



سنجش از دور & GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال پنجم، شماره یکم، بهار ۱۳۹۲
Vol.5, No.1, Spring 2013

۸۵-۹۶

تغییرات برخی از پارامترهای مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از سنجش از دور (سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴)

صالح یوسفی^۱، مهدی وفاخواه^{۲*}، سمیه میرزایی^۳، شهلا توانگر^۴

۱. دانشجوی دکتری گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۴/۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۸/۱

چکیده

مناندرها از شاخص‌های مهم تغییرات محیطی به شمار می‌آیند. تحقیق حاضر به منظور بررسی تغییرات برخی از پارامترهای مناندر در رودخانه کارون با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴ به کمک سنجش از دور صورت گرفته است. در این تحقیق پارامترهای مورفولوژیکی ۲۰ مناندر در بازه‌ای به طول ۱۲۸ کیلومتر از رودخانه کارون پس از تهیه نقشه کاربری اراضی برای هر دوره تعیین گردید. نتایج حاصل از مقیاس میانگین t جفتی نشان داد که پارامترهای عرض جریان و طول گردن مناندر اختلاف معنی‌داری طی دوره مطالعاتی از خود نشان داده‌اند. نتایج همبستگی اسپیرمن حاکي از آن بود که تغییرات در پارامترهای مناندر به شدت به یکدیگر وابسته‌اند؛ به طوری که همبستگی معنی‌داری بین تغییرات ضریب خمیدگی با شعاع انحنا، طول جریان و طول محور مناندر و نیز میان تغییرات شعاع انحنا با طول جریان، طول محور مناندر، طول گردن مناندر و عرض جریان وجود دارد. از سوی دیگر همبستگی معنی‌داری بین تغییرات عرض جریان با پارامترهای طول جریان و طول محور مناندر و طول جریان با محور مناندر مشاهده می‌شود. از دلایل اصلی تغییرات پارامترهای مورد نظر می‌تواند تغییر در رژیم هیدرولوژیکی و اکولوژیکی منطقه باشد، به طوری که در طی دوره مطالعاتی، حریم رودخانه در اثر تجاوز افراد به منظور کشاورزی و تصاحب زمین به دشت تغییر یافته و دچار آسیب شده است.

کلیدواژه‌ها: مناندر، سنجش از دور، فرسایش رودخانه، ضریب خمیدگی، شعاع انحنا، رودخانه، رودخانه کارون.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، گروه آبخیزداری

۱- مقدمه

مئاندرها چشم‌اندازهای بسیار زیبا در حوضه‌های آبخیز هستند که در اثر عوامل مختلفی تشکیل می‌گردند. مئاندرها از اشکال مهم ژئومورفولوژیکی - هیدرولوژیکی هستند و با جابه‌جایی‌های مکانی‌ای که در محدوده دشت‌های سیلابی انجام می‌دهند ابعاد مورفولوژیکی بستر جریان رودخانه و دشت‌های سیلابی را تغییر می‌دهند. این پدیده‌ها به علت پویایی زیادی که دارند، مسائل و مشکلات عمده‌ای را نیز در محدوده‌های تشکیل به وجود می‌آورند (بیات خطیبی، ۲۰۱۱؛ عمران و همکاران، ۱۹۹۹). مئاندرها 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 رودخانه قلمداد می‌شوند (دای و همکاران، ۲۰۰۸). تغییر در میزان بار رسوبی، شیب، اقلیم، ایجاد سد و بندها و همچنین دخالت و تجاوز بشر در حریم رودخانه و تغییر کاربری اراضی اطراف رودخانه می‌تواند زمینه را برای تشکیل مئاندرها در مسیر جریان رودخانه فراهم سازد (لوفتوس و روبرت، ۲۰۰۸، لاگاس و همکاران، ۲۰۰۴؛ پروکا و همکاران، ۲۰۰۶؛ کامپورال و ری‌دولفی، ۲۰۱۰). تغییر در پارامترهای مئاندر می‌تواند بر اثر تغییرات انسان‌ساخت، تغییر در رژیم هیدرولوژی رودخانه، تغییرات اکولوژیکی و یا ناشی از ژئومورفولوژی منطقه باشد (الرو و پلیسر، ۱۹۹۱؛ کابزاس و همکاران، ۲۰۰۸). تغییرات در پارامترهای مئاندر از جنبه‌های مختلفی نظیر شهرسازی، سدسازی، فرسایش و رسوب، و جاده‌سازی دارای اهمیت است (کروساتو، ۲۰۰۹؛ هئو و همکاران، ۲۰۰۹). در مورد تغییرات پارامترهای مئاندر و عوامل مؤثر بر این تغییرات، مطالعات زیادی - به‌ویژه در خارج از کشور - صورت گرفته است که در ادامه به تعدادی از آنها اشاره می‌شود. یانگ و همکاران (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای به آشکارسازی تغییرات خط ساحلی دلتای رودخانه زرد چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که رودخانه از

حالت شریانی مستقیم به مئاندری ضعیف تغییر شکل داده است. تیمر (۲۰۰۳) با بررسی روش‌های کنترل تغییرات رودخانه‌های پیچان‌رودی بر روی رودخانه تیسزا^۱ نتیجه گرفت که پیچان‌رودی شدن رودخانه به شدت تحت تأثیر موقعیت گسل‌ها و فرونشست‌های غیرعادی قرار دارد. چو و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای بر روی رودخانه زرد در چین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور، مناطق دارای بیشترین فرسایش و تغییر را شناسایی کردند. الرو (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای بر روی رودخانه ابرو^۲ در اسپانیا به بررسی تغییرات مورفولوژیکی و مهاجرت رودخانه طی ۸۰ سال پرداخت. نتایج مطالعه وی نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه این رودخانه تغییرات زیادی کرده و در برخی مناطق، رودخانه تا بیشتر از ۷ کیلومتر جابه‌جا شده است. از محققان دیگری که در این زمینه تحقیق کرده‌اند می‌توان به اریبارا و همکاران (۲۰۰۳)، نیکول و هیکین (۲۰۱۰) و ماقدانو و فرندانز - یوست (۲۰۱۱) اشاره کرد. فرخی و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی تغییرات پلان رودخانه دز با استفاده از سنجش از دور و GIS نتیجه گرفتند که رودخانه بیشتر از الگوی پیچان‌رودی تبعیت می‌کند و سواحل آن جابه‌جایی زیادی داشته است. ارشد و همکاران (۲۰۰۸) روند تغییرات مورفولوژی رودخانه کارون را براساس چهار سری تصاویر ماهواره Landsat و IRS بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات قوس‌ها در حال تغییر است و تراکم و اندازه انحنا قوس‌ها به سمت پایین دست جابه‌جا شده است. رضایی مقدم و خوشدل (۲۰۰۹)، در مطالعه‌ای در آذربایجان شرقی به بررسی پیچ و خم‌های مئاندر اهرچای پرداختند و دریافتند که بیشترین درصد مئاندر مربوط به مئاندرهای دارای ضریب خمیدگی بالای ۱/۵ است. آنها علت اصلی تغییرات مئاندر را طی دهه‌های اخیر، تعرض

1. Tisza
2. Ebro

تغییرات برخی از پارامترهای مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از سنجش از دور (سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴)

مئاندري کشور قلمداد می‌شود - صورت گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

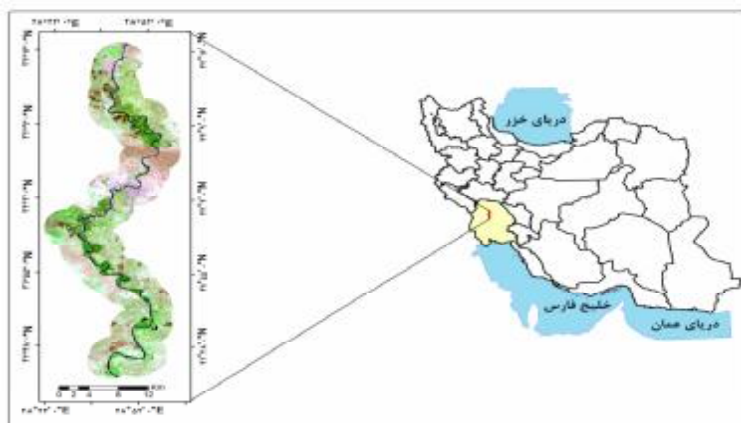
۲-۱- خصوصیات منطقه تحقیق

منطقه مورد مطالعه بازه‌ای از رودخانه کارون است که در طول جغرافیایی "۲۷° ۴۷' ۴۸" تا "۴۰' ۵۲' ۴۸" شرقی و عرض "۳۱° ۴۵' ۰۳" تا "۳۲° ۴۵' ۱۶" شمالی قرار گرفته است. ابتدای بازه مطالعاتی بعد از سد گتوند و انتهای بازه چندین کیلومتر بعد از شهر شوشتر است. در تحقیق حاضر تا فاصله ۳ کیلومتر از رودخانه مورد بررسی قرار گرفته است. مساحت محدوده مطالعاتی ۵۰۹۷۵ هکتار است، که شهرهای شوشتر و گتوند را نیز پوشش می‌دهد (شکل ۱).

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در پژوهش‌های حاضر از تصاویر سنجنده‌های TM و ETM+ ماهواره Landsat، سوم خرداد سال ۱۳۶۸ و پانزدهم خرداد ۱۳۸۴ و همچنین نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ چاپ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور استفاده شد.

افراد بومی به حریم رودخانه برشمردند. مقصودی و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای بر روی روند تغییرات الگوی مورفولوژی رودخانه خرم‌آباد با استفاده از RS و GIS بیان کردند که تعداد مئاندرها طی دوره مطالعاتی افزایش یافته است و علت اصلی این تغییرات را تغییر کاربری اراضی منطقه و دخل و تصرف انسان به رودخانه دانستند. از دیگر پژوهش‌گران ایرانی که در این زمینه تحقیق کرده‌اند می‌توان به احمدیان یزدی (۲۰۰۱)، یمانی و همکاران (۲۰۰۶)، محمدی استادکلاویه و همکاران (۲۰۰۷)، رنگزن و همکاران (۲۰۰۸)، و بیاتی خطیبی (۲۰۱۱) نیز اشاره کرد. با آگاهی از میزان تغییرات در پارامترهای مئاندر در یک منطقه، می‌توان آینده مئاندر و رودخانه‌ها را پیش‌بینی کرد. همچنین مدیران حوضه آبخیز با شناخت بهتر تغییرات پارامترهای مئاندر - که معمولاً جزء رودخانه‌های مهم حوضه آبخیز به شمار می‌آیند - می‌توانند تصمیمات مدیریتی بهتر و بهینه‌ای برای کاهش خسارت‌های ناشی از تغییرات بگیرند. پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر تغییر در برخی از پارامترهای مئاندر بر ویژگی‌های دیگر مئاندر در قسمتی از رودخانه کارون - که مهم‌ترین رودخانه



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۳-۲- تصحیحات تصاویر

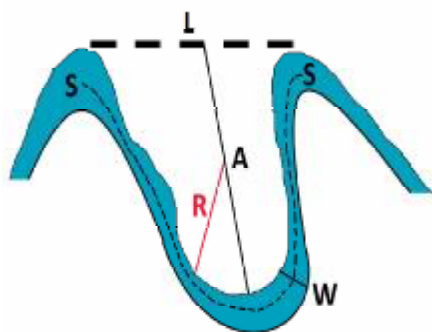
برای اعمال تصحیح هندسی بر روی تصاویر با استفاده از روش نقشه به تصویر، ۳۴ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری جاده‌ها و آبراهه‌های مناطق کانالیزه شده که به دست انسان استخراج شده است از نقشه توپوگرافی انتخاب گردید و نقاط متناظر آنها بر روی تصویر تعیین شد (گیربراج و همکاران، ۲۰۰۸). تصاویر نیازی به تصحیح اتمسفری نداشتند و همسان‌سازی تصاویر نیز انجام گردید.

۴-۲- تهیه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴

برای کاربری‌های موجود در منطقه با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۱ نمونه‌های تعلیمی برای هر کاربری تهیه گردید. نمونه‌های تعلیمی به دو دسته تقسیم‌بندی شدند؛ یکی برای استفاده در طبقه‌بندی و دیگری برای بررسی صحت طبقه‌بندی استفاده شد (پرمال و بهسکاران، ۲۰۱۰). از آنجا که تصاویر انتخاب‌شده مربوط به سال‌های گذشته هستند، به منظور اطمینان از گزینش صحیح نقاط برای اطمینان از پایداری از بیش از ۱۶ سال نمونه‌های تعلیمی مورد تأیید بومیان منطقه استفاده گردید (سفیانیان، ۲۰۰۹). به این ترتیب که نمونه‌های تعلیمی‌ای که دارای ثبات کاربری بیش از ۱۶ سال بودند در صورت تأیید از سوی افراد بومی، در طبقه‌بندی تصاویر مورد استفاده قرار گرفتند. نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی با استفاده از روش ماشین‌بردار پشتیبان^۲ و استفاده از روش تابع کرنل خطی برای هر دوره تهیه گردید. در این مطالعه مقادیر عامل جریسه^۳ و سطح هرم^۴ به صورت خودکار و براساس مقادیر قراردادی نرم‌افزار ENVI4.7 به ترتیب ۱۰۰ و ۰ در نظر گرفته شد (آرخی و ادیب‌نژاد، ۲۰۱۱؛ یوسفی و همکاران، ۲۰۱۱).

۵-۲- پارامترهای مئاندر

در طول بازه مطالعاتی ۲۰ مئاندر انتخاب گردید. اندازه پارامترهای شعاع انحنای^۵ (R)، عرض جریان^۶ (W)، طول جریان^۷ (S)، طول محور^۸ (A)، طول گردن مئاندر^۹ (L) و ضریب خمیدگی^{۱۰} (C) مئاندر با استفاده از رابطه $C=S/L$ (شکل ۲) (بین و همکاران، ۲۰۰۸) برای هر یک از مئاندرها در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴ در محیط نرم‌افزار 2009 AUTOCAD و Arc GIS9.3 تهیه گردید.



شکل ۲. پارامترهای مئاندر

به منظور بررسی تغییرات پارامترهای مئاندر رودخانه مورد نظر، از آزمون t جفتی^{۱۱} و برای بررسی تأثیر تغییر پارامترهای مئاندر بر یکدیگر از همبستگی استفاده گردید (بی‌همتا و زارع چاهوکی، ۲۰۱۰).

1. Global Positioning System
2. Support Vector Machine
3. Penalty Parameter
4. Pyramid Level
5. Radius Curvature
6. River Width
7. Watercourse Length
8. Axis Length
9. Meander Neck Length
10. Sinuosity
11. Paired-samples T test

تغییرات برخی از پارامترهای مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از سنجش از دور (سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴)

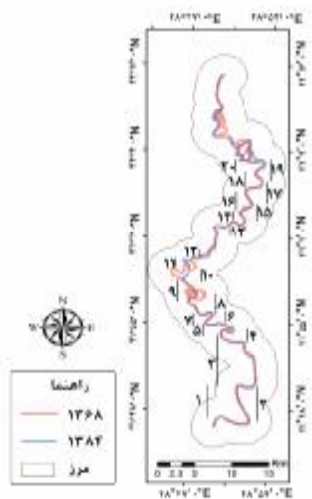
۳- نتایج و بحث

اصلاحات هندسی تصاویر پس از به‌کارگیری روش ناپارامتری چندجمله‌ای و حذف نقاط نامناسب، با تعداد ۲۹ نقطه کنترل زمینی و میزان خطای ریشه مربعات ۰/۳۴ پیکسل صورت گرفت. نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴ پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی در کاربری‌های اراضی جداگانه (جدول ۱) با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و تابع کرنال

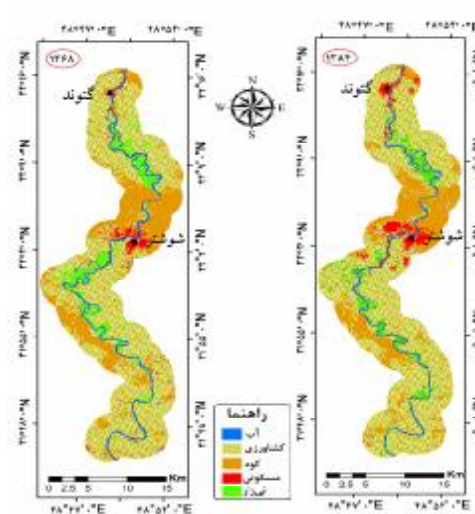
خطی تهیه گردید (شکل ۳). به کمک نقشه‌های کاربری اراضی تهیه‌شده برای هر دوره، رودخانه از نقشه استخراج گردید (شکل ۴) و پارامترهای مورد بررسی برای هر دوره اندازه‌گیری شد و تغییرات مماندرها در طول سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۴ مورد آنالیز قرار گرفت. چندین نمونه از مماندرهای مطالعاتی و تغییرات پارامترهای آنها در شکل ۵ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات نمونه‌های تعلیمی

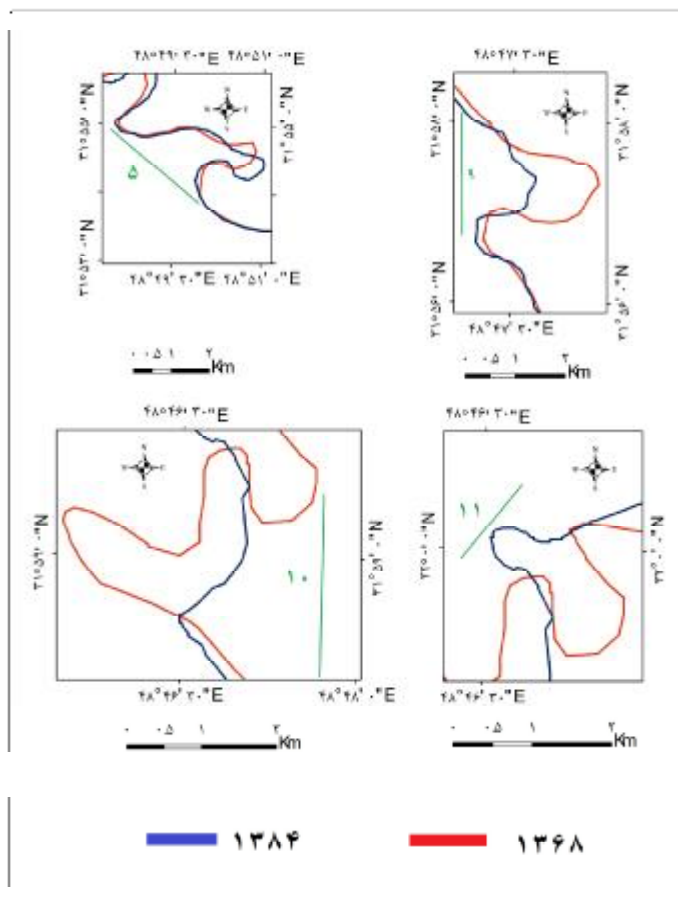
| کاربری اراضی | تعداد نمونه تعلیمی | طبقه‌بندی (هکتار) | ارزیابی (هکتار) | طبقه‌بندی (پیکسل) | ارزیابی (پیکسل) |
|--------------|--------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| نیزار | ۸۶ | ۴۱/۴۸ | ۱۷/۲۶ | ۴۶۰ | ۱۹۲ |
| کشاورزی | ۲۰۷ | ۴۶۹/۴ | ۱۳۷/۵۷ | ۵۲۱۵ | ۱۵۲۸ |
| مسکونی | ۴۸ | ۶/۱۶ | ۱/۸۷ | ۶۸ | ۲۰ |
| آب | ۳۹ | ۶/۳ | ۱/۷ | ۷۰ | ۱۸ |
| کوه | ۱۱۲ | ۱۴۵/۷ | ۴۰/۳ | ۱۶۱۸ | ۴۴۷ |



شکل ۴. رودخانه و مماندرهای مطالعاتی



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴



شکل ۵. تغییرات مسیر مئاندر شماره ۹ بالا سمت راست، شماره ۵ بالا سمت چپ، شماره ۱۱ پایین سمت راست و شماره ۱۰ پایین سمت راست.

متغیرهای مورفولوژیک مورد مطالعه هر مئاندر از قبیل شعاع انحنا (R)، عرض جریان (W)، طول جریان (S)، طول محور (A)، طول گردن مئاندر (L) و ضریب خمیدگی (C) مئاندر با استفاده از رابطه $C=S/L$ در محیط نرم‌افزار Arc GIS9.3 و AUTOCAD 2009 محاسبه گردید (جدول ۳).

تغییرات پارامترهای مئاندر رودخانه کارون با استفاده از آزمون t جفتی بررسی گردید، که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

به منظور ارزیابی نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده، از نمونه‌های تعلیمی اختصاص داده شده برای صحت طبقه‌بندی استفاده گردید و نهایتاً ضرایب کاپا و صحت کلی برای ارزیابی محاسبه شد (جدول ۲). صحت طبقه‌بندی تصاویر سال ۱۳۸۴ در مقایسه با تصاویر سال ۱۳۶۸ دارای دقت بالاتری است، که علت آن را می‌توان نزدیک بودن زمان تصویربرداری با زمان مشخص ساختن نمونه‌های تعلیمی نسبت به تصاویر قدیمی‌تر دانست.

تغییرات برخی از پارامترهای مورفولوژیکی رودخانه کارون با استفاده از سنجش از دور (سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴)

جدول ۲. ضرایب ارزیابی صحت طبقه‌بندی به روش نقاط کنترل زمینی

| سال طبقه بندی | ضریب کاپا | صحت کلی |
|---------------|-----------|---------|
| ۱۳۶۸ | ۰/۷۸۷۶ | ۸۸/۱۸ |
| ۱۳۸۴ | ۰/۸۹۳۷ | ۹۴/۵۱ |

جدول ۳. پارامترهای اندازه‌گیری شده متناظر بر روی تصاویر سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴

| شماره | ۱۳۶۸ | | | | | | ۱۳۸۴ | | | | | |
|-------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| | W (متر) | R (کیلومتر) | A (کیلومتر) | L (کیلومتر) | S (کیلومتر) | C | W (متر) | R (کیلومتر) | A (کیلومتر) | L (کیلومتر) | S (کیلومتر) | C |
| ۱ | ۲۵۳ | ۱/۶ | ۴/۱۳ | ۵/۴۴۴ | ۳/۳۱ | ۱/۸۹ | ۱۷۳ | ۱/۸۵ | ۳/۹۴ | ۵/۱ | ۱۰/۴۲ | ۲/۰۴ |
| ۲ | ۲۱۷ | ۱/۴۱ | ۳/۲ | ۵/۴ | ۸/۳۱ | ۱/۵۴ | ۱۵۳ | ۱/۲۳ | ۳/۱۷ | ۵/۵۸ | ۸/۵۱ | ۱/۵۳ |
| ۳ | ۲۳۱ | ۴/۴۷ | ۳/۲۳ | ۷/۸۷ | ۱۳/۲۳ | ۱/۶۸ | ۱۷۲ | ۴/۶۵ | ۳/۰۸ | ۸/۴۳ | ۱۴/۰۹ | ۱/۶۷ |
| ۴ | ۱۵۲ | ۱/۲۴ | ۲/۱ | ۲/۷۶ | ۵/۶۳ | ۲/۰۴ | ۱۱۲ | ۱/۳۶ | ۲/۱۴ | ۲/۳ | ۶/۲۳ | ۲/۷۱ |
| ۵ | ۲۱۴ | ۱/۷۹ | ۲/۸۷ | ۲/۹۴ | ۶/۳۹ | ۲/۱۷ | ۱۷۱ | ۲/۰۵ | ۲/۵۷ | ۲/۴۹ | ۷/۵۱ | ۳/۰۲ |
| ۶ | ۲۱۸ | ۰/۳۶ | ۱/۸۲ | ۳/۵۳ | ۴/۰۵ | ۱/۱۵ | ۱۷۳ | ۰/۵۶ | ۱/۴۵ | ۲/۳۶ | ۵/۱۲ | ۲/۱۷ |
| ۷ | ۱۹۶ | ۰/۵۱ | ۱/۵۶ | ۲/۴۶ | ۳/۲۵ | ۱/۳۲ | ۱۷۴ | ۰/۵۷ | ۱/۲۶ | ۱/۴۱ | ۴/۳۷ | ۳/۱۰ |
| ۸ | ۱۹۰ | ۱/۹۲ | ۲/۱ | ۳/۳ | ۷/۴۵ | ۲/۲۶ | ۱۸۸ | ۱/۶۵ | ۲/۲۱ | ۳/۷ | ۶/۷۴ | ۱/۸۲ |
| ۹ | ۱۷۹ | ۲/۵۷ | ۱/۵۸ | ۵/۳۸ | ۹/۵۶ | ۱/۷۸ | ۲۱۲ | ۱/۱۱ | ۲/۴۲ | ۳/۳۲ | ۵/۱۸ | ۱/۵۶ |
| ۱۰ | ۱۸۷ | ۱/۹۵ | ۱/۴ | ۳/۸۴ | ۱۱/۷۶ | ۳/۰۶ | ۲۴۲ | ۰/۶۶ | ۴/۱۷ | ۳/۴۶ | ۴/۹۷ | ۱/۴۴ |
| ۱۱ | ۱۶۸ | ۰/۴۱ | ۰/۸۶ | ۲/۵۶ | ۳/۴۸ | ۱/۳۶ | ۱۵۴ | ۱/۱۶ | ۱/۱ | ۲/۸۱ | ۳/۷۰ | ۱/۳۲ |
| ۱۲ | ۱۸۵ | ۰/۴۵ | ۱/۱۵ | ۱/۸۲ | ۳/۴۵ | ۱/۹۰ | ۲۱۵ | ۰/۴۴ | ۱/۸۳ | ۱/۱۷ | ۳/۵۱ | ۳ |
| ۱۳ | ۱۷۱ | ۰/۷۵ | ۱/۳۷ | ۱/۷۸ | ۳/۵۸ | ۲/۰۱ | ۱۳۸ | ۰/۶۹ | ۱/۲۳ | ۱/۶۹ | ۳/۸۵ | ۲/۲۸ |
| ۱۴ | ۱۴۱ | ۰/۶۹ | ۱/۱۵ | ۲/۷۳ | ۳/۸۳ | ۱/۴۰ | ۱۷۳ | ۰/۶۲ | ۱/۰۱ | ۲/۸۳ | ۳/۶۵ | ۱/۲۹ |
| ۱۵ | ۲۴۸ | ۰/۶۱ | ۱/۳۶ | ۳/۶۶ | ۵/۰۱ | ۱/۳۷ | ۲۰۱ | ۰/۸۶ | ۱/۳۴ | ۳/۶۱ | ۴/۷۹ | ۱/۳۳ |
| ۱۶ | ۱۷۵ | ۰/۸۹ | ۱/۸۲ | ۳/۵۲ | ۵/۳۰ | ۱/۵۱ | ۱۶۸ | ۱/۰۱ | ۱/۷۱ | ۳/۴۲ | ۵/۴۸ | ۱/۶۰ |
| ۱۷ | ۱۳۲ | ۰/۷۸ | ۱/۴۵ | ۳/۲۴ | ۴/۹۴ | ۱/۵۲ | ۹۷ | ۰/۹۴ | ۱/۵۴ | ۲/۷۵ | ۴/۸۵ | ۱/۷۶ |
| ۱۸ | ۲۰۰ | ۰/۵۰ | ۱/۱۳ | ۳/۲ | ۳/۸۱ | ۱/۱۹ | ۱۵۸ | ۰/۶۳ | ۰/۹۴ | ۲/۷۵ | ۴/۰۱ | ۱/۴۶ |
| ۱۹ | ۲۶۷ | ۰/۸۶ | ۲/۵۶ | ۲/۹۳ | ۵/۳۰ | ۱/۸۱ | ۲۵۳ | ۰/۹۳ | ۲/۰۵ | ۳/۱۶ | ۴/۲۲ | ۱/۹۷ |
| ۲۰ | ۱۷۲ | ۱/۸۰ | ۲/۶۰ | ۴/۵۹ | ۷/۳۹ | ۱/۶۱ | ۱۷۰ | ۲/۱ | ۲/۲۲ | ۴/۷ | ۸/۰۶ | ۱/۷۱ |

جدول ۴. نتایج آنالیز آزمون t جفتی برای پارامترهای متناظر

| پارامتر متناظر | میانگین | انحراف از معیار | مقدار t | درجه آزادی | Sig. |
|----------------|---------|-----------------|---------|------------|--------|
| L | ۰/۲۹۵۷ | ۰/۶۱۴۴ | ۲/۱۵۲ | ۱۹ | ۰/۰۴۴* |
| S | ۰/۲۳۸۵ | ۱/۹۳۳۶ | ۰/۵۵۲ | ۱۹ | ۰/۵۸۸ |
| W | ۱۹/۹ | ۳۶/۲۰۱ | ۲/۴۵۸ | ۱۹ | ۰/۰۲۴* |
| C | -۰/۲۱۰۵ | ۰/۶۸۲۷ | -۱/۳۷۹ | ۱۹ | ۰/۱۸۴ |
| R | ۰/۰۲۴۵ | ۰/۵۰۷۵ | ۰/۲۱۶ | ۱۹ | ۰/۸۳۱ |
| A | ۰/۰۹۷ | ۰/۷۱۰۸ | ۰/۶۱۰ | ۱۹ | ۰/۵۴۹ |

طول گردن متناظر (L)، طول جریان (S)، عرض جریان (W)، ضریب خمیدگی (C)، شعاع انحنا (R) و طول محور (A)

جدول ۵. نتایج حاصل از همبستگی پیرسون بین تغییرات پارامترهای مئاندر

| A | S | L | W | R | C | نمایه آماری | پارامتر مئاندر |
|---|---------|---|--------|----------|---------|----------------|----------------|
| | | | | | | r ^۱ | C |
| | | | | | ۱ | Sig. | R |
| | | | | ۱ | ۰/۵۱۰* | r | W |
| | | | ۱ | -۰/۶۰۵ | ۰/۰۲۲ | Sig. | L |
| | | | | ۰/۰۰۵ | -۰/۳۶۷ | r | S |
| | | ۱ | -۰/۲۱۹ | ۰/۴۷۹* | -۰/۳۲۹ | Sig. | A |
| | | | ۰/۳۵۳ | ۰/۰۳۳ | ۰/۱۵۶ | r | |
| | | | ۰/۳۲۷ | -۰/۶۴۸** | ۰/۸۸۱** | Sig. | |
| | ۱ | | ۰/۱۵۹ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۰ | r | |
| | | | ۰/۲۱۹ | -۰/۶۴۱** | ۰/۷۳۰** | Sig. | |
| ۱ | ۰/۹۱۹** | | ۰/۳۵۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۰ | r | |
| | | | | | ۰/۰۰۳ | Sig. | |

** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد، ضریب خمیدگی (C)، شعاع انحنا (R)، عرض جریان (W)، طول گردن مئاندر (L)، طول جریان (S)، طول محور (A)، ضریب همبستگی (r) و سطح معنی‌داری (Sig.)

جریان با پارامترهای طول جریان و طول محور مئاندر در سطح معنی‌داری ۱ درصد وجود دارد. همچنین طول جریان دارای همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد با محور مئاندر است.

نتایج نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی بین تغییرات شعاع انحنا با تغییرات ضریب خمیدگی، طول گردن مئاندر، طول جریان آب و طول محور مئاندر وجود دارد؛ به طوری که تغییر در شعاع انحنا سبب بزرگ‌تر شدن قوس داخلی مئاندر می‌شود و در نتیجه طول جریان آب، طول گردن مئاندر و طول محور مئاندر افزایش می‌یابد. با توجه به رابطه تعیین ضریب خمیدگی، افزایش این پارامترها مقدار ضریب خمیدگی مئاندر را افزایش می‌دهد. همچنین این یافته‌ها نشان می‌دهد که تغییرات عرض جریان رابطه عکس با تغییرات طول جریان و طول محور مئاندر دارد؛ به

با توجه به جدول ۴ در دو دوره مطالعاتی ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴ اختلاف معنی‌داری بین طول گردن مئاندر و عرض جریان در سطح معنی‌داری ۵ درصد در دو دوره مذکور وجود دارد، ولی بین مقدار شعاع انحنا، طول جریان، ضریب خمیدگی و طول محور مئاندر در دو دوره مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. به منظور بررسی تأثیر تغییرات پارامترهای مئاندر بر یکدیگر از همبستگی پیرسون استفاده گردید؛ بدین ترتیب که اختلاف بین پارامترهای مورد مطالعه در هر مئاندر تعیین و همبستگی بین آنها محاسبه شد (جدول ۵). نتایج همبستگی نشان می‌دهد که همبستگی معنی‌داری بین تغییرات ضریب خمیدگی با شعاع انحنا، طول جریان و طول محور مئاندر به ترتیب در سطح معنی‌داری ۵، ۱ و ۱ درصد و همبستگی معنی‌داری بین تغییرات شعاع انحنا با طول جریان، طول محور مئاندر، طول گردن مئاندر و عرض جریان به ترتیب در سطح معنی‌داری ۵، ۱، ۱ و ۱ درصد وجود دارد. همچنین همبستگی معنی‌داری بین تغییرات عرض

1. Correlation Coefficient

درآمده و قسمتی از رودخانه به صورت برکه‌های شاخ گاوی^۱ جدا شده است. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج رضایی مقدم و خوشدل (۲۰۰۹) و مقصودی و همکاران (۲۰۱۰)، که به افزایش ضریب خمیدگی طی زمان اشاره کرده‌اند، مطابقت دارد و همچنین با مطالعات بین و همکاران (۲۰۰۸)، چو و همکاران (۲۰۰۶) و الرو (۲۰۱۰) که علت تغییرات پارامترهای مماندرها را تجاوز انسان به حریم آنها و در نتیجه افزایش حساسیت‌پذیری قوس‌های بیرونی مماندر دانستند همخوان است.

۴- منابع

Ahmadian Yazdi, M.J., 2001, **A Study on Vegetation Role in Erosion Control of Tajan-Harirroud Meander**, M.Sc. Thesis, Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, PP. 79.

Arekhi, S. and M., Adibnejad, 2011, **Efficiency Assessment of the of Support Vector Machines for Land Use Classification Using Landsat ETM+ data (Case study: Ilam Dam Catchment)**, Iranian Journal of Range and Desert Research, 18(3): 421-443.

Arshad, S., S. Morid and H. Mir Abolghasemi, 2008, **Assessing the Trend of Morphologic Changes of Rivers Using Remote Sensing (Case study: Karun river between Gotvand and Farsiat)**, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(6):17-32.

Bayat Khatibi, M., 2011, **Investigation on Potential of Flood Occurrences on Length of Meandering Rivers by Using of LFH**

1. Oxbow Lake

طوری که در مناطقی که کشاورزی تا نزدیکی مناطق نیزار بوده با توجه به تجاوز به حریم رودخانه عرض رودخانه کاهش یافته است و در نتیجه حجم یکسانی از دبی در مقطعی کوچک‌تر مجبور به عبور از رودخانه با سرعت بیشتر می‌شود. افزایش سرعت آب سبب افزایش قدرت آب، کنش بیشتر و در نتیجه افزایش طول جریان می‌شود، به طوری که طول محور مماندر نیز بیشتر می‌گردد. طول محور مماندر نشان‌دهنده نوسانات عرضی مماندر است. در واقع A نتیجه اثر وسیع ویژگی‌های سنگ بستر، موقعیت هیدرولوژیکی رودخانه و دستکاری در بستر رودخانه است. اگر طول دهانه مماندر (L) ثابت بماند، شعاع انحنای مماندر در طول زمان افزایش می‌یابد و در نتیجه ضریب خمیدگی مماندر نیز بالا می‌رود. با توجه به بازدهی‌های صورت‌گرفته از منطقه و بررسی نقشه‌های تهیه‌شده کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۸۴، منطقه مطالعاتی رودخانه - به‌ویژه در بستر سیلابی - مورد تجاوز انسان قرار گرفته که با شدت بیشتری در مماندرهای ۸ تا ۱۳ مشاهده می‌شود و سبب از بین رفتن مناطق نیزار و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی شده است. افراد ساکن در منطقه به دلیل مناسب بودن اراضی اطراف رودخانه، به‌خصوص سواحل آبرفتی و نیزارهای منطقه، اقدام به شخم‌زدن زمین و تغییر کاربری منطقه به کشاورزی کرده‌اند. در محدوده مطالعاتی مساحت کاربری‌های نیزار، پهنه آبی و اراضی لخت به ترتیب دارای کاهش ۲۶۲، ۳۵۱ و ۲۱۴ هکتاری بوده‌اند و در مقابل، کاربری‌های کشاورزی و مسکونی به ترتیب به میزان ۳۰۴ و ۵۲۲ هکتار افزایش یافته‌اند شخم‌زدن زمین و از بین بردن پوشش گیاهی طبیعی رودخانه به سست شدن خاک و در نتیجه تخریب بیشتر - به‌خصوص در قوس‌های بیرونی مماندرهای رودخانه - انجامیده است. به طور کلی در منطقه مورد مطالعه، مماندرها تکامل‌یافته‌تر و وسیع‌تر گشته‌اند. با توجه به نتایج مطالعه، در مماندرهایی که کاهش ضریب خمیدگی وجود دارد - مانند مماندرهای شماره ۹، ۱۰ و ۱۱- عمدتاً مسیر به صورت مستقیم

- Case Study: Shor River (located on East slope of Sahand Mt.)**, Physical Geography Research Quarterly, 75:1-18.
- Bihanta, M.R. and M.A., Zare Chahouki, 2010, **Principle Statistics in Natural Resources**, Tehran University Press, 300p.
- Bin Z., Nanshan A., Zhengweng H., Chengbo Y., Facao Q., 2008, **Meanders of the Jialing River in China: Morphology and Formation**, Chinese Science Bulletin, 53(2): 267-281.
- Cabezas, A., Comín, F.A., Beguería, S., Trabucchi, M., 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., Ridolfi L., 2010, **Interplay Among River Meandering, Discharge Stochasticity and Riparian Vegetation**, Journal of Hydrology, 382 (1–4): 138–144.
- Chu Z.X., Sun G., Zhai S.K., Xu K.H., 2006, **Changing Pattern of Accretion/erosion of the Modern Yellow River (Huanghe) Sub Aerial Delta China: based on Remote Sensing Images**, Marine 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., Yang S.L., Cai A.M., 2008, **Impacts of Dams on the Sediment Flux of the Pearl River**, Southern China. Catena, 76: 36–43.
- Farokhi, Z., Barani, Gh.A. and S., Arshad, 2005, **A Study on Dez River Plan by Using RS and GIS**, 5th Iranian Hydraulic Conference, Shahid Bahonar University of Kerman, 1-9.
- Giriraj, A., Ullah, M.I., Murthy, M.R., and Beierkuhnlein, C., 2008, **Modelling Spatial and Temporal Forest Cover Change Patterns (1973-2020): A Case Study from South Western Ghats (India)**, Sensors, 8: 6132-6153.
- Heo J., Duc T.A., Cho H.S., Choi S.U., 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., Parker G., Pirmez C., 1999, **A Nonlinear Model of Flow in Meandering Submarine and Sub Aerial Channels**, Journal of Fluid Mechanics, 400: 295–331.
- Lagasse P.F., Spitz W.J., Zevenbergen L.W., Zachmann D.W., 2004., **Handbook for Predicting Stream Meander Migration**, Report 533, Washington, DC, USA.
- Lofthouse C., Robert A., 2008, **Riffle–pool Sequences and Meander Morphology**, Geomorphology, 99: 214–223.
- Magdaleno F., Fernandez-Yuste J.A., 2011, **Meander Dynamics in a Changing River Corridor**, Geomorphology, 130: 197–207.
- Maghsodi, M., Sharafi, S. and Y., Maghami, 2010, **The Pattern of Morphological Changes of River Khorramabad Using**

- RS, GIS and Auto Cad**, Landscape Planning and Preparation, 14 (3): 275-294.
- Mohammadi Ostad Kalayeh, A., Mosaedi, A. and S., Alaghmand, 2007, **Effects of East-Golestan August 2001 Flood on the Morphology of Madarsoo River**, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 14(1): 22-30.
- Nicoll T.J., Hickin E.J., 2010, **Planform Geometry and Channel Migration of Confined Meandering Rivers on the Canadian Prairies**, Geomorphology, 116: 37-47.
- Ollero, A., 2010, **Channel Changes and Floodplain Management in the Meandering Middle Ebro River**, Spain, Geomorphology, 117: 247-260.
- Ollero, A., Pellicer, F., 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. Geofoma, Logroño, Spain, PP. 203-210.
- Perucca E., Camporeale C., Ridolfi L., 2006, **Influence of River Meandering Dynamics on Riparian Vegetation Pattern Formation**, Journal of Geophysical Research-Biogeosciences, 111: 1-10.
- Perumal, K., Bhaskaran, R., 2010, **Supervised Classification Performance of Multispectral Images**, Journal of Computing, 2 (2): 124-129.
- Rangzan, K., Salehi, B., Salahshori, P., 2008, **A Study on Downstream Variations of Karkheh Dam After and Before Dam Building by Using Landsat Images**, First Iranian Geomatics Symposium, PP. 1-11.
- Rezaei Moghaddam, M.H. and K., Khoshdel, 2009, **A Research on Sinuosity of Ahar Chay Meanders in Ozomdel Plain, Varzeghan, East Azerbaijan, Iran**, Geography and Environmental Planning, 20(33): 101-112.
- Soffianian, A., 2009, **A Study on Land Use Change in Isfahan Using Change Vector Analysis (CVA) Technique**, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science, 13(49): 153-164.
- Timer G., 2003, **Controls on Channel Sinuosity Changes, A Case Study of the Tisza River, the great Hungarian plain**, Quaternary Science Reviews, 22, P. 2206.
- Uribe Larrea D., Perez-Gonzalez A., Benito G., 2003, **Channel Changes in the Jarama and Tagus Rivers (central Spain) over the Past 500 Years**, Quaternary Science Reviews, 22: 2209-2221.
- Yamani, M., Hoseinzadeh, M. and A., Nohegar, 2006, **Talar and Babol Rivers Hydrodynamic and Its Role in Instability and Changes of Their Geometrical Characteristics**, Geography Research, 55: 15-33.

- Yang, X., Damen, M.C.J. and van Zuidam, R. A., 1999, **Satellite Remote Sensing and GIS for the Analysis of Channel Migration Changes in the Active Yellow River Delta**, China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 1(2), 146-157.
- Yousefi S., Tazeh M., Mirzaee S., Moradi H.R., and Tavangar Sh., 2011, **Comparison of Different Classification Algorithms in Satellite Imagery to Produce Land Use Maps (Case Study: Noor city)**, Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science, 2(2): 15-25.