پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال چهارم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹٤
صص. ۱۲٦-۱۱۲

آلومتری پارامترهای هندسی رودخانه دالکی و نقش آن در توسعه، تحول و تکامل مآندرهای دشت ارژن

مصطفی خبازی* – استادیار ژئومورفولوژی، بخش جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان
علی علیایی– کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و GIS دانشگاه آزاد، واحد یزد
علی المدرسی– دانشیار گروه سنجش از دور و GIS ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۰۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۴/۰۸/۲۸

چکیده

رودخانه‌های طبیعی تحت تأثیر عوامل و متغیرهای مختلف، پیوسته ازنظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در حال تغییرند. رودخانه ازنظر ژئومورفیک بی‌تردید پدیده‌ای پویاست و شواهد مورفولوژیک زمین‌شناسی حاکی از آن است که بیشتر رودخانه‌ها در معرض تغییرات مستمر قرار دارند .در این پژوهش مورفولوژی رودخانه دالکی در استان‌های فارس و بوشهر با مقایسه زمانی – مکانی موردبررسی قرارگرفته است، لذا با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد این رودخانه و فراوانی مئاندرهای تشکیل‌شده در طول مسیر رودخانه دالکی تصمیم گرفته شد با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS در یک بازه زمانی ۳۸ ساله و داده‌هایی شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، ۱/۲۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده های MSS و OLI تغییرات رودخانه موردبررسی قرار گیرد. ابتدا تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ArcGIS رقومی گردید و مسیر رودخانه به ٤ بخش تقسیم شد و به‌وسیله برازش دایره‌های مماس بر قوس پارامترهای هندسی رودخانه مانند ضریب خمیدگی، شعاع نسبی، طول‌موج، زاویه مرکزی، طول خط مرکزی و میانگین شعاع دایره محاسبه و تغییرات به وجود آمده در ٤ بخش در طول مسیر رودخانه با توجه به شکل و الگوی رودخانه مورد مقایسه قرارگرفته است. با مقایسه پارامترهای هندسی به‌دست‌آمده در بخش‌های موردمطالعه نتیجه این شد که ضریب پیچشی درتمام بخش‌ها افزایش داشته به‌گونه‌ای که در بخش ٤، رودخانه در حال گذر از حالت پیچان‌رودی به سمت حالت پیچان‌رودی شدید و متوسط ضریب پیچشی از ۱/۸٤ به ۱/۹٦ افزایش پیداکرده است. بخش‌های ۱،۲و۳ این رودخانه ازنظر توسعه پیچان‌رودی در رده پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته قرار دارد و بخش ٤ در رده رودخانه شاخ گاوی قرار دارد.

واژگان کلیدی: *آلومتری، رودخانه، دالکی، پارامترهای هندسی، تغییرات رودخانه*

* نویسنده مسئول: E-mail: Mostafakhabazi@uk.ac.ir

مقدمه

پیدایش و شکل‌گیری رودخانه‌ها متأثر از عوامل مختلفی چون شرایط آب و هوایی، زمین‌شناسی و جغرافیای منطقه است. یک رودخانه ممکن است ازنظر فرسایش در سازندی مقاوم تشکیل شود در این صورت موقعیت و ابعاد آن ثابت می‌ماند. از جانب دیگر رودخانه می‌تواند در مصالح آبرفتی فرسایشی نمایان شود. در چنین حالتی یک تمایل همیشگی برای تغییر پیوسته موقعیت رودخانه از طریق فرسایش و تشکیل مجدد دیواره‌های ساحلی یا کناره‌ها به‌وضوح قابل‌مشاهده است. بنابراین، شناسایی پدیده‌های ژئومورفیک و زمین‌شناختی که باعث تغییر الگوی هندسی رودخانه و ناپایداری بستر می‌شود امری ضروری است. مورفولوژی رودخانه به فاکتورهای متعددی چون تغییرات جریان آب، شیب بستر، سطح مقطع رودخانه، زمین‌شناسی منطقه و نیز زمان لازم برای شکل‌گیری و تغییر شکل رودخانه بستگی دارد. با بررسی و شناخت دقیق این عوامل می‌توان الگوی رفتاری صحیح رودخانه را به دست آورد و به واکنش طبیعی و تغییرات احتمالی رودخانه پی برد(احمدی،۲۲۱:۱۳۶۷). شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژی هر منطقه‌ای از عوامل اصلی کنترل‌کننده رفتار رودخانه‌ها می‌باشد. جنس سنگ‌ها، نحوه قرارگیری لایه‌ها، میزان بالاآمدگی ساختارهای زمین‌شناسی یا پایین‌افتادگی آن‌ها می‌توانند اثرات قابل‌ملاحظه‌ای روی مورفولوژی رودخانه‌ها و تغییرات مجرای آن‌ها داشته باشند. هر منطقه‌ای با توجه به شرایط خاص خود از سازندهای متنوع زمین‌شناسی تشکیل‌شده است که بر میزان نفوذپذیری آب، فرسایش، رسوب، الگوی هندسی رودخانه‌ها و ژئومورفولوژی حوضه‌های آبریز اثر می‌گذارد (فاطمی عقدا و همکاران۱۷۷:۱۳۸۰). شن [۱](۱۳۲،۱۹۸۴) رودخانه‌ها را بر اساس معیار شعاع نسبی و کورنیش [۲](۲۲۱،۱۹۸۰) بر اساس معیار زاویه مرکز پیچان‌رود تقسیم‌بندی نموده‌اند. سیمون [۳](۱۱۲،۱۹۷۱) و شوم [۴](۱۶۴،۱۹۸۴) اثر جنس و فرسایش‌پذیری مواد دیواره‌ها را در تغییرات مورفولوژیک رودخانه‌ها بررسی نموده و نتیجه گرفتند که در رودخانه‌های با مواد بستر درشت‌دانه، نسبت عرض به عمق رودخانه افزایش می‌یابد. در ایران نیز تلوری (۱۳۶۸) و آل یاسین (۱۳۷۹) در رودخانه کارون، غریب زاده و معصومی (۱۳۸۶) در رودخانه زهره، یمانی و حسین زاده (۱۳۸۰) در رودخانه‌های تالار و بابل، خصوصیات مورفومتری، فرسایش کناری و تغییرات زمانی و مکانی پیچان‌رودهای این رودخانه‌ها را بررسی نمودند. احمدیان یزدی (۲۰۰۱) تأثیرات پوشش گیاهی بر روی تغییرات ریخت‌شناسی رودخانه هریرود در منطقه سرخس را بررسی نمود. رودخانه دالکی در تکامل طبیعی خود دستخوش تغییر و تحولات مستمر گردیده است و مهم‌ترین علت این تغییرات جنس رسوبات و کاهش شیب منطقه است. مسئله اصلی تحقیق بررسی جابجایی مسیر رودخانه دالکی با مقایسه تغییرات زمانی – مکانی است. بنابراین با توجه به وجود فرسایش کناری و تغییرات مورفولوژی رودخانه ، تغییرات رودخانه در یک دوره زمانی ۳۸ ساله موردبررسی قرار گرفت. با این هدف، شناسایی متغیرهای مؤثر در ناپایداری‌های بستر برای شناخت الگوی رودخانه، روند تغییرات و جابجایی مسیر رودخانه در یک دوره زمانی طولانی‌مدت و بررسی عوامل و مکانیزم تغییرات بستر ضروری است . این کار با به‌کارگیری و استفاده از مطالعات قبلی و محاسبه پارامترهای هندسی رودخانه پایه‌ریزی شده است.

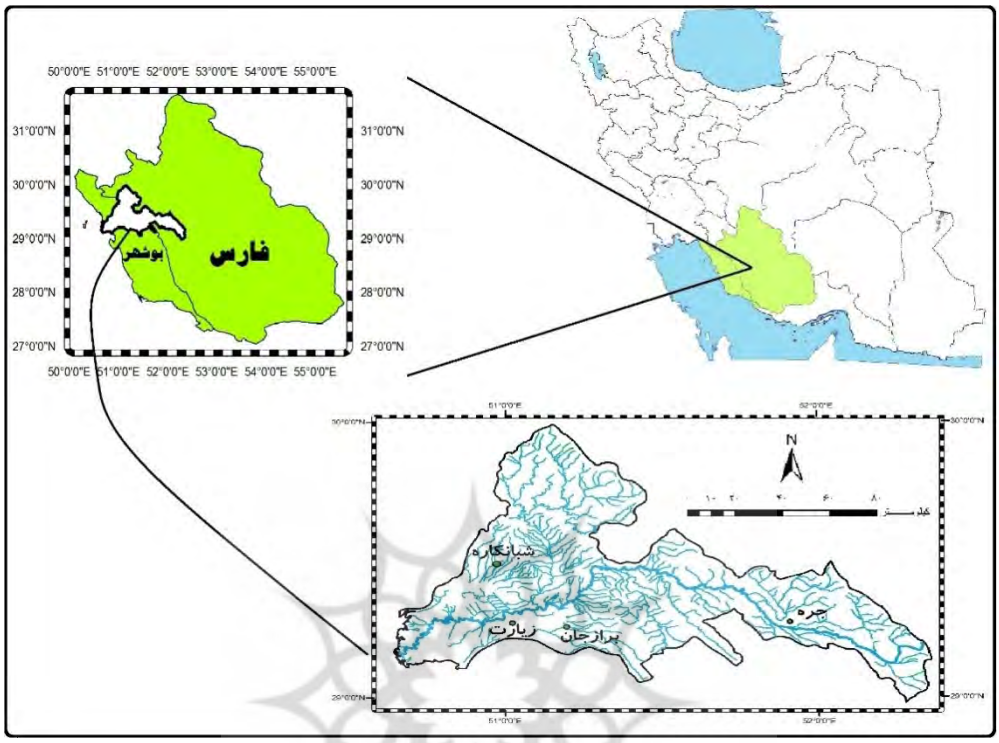
محدوده موردمطالعه

حوضه رودخانه دالکی در جنوب غربی ایران واقع‌شده است. این حوضه ازنظر محدوده سیاسی در داخل دو استان فارس و بوشهر قرارگرفته است. ازنظر اقلیمی حوضه موردمطالعه دارای اقلیمی از نوع مدیترانه‌ای است و میزان متوسط بارندگی سالانه و دمای میانگین سالانه این حوضه به ترتیب ۳۲۵ میلی‌متر و ۲۳/۵ درجه سانتی گراد می‌باشد. از غرب به شرق و

---

[۱] Shen, H.W.1971
[۲] Kornish,MRS.1980
[۳] Simons.D.B.1971
[۴] Schumm,S.A.1984

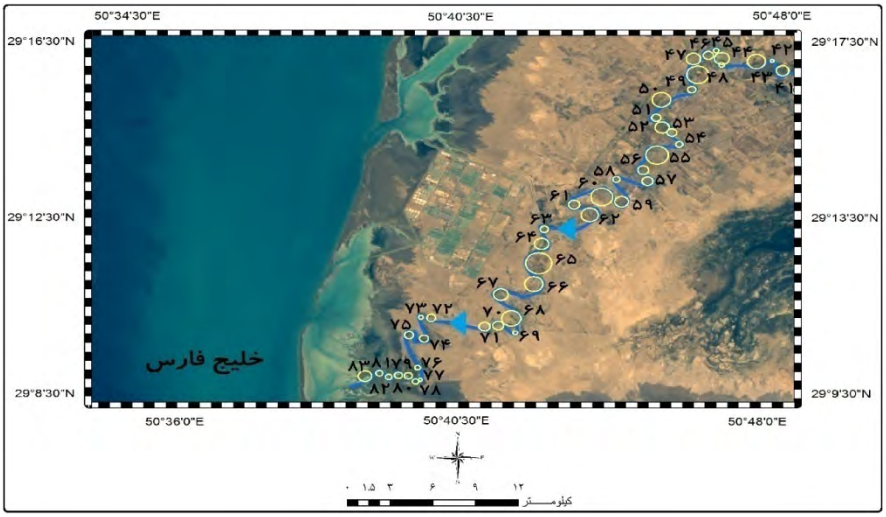
از جنوب به شمال میزان بارندگی حوضه افزایش می‌یابد. در ایستگاه هیرومتری سرقنات دبی متوسط رودخانه دالکی معادل ۱۳/۷۰ مترمکعب در ثانیه برآورد گردیده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز دالکی

مواد و روش‌ها

برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی مسیر رودخانه دالکی داده‌های اصلی پژوهش را تصاویر ماهواره لندست سال ۲۰۱۳ میلادی و لندست سال ۱۹۷۵ میلادی به ترتیب سنجنده های OLI و MSS ، نقشه‌های رقومی توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ ، نقشه زمین‌شناسی و نقشه شیب منطقه تشکیل داده‌اند. به‌منظور بررسی بهتر وضعیت مورفولوژی و مقایسه مشخصات هندسی اندازه‌گیری شده، رودخانه به بخش‌های کهمره سرخی- جره، جره- دالکی، دالکی- درودگاه، درودگاه - خلیج فارس تقسیم شد و در نرم‌افزار ArcGIS پلان مسیر رودخانه در سال‌های ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی به‌صورت رقومی استخراج شد. پارامترهای هندسی رودخانه نظیر زاویه مرکزی، شعاع دایره، طول دره، طول‌موج، ضریب پیچشی، شعاع نسبی، طول خط مرکزی و تعداد پیچان‌رود در دو دوره ذکرشده با ترسیم دایره‌های مماس بر پیچان‌رودهای رودخانه در نرم‌افزار اتوکد (Auto CAD) اندازه‌گیری شد. ابتدا مسیر رودخانه در دو دوره زمانی ذکرشده که در نرم‌افزار ArcGIS رقومی شده با فرمت اتوکد خروجی گرفته شد و سپس در نرم‌افزار اتوکد پس از ترسیم دایره‌های مماس بر پیچان‌رودها، پارامترهای هندسی مطابق جدول ۳ استخراج گردید. با استفاده از مسیرهای ترسیم‌شده تغییرات رودخانه درگذشته و حال نسبت به هم مقایسه شده‌اند. شکل ۲ دوایر بازش داده‌شده بر مسیر رودخانه در سال ۲۰۱۳ که در نرم‌افزار ArcGIS رقومی شده و بر تصویر ماهواره‌ای همان سال منطبق شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲: قسمتی از بخش موردمطالعه در تصویر لندست سال ۲۰۱۳ میلادی و دوایر برازش داده‌شده با پیچان‌رودها

کورنیش (۲۵۵:۱۹۸۰) بـرای بیـان کیفی توسعه و پیشرفت پیچان‌رودی شدن رودخانه‌های آبرفتی و تمایز آن‌ها از یکـدیگر از معیار زاویه مرکزی استفاده کرد و جدول زیر را برای تقسیم‌بندی توسـعه پیچان‌رودی رودخانه‌ها پیشنهاد نمود.

جدول۱: کاربرد زاویه مرکزی در تقسیم‌بندی توسعه پیچان‌رودی

شکل رودخانه	زاویه مرکزی (درجه)
مستقیم	۰
شبه پیچان‌رودی	۱ – ۴۱
پیچان‌رودی توسعه‌نیافته	۴۱ – ۸۵
پیچان‌رودی توسعه‌یافته	۸۵ – ۱۸۵
پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته	۱۸۵ – ۲۹۶
شاخ گاوی	> ۲۹۶

و همچنین شعاع نسبی، شاخصی برای شناسایی میزان پایداری و تحت‌فشار بـودن قـوس‌هـای رودخانه است. شعاع نسبی نسبت شعاع دایره محاط بر قوس و خـم رودخانـه بـه عـرض رودخانه است . اهمیت شعاع نسبی قوس در این است که بین این پارامتر مانند پارامترهای طول‌موج و عرض رودخانه رابطه مشخصی با سایر متغیرهـای رودخانـه وجـود دارد(آل یاسین،۲۲۱:۱۳۷۹). بر اساس تقسیم‌بندی ارائه‌شده توسـط شـن(۱۳۵،۱۹۷۱) بـرای دامنه شعاع نسبی در جدول ۲ هر چه شعاع نسبی بزرگ‌تر باشد ، نشانهٔ ملایم بـودن آن و هرقدر شعاع نسبی کم باشد، نشان دهندهٔ تحت‌فشار و ناپایدار بودن آن قوس است.

جدول ۲: دامنه شعاع نسبی

نوع چم	زاویه مرکزی (درجه)
آزاد	۴/۵ – ۵
محدودشده	۷ – ۸
تحت‌فشار	۲/۵ – ۳

توجه به شکل الگوی رودخانه در بسـیاری از مسـائل طراحـی و مهندسـی رودخانـه، ازجمله تعیین محل پل‌ها، محل انجام عملیات به سازی مسیر، ایجاد تأسیسات نظیر ایستگاه پمپاژ و ... مهم بوده، برای درک بهتر مسائل هیدرولیکی

رودخانه‌های آبرفتی داشتن دانش کافی در مورد الگوی رودخانه ضروری است. ضریب پیچشی(ضریب سینوسی) نسبت طول دره به طول‌موج هر پیچان‌رود بوده، یکی از معیارهای کمی است که در تقسیم‌بندی شکل رودخانه استفاده می‌شود و نشان دهنده نسبت طول خط محور رودخانه به طول دره یا طول خم رودخانه است و میزان تکامل پیچ‌ها را نشان می‌دهد. پیتز (۹۸:۱۹۸۶) نیز بر حسب میزان ضریب پیچشی چهار نوع رودخانه را به شرح جدول ۳ تقسیم‌بندی نموده است.

جدول ۳: تقسیم بندی رودخانه‌ها بر حسب ضریب پیچشی (پیتز ، ۹۸،۱۹۸٦)

ضریب پیچشی	۱ – ۱/۰۵	۱/۰۶ – ۱/۲۵	۱/۲۵ – ۲	بیشتر از ۲
نوع رودخانه	مستقیم	سینوسی	پیچان‌رودی	پیچان‌رودی شدید

اگر ضریب بزرگ‌تر از ۱/۴ تا ۱/۵ باشد، بیانگر پیچشی بودن رودخانه و کمتر از آن نشان دهنده مستقیم بودن رودخانه است (آل یاسین،۱۳۱:۱۳۷۹). لئوپولد و ولمن (۲۵۵:۱۹۶۵) در تحلیل تعدادی از رودخانه‌های آمریکا بیان داشتند که مقدار ضریب پیچشی می‌تواند از ۱ تا ۲/۸ تغییر کند(وزارت نیرو،۱۳۸۶: ۸۸).

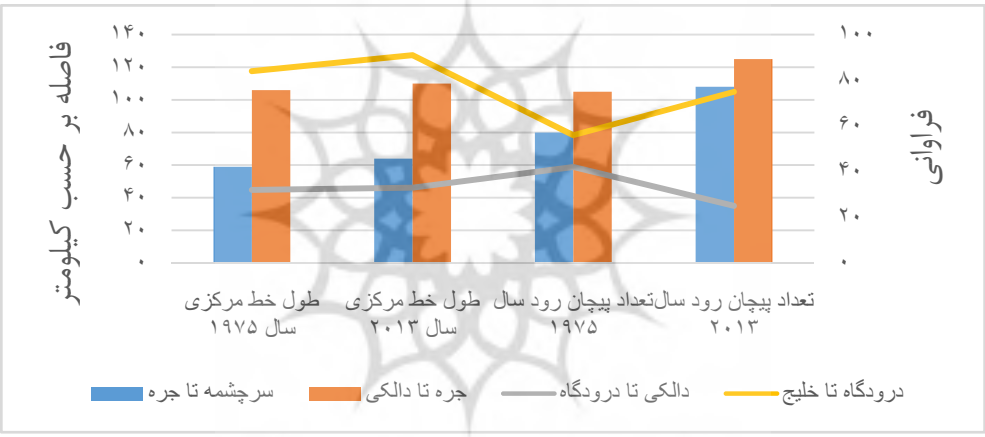
یافته ها

به‌منظور شناسایی خصوصیات هیدرولیکی و مورفولوژیک رودخانه‌ها پارامترهای هندسی کمی رودخانه که از مهمترین آن‌ها می‌توان به پارامترهای شعاع نسبی، شعاع پیچان‌رودها، زاویه مرکزی پیچان‌رود، طول‌موج و ضریب خمیدگی اشاره کرد که اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود. با توجه به بررسی پارامترهای انداره گیری شده با استفاده از روش برازش دوایر مماس بر پیچان‌رودهای رودخانه سال‌های ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی، تغییرات پارامترهای هندسی باعث بروز رفتارهای جدید هیدرولیکی در رودخانه دالکی شده است. جدول ۴ میانگین پارامترهای هندسی محاسبه شده طی دو دوره زمانی سال ۱۹۷۵ میلادی و سال ۲۰۱۳ میلادی برای ۴ بخش ذکرشده ارائه شده است.

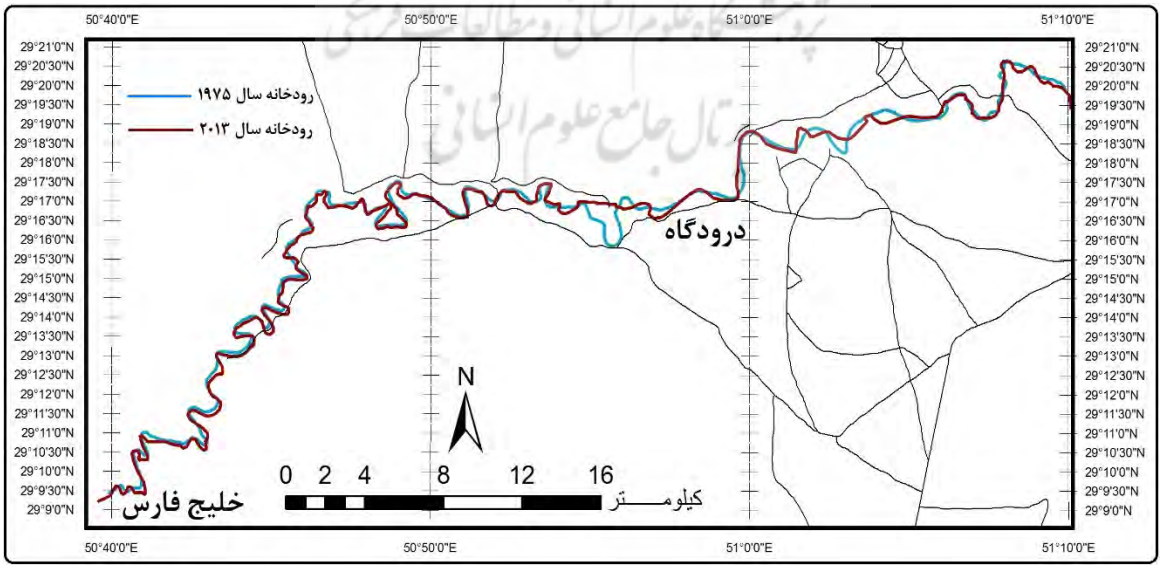
جدول ٤: تغییرات پارامتر های هندسی رودخانه دالکی در سال ۱۹۷۵میلادی و سال ۲۰۱۳ میلادی

موقعیت محدوده	کهمره سرخی تا جره		جره تا دالکی		دالکی تا درودگاه		درودگاه تا خلیج فارس	
پارامترهای هندسی	سال ۱۹۷۵	سال ۲۰۱۳	سال ۱۹۷۵	سال ۲۰۱۳	سال ۱۹۷۵	سال ۲۰۱۳	سال ۱۹۷۵	سال ۲۰۱۳
تعداد پیچان‌رود	۸۰	۱۰۸	۱۰۵	۱۲۵	۴۲	۲۵	۵۶	۷۵
طول خط مرکزی (کیلومتر)	۵۹	۶۴	۱۰۶	۱۱۰	۳۲	۳۳	۸۴	۹۱
میانگین عرض رودخانه (متر)	۴۰	۵۰	۸۲	۳۴	۵۰	۴۰/۵	۶۰	۴۷/۵
زاویه مرکزی (درجه)	۱۹۲	۳۲۶	۲۵۲	۲۸۶	۲۰۳	۲۵۴	۳۵۴	۴۰۲
میانگین شعاع دایره (متر)	۲۲۰	۱۰۴	۲۲۹	۱۷۶	۲۱۴	۲۹۴	۲۴۲	۱۷۳
میانگین طول دره (متر)	۷۳۹	۵۹۲	۱۰۰۹	۸۸۰	۷۵۹	۱۳۰۵	۱۴۹۹	۱۲۱۶
میانگین طول‌موج (متر)	۵۰۶	۳۸۹	۶۱۷	۵۲۳	۵۰۱	۸۴۲	۸۱۴	۶۱۸
ضریب پیچشی	۱/۴۶	۱/۵۶	۱/۶۲	۱/۶۸	۱/۵۱	۱/۵۴	۱/۸۴	۱/۹۶
شعاع نسبی	۵/۵	۲/۰۸	۲/۷۹	۵/۱۷	۴/۲۸	۷/۲۵	۴/۰۳	۳/۶۴
نسبت طول دره به عرض	۱۸/۴۷	۱۱/۸۴	۱۲/۳۰	۲۵/۸۸	۱۵/۱۸	۳۲/۲۲	۲۴/۹۸	۲۵/۶
نسبت طول‌موج به عرض	۱۲/۶۵	۷/۷۸	۷/۵۲	۱۵/۳۸	۱۰/۰۲	۲۰/۷۹	۱۳/۵۶	۱۳/۰۱

پارامترهای هندسی بخش‌های مورد مطالعـه در دو دوره زمـانی سال‌های ۲۰۱۳ و ۱۹۷۵ میلادی تجزیه وتحلیل و با هم مقایسه شد و نتیجه این تجزیه و تحلیل چنین شد که با توجه به شکل ۳ تعداد پیچان‌رودهای رودخانه دالکی در محدوده مطالعه از ۲۸۳ پیچان‌رود در سال ۱۹۷۵ میلادی به ۳۳۳ پیچان‌رود در سال ۲۰۱۳ میلادی افزایش یافته است. این موضوع نشان دهنده اضافه شدن ۵۰ پیچان‌رود در طول ۳۸ سال مورد بررسی است . بخش عمـده ای از پیچـان رودهای اضافه شده در محدوده کهمره سرخی تا دالکی قرار داشته و تعداد پیچان‌رودهای اضافه شده در سایر بخش‌های رودخانه دالکی چندان زیاد نبوده است. فاصله طـولی بـین دو پیچان‌رود متناوب نسبت به هم در سال ۱۹۷۵ میلادی به مراتب بیشتر از سال ۲۰۱۳ میلادی است که این فاصله در محدوده کهمره سرخی تا دالکی بیشتر و در سایر بخـش‌هـا چنـدان زیـاد نیسـت. همچنین طول خط مرکزی رودخانه از ۲۸۱ کیلومتر در سـال ۱۹۷۵ میلادی بـه ۲۹۸ کیلـومتر در سال ۲۰۱۳ میلادی افزایش یافته، که به طور غیر مستقیم، نشان دهنده اضافه شدن تعـدادی از پیچـان رودها و کاهش فاصله پیچان‌رودهای متوالی است. بیشـترین تغییـرات خـط مرکـزی رودخانه نیز در محدوده درودگاه تا خلیج فارس به وقوع پیوسته است (شکل ۴). زیاد شدن فاصله طولی دو پیچان‌رود متوالی و افزایش طول خط مرکزی رودخانه دالکی بـه نـوعی نشان دهنده افزایش حالت پیچان‌رودی رودخانه اسـت.

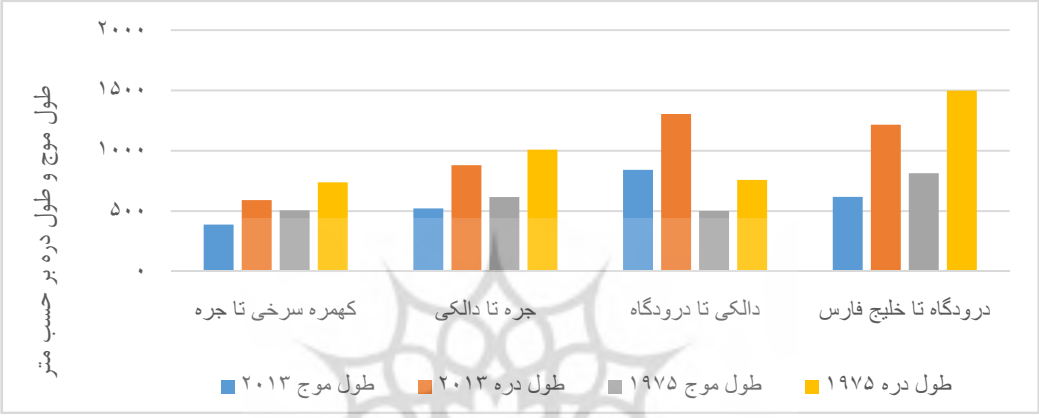


شکل ۳: نمودار مقایسه تغییر ویژگی‌های پیچان‌رود ها طی دوره زمانی ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی



شکل ٤: قسمتی از افزایش حالت سینوسی رودخانه در بخش درودگاه تا خلیج فارس

طول دره و طول‌موج رودخانه دو پارامتر اصلی در طبقه بندی رودخانه و تعیین ضریب پیچشی رودخانه‌ها بوده، معمولا همبستگی بالایی بین آن‌ها وجود دارد. طبق شکل ۵ تغییرات طول‌موج و طول دره در دو دوره زمانی مورد بررسی در رودخانه دالکی نشان می دهد که در محدوده کهمره سرخی تا جره ، جره تا دالکی و درودگاه تا خلیج فارس ، طول‌موج و طول دره در سال ۱۹۷۵ میلادی نسبت به سال ۲۰۱۳ میلادی افزایش پیداکرده و در بخش‌هایی رودخانه دستخوش تغییرات عمده نشده است و پیچان‌رودها در محدوده مورد مطالعه تغییر چندانی نکرده اند. در محدوده دالکی تا درودگاه ، طول‌موج و طول دره در سال ۲۰۱۳ میلادی نسبت به سال ۱۹۷۵ میلادی افزایش یافته و رودخانه حالت ناپایداری داشته است و بیشترین تغییرات عرضی و مساحتی رودخانه نیز در این محدوده رخ داده است.



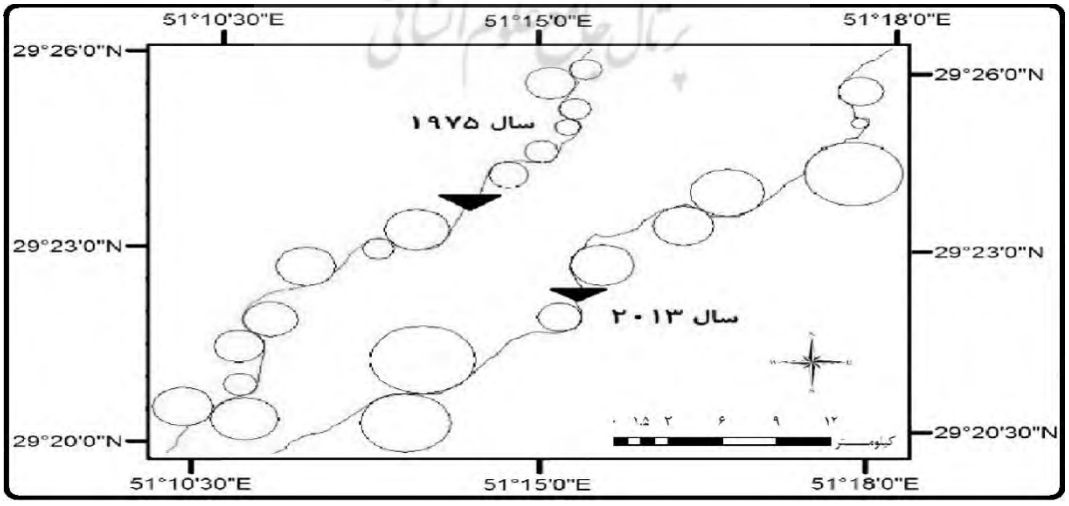
شکل ۵: نمودار تغییرات طول‌موج و طول دره رودخانه دالکی در سال ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی

زاویه مرکزی به عنوان معیاری برای تقسیم‌بندی و شناسایی میزان توسعه پیچان رودی یک رودخانه استفاده می‌شود . شعاع دایره مماس بر قوس‌ها شعاع دایره گفته می شود و زاویه مرکزی قوس‌های زده شده بر روی هر کدام از بازه‌ها (شکل ۶) با استفاده از (فرمول ۱) محاسبه گردید :

$$A = \frac{180L}{R\pi}$$

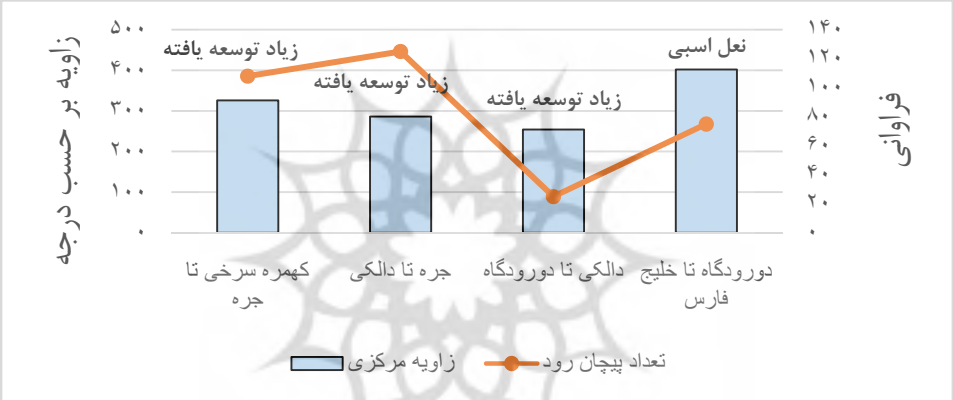
فرمول ۱

که دراین رابطه Lزاویه مرکزی، Rشعاع دایره برازش داده شده می‌باشد. در نهایت میزان توسعه پیچان رودی به وسیله جدول ۳ کورنیش(۲۵۵:۱۹۸۰) مشخص گردید(اصغری سراسکانرود، ۶:۱۳۹۲).

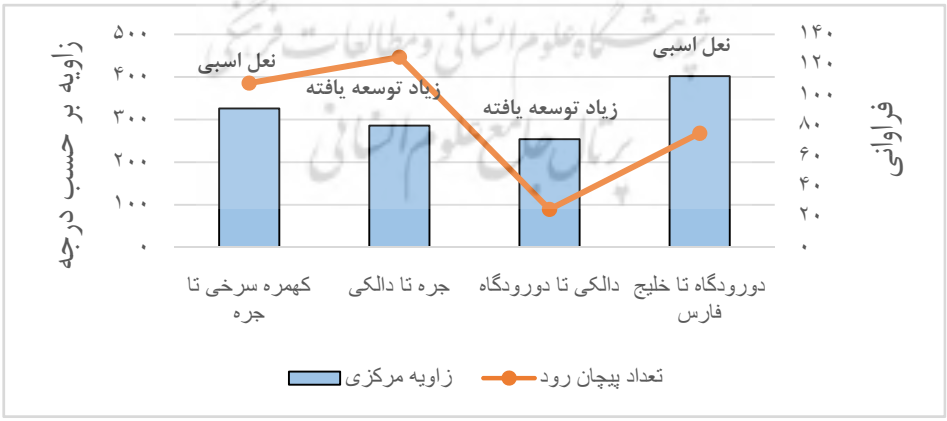


شکل ٦ :تغییرات مورفولوژی رودخانه دالکی از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳ میلادی در قسمت ابتدایی دالکی تا درودگاه

با توجه به جدول ۱ میانگین زاویه مرکزی در بخش مـورد مطالعـه در سـال ۲۰۱۳ میلادی بیشتر از سال ۱۹۷۵ میلادی است . با مقایسه زاویه مرکزی پیچان‌رودهای بخش مورد مطالعه رودخانه دالکی در سال ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی شکل های ۷ و ۸ نشان می دهند که در سال ۱۹۷۵ میلادی در بخش‌های کهمره سرخی تا جره ، جره تا دالکی و دالکی تا درودگاه این رودخانه ازنظر توسعه پیچان‌رودی در رده پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته قرار دارد و در بخش درودگاه تا خلیج فارس در رده رودخانه شاخ گاوی قرار دارد . شکل ۷ مقایسه زاویه مرکزی پیچان‌رودها در سال ۲۰۱۳ میلادی نشان می‌دهد که این رودخانه در بخش کهمره سرخی تا جره و درودگاه تا خلیج فارس در رده رودخانه نعل اسبی و در بخش جره تا دالکی و دالکی تا درودگاه در رده پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته قرار دارد. با توجه به جدول ۴ میانگین شعاع دوایر مماس بر پیچان‌رودها در بخش موردمطالعه در سال ۲۰۱۳ میلادی نسبت به سال ۱۹۷۵ میلادی کاهش یافته و این امر نشان دهنـده افزایش حالت پیچان‌رودی رودخانه است به طوری که مقایسه نمودار های زیر نشان می‌دهد بخش کهمره سرخی تا جره در سال ۱۹۷۵ میلادی حالت پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته داشته ، در صورتی که در سال ۲۰۱۳ میلادی حالت نعل اسبی به خود گرفته است.



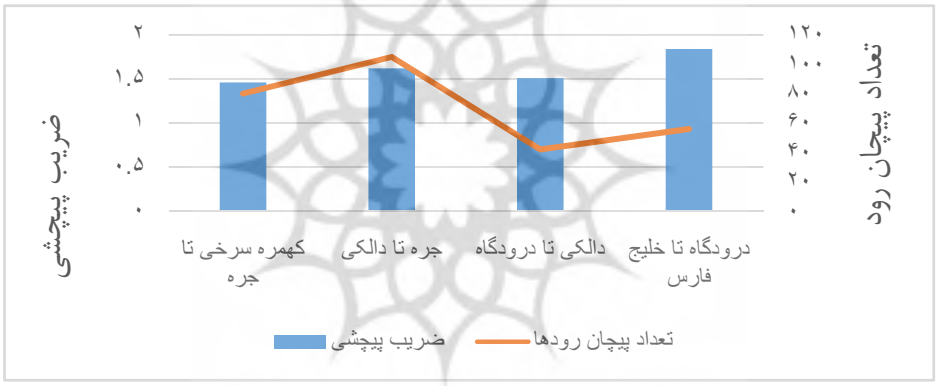
شکل ۷: نمودار تغییرات زاویه مرکزی پیچان‌رود ها در سال ۱۹۷۵ میلادی



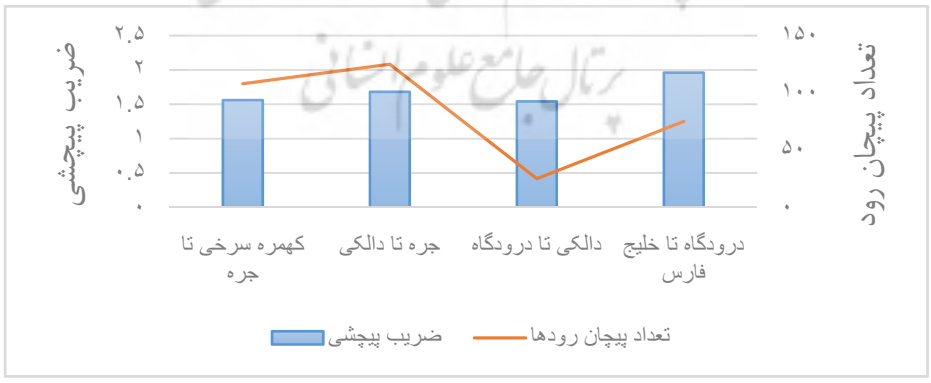
شکل ۸ : نمودار تغییرات زاویه مرکزی پیچان‌رود ها در سال ۲۰۱۳ میلادی

با توجه به جدول پیتز رودخانـه دالکی در دو دوره ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی در گـروه رودخانـه پیچان‌رودی قرار دارد . ضریب پیچشی درتمام بخش‌ها در سال ۲۰۱۳ میلادی نسبت به سال ۱۹۷۵ میلادی افزایش داشته به‌گونه‌ای که در محدوده درودگاه تا خلیج فارس رودخانه حالت پایداری داشته و در نتیجه با ثبات دیواره‌های رودخانه و افزایش تعداد زیادی از خـم‌هـا الگوی رودخانه در حال گذر از حالت پیچان‌رودی به سمت حالت پیچان‌رودی شدید است . نمودارهای زیر نشان دهنده تغییرات ضریب پیچشی رودخانه دالکی در محدوده مطالعاتی در دو دوره زمانی مورد بررسی است. دامنه

تغییرات ضریب پیچشی محدوده مطالعاتی رودخانه دالکی بین ۱/۴۶ و ۱/۹۶ در نوسان بوده و پیچان رودهای رودخانه دالکی در این محدوده ضریب پیچشی واقع شده اند . بررسی نمودارهای ترسیمی نشان می دهد که در سال ۲۰۱۳ میلادی نوسان و تغییر ضریب پیچشی رودخانه دالکی بیشتر شده که علت آن افزایش تعدادی از پیچان رودهای رودخانه و به تبع، تغییرات ایجاد شده در مورفولوژی رودخانه دالکی در طول ۳۸ سال گذشته است. مقایسه شکل های ۹ و ۱۰ نشان دهنده نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه دالکی در کل محدوده مطالعاتی در دو دوره زمانی ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی است. این نمودارها به خوبی نشان می دهند که در سال۲۰۱۳ میلادی نسبت به سال ۱۹۷۵میلادی در محدوده درودگاه تا خلیج فارس نوسان‌های ضریب پیچشی رودخانه زیاد و متوسط عرض رودخانه ۴۷/۵ متر است و در سال ۱۹۷۵ میلادی در این محدوده حدود ۶۰ متر بوده است ، یعنی عرض متوسط رودخانه از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳ میلادی ، ۱۲/۵ متر کاهش یافته است. با کاهش عرض رودخانه پیچان‌رودهای رودخانه دالکی در همین محدوده از ۵۶ پیچ در سال ۱۹۷۵ میلادی به ۷۵ پیچ در سال ۲۰۱۳ میلادی افزایش یافته و متوسط ضریب پیچشی از ۱/۸۴ به ۱/۹۶ افزایش پیداکرده است . الگوی جریان ، افزایش پیچان‌رودها و پروفیل طولی نشان دهنده علت افزایش نوسانات ضریب پیچشی رودخانه در محدوده درودگاه تا خلیج فارس در سال ۲۰۱۳ میلادی است. این نوسان‌ها تقریباً به همین شکل در تمامی طول مسیر مورد مطالعه وجود دارد.

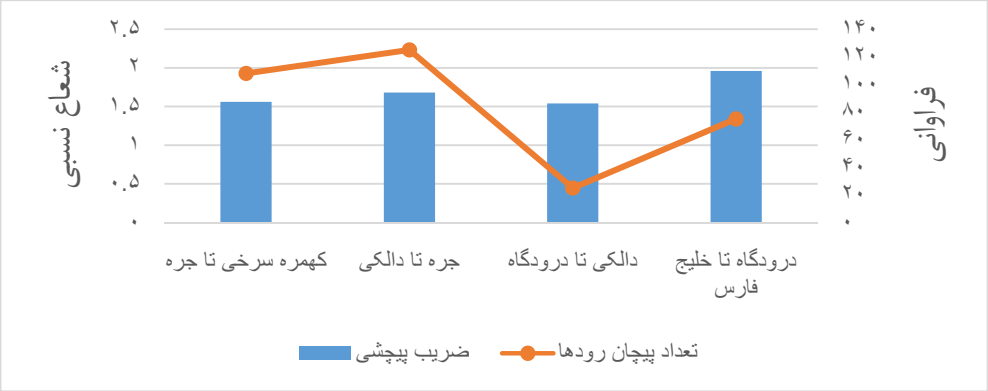


شکل ۹: نمودار نوسانات ضریب پیچشی کل پیچان‌رودها در سال ۱۹۷۵ میلادی

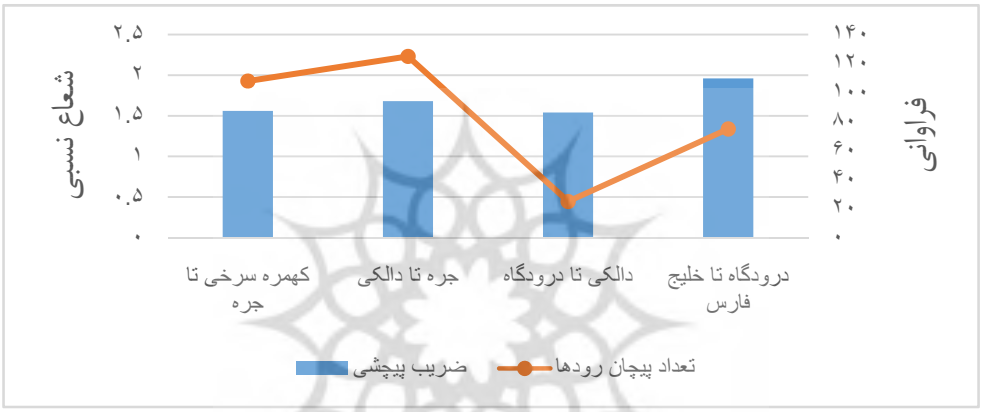


شکل ۱۰: نمودار نوسانات ضریب پیچشی کل پیچان‌رودها در سال ۲۰۱۳ میلادی

با مشاهده شکل های ۱۱و۱۲ میتوان دریافت که میزان شعاع نسبی از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳ میلادی روند افزایشی داشته است. افزایش طول خط مرکزی، تعداد پیچان‌رودها، ضریب سینوسی و تغییرات عرضی رودخانه در طول ۳۸ سال گذشته، به خصوص در محدوده جره تا درودگاه نشان دهنده ملایم بودن خم‌های این بخش از رودخانه بوده و وجود بازه‌های پایدار را در این محدوده نشان می‌دهد. بخش عمده خم‌های رودخانه دالکی در رده خم های آزاد و محدود شده قرار دارند (شکل ۱۳).



شکل ۱۱ : نمودار نوسانات شعاع نسبی کل پیچان‌رودها در سال ۱۹۷۵ میلادی



شکل ۱۲ : نمودار نوسانات شعاع نسبی کل پیچان‌رودها در سال ۲۰۱۳ میلادی

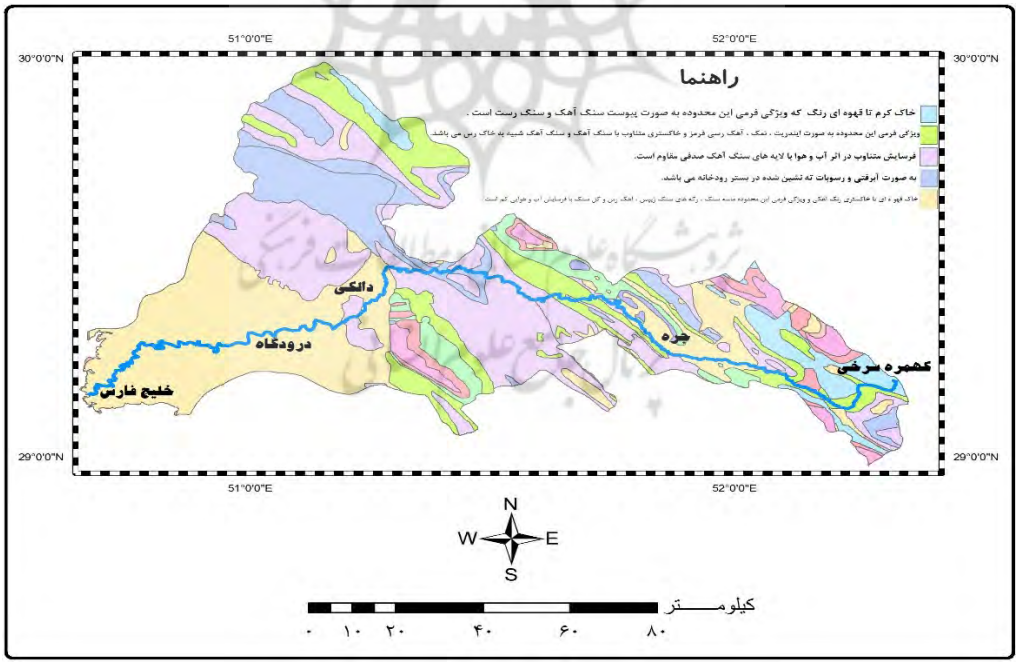
شکل۱۳: موقعیت بخش‌های پایدار و ناپایدار در محدوده موردمطالعه

بحث و نتیجه گیری

مقایسه وضعیت مورفولوژی و مقادیر پارامترهای هندسی بخش‌های مطالعاتی در بازه زمانی ۳۸ سال ، نشان دهنده تغییرات شدید در رودخانه دالکی است. طول خط مرکزی رودخانه از ۲۸۱ کیلومتر در سال ۱۹۷۵ میلادی به ۲۹۸ کیلومتر در سال ۲۰۱۳ میلادی افزایش یافته و تعداد پیچان‌رودها در محدوده مورد مطالعه از ۲۸۳ پیچان‌رود در سال ۱۹۷۵ میلادی به ۳۳۳ پیچان‌رود در سال ۲۰۱۳ میلادی افزایش یافته است و این موضوع نشان دهنده اضافه شدن ۵۰ پیچان‌رود در طول ۳۸ سال مورد بررسی است در بخش‌های ۱ و ۲ می‌باشد. با مقایسه زاویه مرکزی پیچان‌رودهای

بخش مورد مطالعه رودخانه دالکی در سال ۱۹۷۵ و ۲۰۱۳ میلادی نشان می دهد که در سال ۱۹۷۵ میلادی در بخش‌های ۱ ، ۲ و ۳ این رودخانه ازنظر توسعه پیچان‌رودی در رده پیچان‌رودی زیاد توسعه‌یافته قرار دارد و در بخش ۴ در رده رودخانه شاخ گاوی قرار دارد. دامنه تغییرات ضریب پیچشی محدوده مطالعاتی رودخانه دالکی بین ۱/۴۶ و ۱/۹۶ در نوسان بوده و هر ۴ بخش رودخانه در حال گذر از حالت پیچان‌رودی به سمت حالت پیچان‌رودی شدید است. به طور کلی تمام پارامترهای محاسبه شده از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۳ تقریبا در تمام بخش‌ها افزایش یافته که این نشان دهنده تغییرات رودخانه دالکی در طول ۳۸ سال است. بیشترین این تغییرات در بخش ۴ است که این بخش طبق بررسی های انجام شده جز محدوده ناپایدار و ریزشی است و عواملی چون جنس رسوبات و کاهش شیب، باعث ناپایداری و دستخوش جابجایی ها در مسیر رودخانه دالکی نسبت به سایر بخش‌ها شده است. با توجه به نقشه زمین‌شناسی محدوده موردمطالعه و مسیر رودخانه دالکی طبق شکل ۱۴ جنس ذرات بستر رودخانه موردبررسی قرار گرفت. جنس ذرات رودخانه دالکی به ۴ قسمت ازنظر زمین‌شناسی تقسیم می‌شود:

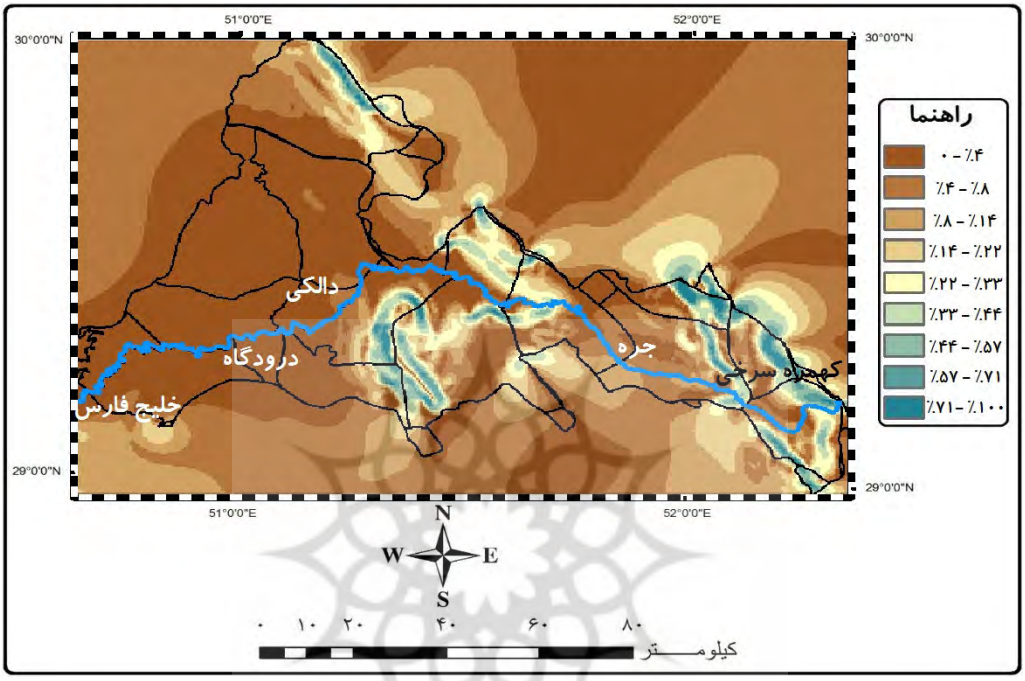
قسمت زرد رنگ که در راهنمای نقشه هم مشخص است ، دارای خاک کرم تا قهوه ای رنگ است که ویژگی فرمی این محدوده به‌صورت پیوست سنگ آهک و سنگ رست است. ویژگی فرمی قسمت آبی رنگ متشکل از ایندریت ، نمک ، آهک رسی قرمز و خاکستری متناوب با سنگ آهک و سنگ آهک شبیه به خاک رس می‌باشد. قسمت بنفش رنگ به‌صورت فرسایش متناوب در اثر آب و هوا با لایه‌های سنگ آهک صدفی مقاوم است. قسمت قرمز رنگ دارای خاک قهو ه ای تا خاکستری رنگ آهکی است و ویژگی فرمی این محدوده ماسه سنگ ، رگه های سنگ ژیپس ، آهک رس و گل سنگ با فرسایش آب و هوایی کم است. قسمت سبز رنگ به‌صورت آبرفتی و رسوبات ته نشین شده در بستر رودخانه می‌باشد .



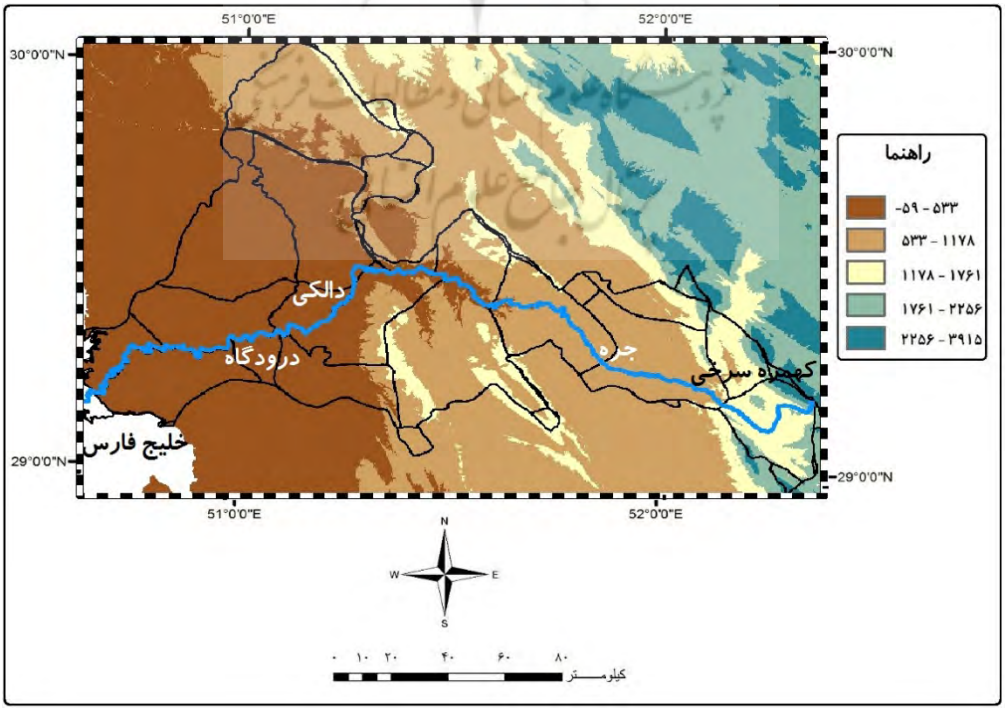
شکل ١٤: جنس ذرات مسیر رودخانه دالکی

این نقشه نشان می‌دهد که بخش ۴ (درودگاه تا خلیج فارس) دارای خاک قهوه ای تا خاکستری رنگ آهکی و دارای ویژگی فرمی ماسه سنگ، رگه های سنگ ژیپس، آهک رس و گل سنگ با فرسایش آب و هوایی کم است. طبق نقشه شیب (شکل ۱۵) رودخانه دالکی از کوه های کهمره سرخی با شیب ۴۴ تا ۵۷ درصد و ارتفاع ۲۲۵۶ تا ۳۹۱۵ متر سرچشمه گرفته و ۳۰ کیلومتر این رودخانه که از نزدیکی روستای دادنجان نیز می گذرد با شیب های متغییر 4 تا 22 درصد و ارتفاع ۵۳۳ تا ۱۱۷۸ متر توسعه دارد و از روستای جره گذشته که ۵ کیلومتر این رودخانه با شیب 33 تا ۴۴

درصد و ۵ کیلومتر دیگر با شیب ۴ درصد و حدود ۲۰ کیلومتر این رودخانه با شیب ۸ تا ۱۴ درصد ادامه می‌یابد تا از کنار روستای رودبال بگذرد و تقریبا به طول ۲۰ کیلومتر با شیب متغییر ۴ تا 14 درصد و ارتفاع ۵۹- تا ۵۳۳ متر ادامه پیدا کرده و ۱۵ کیلومتر با شیب 33 تا ۴۴ درصد و ارتفاع ۵۹- تا ۵۳۳ متر توسعه یابد . این رودخانه همچنان با شیب ۴ تا ۸ درصد و ارتفاع ۵۹- تا ۵۳۳ متر مسافتی حدود ۶۰ کیلومتر را پیموده و از شهر دالکی عبور می کند و به شمال غربی برازجان (زیارت) رسیده و با شیب ۴ درصد و ارتفاع ۵۹- تا ۵۳۳ متر ۷۰ کیلومتر را طی کرده و به خلیج فارس می ریزد.

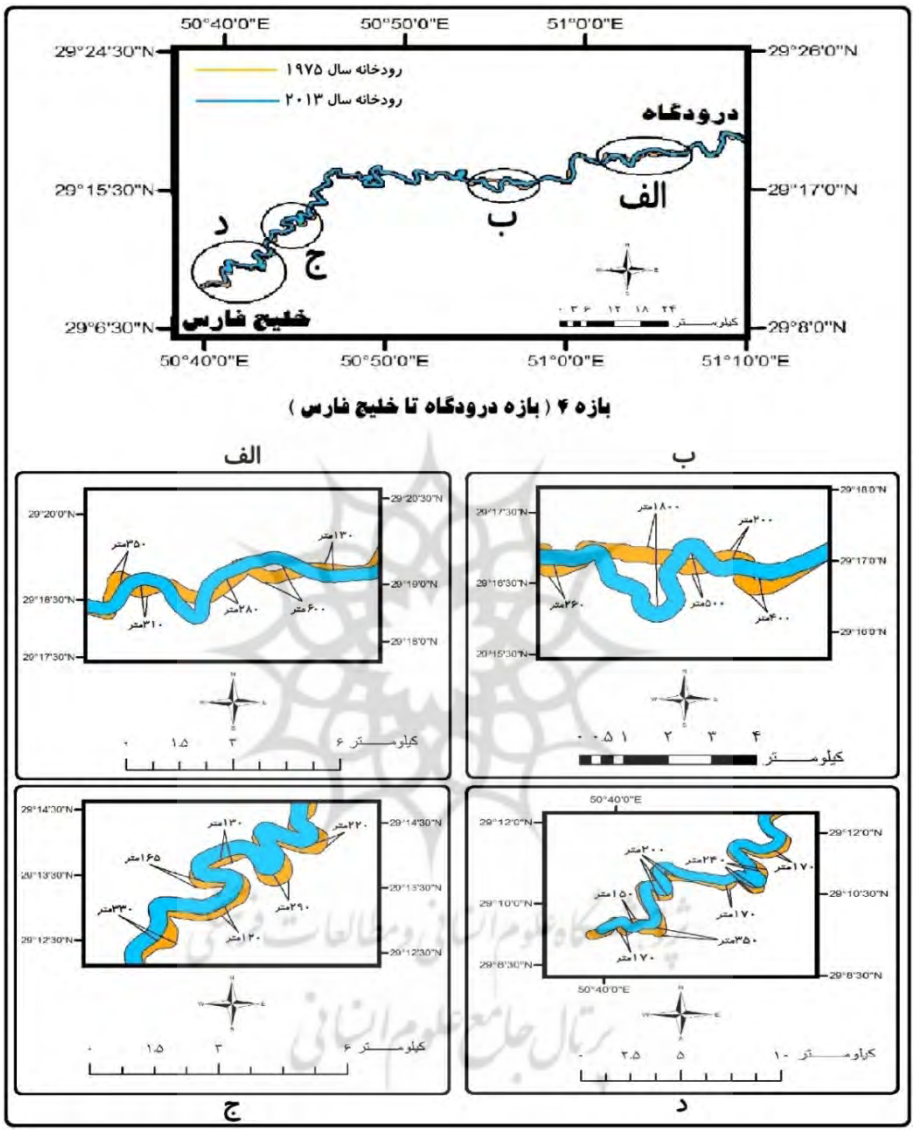


شکل ۱۵: نقشه شیب رودخانه دالکی



شکل ۱۶: طبقات ارتفاعی رودخانه دالکی

شیب بخش ۴ (درودگاه تا خلیج فارس) بین ۰ تا ۴ درصد کمترین شیب در حوضه رودخانه دالکی را دارد و ارتباط جنس رسوبات و شیب این بخش باعث بیشترین جابجایی شده که برای بررسی این جابجایی ها ۴ قسمت از این بخش موردبررسی قرارگرفته که در شکل ۱۷ می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۱۷ : جابجایی مسیر رودخانه دالکی

منابع

- آل یاسین، احمد.۱۳۸۶. کاربرد مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، چاپ دوم، انتشارات وزارت نیرو–کمیته ملی سدهای بزرگ ایران.
- امید، محمدحسین، حبیب زاده، علیرضا.۱۳۸۷. فرایندهای رودخانه ای، چاپ اول، انتشارات موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- تلوری، عبدالرسول، ۱۳۷۱، شناخت فرسایش کناری رودخانه‌ها در دشت های سیلابی، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد سازندگی.
- جواهری، نصرالله، ۱۳۸۴، آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیکی محیط های ساحلی شمال غربی خلیج فارس(هندیجان) با استفاده از روش منطق فازی و تکنیک‌های *GIS* , *RS*، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.

- حافظی مقدس، ناصر، سلوکی، حمیدرضا، جلیلوند، رضا، رهنماراد، جعفر، ۱۳۹۱، ژئومورفولوژی مهندسی رودخانه سیستان، زمین‌شناسی کاربردی.
- خبازی، مصطفی، ۱۳۷۸، ردیابی آثار تغییر مسیر رودخانه‌های دشت خوزستان در کواترنر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- دولتی، جواد، ۱۳۸۷، بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی بخش میانی رودخانه اترک با استفاده از *GIS*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.
- رضایی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا، اصغری سراسکانرود، صیاد، ۱۳۹۱، بررسی الگوی پیچان‌رودی رودخانه قزل اوزن با استفاده از شاخص های ضریب خمیدگی و زاویه مرکزی، جغرافیا(فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، سال دهم.
- علوی پناه، کاظم، ۱۳۸۹، کاربرد سنجش‌ازدور در علوم زمین(علوم خاک)، چاپ سوم، دانشگاه تهران.
- علوی نژاد، سید نظام، قنواتی، عزت الله، ۱۳۸۳، آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی خور موسی (بندر امام خمینی و ماهشهر) با استفاده از *GIS* , *RS*، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- غریب رضا، محمدرضا، معصومی، حمیدرضا، ۱۳۸۵، مورفولوژی رودخانه زهره و تغییرات آن در جلگه ساحلی هندیجان، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- نوحه گر، احمد، یمانی، مجتبی، ۱۳۸۴، بررسی ژئومورفولوژیکی پیچان‌رود و نقش آن در فرسایش رود میناب، پژوهش های جغرافیایی، صصص ۸۴-۶۵.
- نیک صفت، غلامرضا، داننده مهر، علی، ۱۳۸۹، اصول مهندسی رودخانه، چاپ، اول، انتشارات موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.
- ۱۴-یمانی، مجتبی، دولتی، جواد، زارعی، علیرضا، ۱۳۹۱، تاثیرگذاری عوامل هیدرو ژئومورفیک در تغییرات زمانی و مکانی بخش میانی رودخانه اترک، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی.
- یمانی، مجتبی، شرفی، سیامک، ۱۳۹۱، پارامترهای هندسی و نقش آن‌ها در تغییرات زمانی – مکانی بستر رودها، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال دهم.
- یمانی، مجتبی، علمی زاده، هیوا، مقصودی، مهران، مقیمی، ابراهیم، نوحه گر، احمد، ۱۳۸۹، بررسی تغییرهای پیچان‌رودی و ناپایداری بستر رودخانه در جلگه شمالی تنگه هرمز، علوم انسانی-برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره چهاردهم.
- *Arma, J.N.,2005. fluvial process and morphology of the Brahaputra River in Assam, India. Geomorphology. Vol: 70(3-4) Pp.226-256*
- *Bartholdy, j., and Billi, p.,2002. Morph dynamics of a pseudo meandering gravel bar reach. Geomorphology. Vol 42., Pp.293-310*
- *Edwards, B. F, D. H. Smith.,2001. River meandering dynamics. National Energy Laboratory. Morgantown. West Virginia. USA*
- *20- Phillips, J.D., M. C, Slattery.,2007. Downstream Trends in Discharge, Slope, and Stream Power in a Lower Coastal Plain River. Journal of Hydrology. Volume 334. Issues 1-2., Pp.290-303*
- *21-Schumm, S.A.,1984.Channel Morphology. Symposium on River Meandering–June 1984. Colorado State University. Fort Collins Colorado., Pp.250-260*
- *22-Simons, D.B.,1971. River and Channel Morphology. Fort Collins Colorado, Pp.120*