دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال نوزدهم، شماره‌ی ۶۶
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۲۲-۲۰۷

زهرا آزادی وش[۱]
***مهدی مومی پور**[۲]

بررسی تغییرات ژئومورفیک بستر رودخانه مارون در محدوده شهرستان بهبهان با تصاویر ماهواره‌ای

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۲/۰۲

چکیده

در این پژوهش تغییر مسیر بخشی از رودخانه مارون به طول حدود ۵۵ کیلومتر (در محدوده شهرستان بهبهان) با روش توالی زمانی-استنتاج در بازه زمانی ١٦ سال با استفاده از تصاویر سنجنده‌های +ETM و OLI (به‌ترتیب سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۱۵) بررسی شده است. مسیر رودخانه در دو سال یاد شده در نرم‌افزار ArcGIS9.3 رقومی شده و در سپس پارامترهای هندسی رودخانه با روش برازش دایره‌های مماس بر قوس رودخانه اندازه‌گیری شد. پس از آن اندازه‌گیری پارامترهای هندسی و تحلیل‌های آماری آن‌ها انجام شد. نتایج نشان داد که مسیر رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه تغییر کرده، رودخانه افزایش طول داشته و به تعداد پیچان‌رودها افزوده شده است. تغییرات در برخی بازه‌ها بیش‌تر بوده است. بازه‌ها از نظر سه عامل کاربری اراضی، خاک و لیتولوژی دارای بررسی شدند. بازه‌هایی که بیش‌تر تغییر مسیر را داشته‌اند در سازندهای فرسایش‌پذیر، در محدوده دشت سیلابی قرار داشته و رده خاک آن‌ها اینسپتی‌سول است. لذا دلیل تغییرپذیری بیش‌تر آن‌ها را می‌توان به نوع خاک منطقه مرتبط دانست. همچنین قدرت جریان آب نیز در بازه‌های تغییرپذیر موجب فرسایش کناری رودخانه می‌شود. بازه سوم به‌طور عمده در محدوده سازندهای کواترنری و کنگلومرای بختیاری قرار گرفته است. میزان توسعه پیچان‌رودها در بازه چهار بیش‌تر از سایر بازه‌ها بوده است که دلیل آن را می‌توان به سست بودن و فرسایش‌پذیری سازندها ربط داد.

کلید واژه‌ها: رودخانه مارون، شهرستان بهبهان، پارامترهای هندسی، تغییر مسیر رودخانه.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.
*۲- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر (نویسنده مسئول). E-mail: mumipur@kmsu.ac.ir

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

مقدمه

بین سیستم نیروها و اشکال ناهمواری‌های زمین با شکل رودخانه‌ها ارتباط روشنی وجود دارد. شکل کانال ابزاری برای تشخیص و ارزیابی لندفرم‌های رودخانه‌ای است. ژئومورفولوژیست‌ها و زمین‌شناسان شکل کانال را پارامتری مهم برای طبقه‌بندی، تحلیل و پیش‌بینی پاسخ‌های رودخانه‌ای می‌دانند (Esmaili et al., 2014). برای بررسی تغییرات پیچان‌رودها و پیش‌بینی جابجایی آن‌ها از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. اغلب از سه روش توالی زمانی- استنتاج، روش تجربی و روش مدل‌سازی بنیادی به‌عنوان روش‌های پایه برای بررسی مورفولوژی رودخانه استفاده می‌شود. مشکل روش توالی زمانی- استنتاج، دسترسی محدود به نقشه‌ها و عکس‌های تاریخی است (Yamani et al., 2011; Rezayi-moghaddam et al., 2012). شکل مسیر رودخانه‌ها نشان دهنده چگونگی تعادل آن‌ها است. این تعادل به‌طور پیوسته در طول زمان و مکان در اثر نوساناتی در دبی و رسوب ایجاد می‌شود. نتیجه این نوسانات با تغییر عمودی و افقی بستر رودخانه نمایان می‌شود. این تغییر دینامیکی، رودخانه را برای رسیدن به تعادل تحریک می‌کند؛ بنابراین تغییر امری طبیعی است و جزء حیاتی یک سیستم رودخانه‌ای پویا است (Ollero, 2010). با بررسی مورفولوژی رودخانه می‌توان شرایط کنونی و پتانسیل تغییرات احتمالی آن در آینده را بهتر درک کرد و از این طریق پاسخ رودخانه نسبت به تغییرات طبیعی و یا فعالیت‌های انسانی روند تغییرات آن را پیش‌بینی نمود (Yamani and Hosenizadeh, 2002). مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده که می‌توان به این موارد اشاره کرد. Yamani (1999) با مطالعه علل تغییر مسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در دلتاهای شرق جلگه ساحلی مکران نتیجه گرفت که تعداد و میزان تغییر مسیر رودخانه‌ها از غرب به شرق افزایش و فاصله زمانی آن‌ها کاهش می‌یابد. Maqsoudi et al (2010) با بررسی روند تغییرات مورفولوژیک رودخانه خرم‌آباد در یک بازه‌ی زمانی ۵۲ ساله نتیجه گرفتند که عمده‌ترین دلایل تغییر بستر و الگوی کانال رودخانه خرم‌آباد، فعالیت‌های انسانی و فعالیت‌های نئوتکتونیکی در محدود روستاهای چغاخندق تا غلامان علیا است. Sharafi et al (2014) تغییرات مورفولوژیک رودخانه اترک در بازه زمانی بیست ساله را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که در این مقطع زمانی الگوی رودخانه اترک تغییر زیادی نداشته است. با توجه به این‌که بیش‌تر مسیر الگوی پیچان‌رودی دارد، مشخصات هندسی پیچان‌رودها در مقطع زمانی فوق تغییر زیادی نکرده است. Madadi et al (2015) تأثیر ساختارهای زمین‌شناسی بر تغییرات بستر رودخانه زرینه‌رود را مطالعه کرده و نتیجه گرفتند بخشی از رودخانه که در منطقه دشتی واقع شده است به شدت تحت تأثیر ساختارهای زمین‌شناسی است. بخشی از رودخانه که در امتداد گسل بوده الگوی مستقیم و سایر بخش‌ها الگوی پیچان‌رودی تا پیچان رودی شدید دارند. Millar et al (1993) معیار شیب طولی و سینوسیته رودخانه را بررسی کرده و نتیجه گرفتند سینوسیته به شیب وابسته است. به‌طوری که رودخانه‌های با شیب بیش‌تر دارای سینوسیته کم‌تر و رودخانه‌های با شیب کم‌تر دارای سینوسیته بیش‌تری هستند. Timar (2003) تغییرات سینوسیته‌ی یک رودخانه‌ی نمونه را بررسی کرده و انحنای خط القعر را به‌وسیله مقاطع آبرفتی رودخانه اصلی اندازه‌گیری نموده است. سپس میان تغییرات سینوسیته با تغییرات بار رسوبی و دبی در انشعابات ورودی ارتباط برقرار کرده است. Uddin et al (2011) تغییرات مورفولوژیک و فرسایش

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

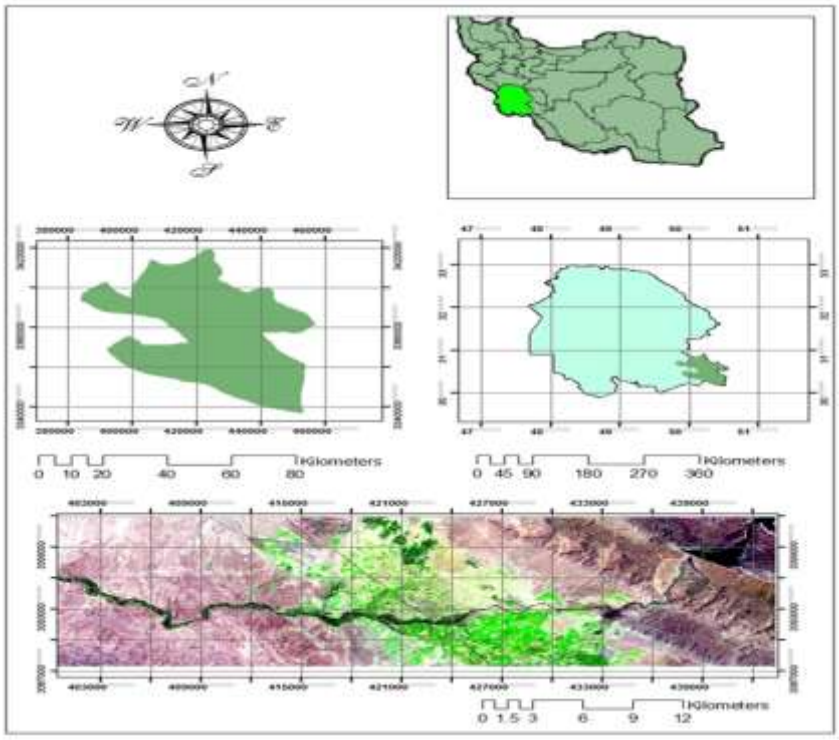
کناری در رودخانه‌ی جامونا را با استفاده از تکنیک‌های GIS و تصاویر ماهواره‌ای +ETM در پنج سال مختلف بررسی کردند. مطالعات آن‌ها نشان داد که میزان فرسایش کناری و لجن تشکیل شده بسیار بالا است. Ramos et al (2012) با تجزیه‌وتحلیل زمانی-مکانی مورفولوژی رودخانه آبرفتی کویلت با تأکید بر اثر سیستم‌های ارتباطی، نتیجه گرفتند که تغییرات شدید رودخانه‌ای در اثر رخدادهایی مانند طوفان‌های حاره‌ای و فعالیت‌های انسانی بوده است. Pan (2013) تغییرات حوضه رودخانه بانکورا را با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده‌های MSS و +ETM) در دوره‌های زمانی مختلف مطالعه کرده و شاخص‌های مورفولوژیکی رودخانه را استخراج نمود. نتایج وی نشان داد که شاخص‌های مورفولوژیکی رودخانه در فواصل زمانی مورد بررسی در حال تغییر بوده و این تغییرات در نواحی مختلف متفاوت است. Sing (2014) تغییرات مورفولوژیکی رودخانه گنگ در واراناسی هند را در یک بازه زمانی ده ساله با استفاده از GIS و داده‌های تاریخی بررسی کرده و نتیجه گرفته که تغییرات سینوسیتی دو کمربند مئاندری مورد مطالعه متغیر بوده‌اند. با توجه به موارد ذکر شده در پیشینه مطالعات، هدف این مقاله بررسی تغییرات مسیر رود مارون در محدوده شهرستان بهبهان است. در این مطالعه براساس شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژی، مسیر رودخانه به چهار بازه تقسیم شد تا بررسی شود کدام بازه‌ها تغییرات بیش‌تری دارند و ویژگی‌های آن‌ها چگونه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در محدوده سیاسی شهرستان بهبهان، بین طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۰ درجه و ٤٥ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱). مساحت منطقه ٦١٥/٦ کیلومترمربع است. بالاترین ارتفاع این منطقه ۱۳۸۰ متر و پایین‌ترین ارتفاع آن ۲٦۷ متر از سطح دریا است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن خشک است (Pourkhabaz et al., 2015). رودخانه مارون از شمال شهر بهبهان به سمت غرب جریان یافته و پس از عبور از دشت جایزان به رودخانه جراحی متصل می‌گردد. رود مارون دائمی است و رژیم آن بارانی و برفی است (Khuzestan Power and Water Organization, 2012).

در این پژوهش تغییرات بستر قسمتی از رودخانه مارون که در محدوده شهرستان بهبهان قرار دارد به طول ۵۵ کیلومتر در دو دوره زمانی و با استفاده از روش تاریخی و تکنیک ترسیمی بررسی می‌شود. ابزار اصلی پژوهش تصاویر ماهواره‌ای سنجنده +ETM ماهواره لندست ۷ و سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ به‌ترتیب برای سال‌های (۱۹۹۹) و (۲۰۱۵) و مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی است. تکنیک اصلی این مطالعه، مقایسه زمانی و مکانی تغییرات بستر رودخانه است. رودخانه براساس نقشه زمین‌شناسی و وجود لیتولوژی‌های مختلف به ٤ بازه تقسیم شد (شکل ۱۱). تغییرات بستر رودخانه مارون با محاسبه پارامترهای هندسی رودخانه بررسی شده است که توضیحات مربوطه در ادامه آمده است. همچنین عوامل لیتولوژی، کاربری اراضی و خاک که می‌توانند در تغییر مسیر مؤثر باشند ارزیابی شده‌اند.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1: Geographical location of the study area

- زاویه مرکزی و شعاع پیچان‌رود

زاویه مرکزی پیچان‌رودهای رودخانه به دو روش محاسبه می‌شود. در روش اول با در اختیار داشتن طول قوس و شعاع خمیدگی با استفاده از رابطه ۱ می‌توان زاویه مرکزی قوس را اندازه‌گیری کرد (Talouri, 1996).

$$A = \frac{180L}{R\pi} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه A زاویه مرکزی، L طول قوس، R شعاع خمیدگی و π عدد پی است.

در روش دوم بر اساس دوایر مماس بر قوس‌ها، می‌توان زاویه مرکزی را اندازه‌گیری کرد. برای این کار، ابتدا نقاط عطف قوس‌ها مشخص‌شده و سپس از مرکز دوایر مماس بر قوس، خطوطی را بر نقاط عطف عمود کرده و زاویه مرکزی قوس‌ها محاسبه می‌شود (Esmaili et al., 2011).

- طول موج و طول دره

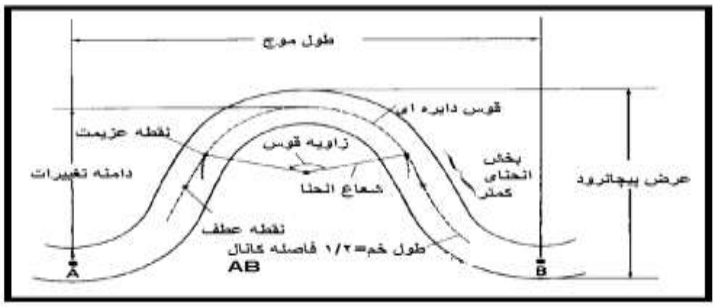
برای اندازه‌گیری پارامترهای هندسی رود، ابتدا مسیر رودخانه از روی نقشه‌ها یا عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای ترسیم می‌شود. روی پلان مسیر رودخانه، ابتدا نقاط عطف یا تغییر انحنای مسیر رودخانه با دقت مشخص می‌گردد. هر دو نقطه عطف مربوط به یک قوس، به یکدیگر متصل و طول پاره‌خط حاصله (وتر مقابل قوس رودخانه)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

اندازه‌گیری شده و با توجه به مقیاس نقشه، طول واقعی آن محاسبه می‌شود. این طول معادل نصف طول‌موج (λ/2) هر قوس رودخانه است. برای تعیین شاخص‌های آماری طول‌موج (حداقل، حداکثر و میانگین) در یک رودخانه، تمام قوس‌ها در طول مسیر با استفاده از روش فوق محاسبه می‌شوند (شکل ۲). طول دره با توجه به اندازه زاویه مرکزی و شعاع دایره مماس بر قوس رودخانه با رابطه زیر محاسبه می‌شود (Asghari Sareskanrood, 2016).

رابطه (۲) $$L=\frac{a\pi R}{180}$$

که در آن L طول دره، a زاویه مرکزی و R شعاع دایره مماس بر قوس رودخانه است.



شکل ۲: طرح شماتیک از مشخصات الگوی پیچان‌رودی (Garnet, 1986)

Figure 2: Schematic sketch of meander (Garnet, 1986)

- ضریب خمیدگی (سینوسیته)

الگوی کانال با اندازه‌گیری پارامترهایی مانند تعداد کانال‌های فعال و ضریب خمیدگی (سینوسیته) انجام می‌شود. سینوسیته، اندازه‌گیری جابه‌جایی مسیر آب است که به روش‌های مختلف تعریف می‌شود. رایج‌ترین اندازه‌گیری، شاخص سینوسیته (SI) است که با استفاده از رابطه ۳ اندازه ضریب خمیدگی برای هر قوس به‌طور مجزا تعیین می‌شود:

رابطه (۳) $$P = \frac{L}{\lambda/2}$$

در این رابطه L طول آبراهه و λ طول‌موج پیچان‌رود است. شاخص سینوسیته با اندازه‌گیری طول رود و طول دره از روی نقشه‌ها یا عکس‌های هوایی محاسبه می‌شود. طول بازه مورد مطالعه جهت تعیین این شاخص باید حداقل ۲۰ برابر عرض متوسط کانال باشد (Hoseinzadeh, 2001). piterz cited in Yamani et al (2011) نیز برحسب میزان ضریب خمیدگی چهار نوع رودخانه را به شرح جدول (۱) طبقه‌بندی می‌کند.

جدول ۱- تقسیم‌بندی رودخانه‌ها بر اساس ضریب خمیدگی (Yamani et al., 2011)

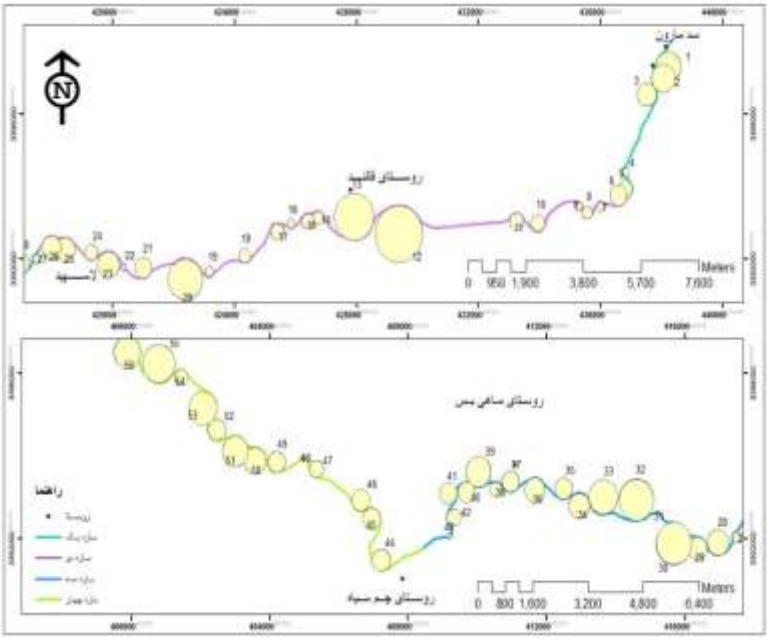
Table 1- Rivers classification based on Sinusity (Yamani et al., 2011)

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

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

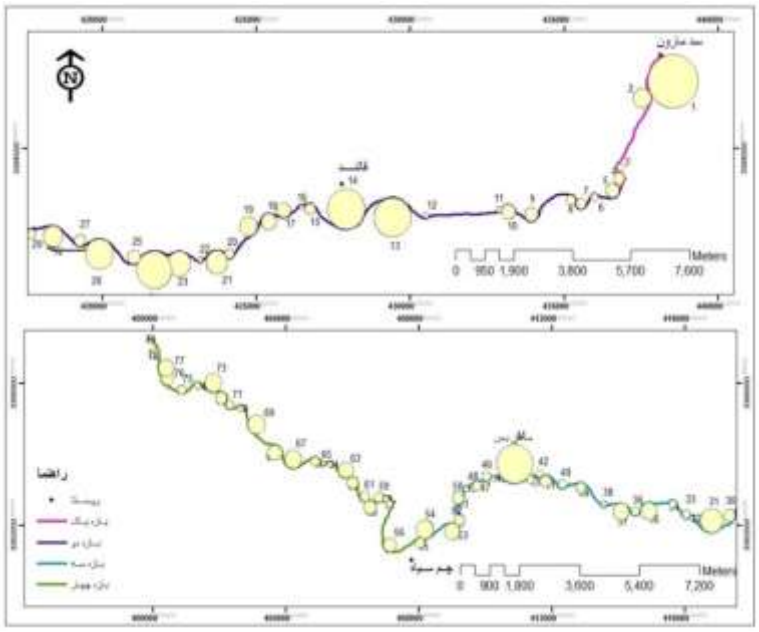
یافته‌ها و بحث

شکل‌های (۳ و ٤) چهار بازه مطالعاتی مسیر رودخانه در سال‌های (۱۹۹۹و ۲۰۱۵) را نشان می‌دهند. جدول‌های (۲ و ۳) نیز پارامترهای هندسی رودخانه مانند طول‌موج و طول دره، ضریب خمیدگی، زاویه مرکزی و شعاع پیچان‌رود، تعداد پیچان‌رودها و طول رودخانه در این دو سال را نشان می‌دهند.



شکل ۳: مسیر رودخانه مارون در ٤ بازه مورد مطالعه در سال (۱۹۹۹)

Figure 3: Maroon river route in 4 sections in the year (1999)



شکل ٤: مسیر رودخانه مارون در چهار بازه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۵

Figure 4: Maroon river route in 4 sections in the year 2015

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

جدول ۲- پارامترهای هندسی رودخانه مارون در چهار بازه در سال (۱۹۹۹)

Table 2- Geometric parameters of Maroon river in 4 sections in the year (1999)

بازه‌ها / پارامترهای هندسی	بازه۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه٤
تعداد پیچان‌رود	۵	۲۱	۱۷	۱۳
طول خط مرکزی (km)	۵/۰۰٤	۲۳/٦۹٦	۱۱/۹۷۵	۱۳/۹٤۵
میانگین طول‌موج (m)	۸۲۱/۸	۹٤۹/۵	٦۲۲/۳	۷۱٦/٦
میانگین طول دره (m)	۱۸٦۸/٤	۲۲۳۵/۳	۱٤٦۲/۵	۱۹۱۲/۲
ضریب خمیدگی	۲/۳۲	۲/٤۱	۲/۳۹	۲/٤٤
شعاع	۲۸۵	۲۵۷	۲٦۸/۸	۲۵۹/۲
زاویه مرکزی (درجه)	۸۷/۸	۹۳/٤	۷۹/۱	۱۰۰/۳

جدول ۳- پارامترهای هندسی رودخانه مارون در چهار بازه در سال ۲۰۱۵

Table 3- Geometric parameters of Maroon river in 4 sections in the year 2015

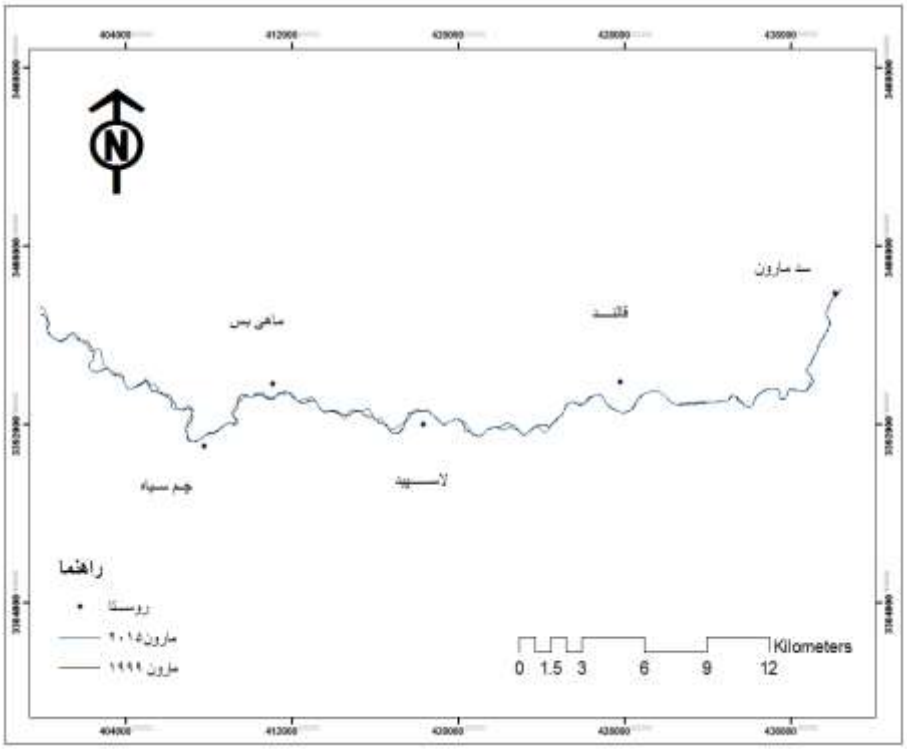
بازه‌ها / پارامترهای هندسی	بازه۱	بازه ۲	بازه ۳	بازه٤
تعداد پیچان‌رود	٤	۲۵	۲٤	۲٦
طول خط مرکزی (km)	٤/۷۲۲	۲۳/۹۹۱	۱۲/۳۵٦	۱٤/٤٦۳
میانگین طول‌موج (m)	۹۲۹/۵	۸۰٤/۸	٦۲۱/٦	٤٤۱/۱
میانگین طول دره (m)	۲۱۱٦/۷	۱۹۰۸/۹	۱۰۲۰/۵	۱۱۰۷/٤
ضریب خمیدگی	۲/۳٤	۲/۵۲	۲/٤۳	۲/۳۹
شعاع	۳۱۹/۵	۲۷۰/۲	۱۹۲/۲	۱۵٦/۵
زاویه مرکزی(درجه)	۹۰	۹۷/٦	۹۵/۲	۹۲/۹

- تعداد پیچان‌رودها و طول رودخانه

تعداد پیچان‌رودهای رودخانه مارون در محدوده مورد مطالعه از ۵٦ پیچان‌رود در سال (۱۹۹۹) به ۷۹ پیچان‌رود در سال (۲۰۱۵) افزایش یافته است. بخش عمده‌ای از پیچ‌های اضافه شده در بازه ٤ قرار دارد. طول خط مرکزی رودخانه

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

از ۵۵۱۴۷ متر در سال (۱۹۹۹) به ۵۵۵۸۷ متر در سال (۲۰۱۵) رسیده است. بنابراین در بازه زمانی شانزده ساله، ٤٤٠ متر به طول رودخانه افزوده شده است. افزایش طول خط مرکزی رودخانه نشان دهندهٔ افزایش حالت پیچان‌رودی رودخانه در اثر وجود سازندهای فرسایش‌پذیر است (شکل ۵).



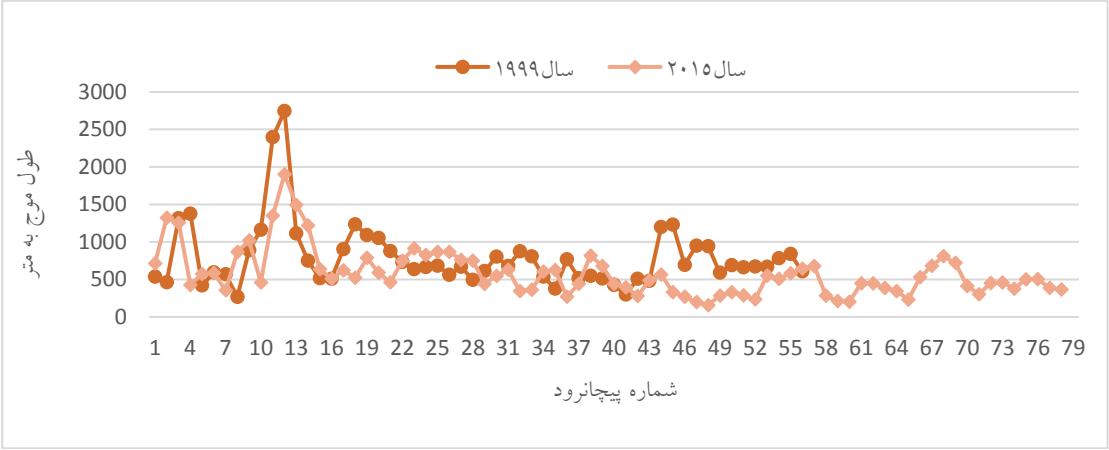
شکل ۵: انطباق مسیر رودخانه در دو بازه زمانی (۱۹۹۹ و ۲۰۱۵)

Figure 5: Overlay of river routes in the (1999 and 2015) years

– طول‌موج و طول دره

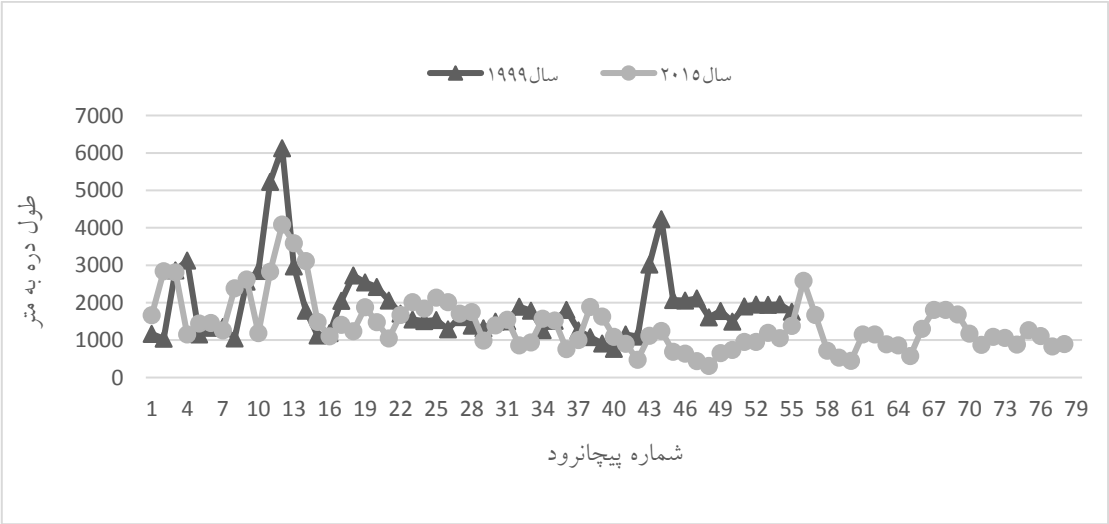
بررسی تغییرات طول موج و طول دره در دو سال مورد مطالعه نشان می‌دهد که میانگین تغییرات طول‌موج و طول دره در سال (۲۰۱۵) نسبت به سال (۱۹۹۹) کم‌تر است. این نشان می‌دهد که رودخانه در سال (۲۰۱۵) ناپایدارتر از سال (۱۹۹۹) است. میانگین طول موج در ٤ بازه در سال (۱۹۹۹) به میزان ۸۲۷/۵ متر بوده که در سال (۲۰۱۵) به ٦۹۹/۲ کاهش یافته است. با کاهش میزان طول موج، فاصله بین پیچان‌رودها نیز کم شده است. در بازه‌های ۲، ۳ و ٤ در سال (۲۰۱۵) میزان طول‌موج کاهش یافته است. افزایش میزان طول موج نشان دهنده افزایش فاصله پیچان‌رودها از همدیگر و یا به عبارت دیگر مستقیم شدن مسیر رودخانه است. در بازه ۱ در سال (۲۰۱۵) طول موج افزایش یافته و از تعداد پیچان‌رودها کاسته شده است. بیش‌ترین میزان طول موج در دو سال مورد مطالعه در پیچ شماره ۱۲ بوده است که علت آن افزایش فاصله دو پیچان‌رود و کاهش تراکم پیچان‌رودها است. بررسی نوسانات طول دره رودخانه نیز نشان می‌دهد که در سال (۱۹۹۹) نوسانات بیش‌تر از سال (۲۰۱۵) بوده است (شکل ٦). میانگین طول دره رودخانه در سال (۱۹۹۹) حدود ۱۸٦۹/۳ متر بوده که در سال (۲۰۱۵) به ۱۵۳۸/۳ متر کاهش یافته است (شکل ۷).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



شکل ٦: تغییرات طول‌موج پیچان‌رودهای رودخانه مارون در دو بازه زمانی (۱۹۹۹ و ۲۰۱۵)

Figure 6: Changes in wavelength of meanders in the (1999 and 2015) years



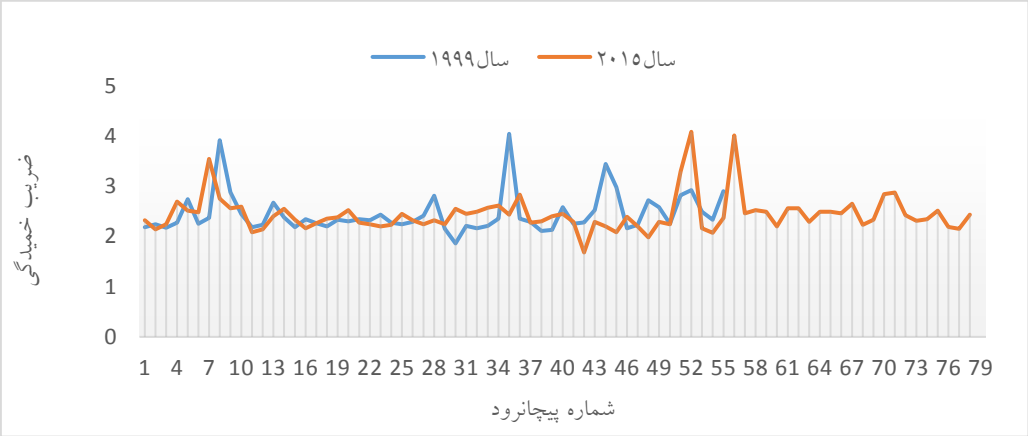
شکل ۷: نوسانات طول دره رودخانه مارون در دو بازه زمانی (۱۹۹۹ و ۲۰۱۵)

Figure 7: Changes in maroon river valley length in the (1999 and 2015) years

- ضریب خمیدگی

با تقسیم طول دره به طول موج میزان ضریب خمیدگی برای هر قوس محاسبه شد. میزان متوسط ضریب خمیدگی رود مارون در کل محدوده مطالعاتی از ۲/۳۹ در سال (۱۹۹۹) به ۲/٤۲ در سال (۲۰۱۵) رسیده است. افزایش ضریب خمیدگی در سال (۲۰۱۵) نشان‌دهنده افزایش پیچان‌رودی شدن رودخانه است. در سال (۲۰۱۵) ضریب خمیدگی قوس‌ها از ۱/۸٦ تا ۳/۹۱ و در سال (۲۰۱۵) از ۱/٦۸ تا ٤/۰۸ در نوسان بوده است؛ اما ضریب خمیدگی اکثر قوس‌ها حدود ۲ است که وجود قوس‌های مشابه در محدوده را نشان می‌دهد. بر اساس تقسیم بندی پیتز، رودخانه در دو سال مورد بررسی در رده پیچان‌رودی شدید قرار دارد. با افزایش تعداد پیچان‌رودها و کاهش فاصله آن‌ها در سال (۲۰۱۵) میزان ضریب خمیدگی نیز افزایش یافته است (شکل ۸).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

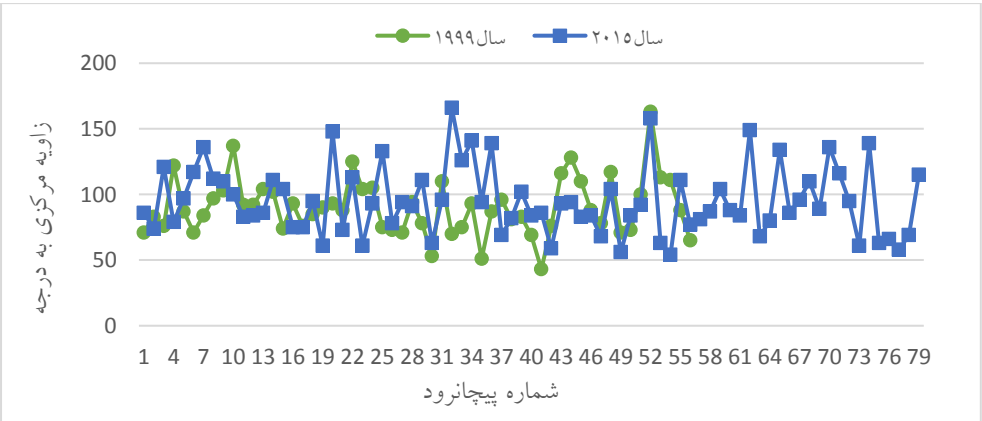


شکل ۸: نوسانات ضریب خمیدگی پیچان‌رودهای رودخانه مارون در بازه‌های زمانی (۱۹۹۹ و ۲۰۱۵)

Figure 8: Changes in maroon river sinuosity of meanders in the (1999 and 2015) years

– زاویه مرکزی-شعاع دایره

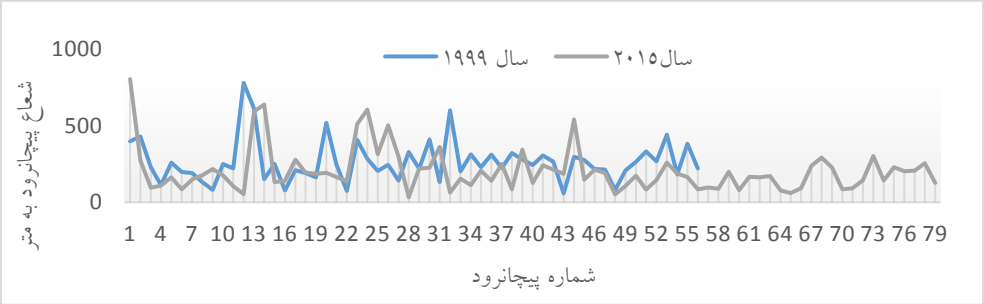
یکی از پارامترهای بررسی میزان توسعه پیچان‌رودی یک رودخانه، زاویه مرکزی است. برای به‌دست آوردن زاویه مرکزی و شعاع دایره، پس از برازش دوایر مماس بر قوس رودخانه، زاویه مرکزی هر قوس در نرم‌افزار اتوکد محاسبه گردید. سپس میانگین حسابی برای ٤ بازه مورد مطالعه در سال‌های (۱۹۹۹ و ۲۰۱۵) محاسبه و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شد. زاویه مرکزی از (۱۹۹۹ تا ۲۰۱۵) روندی افزایشی دارد، به‌طوری‌که میانگین زاویه مرکزی در سال (۱۹۹۹) ۹۰/۱ درجه بوده و در سال (۲۰۱۵) به ۹۳/۹ درجه افزایش یافته است؛ یعنی میزان توسعه پیچان‌رودها در سال (۲۰۱۵) در مقایسه با سال (۱۹۹۹) بیش‌تر است. میانگین زاویه مرکزی رودخانه در چهار بازه نشان می‌دهد که رودخانه در رده پیچان‌رودی توسعه یافته قرار دارد. در سال (۲۰۱۵) زاویه مرکزی در تمامی بازه‌ها افزایش یافته است، به‌جز بازه سه که در سال (۱۹۹۹) دارای میانگین زاویه مرکزی ۷۹/۱ بوده و در سال (۲۰۱۵) در رده پیچان‌رودی توسعه یافته قرار گرفته است (شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل ۹: تغییرات زاویه مرکزی پیچان‌رودهای رودخانه مارون در دو بازه زمانی (۱۹۹۹ و ۲۰۱۵)

Figure 9: Changes in maroon river central angle of meanders in the (1999 and 2015) years

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]



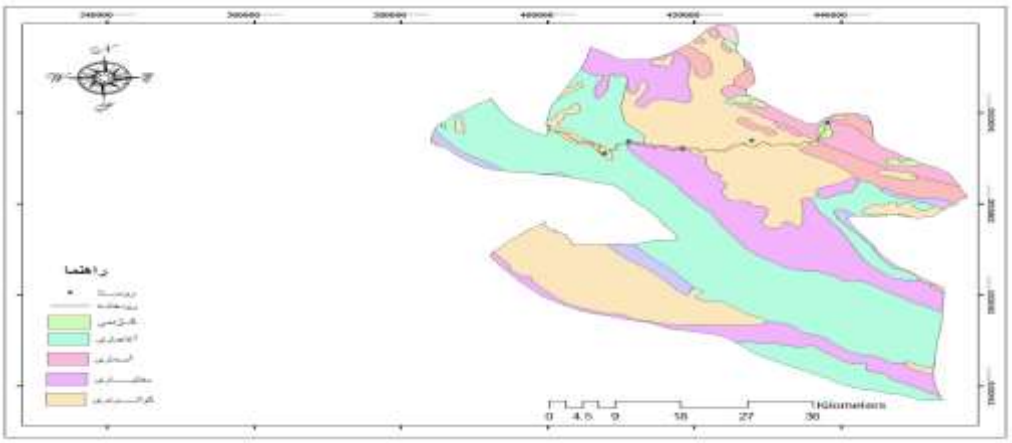
شکل ۱۰: تغییرات شعاع پیچان‌رودهای رودخانه مارون در دو بازه زمانی ۱۹۹۹ و ۲۰۱۵

Figure 10: Changes in maroon river radius of meanders in the1999 and 2015 years

– بررسی عوامل مؤثر در تغییر مسیر

لیتولوژی

برای بررسی اثر لیتولوژی بر تغییرات مسیر رودخانه، نقشه زمین‌شناسی منطقه بر مسیر رودخانه منطبق شد. بازه شماره چهار که نسبت به سایر بازه‌ها تغییر بیش‌تری دارد، در سازندهای سست کواترنری قرارگرفته است. لذا سستی این سازند زمینه را برای فرسایش و تغییر مسیر فراهم کرده است. بازه سه که دومین بازه از لحاظ تغییرات است شامل سازندهای بختیاری و آغاجاری است. سازند بختیاری سازندی شامل رسوبات آبرفتی و کوهپایه‌ای حاصل از فرسایش است. جنس آن کنگلومرا و ماسه‌سنگ آهکی است. لیتولوژی سازند آغاجاری شامل تناوبی از مارن، سیلت استون و ماسه‌سنگ است. منفصل بودن و سختی کم رسوبات موجود در این بازه شرایط را برای شسته شدن به‌وسیله آب فراهم می‌کند. بیش‌تر محدوده بازه دو شامل سازند کواترنری است. بازه یک شامل سازند آسماری و کژدمی است. جنس سازند کژدمی از مارن و آهک رسی و شیلی است. سازند آسماری شامل سنگ‌آهک ریخت‌شناسی کوه ساز است و به داشتن درزه فراوان شاخص است. این سازندها از سازندهای مقاوم در مقابل فرسایش هستند و لذا تغییر مسیر رودخانه در آن‌ها در مقطع زمانی کوتاه به‌ندرت اتفاق می‌افتد. در مطالعه کنونی نیز بازه یک کم‌ترین تغییر مسیر را نشان می‌دهد (شکل ۱۱).



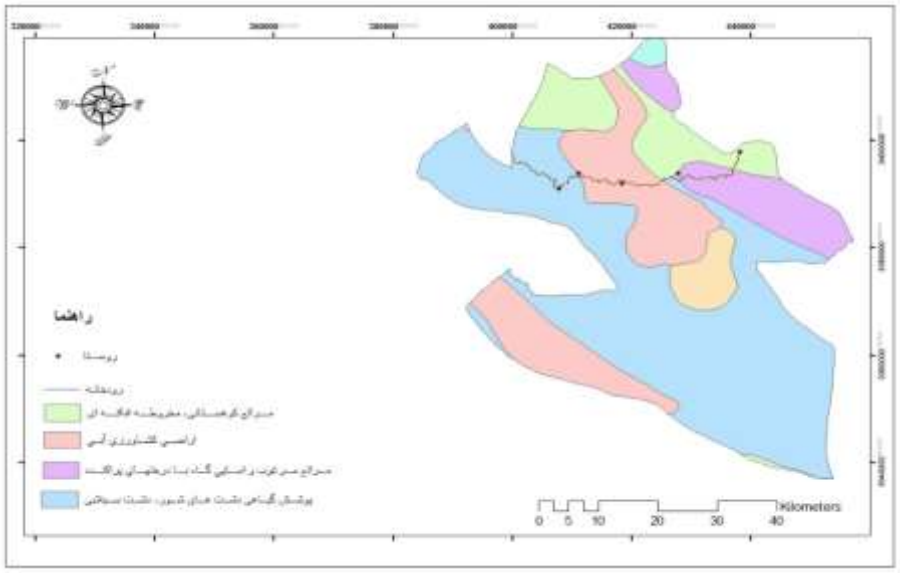
شکل ۱۱: انطباق مسیر رودخانه با نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

Figure 11: Overlay of river route by geologic map of the study area

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- کاربری اراضی

پوشش گیاهی، دشت‌های شور و دشت سیلابی کاربری‌های اراضی بازه چهار هستند. عبور رودخانه از دشت سیلابی زمینه مساعدی را برای فرسایش فراهم می‌کند. کاربری اراضی در بازه سه، کشاورزی آبی و دشت سیلابی است. اراضی کشاورزی به‌خودی‌خود تأثیری بر تغییر مسیر رودخانه ندارند، اما کشاورزی در کناره رودخانه می‌تواند باعث فرسایش بیش‌تر کناره رودخانه شده و احتمال تغییر مسیر رودخانه افزایش یابد. در منطقه مورد مطالعه، در حاشیه رودخانه کشت انجام نشده است و لذا کشاورزی عامل مهمی در تغییر مسیر نیست (Mohammadyary et al., 2019). کاربری اراضی بازه دو را اراضی کشاورزی آبی، دشت سیلابی و مراتع مرغوب با درخت‌های پراکنده تشکیل می‌دهد. به‌طورمعمول در کناره رودخانه‌ها دشت سیلابی قرار دارد. به همین دلیل در محدوده مطالعاتی بیش‌تر کاربری‌ها دشت سیلابی است. کاربری اراضی بازه یک مراتع کوهستانی و مخروط افکنه است. مخروطه افکنه‌ها به دلیل پویایی می‌توانند در درازمدت بر مسیر رودخانه اثرگذار باشند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: انطباق مسیر رودخانه با نقشه کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

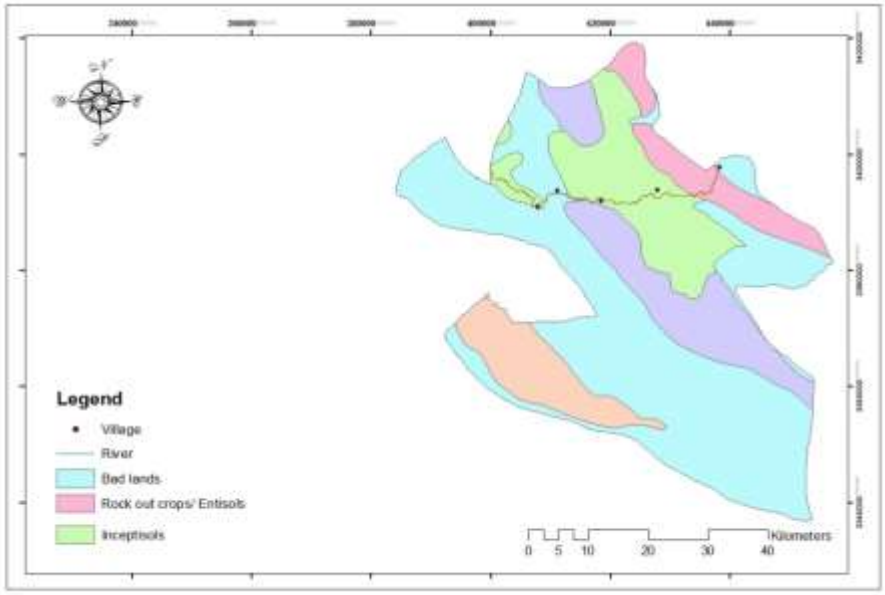
Figure 12: Overlay of river route by landuse map of the study area

- خاک

چون تغییر خاک در بازه‌ی زمانی طولانی اتفاق می‌افتد، لذا برای بررسی ارتباط تغییرات آن بر تغییر مسیر رودخانه باید بازه زمانی طولانی مدتی مطالعه شود (Khaleghi et al., 2016). بازه‌های چهار، سه و دو دارای رده خاکی اینسپتی‌سول هستند. این نوع خاک سیمای توسعه‌یافته مشخص رده‌های دیگر را ندارد؛ اما برخی ویژگی‌های شاخص دارد که عبارتند از پایداری زیاد مواد مادری، ایجاد زمین‌های شیب‌دار و جوان بودن سطوح زمین. بازه یک دارای رده خاکی انتی‌سول و رخنمون سنگی است. انتی‌سول‌ها خاک‌هایی هستند که توسعه و تکامل کمی پیدا کرده‌اند. ویژگی‌های آن‌ها نمایانگر ویژگی‌های ماده مادری آن‌ها است. این خاک مربوط به مناطق پرشیب و تپه‌های شنی است که روی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

صخره‌های سخت و رسوبات شنی تشکیل می‌شود. مناطق با رخنمون سنگی مقاوم‌تر از خاک است و لذا مسیر رودخانه در آن کم‌تر تغییر می‌کند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳: انطباق مسیر رودخانه با نقشه خاک محدوده مورد مطالعه

Figure 13: Overlay of river route by soil map of the study area

نتیجه‌گیری

با توجه به محاسبه پارامترهای هندسی رودخانه نظیر تعداد پیچان‌رودها، زاویه مرکزی، شعاع پیچان‌رودی، ضریب خمیدگی، طول‌موج و طول دره و مقایسه آن‌ها با یکدیگر مشخص گردید که الگوی رودخانه در سال (۱۹۹۹) در بازه سه از نوع توسعه نیافته و در بازه‌های یک، دو و چهار توسعه‌یافته بوده و در سال (۲۰۱۵) در کل بازه‌ها الگوی رودخانه پیچان‌رودی توسعه یافته است. الگوی کلی رودخانه از سال (۱۹۹۹) تا (۲۰۱۵) تغییر عمده‌ای نداشته است و الگوی رودخانه همواره از نوع پیچان‌رودی است. در بازه‌های چهار و سه که تغییرات بیش‌تری دیده می‌شود تغییر پارامترهای هندسی نسبت به سایر بازه‌ها مشهودتر است. تعداد پیچان‌رودهای محدوده مورد مطالعه در طی ۱۶ سال از ۵۶ پیچان‌رود به ۷۹ پیچان‌رود افزایش یافته است. حذف شدن و یا افزایش تعداد پیچان‌رودها حاکی از تغییر در الگوی مورفولوژی رودخانه است. افزایش تعداد قوس‌های رودخانه و افزایش طول رودخانه بیانگر تغییر و ناپایداری رودخانه است. میانگین زاویه مرکزی در سال (۲۰۱۵) بیش‌تر از سال (۱۹۹۹) بوده، یعنی رودخانه در این سال پیچان‌رودهای بالغ‌تری داشته است. میانگین تغییرات طول‌موج و طول دره در سال (۲۰۱۵) نسبت به سال (۱۹۹۹) کم‌تر بوده که می‌توان نتیجه گرفت که قدرت مانور رودخانه در این سال کم‌تر است. در مورد رودخانه مارون این نکته قابل ذکر است که توانایی حفر و قدرت جریان رودخانه در مناطق دشتی نیز همچنان بالاست (Mumipour, 2014) زیرا همچنان ارتفاع تا سطح اساس آن قابل توجه است. این رودخانه به تالاب شادگان می‌ریزد، در حالی که ارتفاع متوسط آن در منطقه مورد مطالعه به طور متوسط ۲۵۰ متر از سطح دریاست. دلیل وقوع فرسایش کناری در بازه‌هایی که در دشت قرار گرفته‌اند

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

(بازه‌های ۲ و ۳) وجود رسوبات سست و فرسایش‌پذیر کواترنری است. در مناطق کوهستانی پیچان‌رودها از روند کلی چین‌خوردگی‌ها و گسل‌های منطقه پیروی می‌کنند و تغییرات در این بازه‌ها در کوتاه مدت کم است؛ اما باید توجه داشت که در درازمدت نواحی کوهستانی نیز در معرض تغییرات مسیر رودخانه هستند. بازه سوم به‌طور عمده در محدوده سازندهای کواترنری و کنگلومرای بختیاری قرار گرفته است. میزان توسعه پیچان‌رودها در این بازه بیش‌تر از سایر بازه‌ها بوده است که دلیل آن را می‌توان به سست بودن و فرسایش‌پذیری سازندها مربوط دانست. جنس خاک در این بازه اینسپتی‌سول است و باید توجه داشت که جنس خاک تا حد زیادی متأثر از جنس سازندهای زمین‌شناسی منطقه است.

سپاسگزاری

نتایج این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می‌باشد. از داوران محترم که با نظرات ارزنده خود باعث بهبود چشمگیر مقاله شدند سپاسگزاریم.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

References

- Asghari Sareskanrood, S., (2016), "Investigating the potential of morphological changes in the city of Urmia river", ***Geography and Planning***, 57: 49-62. [In Persian].
- Esmaili, R., Hoseinzadeh, M., Motevali, S., (2011), "***Field techniques in river geomorphology***", Lahot Publishing: Tehran. [In Persian].
- Garnet, W., (1986), "River meanders and channel", ***Journal of Hydrology***, 88: 147-164.
- Hoseinzadeh, M., (2001), "Analyzing the causes of changes in the patterns of the Babol and Talar river (with an emphasis on the morphology of the cliffs)", PhD thesis, Faculty of geography, University of Tehran. [In Persian].
- Khaleghi, S., Rousayi, Sh., Khorsiddoust, A. M., Rezayimoghaddam, M. H., Ghorbani, M. A., (2016), "Investigation of human role on morphological channel changes of Lighvan Chai river", ***Geographic Space Quaterly***, 16 (55): 111-135. [In Persian].
- Khuzestan Water and Power Organization, (2012), "***Report of studies on updating the comprehensive water plan of the country in the western boundary basins of Karkheh, Karoon and Jarrahi-Zohreh***", Ahvaz: Khuzestan Water and Power Organization. [In Persian].
- Madadi, A. S., Beheshti Javid, A., Fathi, M., (2015), "Detection of river bed changes and river morphology study according to geological structures, case study: Zarinehroud river", ***Hydrogeomorphology Quarterly***, 40: 2-25. [In Persian].
- Maqsoudi, M., Sharafi, S., Maghami, Y., (2010), "Changes in morphological patterns of Khorramabad river using Auto CAD, GIS, RS", ***Journal of Humanities - Planning of Space***, 3 (67): 294-275. [In Persian].
- Millar, R. G., Quik. M. C., (1993), "Effect of bank stability on geometry of gravel river"; ***Journal of Hydraulic Engineering***, 119 (12): 1343-1363.
- Mohammadyary, F., Purkhabbaz, H., Aghdar, H., Tavakoly, M., (2019), "Predicted trends in land use of Behbahan city between years 2014 to 2028 using LCM model", ***Geographical Space Quaterly***, 65: 37-56. [In Persian].
- Mumipour, M., (2014), "Extracting geomorphometric parameters from digital elevation model (DEM)-Case study of Khayiz region, Behbahan", Final report of research project, Khorramshahr University of Marine Science and Technology. [In Persian].
- Ollero, A., (2010), "Channel changes and flood plain management in the meandering middle Ebro River, Spain", ***Geomorphology***, 117: 247-260.
- Pan, S., (2013), "Application of remote sensing and GIS in studying changing river course in Bankura district, west Bengal", ***International Journal of Geometrics and Geosciences***, 4 (1): 149-163.
- Pourkhabaz, H., Mohammadyari, F., Aghdar, H., Tavakoli, M., (2015), "An approach in modeling land use change in Behbahan city using multi-time satellite images", ***Landuse planning Journal***, 7 (1): 207-187. [In Persian].
- Ramos, J., Gracia, J., (2012), "Spatial-temporal fluvial morphology analysis in the Quelite river: Its impact on communication systems"; ***Journal of Hydrology***, 412: 269-278.
- Rezayimoghadam, M. H., Servati, M. R., Asgharisareskanrood, S., (2012), "Investigation of geometric shape changes of Ghezel-Ozan river with emphasis on geomorphologic and geological factors", ***Geography and environmental planning***, 23 (2): 1-14. [In Persian].
- Sharafi, S., Shami, A., Yamani, M., (2014), "Investigation of morphological changes of Atrak river in the period of 20 years", ***Journal of Geographic Space planning***, 150: 14-129. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]

- Singh, M., (2014), "Morphology changes of Ganga river over time at Varanasi"; ***Journal of River engineering***, 2 (2):1-7.
- Talouri, A., (1996), "***Recognition of river erosion in flood plains",*** Research institute of forests and rangelands, Ministry of Jihad-e-Sazandegi. [In Persian].
- Timer, G., (2003), "Controls on channel sinuosity changes: A case study of the Tisza river, the Great Hungarian plain", ***Quaternary Science Review***, 22 (20): 2199 -2207.
- Uddin, H., Shrestha. B., Alam, M. S., (2011), "Assessment of morphological changes and vulnerability of river bank erosion alongside the river Jamuna using remote sensing", ***Journal of earth science and Enginnering***, 1: 29-34.
- Yamani, M., (1999), "Causes of river disturbances in the eastern delta of the Makran coastal plain", ***Journal of Geographical Research***, 35: 56-34. [In Persian].
- Yamani, M., Dolati, C., Zarei, A. S., (2011), "Influence of hydrogeomorphic factors in spatial and temporal changes in the middle section of Atrak river", ***Quarterly Journal of Geographic Research***, 99 (24): 24-1. [In Persian].
- Yamani, M., Hoseinzadeh, M., (2002), "Investigating changes in the Talar river in the coastal plain of the Mazandaran sea", ***Journal of Geographical Research***, 122: 43-109. [In Persian].

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-30]