	W (هکتار)	W (متر)	
	۱/۵۰	۰/۶۰	۷۲۲/۴۲	۴۸۰/۷۵	۱۰۸/۹۴	۷	۱۳
	۱/۲۳	۰/۵۵	۸۲۴/۲۵	۶۷۱/۱۳	۲۵۶/۵۵	۷	۱۴
	۱/۰۶	۰/۵۲	۴۵۲/۳۰	۴۲۵/۶۰	۱۳۹/۸۰	۷	۱۵
	۱/۰۵	۰/۵۱	۴۹۴/۱۹	۴۷۱/۰۶	۱۸۸/۰۷	۷	۱۶

نتایج و بحث

داد که اختلاف معنی داری بین تغییرات درجه میانبری طی سال های ۱۳۴۵ و ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲ است.

درجه میانبری چم های بازه مطالعاتی به کمک رابطه ارائه شده برای سال های ۱۳۴۵ و ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲ محاسبه شد (شکل ۵). جهت بررسی وجود اختلاف در درجه میانبری طی سه دوره از آزمون ANOVA استفاده شد (جدول ۲). نتایج آزمون نشان



شکل (۵): نمودار تغییرات درجه میانبری چم براساس تصاویر سال های ۱۳۴۵ و ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲

جدول (۲): نتایج آنالیز آزمون ANOVA درجه میانبری رودخانه

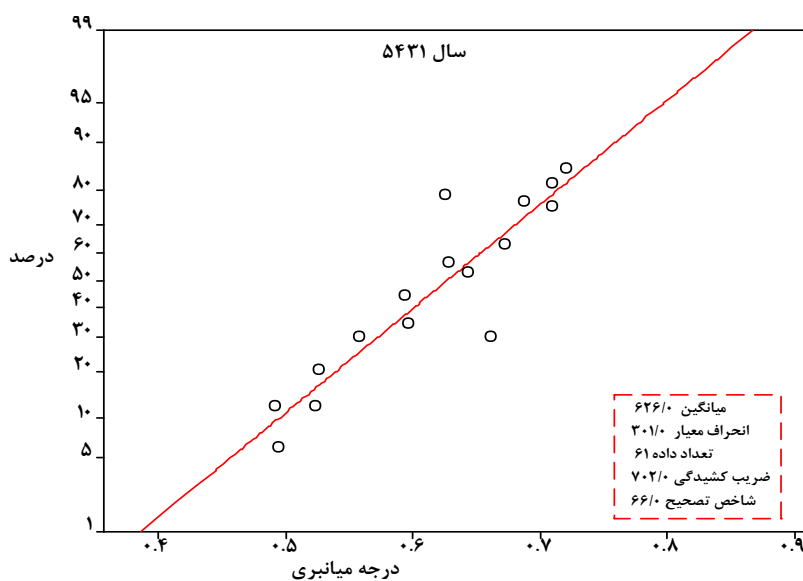
Sig.	درجه آزادی	مقدار	انحراف از معیار	میانگین	پارامتر چم
۰/۰۰۸	۱۵	-۴/۱۵	۰/۰۲۸۳۷	-۰/۰۵۶۲۵	درجه میانبری

بیانگر این است که در برخی از چم های مطالعاتی چم به سوی باز شدن می رود و این چم ها از نظر سیلاب بسیار حساس هستند به طوری که در صورت بروز تغییرات اندک در رژیم هیدرولوژیکی و یا هیدرولیکی

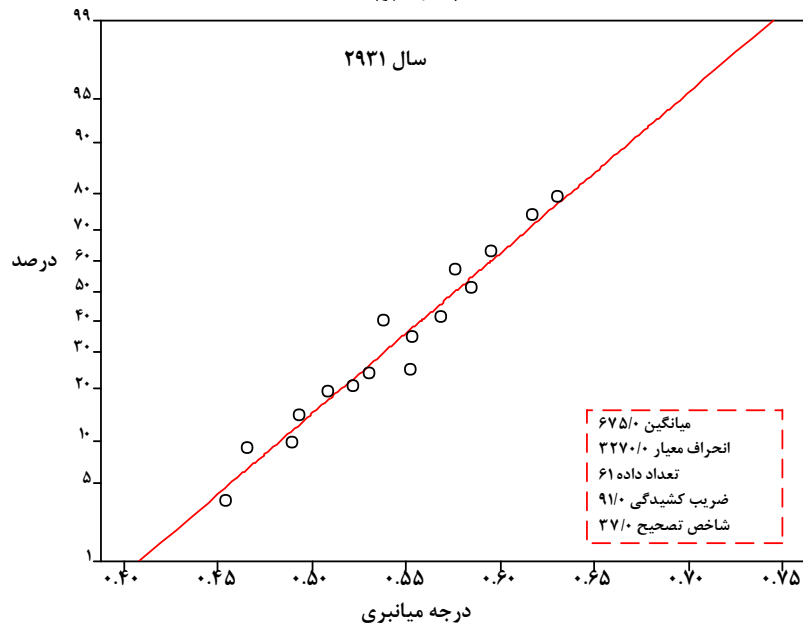
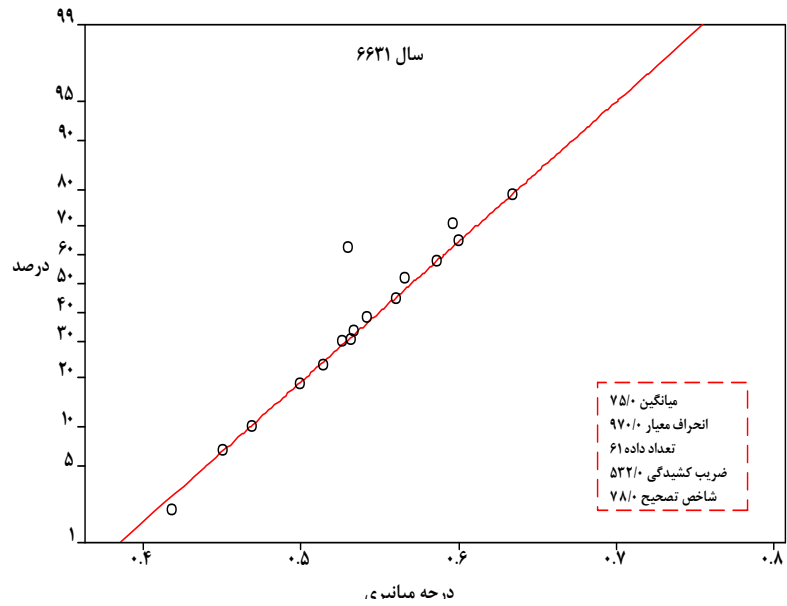
با توجه به شکل (۵) در ۴ عدد از چم های مورد مطالعه از سال ۱۳۴۵ الی ۱۳۹۲ مقدار درجه میانبری افزایش یافته است و در ۱۲ عدد از چم های مورد مطالعه درجه میانبری کاهش یافته است این نتایج

برای بررسی تأثیر تغییرات پارامترهای چم بر تغییرات درجه میانبری، ابتدا نرمال بودن تغییر پارامترهای عرض جریان (W)، طول جریان (S)، دامنه پیچ و خم در کناره (L)، ضریب خمیدگی (C) و درجه آببندی (e) با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف^۱ مورد آزمون قرار گرفت. نتیجه آزمون نشان دهنده این است که داده‌ها در سطح پنج درصد نرمال هستند. در شکل (۶) نرمال بودن متغیر درجه میانبری طی سال‌های آماری مورد مطالعه نشان داده شده است.

چم احتمال تغییر مسیر چم به مسیر مستقیم و در نتیجه آب‌گرفتگی مناطق خشک و ساحلی بسیار بیشتر است و از آنجا که مناطق حاشیه‌ای رودخانه کشف رود شامل مزارع و صیفی‌جات مردم می‌باشد این آب‌گرفتگی خسارات مالی زیادی را برای مردم به همراه خواهد داشت. همچنین نتایج نشان می‌دهد که طی دوره مطالعاتی چم‌های شماره ۱ و ۲ و ۳ و ۴ دارای کاهش بسیار زیاد درجه میانبری هستند که با توجه به نقشه‌های تهیه شده مربوط به سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۹۲ مشاهده می‌شود که مسیر پیچان‌رودی این مناطق تبدیل به مسیر مستقیم گشته است و در این مناطق برکه‌های شاخ گاوی از رودخانه اصلی جدا شده‌اند.



شکل (۶): نمودار نرمال بودن درجه میانبری چم براساس تصاویر سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲



ادامه شکل (۶): نمودار نرمال بودن درجه میانبری چم براساس تصاویر سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲

تبیین (رابطه ۳) مدل ارائه شده ۰/۹۸ است و همچنین نتایج آنالیز واریانس نشان داد که مدل ارائه شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. معادله رگرسیون به صورت رابطه ۴ است.

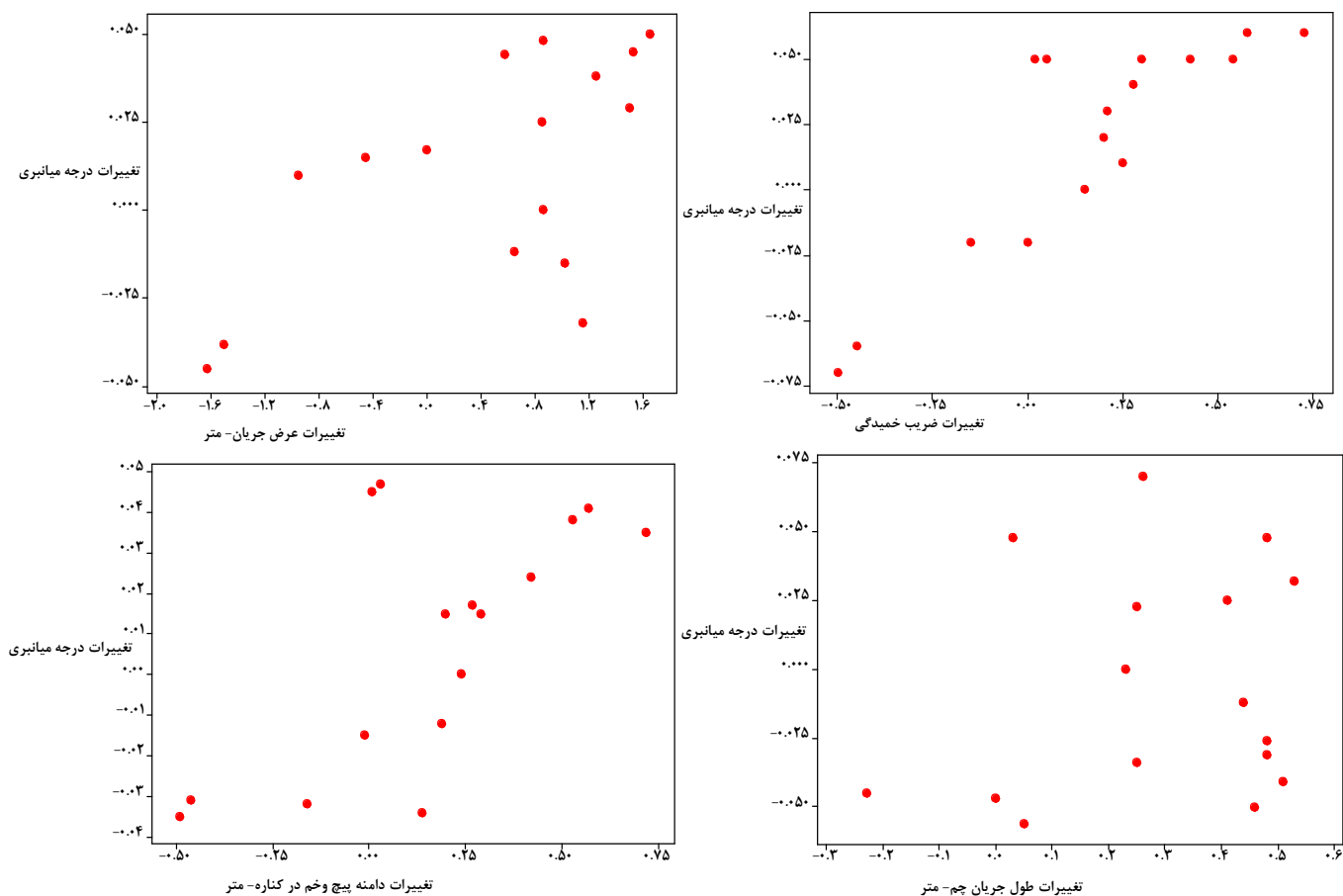
سپس از رگرسیون خطی چند متغیره برای بررسی تأثیر تغییرات پارامترهای چم بر تغییرات درجه میانبری استفاده شد. بدین صورت که اختلاف بین پارامترهای مورد مطالعه در هر چم تعیین و بین آن‌ها رابطه رگرسیونی برقرار شد. نتایج نشان داد که ضریب

$$R^2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (e_{O} - e_{Ave-O})(e_{E} - e_{Ave-E}) \right)^2}{\sum_{i=1}^n (e_{O} - e_{Ave-O})^2 \left(\sum_{i=1}^n e_{E} - e_{Ave-E} \right)^2} \quad (3)$$

$$e = 0.534 + 0.032C + 0.0023W - 0.0037L + 0.0002S \quad (۴)$$

در این صورت در اثر فرسایش خاک بستر رودخانه، در اثر جریان برشی در قوس‌ها مقدار فاصله مستقیم جریان آب و در نتیجه طول گردن چم کاهش می‌یابد. همچنین به علت تغییر مسیر پیچ‌دار به مسیر مستقیم سرعت آب نسبت به حالت اول خود بیشتر می‌شود، در نتیجه در طول مسیر مستقیم رسوب‌گذاری در بستر رودخانه بسیار پایین می‌باشد و به همین علت عرض رودخانه نیز نسبت به حالت پیشین و ابتدایی خود افزایش می‌یابد.

در این رابطه، R^2 ضریب تبیین، e_O تغییر درجه آببندی مشاهده‌ای، e_{Ave-O} میانگین تغییر درجه آببندی مشاهده‌ای، e_E تغییر درجه آببندی برآوردی و e_{Ave-E} میانگین تغییر درجه آببندی برآوردی است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات در دامنه پیچ و خم در کناره زمانی که درجه میان‌بری چم افزایش پیدا می‌کند به صورت کاهشی است. در صورت افزایش درجه میان‌بری و نزدیک شدن آن به یک، چم به حالت بسته شدن میل می‌کند (شکل ۷).



شکل (۷): تغییرات درجه میان‌بری بر حسب تغییرات ضریب خمیدگی، تغییرات عرض جریان، تغییرات دامنه پیچ و خم در کناره و تغییرات طول جریان چم

تفاوت عرض کل رودخانه (فاصله دو ساحل) از حدود ۳۰۳ متر در سال ۱۳۴۵، به حدود ۳۲۵ متر در سال ۱۳۶۶ و ۳۵۴ متر در سال ۱۳۹۲ رسیده است. همچنین با توجه به شکل (۸) در دوره‌های مختلف به خصوص در سال ۱۳۴۵ الگوی شکل حالت مئاندری در چم‌های شماره ۲، ۳، ۱۱ و ۱۲ کاملاً تغییر یافته ولی در سایر چم‌ها تغییرات چندانی در عرض و الگوی رودخانه رودخانه ایجاد نشده است.

تغییرات ضریب خمیدگی قوس‌ها در طول رودخانه نیز در شکل (۹) نشان داده شده است. این شکل مبین میزان کاهش پیچانرودی در مسیر رودخانه می‌باشد (بیدنهار و همکاران، ۱۹۹۷). همچنان که در این شکل مشاهده می‌شود، ضریب خمیدگی قوس‌های رودخانه از سال ۱۳۴۵ الی سال ۱۳۹۲ دچار کاهش گردیده است که می‌تواند متأثر از کاهش شیب رودخانه، ریز شدن مواد بستر رودخانه، کم شدن ظرفیت حمل رسوب رودخانه باشد.

برای بررسی رابطه بین تغییرات شکل چم و درجه میان‌بری با توجه به جنس داده‌ها روش صحیح آماری همبستگی اسپیرمن^۱ است (بی‌همتا و زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). در این روش حالت‌های مختلف شکل چم به صورت کدهای عددی مشخص و همبستگی آن‌ها با درجه میان‌بری تعیین شد. نتایج همبستگی نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین تغییرات درجه میان‌بری و تغییرات حالت شکل چم‌های مطالعاتی در سطح معنی‌داری یک درصد وجود دارد و ضریب همبستگی بین این دو ۰/۷۷۹ است. به طوری که با افزایش درجه میان‌بری شکل چم‌ها به طرف حالت‌های U و Ω شکل می‌رود (شکل ۱۰).

در شکل (۸) تغییرات عرض کل رودخانه کشف رود (فاصله دو ساحل) در بازه مطالعاتی برای سه دوره از تصاویر نشان داده شده است و براساس آن می‌توان در خصوص تغییر الگوی آبراهه‌ای رودخانه قضاوت داشت. به طوری که در تصویر عکس‌هوایی مربوط به سال ۱۳۴۵ در چم شماره ۲ و ۳ یکسری جزایر قوسی شکل مشاهده گردیده است و کمترین عرض رودخانه مربوط به این چم‌ها می‌باشد. در تصاویر مربوط به سال ۱۳۹۲ در اثر نزدیک شدن بازوی دو خم به یکدیگر این دو قوس حذف شده و تبدیل به بازه مستقیم گردیده است و در این بازه از رودخانه می‌توانیم تغییر مورفولوژی رودخانه از حالت مئاندری به حالت مستقیم را شاهد باشیم.

بحث الگوی تغییر عرض و نوسانات آن در رودخانه مورد مطالعه را به دلایل مختلفی می‌توان نسبت داد که عبارت‌اند از:

۱. عریض شدن کانال رودخانه از طریق جریان‌های سیلابی بزرگ تا جایی که این مجراهای طبیعی بتوانند بزرگ‌ترین دبی‌های سیلابی را در خود جای دهند؛

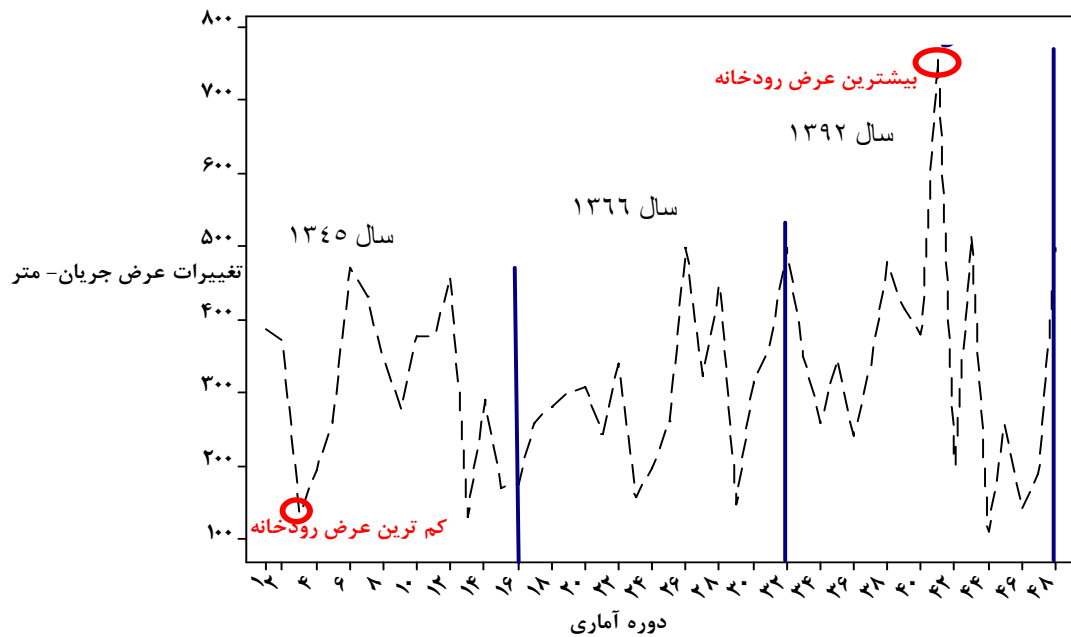
۲. عدم یا کاهش فرسایش کناره‌ها به دلیل بسترسنگی و مقاوم؛

۳. دخالت‌های بشری و فعالیت‌های باغی و زراعی روستاییان در بخش‌های رودخانه و در محدوده سیلابدشت‌ها داشته و رعایت نکردن حریم قانونی که موجب تغییر وضعیت بستر رودخانه می‌شود؛

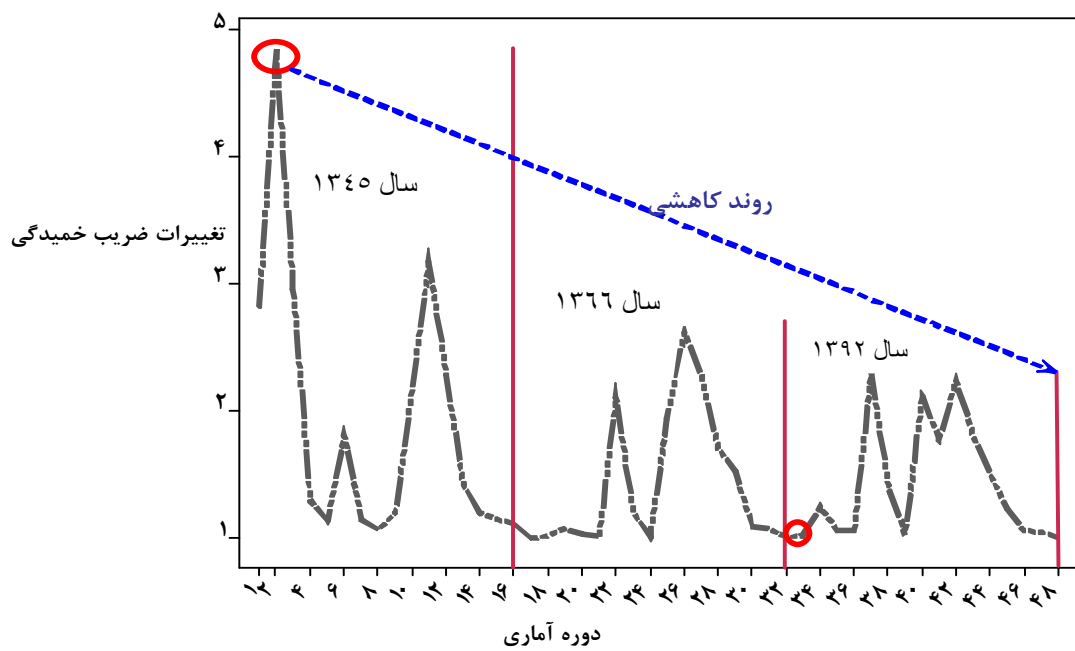
۴. تغییرات سازندهای زمین‌شناسی کف و کناره‌های رودخانه در طول رودخانه که نسبت به فرسایش و نیروهای وارده از طرف جریان مقاومت متفاوتی دارند.

این تغییرات عرض در طول بازه مورد مطالعه رودخانه کشف‌رود به تغییرات مکانی الگوی کنش (فرسایش) و رسوب‌گذاری و دخالت‌های بشری در محدوده سیلابدشت‌ها نسبت داده می‌شود. تغییرات مکانی فرسایش و رسوب‌گذاری نیز، در حقیقت، عکس‌عملی به وضعیت و فراوانی سیلاب‌های منفرد بزرگ می‌باشد (تورنس، ۱۹۸۰).

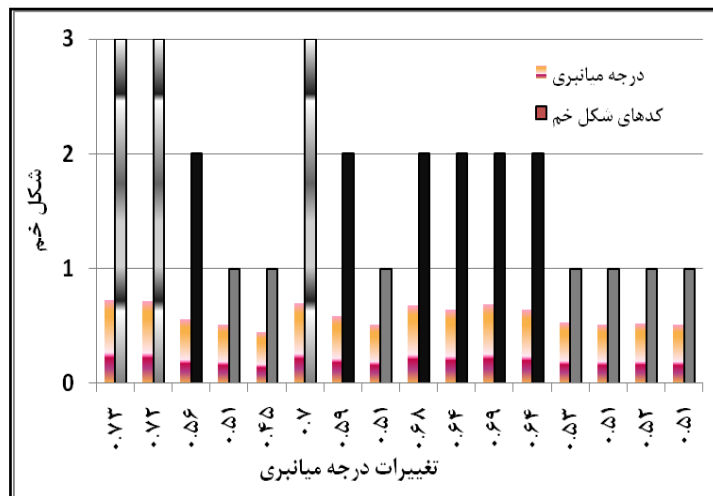
¹ Spearman rank correlation



شکل (۸): تغییرات عرض رودخانه در طول بازه مطالعاتی براساس تصاویر مربوط به سال های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲



شکل (۹): تغییرات ضریب خمیدگی در طول بازه مطالعاتی براساس تصاویر مربوط به سال های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲



شکل (۱۰): رابطه بین تغییرات شکل شخم و درجه میانبری در طول بازه مطالعاتی (کد ۱: شخم V شکل، کد ۲: شخم U شکل، کد ۳: شخم Ω شکل)

نتیجه گیری

پوشش گیاهی طبیعی رودخانه سبب سست شدن خاک و در نتیجه تخریب بیشتر به خصوص در قوس های بیرونی چم های رودخانه شده است. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه چم ها تکامل یافته تر و وسیع تر گشته اند. با توجه به نتایج در چم هایی که کاهش درجه میانبری وجود دارد مانند چم های شماره ۲، ۳، ۱۱ و ۱۲ عمدتاً مسیر به صورت مستقیم در آمده و قسمتی از رودخانه به صورت برکه های شاخ گاو جدا شده است.

از نتایج تحقیق حاضر می توان دریافت که پارامترهای هندسی چم رودخانه کشف رود دچار تغییر شده اند. بخشی از این تغییرات به علت تجاوز انسان به حریم این رودخانه می باشد که با اهداف کشاورزی و مسکونی بیشتر صورت گرفته است. همچنین نتایج نشان داد که پارامتر درجه میانبری جهت بررسی تغییرات حالت های شکل چم پارامتر مناسبی جهت تحقیق می باشد.

در تحقیق حاضر بر روی رودخانه کشف رود واقع در استان خراسان رضوی تغییرات درجه میانبری و حالت های شکل چم ها در این رودخانه مطالعه شدند. یافته های پژوهش حاکی از آن است که در سه دوره زمانی مورد پژوهش تغییرات چشم گیری در رودخانه دیده می شود. به طوری که میزان تغییرات ایجاد شده در ابتدای این بازه بیشتر از قسمت پایانی آن است و رودخانه از حالت پیچان رودی به حالت مستقیم درآمده است.

با توجه به بازدیدهای انجام شده از منطقه و بررسی نقشه های تهیه شده کاربری اراضی سال های ۱۳۴۵، ۱۳۶۶ و ۱۳۹۲ منطقه مطالعاتی رودخانه به خصوص در بستر سیلابی مورد تجاوز انسان قرار گرفته است. افراد ساکن در منطقه به دلیل مناسب بودن اراضی اطراف رودخانه به خصوص سواحل آبرفتی و نیز اراضی منطقه اقدام به شخم زمین و تغییر کاربری منطقه به کشاورزی داده اند. شخم زمین و از بین بردن

منابع

- احمدیان یزدی، م. ج. ۱۳۸۰. بررسی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش پیچان رود تجن-هریرود. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۷۸ ص.
- ارشد، ص.، س. مرید و ه. میرابولقاسمی. ۱۳۸۶. بررسی روند تغییرات مورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از سنجش از دور: مطالعه موردی از گتوند تا فارسباب (۱۳۶۹-۸۲). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۶):۱۷-۳۲.
- بیاتی خطیبی، م. ۱۳۹۰. بررسی پتانسیل خطر وقوع سیل در مسیر رودخانه‌های مئاندری، با استفاده از شاخص LFH مطالعه موردی: رودخانه شور (واقع در دامنه‌های شرقی کوهستان سهند). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. ۷۵: ۱۸-۱.
- بی‌همتا، م. ر. و م. ع. زارع چاهوکی. ۱۳۸۹. اصول آمار در علوم منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۰ ص.
- رضایی مقدم، م.، و ک. خوشدل. ۱۳۸۸. بررسی پیچ و خم‌های مئاندر اهرچای در محدوده دشت ازومدل ورزقان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۲۰(۳۳):۱۰۱-۱۱۲.
- رنگزن، ک.، ب. صالحی و پ. سلحشوری. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات منطقه پایین دست سد کرخه قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر چند زمانه Land sat. اولین همایش ژئوماتیک ایران. ۱-۱۱.
- فرخی، ز.، غ. بارانی و ص. ارشد. ۱۳۸۴. بررسی تغییرات پلان رودخانه دز با استفاده از سنجش از دور و GIS. پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران. دانشگاه شهید باهنر کرمان. ۱-۹.
- محمدی استاد کلاویه، ا.، ا. مساعدی و س. علاقمند. ۱۳۸۶. بررسی اثرات سیل مرداد ۱۳۸۰ گلستان بر مورفولوژی رودخانه مادرسو. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۱):۲۲-۳۰.
- مقصودی، م.، س. شرفی و ی. مقامی. ۱۳۸۹. روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانه خرم‌آباد با استفاده از RS، GIS و Auto Cad. برنامه‌ریزی و آمایش فضای سبز. ۱۴(۳):۲۷۵-۲۹۴.
- یمانی، م.، حسین‌زاده م. و ا. نوحه‌گر. ۱۳۸۵. هیدرودینامیک رودخانه‌های تالار و بابل و نقش آن در ناپایداری و تغییرات مشخصات هندسی آن‌ها. پژوهش‌های جغرافیایی. ۵۵(۳۸):۱۵-۳۳.
- یوسفی، ص.، م. وفاخواه. س. میرزایی و ش. توانگر. ۱۳۹۲. تغییرات درجه میان‌بری و شکل چم‌های در قسمتی از رودخانه کارون با استفاده از فناوری سنجش از دور. مجله پژوهش آب ایران. ۱۳(۷):۱۷۵-۱۸۶.
- Bin, Z., A. Nanshan, H. Zhengweng, Y. Chengbo, and Q. Facao. 2008. Meanders of the Jialing River in China: morphology and formation. Chinese Science Bulletin, 53(2):267-281.
- Cabezas, A., F. A. Comín, S. Beguería and M. Trabucchi. 2008. Hydrologic and land-use change influence landscape diversity in the Ebro River (NE Spain). Hydrology and Earth System Sciences Discussion, 5:2759-2789.
- Camporeale, C., and L. Ridolfi. 2010. Interplay among river meandering, discharge stochasticity and riparian vegetation. Journal of Hydrology, 382(1-4):138-144.
- Chu, Z. X., G. Sun, S. K. Zhai, and K. H. Xu. 2006. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow river (Huanghe) sub aerial delta china: based on remote sensing images. Marian Geology, 227:13-30.
- Crosato, A. 2009. Physical explanations of variations in river meander migration rates from model comparison. Earth Surface Processes and Landforms, 34(15):2078-2086.
- Dai, S. B., S. L. Yang and A. M. Cai. 2008. Impacts of Dams on the Sediment Flux of the Pearl River. Southern China. Catena, 76(1):36-43.

- Heo, J., T. A. Duc, H. S. Cho and S. U. Choi. 2009. Characterization and prediction of meandering channel migration in the GIS environment: a case study of the Sabine River in the USA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1-4):155-165.
- Imran, J., G. Parker and C. Pirmez. 1999. A nonlinear model of flow in meandering submarine and sub aerial channels. *Journal of Fluid Mechanics*, 400(10):295-331.
- Lagasse, P. F., W. J. Spitz. L. W. Zevenbergen and D. W. Zachmann. 2004. *Handbook for Predicting Stream Meander Migration*. Report 533. Washington, DC. USA. 533pp.
- Lofthouse, C., and A. Robert. 2008. Riffle-pool sequences and meander morphology. *Geomorphology*, 99(4):214-223.
- Magdaleno, F., and J.A. Fernandez-Yuste. 2011. Meander dynamics in a changing river corridor, *Geomorphology*, 130(3):197-207.
- Nicoll, T. J. and E. J. Hickin. 2010. Plan form geometry and channel migration of confined meandering rivers on the Canadian prairies. *Geomorphology*, 116(1):37-47.
- Ollero, A. 2010. Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. *Geomorphology*, 117(2):247-260.
- Ollero, A. and F. Pellicer .1991. Middle Ebro river channel and floodplain: geomorphology, recent changes, risks and management on a fluvial system of free meanders. In: Sala M. Rubio J. M. García Ruiz J. M. (Eds.), *Soil Erosion Studies in Spain*, Geoforma. Logroño. Spain. 203-210 pp.
- Perucca, E. C. Camporeale and L. Ridolfi. 2006. Influence of river meandering dynamics on riparian vegetation pattern formation. *Journal of Geophysical Research-Bio geosciences*, 111:1-10 (G01001).
- Thornes, J. B. (1980). Structural instability and ephemeral channel behavior. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 36*, pp:233-244.
- Timer, G. 2003. Controls on channel sinuosity changes. A case study of the Tisza River, the great Hungarian plain. *Quaternary Science Reviews*, 22. P2206.
- Uribelarrea, D. A. Perez-Gonzalez and G. Benito. 2003. Channel changes in the Jarama and Tagus rivers (central Spain) over the past 500 years. *Quaternary Science Reviews*, 22(20):2209-2221.
- Yang, X. M. C. J., Damen, G. A. D. B. Van, and G. Cheng. 2002. *Geosciences and Remote Sensing Symposium*. 4(2):2240-2242.

Use Remote Sensing in Determining The Kashafroud River Morphology Changes

M. Sarbazi¹, M. Hajibigloo², M. Gohari³

Abstract

Morphology of rivers constantly changes due to their dynamic features, and these changes can negatively affect the structures in riversides, agricultural lands, etc. Meanders are considered as important indicators of environmental change. This study examines the changes of the sealing degree and meander shapes of the Kashafroud river using 1966 aerial photography, 1987 Landsat TM sensing images, and 2013 Google Earth images. In this study, morphological parameters of 16 meanders in a range of 11 kilometers along the Kashafroud river was determined for each period. The results of the paired t mean comparison showed that changes in the sealing degree ranging from 1966 to 2013 have a significant difference at level of one percent. To determine the effects of changes in some meanders parameters on sealing degree, multivariate linear regression model was used. The results showed that in case of change in the sealing degree, meanders reduce along the river. In addition, Spearman correlation analysis showed that changes in the parameters of sealing level and meander shape are strongly interdependent, so that there is a significant correlation between changes in sealing degree and meander shape at level of one percent. With increasing degree of sealing, meander shapes convert into U and Ω shapes, and meanders tend to close. In meanders with reduced sealing degree, such as meanders number 2, 3, 11, and 12, the path will mainly change into a strait one, and a part of the river will be separated as bovine horn ponds.

Keywords: linear regression, meander, river morphology, sealing degree, the Kashafroud River.

1- M.Sc. Desert management, Tehran University, Tehran, Iran, mahboobeh_sarbazi@yahoo.com

2- M.Sc. Watershed Management Engineering, Yazd University, Yazd, Iran, hajibigloo_m@yahoo.com

3- M.Sc. Desert management, Yazd University, Yazd, Iran, ma_gohari@yahoo.com

* Corresponding author: hajibigloo_m@yahoo.com