

بررسی تغییرات طولی رودخانه کارون با استفاده از روش میانگین جهت‌دار خطی (منطقه مورد مطالعه: از شوشتر تا اروند)

جعفر مرشدی*^۱، سید کاظم علوی پناه^۲، ابراهیم مقیمی^۳

۱. استادیار گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

salavipa@ut.ac.ir

۲. استاد گروه کارتوگرافی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

moghimi_ir@yahoo.com

۳. استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۲۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۷

چکیده

تأسیسات زیربنایی مهم کشاورزی، پروژه‌های عمرانی، صنعتی، شهری و نیاز اجتماعات واقع در حاشیه رودخانه کارون به آب و رسوب این رودخانه، زیان‌های ناشی از تغییرات ژئومورفولوژیکی، تغییرات گسترده پیمان رودها در مسیر رودخانه و نقش آن‌ها در تغییرات طبیعی، اقتصادی و اجتماعی، سبب تئوری بررسی تغییرات این رودخانه شده است. مقاله حاضر به بررسی تغییرات طولی رودخانه کارون با استفاده از روش میانگین جهت‌دار خطی می‌پردازد. این روش در بررسی تغییرات طولی و عرضی رودخانه‌ها کارایی بالایی دارد، از نظر زمانی سریع‌تر است و نتایج بهتری نیز ارائه می‌دهد. محدوده مورد مطالعه قسمت انتهایی رودخانه کارون در جلگه آبرفتی خوزستان واقع است و ۳۶۸/۷۴ کیلومتر طول دارد. این محدوده بر اساس ویژگی‌های هندسی، ساختار زمین‌شناسی و شیب به ۱۳ بازه تقسیم شده است. این بازه‌ها از نظر ویژگی‌های مورفومتریک تفاوت‌ها و تشابه‌های زیادی دارند که الگوهای خاصی را ایجاد کرده‌اند. دوره بررسی تغییرات طولی رودخانه کارون در زمان ۵۲ ساله‌ای از ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ است. داده‌های مورد نیاز از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و پیمایش‌های میدانی به دست آمده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که تغییرات مسیر رودخانه سبب تغییر ساختارهای زیست‌محیطی مرتبط با رودخانه می‌شوند و الگوهای اکولوژیک رودخانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نتایج نشان می‌دهند که طی دوره مطالعه، رودخانه کارون افزایش طولی داشته و میزان سینوسیتی آن نیز افزایش یافته است. در سال ۱۹۹۱ طول مسیر رودخانه کارون ۳/۳ درصد، سال ۲۰۰۲ برابر با ۳/۶ درصد و در سال ۲۰۰۷ مساوی با ۴/۱ درصد نسبت به سال پایه ۱۹۵۵ افزایش مسیر داشته است.

کلیدواژه

تغییرات طولی، کارون، میانگین جهت‌دار خطی، مورفومتري

۱. سرآغاز

یا صحرایی همراه با اندازه‌گیری ویژگی‌های ژئومتریکی و متغیرهای رودخانه، روش‌های تاریخی بر اساس نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و آمار و گزارشات مختلف در زمان‌های متفاوت، روش‌های تعیین سن از طریق بررسی‌های گیاه‌شناسی و رسوب‌شناسی، روش‌های مبتنی بر تغییرات زمانی - مکانی یا ارگودیک (Gregory, 1980).
Knighton در سال ۱۹۹۸ روش استدلال استنباطی

تغییرات رودخانه‌ها به خصوص در دشت‌های آبرفتی سبب تغییر ساختارهای زیست‌محیطی حاشیه رودخانه می‌شوند و الگوهای زیست‌محیطی ساحل رودخانه را ناپایدار می‌کنند، بنابراین عرصه‌های زیستی دور از رودخانه تشکیل می‌شوند (مقیمی، ۱۳۸۸). تاکنون چهار روش عمده برای بررسی تغییرات رودخانه‌ها ارائه شده است، شامل روش‌های تجربی

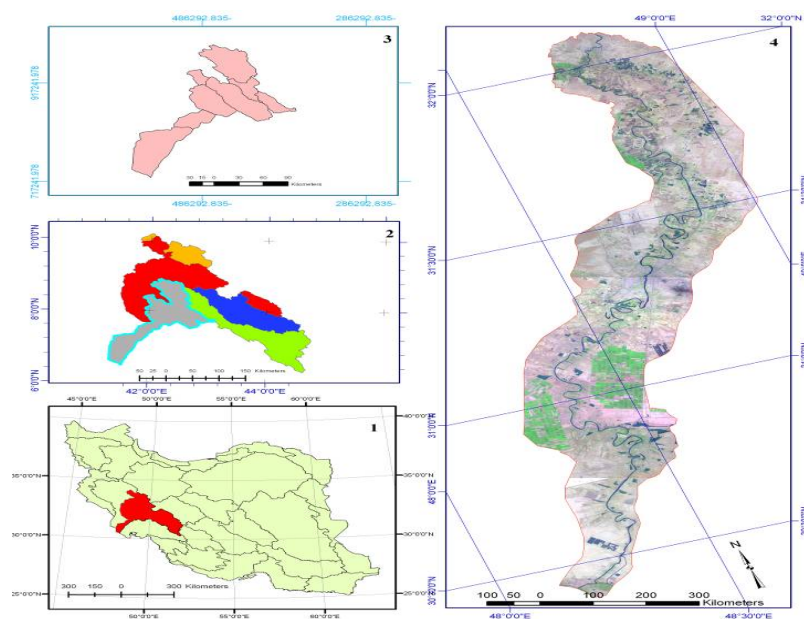
Rinaldi, (1997), Williams (1986), Richards (1982) Johnson مطالعاتى در اين زمينه داشته‌اند. در ايران نيز مى‌توان به كارهاى مرشدى و علوى پناه (۱۳۸۷) در خصوص رودخانه كارون، مقيمى و مرشدى (۱۳۸۷) در خصوص رودخانه كرخه، آل ياسين (۱۳۷۹) و تلورى (۱۳۷۱) اشاره كرد.

۲. مواد و روش‌ها

كارون از بزرگ‌ترين و طولانى‌ترين رودخانه‌هاى ايران است كه به شمال غرب خليج فارس مى‌ريزد. رودخانه كارون از نظر ژئومورفولوژى به ۴ بخش اصلى كوهستانى، پايكوهى، جلگه‌اى و دلتايى تقسيم مى‌شود (مقيمى، ۱۳۸۸). محدوده بررسى اين پژوهش بخش جلگه‌اى رودخانه كارون است كه از تنگه عقيلى واقع در شمال شوشتر و مختصات $LONG = 48^{\circ} 50' 03'' E$ و $LAT = 32^{\circ} 06' 39'' N$ آغاز شده و تا ارونند به مختصات $long = 48^{\circ} 11' 06'' E$ و $lat = 30^{\circ} 23' 06'' N$ طول آن ۳۶۸/۷۴ كيلومتر و مساحت فضاى كه ابراهه در آن اثر گذاشته ۴۵۸۵ كيلومتر مربع است (شكل ۱).

آمارى مبتنى بر تغييرات زمانى- مكانى را به روش‌هاى فوق مى‌افزايد (Knighton, 1998). اما با پيشرفت آمار و تكنيك‌هاى سنجش از دور و تكامل علوم رايانه‌اى و نرم‌افزارهاى مربوط، تكنيك‌هاى سنجش تغييرات رودخانه‌ها نيز وارد قلمروهاى تازه‌اى شد.

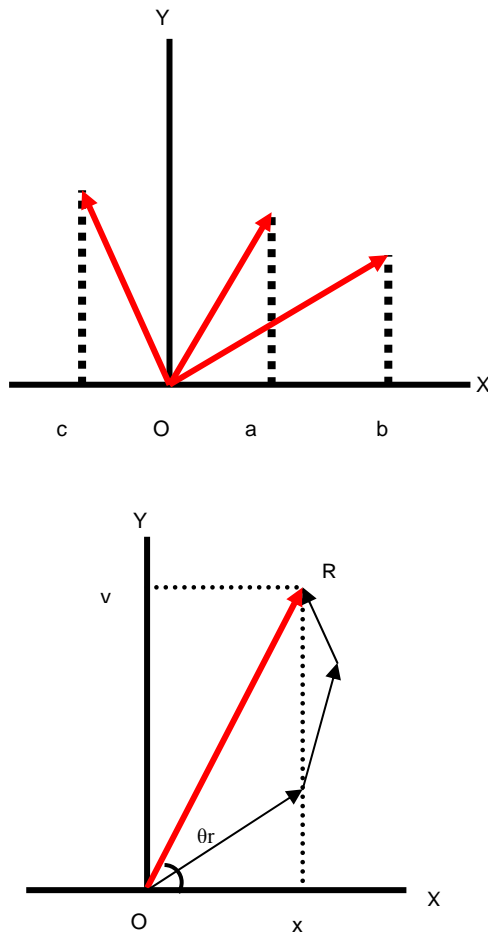
مطالعه كانال رودخانه‌ها و تغييرات ماندرها بر اساس نقشه‌ها و تغييرات تاريخى، ابتدا روى رودخانه كانزاس (Kansas-River) و شاخه‌هايش بين سال‌هاى ۱۸۵۷ تا ۱۸۶۸ و ۱۹۷۶ بر اساس تحقيقات دورت شروع شد (Dort, 1978). با اختراع عكاسى هوايى در سال ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ مطالعه پلانفرم رودخانه‌ها سرعت گرفت و بسيارى از محققان از اين عكس‌ها براى طبقه‌بندى فرم ماندرها استفاده كردند. لئوپولد و ولمن بر اساس نقشه‌ها و عكس‌هاى هوايى روابط ژئومترىك مهندسى را ارائه كردند (Leopold and Wolman, 1960). همچنين، Brice از مركز بررسى‌هاى زمين‌شناسى ايالات متحده براى آناليز پلانفرم ماندرها از عكس‌هاى هوايى استفاده و مجموعه بزرگى از عكس‌هاى هوايى بيشتر از ۳۵۰ رودخانه ايالت متحده را جمع‌آورى كرد (Brice, 1974). وى از اين عكس‌ها براى توسعه طبقه‌بندى خود از فرم كانال رودخانه‌ها و الگوى آن‌ها و شكل ماندرها استفاده كرد (Brice, 1984). بعد از آن (Hickin (1974), Chang, Toebes (1980).



شكل ۱. موقعيت حوضه كارون

تصاویر ماهواره‌اندست

جهت‌دار، مفهومی شبیه میانگین یا میانه در آمار کلاسیک دارد. این روش باید بتواند جهت کلی یک دسته بردار را نشان دهد. روند مجموعه‌ای از خطوط به وسیله محاسبه متوسط زاویه خطوط اندازه‌گیری می‌شود (مرشدی و علوی‌پناه، ۱۳۸۷).

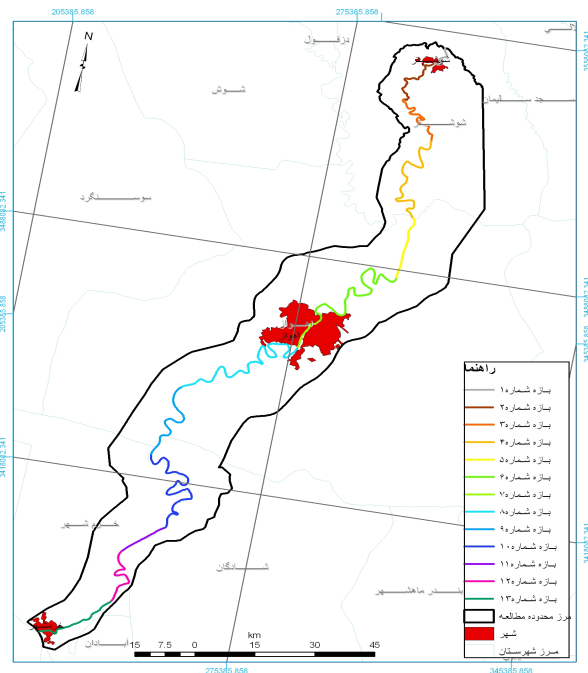


شکل ۳. مفهوم میانگین جهت‌دار خطی الف، سه بردار یا سه مسیر از یک عارضه ب، جمع شدن سه بردار

منبع: (یونگ، ۱۳۸۱)

برای مثال، شکل ۳ الف، سه بردار یا سه مسیر از یک عارضه را نشان می‌دهد که از مبدأ خاصی شروع شده‌اند. در واقع میانگین جهت‌دار از جمع کردن این سه بردار به دست می‌آید. جمع کردن دو بردار به معنی این است که ابتدای بردار دوم را انتهای بردار اول قرار دهیم. شکل ۳ ب، چگونگی جمع شدن سه بردار را که در شکل قبل رسم

دوره بررسی این مقاله ۵۲ سال و از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ است که در چهار دوره ۱۹۵۵، ۱۹۹۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ بررسی تغییرات صورت گرفته و انتخاب دوره‌های مطالعه بر اساس منابع، تصاویر ماهواره‌ای (سازمان فضایی تصاویر ماهواره‌اندست، ۱۹۹۱، ۱۹۹۳، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) (سازمان جغرافیایی تصاویر ماهواره‌ای IRS، ۲۰۰۷) و نقشه‌های توپوگرافی (سازمان نقشه‌برداری نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰، ۱۳۷۴) (سازمان جغرافیایی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، ۱۳۳۴) بوده است. به علت طول زیاد محدوده مورد مطالعه مسیر رودخانه بر اساس ویژگی‌های هندسی و ساختار زمین‌شناسی و شیب به ۱۳ بازه تقسیم شده است. هر بازه نشان‌دهنده یک سری ویژگی‌های مشترک است (شکل ۲).



شکل ۲. بازه‌های محدوده مورد مطالعه

منبع: (مرشدی و مقیمی، ۱۳۸۷)

در نهایت پس از تهیه لایه مسیر رودخانه در دوره‌های نامبرده با استفاده از نرم‌افزارهای GIS روش میانگین جهت‌دار خطی روی داده‌ها اعمال شد و در خصوص مسیرهای خطی استفاده می‌شود. برای محاسبه روند خطوط «میانگین جهت‌دار خطی ۱» نام‌گذاری شده است. میانگین

مثلاثاتی منطبق باشد (جی لی و دیوید وانگ، ۱۳۸۱).
بنابراین، می‌توان از روابط زیر برای به دست آوردن
زاویه نهایی استفاده کرد.

(۴)

$$\Sigma_{\text{Sin}\theta} > 0, \Sigma_{\text{Cos}\theta} > 0 = \text{LDM}$$

$$\Sigma_{\text{Sin}\theta} > 0, \Sigma_{\text{Cos}\theta} < 0 = \text{LDM}-180$$

$$\Sigma_{\text{Sin}\theta} < 0, \Sigma_{\text{Cos}\theta} > 0 = \text{LDM}+180$$

$$\Sigma_{\text{Sin}\theta} < 0, \Sigma_{\text{Cos}\theta} < 0 = \text{LDM}-360$$

با توجه به روابط فوق به طور ساده می‌توان گفت
(جدول ۱ و رابطه ۴):

۱. اگر صورت و مخرج کسر هر دو مثبت باشند،
هیچ‌گونه تعدیلی لازم نیست (ربع اول)؛

۲. اگر صورت مثبت و مخرج منفی باشد، آنگاه
میانگین جهت‌دار از ۱۸۰ کم می‌شود (ربع دوم)؛

۳. اگر صورت و مخرج هر دو منفی باشند، آنگاه
میانگین جهت‌دار با ۱۸۰ جمع می‌شود (ربع سوم)؛

۴. اگر صورت منفی و مخرج مثبت باشد، آنگاه
میانگین جهت‌دار از ۳۶۰ کم می‌شود (ربع چهارم).

اگر به صورت دستی اقدام به برآورد این روش شود
ابتدا باید مسیرها و بردارهای هم‌راستا از طریق ابزارهای
اندازه‌گیری مثل نقاله مشخص شوند، سپس زاویه هر کدام
اندازه‌گیری شود و اگر زوایای بردارها مشخص باشند
مراحل زیر برای به دست آوردن میانگین جهت‌دار خطی
ضروری است:

۱. محاسبه سینوس زوایای مورد نظر مثلاً یک مسیر از
رودخانه که به ۶ بردار تقسیم شده است؛
۲. محاسبه کسینوس زوایای مسیرها؛
۳. جمع کردن سینوس زوایا و کسینوس زوایا؛
۴. محاسبه نسبت سینوس‌ها و کسینوس‌های زوایا؛
۵. محاسبه معکوس $\text{tg}\theta_r$ یعنی $\text{Arctg}\theta_r$.

با توجه به اینکه تغییرات اکولوژیک سواحل و حریم
رودخانه‌ها با تغییرات ژئومورفیک مسیر رودخانه ارتباط
مستقیمی دارد (مقیم‌ی، ۱۳۸۸) بنابراین، در بررسی
اکولوژی رودخانه‌ها، شناسایی میزان و جهت تغییرات مسیر

شده بودند نشان می‌دهد. حاصل جمع یا برآیند این سه
بردار، OR است. میانگین جهت‌دار سه بردار (θ_r) در این
شکل در جهت بردار برآیند است که جهت برآیند از رابطه
زیر محاسبه می‌شود (جی لی و دیوید وانگ، ۱۳۸۱).

$$\text{tg}\theta_r \text{ oy/ox} \quad (1)$$

در رابطه یک مؤلفه عمودی بردارها و ox مؤلفه
افقی آن‌هاست. چون هر سه بردار، دارای طول واحدند
بنابراین، مؤلفه عمودی هر کدام از بردارها برابر با سینوس
زاویه‌ای است که آن بردار با افق می‌سازد و مؤلفه افقی هر
بردار برابر با کسینوس زاویه‌ای است که آن بردار با افق
می‌سازد. بنابراین، اگر سه بردار را با a, b و c نشان دهیم،
زاویه‌ای که هر کدام از این سه بردار با افق می‌سازد، $\theta_a, \theta_b,$
 θ_c است بنابراین:

$$\text{tg}\theta_r = \Sigma_{\text{Sin}\theta_v} / \Sigma_{\text{Cos}\theta_v} \quad (2)$$

برای تعمیم فرمول بالا فرض می‌کنیم n بردار v داشته
باشیم $\{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ و زاویه هر کدام از بردارهای v با
محور ox ها θ_v باشد آنگاه جهت بردار برآیند (θ_r) برابر
است با:

(۳)

$\text{tg}\theta_r = \text{Sin}\theta_a + \text{Sin}\theta_b + \text{Sin}\theta_c / \text{Cos}\theta_a + \text{Cos}\theta_b + \text{Cos}\theta_c$
در نهایت برای به دست آوردن میانگین جهت‌دار کافی
است $\text{tg}\theta_r$ را معکوس کنیم یعنی $\text{Arctg}\theta_r$ را حساب کنیم
تا θ_r بر حسب رادیان به دست آید. در نهایت، اگر همه
بردارها یک جهت داشته باشند بعد از اینکه همه به هم
متصل شدند، بردار برآیند در بین دسته بردارها خواهد بود،
اما اگر بردارها جهت‌های مختلف داشته باشند مثل
بردارهای ۲۵ و ۱۴۵ درجه، جهت بردار برآیند ۸۵ درجه
خواهد بود.

میانگین‌گیری به این روش زمانی منطقی است که تمام
زوایا زیر یا بالای ۱۸۰ درجه داشته باشند، اما اگر تعدادی
از بردارها زاویه‌ای بیشتر و تعدادی کمتر از ۱۸۰ درجه
داشته باشند میانگین‌گرفتن از زوایا، جهت بردار برآیند را
نشان نمی‌دهد. نتیجه‌ای که از فرمول بالا برای میانگین
جهت‌دار مشتق می‌شود باید با موقعیت‌های ویژه ربع‌های

و برق استان خوزستان استفاده شده است (سازمان آب و برق استان خوزستان، ۱۳۷۶). بر این اساس خط مرکزی رودخانه با خط القعر مقایسه شد تا برای مثال مناطقی که در روی تصویر ماندنند با مناطقی که در خط القعر وضعیت متفاوتی را نشان می‌دهند مقایسه شوند که در بازه‌های مورد بررسی روند مسیر رودخانه با تغییرات ماندن تفاوت چندانی را نشان نداده است و تأثیر زیادی نیز در نتایج تحقیق ندارد، زیرا در مقیاس مورد بررسی این گونه تغییرات بسیار ناچیز تلقی می‌شوند و خللی در روش کار ایجاد نمی‌کنند.

خط مرکزی رودخانه در سال‌های ۱۹۵۵، ۱۹۹۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ با استفاده از نرم‌افزار ArcGis، از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای سال‌های فوق استخراج شده است. انتخاب مسیر رودخانه بر اساس خط مرکزی و انطباق آن با نیمرخ‌های توپوگرافی سازمان آب و برق خوزستان است بنابراین، ترکیب این دو داده سبب تهیه خط القعر رودخانه شده است. پس از این مرحله محدوده هر کدام از بازه‌ها تعیین شد. انتخاب بازه‌های مطالعاتی بر اساس میانگین جهت هر مسیر از رودخانه بوده است و بر اساس آن، رودخانه کارون به ۱۳ قسمت تقسیم شد.

۴. نتایج و بحث

کل رودخانه: نگاهی کلی به مسیر کل رودخانه از نقطه شروع مطالعه (شمال شوشتر) تا انتهای آن (تقاطع کارون با اروندرود) در دوره‌های زمانی ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که در سال ۱۹۵۵ طول مسیر رودخانه ۳۵۴۱۱۶ متر، سال ۱۹۹۱ برابر با ۳۶۵۸۹۸ متر، در سال ۲۰۰۲ مساوی با ۳۶۶۸۶۹ متر و در سال ۲۰۰۷ برابر با ۳۶۸۷۴۱ متر بوده است. جدول ۲ و شکل ۴ بررسی طول مسیر رودخانه را نشان می‌دهند که از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ مسیر رودخانه طولانی‌تر شده است. این روند بین سال‌های ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱ شدیدتر بوده و پس از ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷ افزایش این مسیر کمتر شده است.

رودخانه بسیار اهمیت دارد و این مهم از طریق روش تشریح شده به بهترین وجه در دسترس است.

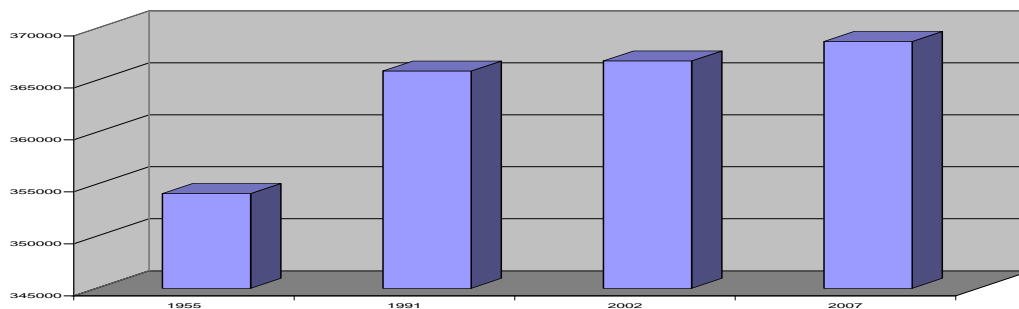
جدول ۱. موقعیت‌های ویژه ربع‌های مثلثاتی

$\sin\theta > 0$ $\cos\theta < 0$	ربع دوم	$\sin\theta > 0$ $\cos\theta > 0$	ربع اول
$\cos\theta < 0$ $\sin\theta < 0$	ربع سوم	$\sin\theta < 0$ $\cos\theta > 0$	ربع چهارم

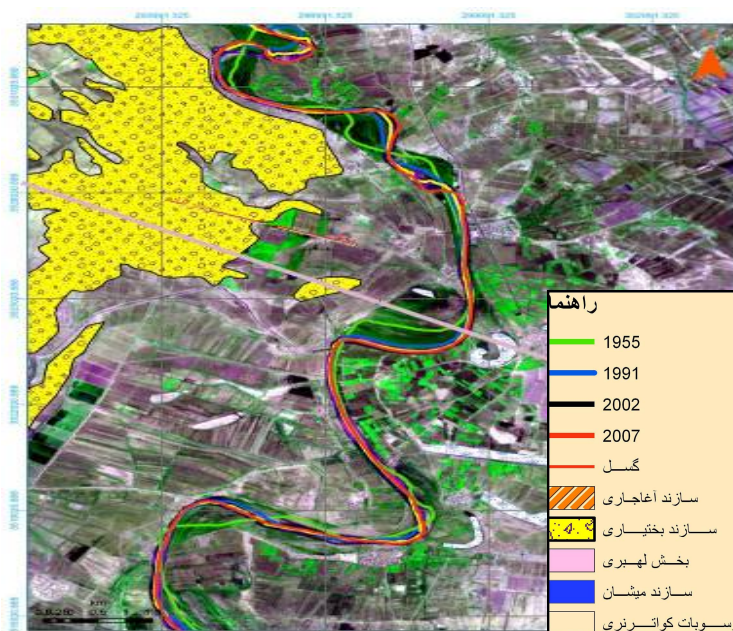
۳. داده‌های مورد نیاز

نقشه‌های توپوگرافی: از نقشه‌های توپوگرافی به‌منزله پایه مطالعات و برای زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای و سایر نقشه‌های اسکن‌شده در دو مقیاس نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۹۵۵ (۱۸ شیت) و نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سال ۱۳۷۴ (۵۸ شیت) استفاده شده است. نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ ابتدا اسکن شد، سپس بر اساس سیستم مختصات نقشه از طریق نرم‌افزار ژئوماتیک^۷ و روش زمین مرجع به شیوه استفاده از ورود نقاط مختصات نقشه معلوم به نقشه‌های غیر زمین مرجع، ژئورفرنس شدند (علوی‌پناه، ۱۳۸۲). لایه‌های مورد نظر از طریق رقومی کردن آن‌ها استخراج شدند. نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ مورد نیاز نیز پس از انتقال از محیط CAD به محیط GIS آورده و در تحلیل‌ها استفاده شدند. از تصاویر ماهواره‌ای لندست، تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۹۱ و سین‌های ۳۸-۱۶۵ و ۳۹-۱۶۵ استفاده شد. همچنین، تصاویر سنجنده ETM+ سال ۲۰۰۲ همین ماهواره و در سین‌های ۳۸-۱۶۵ و ۳۹-۱۶۵ نیز استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای IRS مورد استفاده در این تحقیق مربوط به سنجنده LISSIII در سال ۲۰۰۷ است. همچنین، برای افزایش دقت و صحت تغییرات به‌دست‌آمده برداشت‌هایی از طریق گیرنده GPS و در زمان بررسی‌های میدانی استفاده شد.

در تحلیل‌ها و بررسی نیمرخ عرضی و طولی رودخانه نیز از حدود ۲۵۰ نیمرخ برداشت‌شده از سوی سازمان آب



شکل ۴. تغییرات طول کل رودخانه (منبع: مرشدی و مقیمی، ۱۳۸۷)



شکل ۵. نمونه‌ای از تغییرات رودخانه کارون در بازه ۳

(منبع: مرشدی، ۱۳۸۷)

شرق NNE به سمت جنوب جنوب غربی SSW است. در جدول ۲ که آزمون مسیر رودخانه در سال‌های مختلف آورده شده است این گفته را اثبات می‌کند. حداکثر تغییرات میانگین جهت‌دار رودخانه کارون نیز نشان می‌دهد که بیشترین میزان این تغییرات ۱۸۸ متر و مربوط به دوره‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷ است و کمترین آن نیز مربوط به دوره‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ و برابر با ۵ متر است (جدول ۳).

- بازه ۱: این بازه از شمال شوشتر تا جنوب آن امتداد دارد. طول این بازه در سال‌های مختلف در جدول ۱ آمده است.

همچنین، بررسی نقطه میانگین مرکزی رودخانه جدول ۳ در چهار دوره مطالعه نشان می‌دهد که نقطه مرکزی رودخانه از سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱ برابر ۴۹۸ متر، از ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ برابر با ۸۷ متر و از ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ برابر با ۸۷ متر جابه‌جا شده است. حداقل میانگین جابه‌جایی نقطه مرکزی رودخانه در دوره مورد بررسی بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ بوده و برابر با ۸۷ متر و حداکثر میزان جابه‌جایی نقطه میانگین مرکزی بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۱۹۹۱ صورت گرفته و برابر با ۸۱۷ متر است (جدول ۲).

جهت کلی رودخانه کارون دارای تمایل شمال شمال

جدول ۲. طول، آزمون، میزان جابه‌جایی و نقاط میانگین مرکزی بازه‌های رودخانه کارون از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷

نام بازه	سال	طول M	آزمون N	X میانگین	Y میانگین	میزان جابه‌جایی M	نام بازه	سال	طول M	آزمون N	X میانگین	Y میانگین	میزان جابه‌جایی M
۱	۱۹۵۵	۸۱۷۵	۲۰/۴	۲۹۸۲۲۸	۳۵۵۰۱۹۰	۸۴	۸	۱۹۵۵	۵۷۳۲۹	۲۳۸/۵	۲۶۵۹۵۶	۳۴۵۵۲۳۰	۴۴
	۱۹۹۱	۸۰۸۲	۲۰/۵	۲۹۸۱۵۳	۳۵۵۰۱۵۰	۶۲		۱۹۹۱	۵۸۵۴۶	۲۳۸/۷	۲۶۵۹۵۲	۳۴۵۵۱۸۰	۲۱
	۲۰۰۲	۷۹۵۷	۲۰/۴	۲۹۸۱۴۰	۳۵۵۰۰۹۰	۹		۲۰۰۲	۵۹۲۱۲	۲۳۸/۷	۲۶۵۹۴۳	۳۴۵۵۱۶۰	۱۲
	۲۰۰۷	۷۹۶۸	۲۰/۶	۲۹۸۱۴۹	۳۵۵۰۰۹۰			۲۰۰۷	۵۹۰۱۳	۲۳۸/۷	۲۶۵۹۳۸	۳۴۵۵۱۵۰	
۲	۱۹۵۵	۲۲۶۶۸	۲۰/۲	۲۹۱۹۲۹	۳۵۴۱۱۹۰	۵۹۸	۹	۱۹۵۵	۲۸۲۵۶	۱۹۰/۹	۲۴۹۳۶۲	۳۴۳۴۹۵۰	۴۷
	۱۹۹۱	۲۴۳۶۹	۲۰/۴	۲۹۱۸۰۶	۳۵۴۲۵۰۰	۸۷۵		۱۹۹۱	۲۹۰۶۲	۱۹۰/۸	۲۴۹۴۰۹	۳۴۳۴۹۶۰	۱۶
	۲۰۰۲	۱۹۶۰۷	۲۰/۹	۲۹۲۵۳۲	۳۵۴۲۹۹۰	۴۵۸		۲۰۰۲	۲۹۴۲۳	۱۹۰/۸	۲۴۹۴۱۸	۳۴۳۴۹۴۰	۱۰
	۲۰۰۷	۱۹۸۴۳	۲۰/۷	۲۹۲۳۳۱	۳۵۴۲۵۷۰			۲۰۰۷	۲۹۳۸۷	۱۹۰/۸	۲۴۹۴۱۰	۳۴۳۴۹۳۰	
۳	۱۹۵۵	۱۷۷۰۸	۱۴/۹	۲۹۵۳۹۱	۳۵۳۱۷۵۰	۱۶۳	۱۰	۱۹۵۵	۴۵۳۹۴	۱۶۱/۱	۲۵۳۵۳۴	۳۴۱۶۳۰۰	۸۶
	۱۹۹۱	۲۰۷۶۶	۱۴/۸	۲۹۵۳۷۳	۳۵۳۱۹۲۰	۲۰		۱۹۹۱	۴۸۵۵۵	۱۶۱	۲۵۳۵۸۸	۳۴۱۶۳۶۰	۷۴
	۲۰۰۲	۲۲۴۱۰	۱۴/۵	۲۹۵۳۷۰	۳۵۳۱۹۴۰	۲۴		۲۰۰۲	۴۹۹۳۵	۱۶۱	۲۵۳۶۵۴	۳۴۱۶۳۳۰	۲۰
	۲۰۰۷	۲۳۱۵۶	۱۴/۶	۲۹۵۳۹۰	۳۵۳۱۹۵۰			۲۰۰۷	۵۰۶۲۱	۱۶۱	۲۵۳۶۷۰	۳۴۱۶۳۴۰	
۴	۱۹۵۵	۳۹۰۰۲	۱۸۱/۹	۲۹۶۶۶۹	۳۵۱۴۳۷۰	۱۱۵	۱۱	۱۹۵۵	۱۲۸۰۸	۲۲۷/۴	۲۴۸۴۶۱	۳۴۰۰۳۹۰	۲۶
	۱۹۹۱	۳۹۵۹۷	۱۸۱/۸	۲۹۶۵۶۱	۳۵۱۴۴۱۰	۳۳		۱۹۹۱	۱۲۷۹۲	۲۲۷/۶	۲۴۸۴۸۵	۳۴۰۰۴۰۰	۲۲
	۲۰۰۲	۴۰۲۳۹	۱۸۱/۸	۲۹۶۵۳۲	۳۵۱۴۳۹۰	۲۲۹		۲۰۰۲	۱۲۷۸۱	۲۲۷/۶	۲۴۸۴۹۷	۳۴۰۰۳۸۰	۸
	۲۰۰۷	۴۰۳۴۷	۱۸۱/۹	۲۹۶۵۶۲	۳۵۱۴۴۰۰			۲۰۰۷	۱۲۷۹۰	۲۲۷/۶	۲۴۸۵۰۴	۳۴۰۰۳۸۰	
۵	۱۹۵۵	۱۸۸۷۲	۱۸۳/۲	۲۹۸۵۶۱	۳۴۹۴۶۲۰	۴۴	۱۲	۱۹۵۵	۲۱۲۹۷	۱۸۰/۳	۲۴۴۸۶۸	۳۳۸۸۸۱۰	۴۳
	۱۹۹۱	۱۸۷۵۷	۱۸۳/۲	۲۹۸۵۵۰	۳۴۹۴۶۶۰	۷		۱۹۹۱	۲۱۹۹۷	۱۸۰/۲	۲۴۴۸۴۹	۳۳۸۸۸۵۰	۳
	۲۰۰۲	۱۸۹۱۸	۱۸۳/۲	۲۹۸۵۵۱	۳۴۹۴۶۶۰	۳۴		۲۰۰۲	۲۱۹۹۸	۱۸۰/۲	۲۴۴۸۵۰	۳۳۸۸۸۵۰	۱۸
	۲۰۰۷	۱۸۸۴۸	۱۸۳/۱	۲۹۸۵۶۸	۳۴۹۴۶۹۰			۲۰۰۷	۲۲۰۸۷	۱۸۰/۲	۲۴۴۸۶۷	۳۳۸۸۸۴۰	
۶	۱۹۵۵	۴۹۵۸۹	۲۲۷/۶	۲۸۸۵۳۲	۳۴۷۹۷۲۰	۵۶	۱۳	۱۹۵۵	۲۲۲۴۷	۲۳۳/۷	۲۳۶۲۹۲	۳۳۷۴۲۰۰	۲۰
	۱۹۹۱	۵۰۳۲۱	۲۲۷/۶	۲۸۸۴۷۷	۳۴۷۹۷۳۰	۷۴		۱۹۹۱	۲۲۲۸۲	۲۳۳/۸	۲۳۶۲۷۹	۳۳۷۴۲۰۰	۱۲
	۲۰۰۲	۵۱۱۸۱	۲۲۷/۶	۲۸۸۵۴۷	۳۴۷۹۷۵۰	۳		۲۰۰۲	۲۲۲۹۵	۲۳۳/۸	۲۳۶۲۲۸	۳۳۷۴۱۹۰	۴۰
	۲۰۰۷	۵۱۴۲۷	۲۲۷/۶	۲۸۸۵۴۷	۳۴۷۹۷۵۰			۲۰۰۷	۲۲۳۷۳	۲۳۳/۸	۲۳۶۲۵۹	۳۳۷۴۱۶۰	
۷	۱۹۵۵	۱۰۷۶۲	۲۰۵/۳	۲۷۸۴۴۴	۳۴۶۶۱۶۰	۶۴	کل	۱۹۵۵	۳۵۴۱۱۶	۲۰/۱	۲۷۱۸۱۷	۳۴۶۱۵۰۰	۴۹۸
	۱۹۹۱	۱۰۷۷۸	۲۰۵/۳	۲۷۸۴۵۴	۳۴۶۶۲۲۰	۵۰		۱۹۹۱	۳۶۵۸۹۸	۲۰/۱	۲۷۱۸۶۵	۳۴۶۱۹۹۰	۸۱۷
	۲۰۰۲	۱۰۹۰۶	۲۰۵/۱	۲۷۸۴۹۸	۳۴۶۶۲۵۰	۰/۸۱		۲۰۰۲	۳۶۶۸۶۹	۲۰/۱	۲۷۱۷۵۰	۳۴۶۱۱۸۰	۸۷
	۲۰۰۷	۱۰۸۷۷	۲۰۵/۲	۲۷۸۴۹۷	۳۴۶۶۲۵۰			۲۰۰۷	۳۶۸۷۴۱	۲۰/۱	۲۷۱۷۷۷	۳۴۶۱۲۷۰	

جدول ۳. حداکثر تغییرات میانگین جهت‌دار بازه‌های رودخانه کارون از ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ در ابتدا و انتهای بازه‌های مطالعاتی (قطر شمال شرقی ماتریس، تغییرات ابتدای بازه‌ها و قطر جنوب غربی ماتریس، تغییرات انتها) منبع: (مرشدی، ۱۳۸۷)

نام	سال	۱۹۵۵	۱۹۹۱	۲۰۰۲	۲۰۰۷	نام	سال	۱۹۵۵	۱۹۹۱	۲۰۰۲	۲۰۰۷
۱	۱۹۵۵	۰	۴۹	۴۱	۲۴	۸	۱۹۵۵	۰	۱۰۵	۱۲۷	۱۴۴
	۱۹۹۱	۶۲	۰	۹	۲۵		۱۹۹۱	۳۴	۰	۲۱	۳۷
	۲۰۰۲	۵۱	۱۰	۰	۱۶		۲۰۰۲	۳۵	۱	۰	۱۵
	۲۰۰۷	۴۹	۱۲	۱	۰		۲۰۰۷	۳۳	۰/۰۴	۱	۰
۲	۱۹۵۵	۰	۳۲۰	۲۰۱	۱۶۳	۹	۱۹۵۵	۰	۱۰	۲۳	۲۶
	۱۹۹۱	۴۲۷	۰	۵۱۶	۵۱۰		۱۹۹۱	۸۱	۰	۱۳	۱۵
	۲۰۰۲	۶۹	۳۴۵	۰	۲۷		۲۰۰۲	۹۰	۸	۰	۳
	۲۰۰۷	۲۸	۳۸۹	۴۵	۰		۲۰۰۷	۷۴	۷	۱۶	۰
۳	۱۹۵۵	۰	۹۷	۳۲	۶۴	۱۰	۱۹۵۵	۰	۶۴	۱۱۲	۱۰۷
	۱۹۹۱	۸۱	۰	۷۸	۴۴		۱۹۹۱	۸۱	۰	۴۷	۴۱
	۲۰۰۲	۱۷۲	۱۰۱	۰	۳۵		۲۰۰۲	۱۲	۱۳۵	۵۲	۱۰
	۲۰۰۷	۱۸۶	۱۱۵	۱۲	۰		۲۰۰۷	۱۷۶	۹۵	۴۲	۰
۴	۱۹۵۵	۰	۱۴۴	۱۶۶	۱۱۲	۱۱	۱۹۵۵	۰	۳۴	۶۲	۶۴
	۱۹۹۱	۷۳	۰	۲۲	۳۳		۱۹۹۱	۱۸	۰	۲۷	۲۹
	۲۰۰۲	۱۰۶	۳	۰	۵۵		۲۰۰۲	۲	۱۵	۰	۲
	۲۰۰۷	۱۰۲	۲۹	۳۲	۰		۲۰۰۷	۱۲	۳۰	۱۴	۰
۵	۱۹۵۵	۰	۲۲	۱۵	۲۱	۱۲	۱۹۵۵	۰	۳۵	۳۸	۱۱
	۱۹۹۱	۴	۰	۷	۱		۱۹۹۱	۳	۰	۲	۳۳
	۲۰۰۲	۷	۳	۰	۶		۲۰۰۲	۱	۴	۰	۲۶
	۲۰۰۷	۲۸	۳۲	۳۶	۰		۲۰۰۷	۸	۱۱	۷	۰
۶	۱۹۵۵	۰	۱۹	۰.۱۵	۱۲	۱۳	۱۹۵۵	۰	۲۱	۳۶	۴۴
	۱۹۹۱	۷۰	۰	۱۸	۳۲		۱۹۹۱	۴۰	۰	۱۵	۲۲
	۲۰۰۲	۳۱	۳۹	۰	۱۳		۲۰۰۲	۳۲	۸	۰	۷
	۲۰۰۷	۳۸	۳۱	۸	۰		۲۰۰۷	۲۸	۱۲	۳	۰
۷	۱۹۵۵	۰	۲۰	۱۱	۳	کل	۱۹۵۵	۰	۹۱	۸۶	۹۵
	۱۹۹۱	۲۰	۰	۸	۱۷		۱۹۹۱	۱۷۸	۰	۱۷۸	۱۸۸
	۲۰۰۲	۳۷	۵۷	۰	۹		۲۰۰۲	۱۲	۱۷۲	۰	۱۰
	۲۰۰۷	۲۸	۴۷	۹	۰		۲۰۰۷	۵	۱۹۰	۱۷	۰

که مقدار آن ۵۱۶ متر است و کمترین میزان بین دو دوره زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ اتفاق افتاده و برابر ۲۷ متر است.

بررسی نقاط میانگین مرکزی این بازه در دوره‌های زمانی مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که بیشترین فاصله بین نقطه میانگین مرکزی سال ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ اتفاق افتاده و میزان آن ۸۷۵ متر و کمترین این مقدار نیز بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ رخ داده که برابر با ۴۵۸ متر است.

- بازه ۳: این بازه از چم ترخان پایین تا جنوب روستای عرب اسد کشیده شده است. طول این بازه در دوره‌های مختلف در جدول ۲ آورده شده است. حداکثر طول این بازه مربوط به سال ۲۰۰۷ و مقدار آن ۲۳۱۵۶ متر و حداقل مقدار طول بازه در دوره‌های زمانی مربوط به سال ۱۹۵۵ با طول ۱۷۷۰۸ متر است. در کل روند تغییرات طول خط مرکزی رودخانه در ۴ دوره مطالعه بیانگر روندی رو به رشد از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ است که با توجه به جدول زیر این روند درخور توجه است. آزمون مسیر رودخانه در روش میانگین جهت کل بازه نشان می‌دهد که روند این بازه بر خلاف بازه‌های یک و دو دارای آزمون حدود ۱۴۰ درجه نسبت به شمال جغرافیایی و امتداد آن حدوداً شمال غربی NW جنوب شرقی SE است (جدول ۲ و شکل‌های ۵، ۶ و ۷).

بیشترین تغییر میانگین جهت‌دار در بین دوره‌های ۱۹۵۵ و ۲۰۰۷ صورت گرفته و مقدار آن ۱۸۶ متر است و کمترین میزان میانگین تغییرات بین سال‌های حدود ۱۲ متر بوده و بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ اتفاق افتاده است. بیشترین مقدار جابه‌جایی نقطه میانگین مرکزی این محدوده بین دوره‌های زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۱ رخ داده و مقدار آن ۱۶۳ متر است، در حالی که حداقل میزان جابه‌جایی نیز بین دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ اتفاق افتاده و مقدار آن ۲۰ متر است (جدول ۳).

- بازه ۴: این بازه از جنوب روستای عرب اسد تا بند قیر کشیده شده است. طول و آزمون این بازه نسبت به

مطابق این جدول طول بازه در سال ۱۹۵۵ بیشترین مقدار را داشته و در روند کلی تا سال ۲۰۰۷ طول آن کاهش یافته است. حداکثر جابه‌جایی میانگین جهت مسیر رودخانه حدود ۶۲ متر است. نگاهی به آزمون این امتداد از رودخانه نشان می‌دهد که جهت عمومی مسیر رودخانه تغییری نداشته است. بیشترین تغییر در دوره‌های زمانی بین سال‌های ۱۹۵۵ و ۱۹۹۱ دیده می‌شود که حدود ۶۲ متر است، در حالی که میزان جابه‌جایی امتداد مسیر رودخانه در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ حدود ۱ متر است (جدول ۲ و شکل ۵ و ۶). بررسی نقاط میانگین مرکزی این بازه در سال‌های مطالعه نشان می‌دهد که بیشترین تغییر در نقاط مرکزی این بازه بین سال‌های ۱۹۵۵ و ۲۰۰۷ صورت گرفته و حدود ۱۲۷ متر است، در حالی که کمترین فاصله بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ اتفاق افتاده و حدود ۹ متر است. به طور کلی بین سال‌های ۱۹۵۵ تا ۱۹۹۱ نقطه میانگین مرکزی ۸۴ متر، از ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ برابر با ۶۲ متر و از ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ حدود ۹ متر جابه‌جا شده است (جدول ۳).

در مجموع امتداد این بازه شمال شمال شرق NNE جنوب جنوب غرب SSW است و میانگین تغییرات بین ۵۰ متر در ابتدای بازه تا حدود ۶۲ متر در انتهای بازه متغیر است.

- بازه ۲: این بازه از جنوب شوشتر تا چم ترخان پایین امتداد دارد. طول این بازه در دوره‌های زمانی مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. داده‌ها نشان می‌دهند که رودخانه در سال ۱۹۵۵ دارای بیشترین طول در بین دوره‌های زمانی بوده و مقدار آن ۲۲۶۶۸ متر است. به طور کلی طول این بازه از سال ۱۹۵۵ به بعد کاهش یافته است. هر چند نوساناتی در دوره‌های زمانی دیده می‌شود، اما روند کلی تغییرات به سمت کاهش میزان طول رودخانه در این محدوده است. آزمون مسیر رودخانه نشان می‌دهد که امتداد میانگین این بخش شمال شمال شرق NNE، جنوب غربی SSW است. بیشترین میزان تغییرات میانگین جهت‌دار مربوط به دوره‌های زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ است

- بازه ۶: این بازه از ویس تا اهواز امتداد دارد. طول این بازه مطابق جدول ۲ در دوره‌های زمانی چهارگانه از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ روندی افزایشی را نشان می‌دهد. حداکثر طول این بازه مربوط به سال ۲۰۰۷ و برابر با ۵۱۴۲۷ متر و حداقل طول این بازه در دوره‌های زمانی مربوط به سال ۱۹۵۵ با طول ۴۹۵۸۹ متر است.

آزیموت این بازه در تمام دوره‌های زمانی ۲۲۷/۶ نسبت به شمال جغرافیایی است. امتداد این بازه شمال شرقی NE جنوب غربی SW است (جدول ۲). حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار مربوط به دوره‌های ۱۹۵۵ و ۱۹۹۱ و برابر با ۷۰ متر است، در حالی که حداقل آن نیز بین دوره‌های ۲۰۰۲ و ۱۹۵۵ صورت گرفته و کمتر از ۱ متر است. آمار مربوط به نقاط میانگین مرکزی بازه ۶ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جابه‌جایی بین سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ صورت گرفته و مقدار آن ۷۴ متر و حداقل این میزان بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ با مقدار ۳ متر به وقوع پیوسته است. روند کلی تغییرات بین دوره‌های پایانی حرکت کاهشی را نشان می‌دهد (جدول ۳ و شکل‌های ۵، ۶ و ۷).

- بازه ۷: این بازه در امتداد اهواز واقع شده و تقریباً مستقیم و بدون انحناست. حداکثر طول این بازه مربوط به سال ۲۰۰۲ و برابر با ۱۰۹۰۶ متر است، در حالی که حداقل مقدار آن با طول ۱۰۷۶۲ متر مربوط به سال ۱۹۵۵ است. طول این بازه از سال ۱۹۵۵ به بعد دارای افزایش نسبی است که می‌توان در کل میزان تغییرات طول این بازه را حداقل ممکن فرض کرد. آزیموت این بازه نسبت به شمال جغرافیایی ۲۰۵ درجه است که امتداد شمال شرقی NNE جنوب جنوب غربی SSW را نشان می‌دهد (جدول ۲). نگاهی به جدول ۳ نشان می‌دهد که حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار بازه ۷ حدود ۵۷ متر و مربوط به دوره‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ است، در حالی که حداقل این میزان بین سال‌های ۱۹۵۵ و ۲۰۰۷ بوده و ۳ متر است. میزان جابه‌جایی نقاط میانگین مرکزی بازه ۷ نشان می‌دهد

شمال جغرافیایی در جدول ۲ آورده شده است. سال ۲۰۰۷ با ۴۰۳۴۷ متر بیشترین طول را داشته، در حالی که در سال ۱۹۵۵ با حدود ۳۹۰۰۲ متر کمترین میزان طول را به خود اختصاص داده است. به طور کل طول این بازه از سال ۱۹۵۵ تا حال حاضر افزایش یافته است. آزیموت امتداد رودخانه نسبت به شمال حدود ۱۸۰ درجه و امتداد این بازه به طور کلی شمالی N جنوبی S است.

بررسی حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار این بازه با توجه به جدول ۲ نشان می‌دهد که حداکثر میزان تغییرات بین سال‌های ۱۹۵۵ و ۲۰۰۲ اتفاق افتاده و حدود ۱۶۶ متر و کمترین میزان آن مربوط به دوره‌های ۲۰۰۲ و ۱۹۹۱ است که ۳ متر است. بیشترین مقدار جابه‌جایی نقطه مرکزی این بازه بین سال‌های ۱۹۵۵ و ۱۹۹۱ به میزان ۱۱۵ متر انجام شده و حداقل آن ۲۹ متر بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ است. به طور کلی نیز روند جابه‌جایی‌ها از حداکثر سال ۱۹۵۵ به سمت حال حاضر کاهش یافته است (جدول ۳).

- بازه ۵: این بازه که از بند قیر تا ویس امتداد دارد مستقیم است. بیشترین میزان طول این بازه مربوط به سال ۲۰۰۲ است که برابر با ۱۸۹۱۸ متر و حداقل آن نیز مربوط به سال ۱۹۹۱ با طول ۱۸۷۵۸ متر است (جدول ۲ و شکل‌های ۶ و ۷).

آزیموت امتداد این بازه نسبت به شمال جغرافیایی ۱۸۳/۲ درجه است که دارای روند شمالی N جنوبی S است (جدول ۲). حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ صورت گرفته و میزان آن ۳۶ متر بوده، در حالی که حداقل این میزان بین سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۷ به وقوع پیوسته و مقدار آن یک متر است (جدول ۳). بررسی نقاط میانگین مرکزی این بازه در ۴ دوره مطالعاتی نشان‌دهنده کاهش میزان جابه‌جایی‌هاست. به طور کلی با توجه به جدول ۳ بیشترین میزان جابه‌جایی بین سال‌های ۱۹۵۵ و ۱۹۹۱ رخ داده و مقدار آن ۴۴ متر است، در حالی که این روند بین سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ به حداقل مقدار خود و میزان ۷ متر رسیده است.

حدود ۹۰ متر و بین دوره‌های ۲۰۰۲ و ۱۹۵۵ اتفاق افتاده و حداقل میزان آن نیز بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ به میزان ۳ متر رخ داده است (جدول ۳). همچنین، میزان جابه‌جایی نقاط میانگین مرکزی بازه ۹ مطابق با جدول ۳ نشان می‌دهد که در این بازه نیز روند کاهش میزان جابه‌جایی میانگین نقاط مرکزی رودخانه از دوره ۱۹۵۵ به سمت دوره ۲۰۰۷ بوده و از ۴۷ متر به ۱۰ متر در حال حاضر رسیده است.

- بازه ۱۰: این بازه از سببیه تا دارخوین امتداد دارد. حداکثر طول این بازه مربوط به دوره ۲۰۰۷ و ۵۰۶۲۱ متر است و کمترین در ازای این بازه ۴۵۳۹۴ متر و مربوط به سال ۱۹۵۵ است. روند تغییرات طول در این بازه از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ صعودی بوده و نشان‌دهنده پیچ‌خوردن بیشتر بازه در حال حاضر است. آزمون بازه ۱۰ نسبت به شمال جغرافیایی ۱۶۱ درجه است که امتداد تقریباً شمال شمال غرب NNW جنوب جنوب شرق SSE را نشان می‌دهد (جدول ۲ و شکل ۷).

بررسی حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار بازه ۱۰ مطابق جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان تغییرات مربوط به دوره‌های ۲۰۰۷ و ۱۹۵۵ بوده و حدود ۱۷۶ متر است، در حالی که حداقل مقدار آن ۱۰ متر بوده و مربوط به دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ است. بررسی نقاط میانگین مرکزی این محدوده از رودخانه نشان می‌دهد که حداکثر میزان جابه‌جایی بین دوره‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۵۵ در حدود ۸۶ متر و حداقل آن بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ با میزان ۲۰ متر بوده است. روند میزان جابه‌جایی‌ها در این بازه کاهش یافته و از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ میزان جابه‌جایی‌ها کم شده و به گونه‌ای نشان‌دهنده ثبات نسبی در دوره‌های پایانی مطالعه در این بازه است (جدول ۳).

- بازه ۱۱: این بازه از محدوده دارخوین تا مسعودی امتداد دارد. طول این بازه در ۴ دوره مطالعاتی نوسانات زیادی نداشته و در بیشترین مقدار طول در سال ۱۹۵۵ به

که این محدوده از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ روند کاهش میزان جابه‌جایی را داشته، به گونه‌ای که حداکثر این میزان بین سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۵۵ که ۶۴ متر بوده است در دوره‌های بعد به ۵۰ متر بین ۲۰۰۲ و ۱۹۹۱ و نهایتاً به ۰/۸۱ متر بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ رسیده است که نشان‌دهنده حداقل میزان جابه‌جایی و تثبیت مسیر رودخانه در دوره‌های نزدیک به حال حاضر است.

- بازه ۸: این بازه بین اهواز و جنوب فارسیات بزرگ کشیده شده است. بیشترین طول این محدوده مربوط به سال ۲۰۰۲ بوده و برابر با ۵۹۲۱۲ متر و کمترین طول نیز مربوط به سال ۱۹۵۵ و برابر با ۵۷۳۲۹ متر است (جدول ۲). روند تغییرات طول رودخانه در این بازه از سال ۱۹۵۵ به بعد افزایشی بوده است. آزمون این بازه حدود ۲۳۸ درجه نسبت به شمال جغرافیایی است که تداعی‌کننده امتداد تقریباً شرق شمال شرق ENE غرب جنوب غربی WSW است. حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار این بازه حدود ۱۴۴ متر و بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۱۹۵۵ است و کمترین آن به کمتر از ۱ متر و بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۱۹۹۱ مربوط می‌شود (جدول ۳). میزان جابه‌جایی نقاط میانگین مرکزی بازه ۸ نشان می‌دهد که از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ میزان حرکت خط مرکزی رودخانه کاهش یافته و از ۴۴ متر حداکثر که بین سال ۱۹۵۵ و ۱۹۹۱ رخ داده به حدود ۱۲ متر بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ رسیده است که می‌تواند نشان‌دهنده تثبیت نسبی رودخانه باشد.

- بازه ۹: این بازه از فارسیات تا سببیه امتداد دارد. حداکثر طول این محدوده مربوط به سال ۲۰۰۲ و به میزان ۲۹۴۲۳ متر و حداقل آن نیز مربوط به سال ۱۹۵۵ و میزان ۲۸۲۵۶ متر می‌رسد. آزمون این بازه نسبت به شمال جغرافیایی حدود ۱۹۰ درجه است که تقریباً امتداد شمالی N جنوبی S با تمایل اندکی به سمت شمال شرق- جنوب غربی را نشان می‌دهد (جدول ۲).

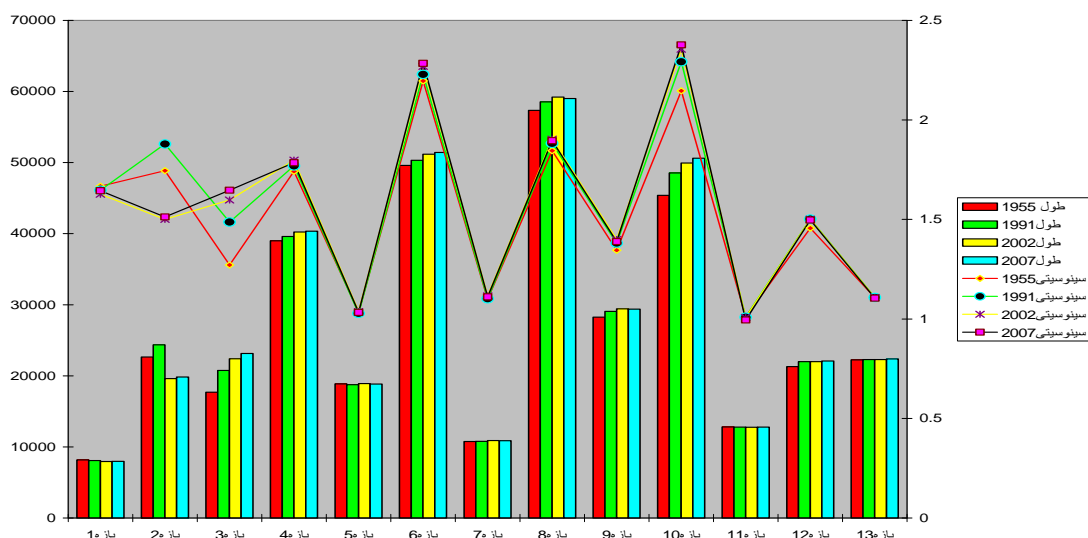
حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار این بازه

داشته و از ۲۱۲۹۷ متر در سال ۱۹۵۵ به ۲۲۰۸۷ متر رسیده که حداقل و حداکثر طول رودخانه در این بازه است. آزیموت میانگین این مسیر نسبت به شمال جغرافیایی امتداد شمالی N جنوبی S را نشان می‌دهد و برابر با ۱۸۰ درجه است (جدول ۲ و شکل‌های ۶ و ۷).

بیشترین تغییرات میانگین جهت‌دار بین سال‌های ۲۰۰۲ و ۱۹۵۵ به میزان ۳۸ متر انجام شده است، اما در کل، بازه‌های انتهایی رودخانه کارون تغییرات میانگین پایین‌تری را نسبت به سایر بازه‌ها در قسمت‌های علیای این رودخانه نشان می‌دهند که شاید به علت کاهش قدرت جریان و در نهایت کاهش میزان تغییرپذیری رودخانه باشد. همچنین، بررسی نقاط میانگین مرکزی بازه ۱۲ نشان می‌دهد که نوساناتی در میزان جابه‌جایی‌ها وجود دارد به گونه‌ای که حداکثر میزان جابه‌جایی، بین دوره‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۵۵ در حدود ۴۳ متر و حداقل آن بین دوره‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ به میزان ۳ متر بوده و پس از آن بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ دوباره میزان جابه‌جایی نقاط مرکزی افزایش یافته و به ۱۸ متر رسیده است. اما با نوسانات مسیر رودخانه، روند کلی تغییرات به سمت کاهش میزان جابه‌جایی در مسیر رودخانه است (جدول ۳).

۱۲۸۰۸ متر و در کمترین میزان آن در سال ۲۰۰۲ به ۱۲۷۸۱ متر رسیده است. تفاوت بین حداقل و حداکثر طول در این بازه به حدود ۲۷ متر می‌رسد. آزیموت این بازه نسبت به شمال جغرافیایی حدود ۲۲۷/۶ درجه است که امتداد شمال شرقی NE جنوب غربی SW را نشان می‌دهد (جدول ۳). بررسی تغییرات میانگین جهت‌دار این بازه نشان می‌دهد که حداکثر میزان تغییرات میانگین جهت‌دار بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۱۹۵۵ به میزان ۶۴ متر و کمترین آن بین ۲۰۰۲ و ۱۹۵۵ به میزان ۲ متر رسیده است. بر اساس جدول ۳ نقاط میانگین مرکزی بازه ۱۱ مشخص شده است. میزان جابه‌جایی مسیر رودخانه در این بازه همچنان مثل بازه‌های قبلی روندی کاهشی از دوره اول یعنی ۱۹۹۱ و ۱۹۵۵ با ۲۶ متر جابه‌جایی به سمت سال ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷ با ۸ متر جابه‌جایی را نشان می‌دهد. جابه‌جایی‌ها در این بخش از بازه به طور منظم از شمال غربی به سمت جنوب شرقی صورت گرفته و کل میزان جابه‌جایی نقاط میانگین مرکزی حدود ۵۶ متر است (جدول ۳).

- بازه ۱۲: این بازه از مسعودی تا شمال مارد کشیده شده است. طول آن از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ روندی افزایشی

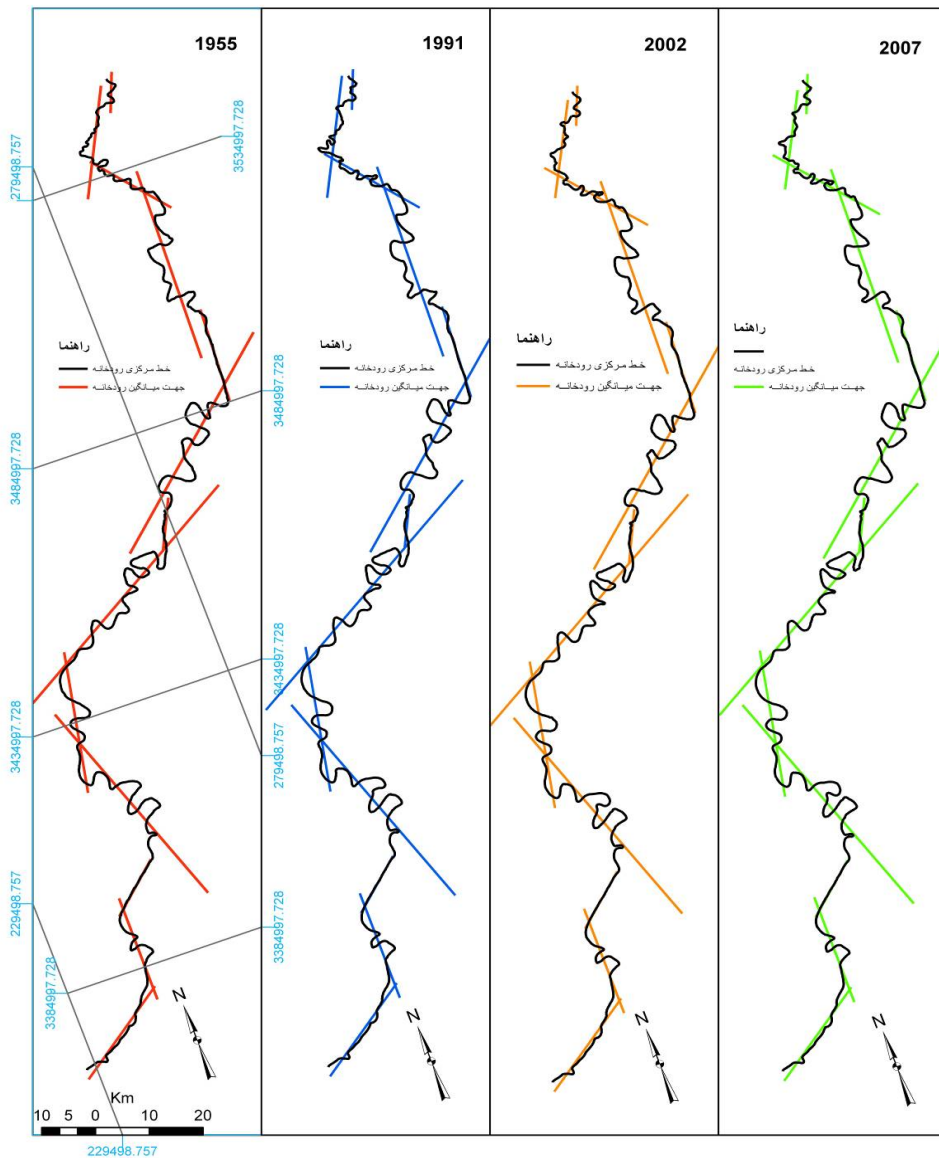


شکل ۶. تغییرات بازه‌های رودخانه کارون بر اساس روش میانگین جهت‌دار خطی با توجه به سینوسیته بازه‌ها

منبع: (مرشدی و علوی‌پناه، ۱۳۸۷)

بیشترین مقدار تغییرات میانگین جهت‌دار مربوط به سال‌های ۲۰۰۷ و ۱۹۵۵ است که حدود ۴۴ متر است، در حالی که حداقل مقدار آن ۳ متر و مربوط به دوره ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ است. بررسی نقاط میانگین مرکزی بازه ۱۳ ثابت می‌کند که از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ میزان جابه‌جایی رودخانه افزایش یافته و از ۲۰ متر در دوره ۱۹۹۱ و ۱۹۵۵ به ۱۲ متر در دوره ۲۰۰۲ و ۱۹۹۱ و در نهایت به ۴۰ متر بین دوره‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۲ رسیده است (جدول ۳).

- بازه ۱۳: این بازه از شمال مارد تا اروندرود امتداد دارد. حداکثر طول این بازه مربوط به سال ۲۰۰۷ و برابر با ۲۲۳۷۳ متر و حداقل آن نیز مربوط به سال ۱۹۵۵ با ۲۲۲۴۷ متر است. روند تغییرات طول این بازه در این ۴ دوره نشان می‌دهد که از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ طول رودخانه افزایش یافته است. همچنین، آزمون این بازه ۲۳۳ درجه نسبت به شمال جغرافیایی است و امتداد تقریباً شمال شرقی NE جنوب غربی SW را به نمایش می‌گذارد (جدول ۲ و شکل ۶ و ۷).



شکل ۷. تغییرات طولی بازه‌های سیزده‌گانه رودخانه کارون در دوره‌های زمانی مورد مطالعه

منبع: (مرشدی و علوی‌پناه، ۱۳۸۷)

۵. نتیجه‌گیری

بررسی و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که همه بازه‌ها دارای تغییرند. در این میان بازه‌های ماندری به تغییرات طولی و افزایش مسیر خود از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ تمایل بالاتری نشان می‌دهند، بنابراین تغییرات طولی رودخانه با بازه‌های ماندری بیشتری هماهنگی را دارند. این حالت در بازه‌های شماره ۶، ۸، ۱۰، ۴ و ۳ به خوبی مشاهده می‌شود. همچنین، بازه‌های مستقیم که سینوسی کمتری دارند در بین دوره مطالعه شده تغییرات طولی ندارند که این حالت در بازه‌های شماره ۵، ۷، ۱۱ و ۱۳ مشاهده می‌شود. در بازه ۲ تغییرات طولی بسیار بالایی مشاهده می‌شود که ناشی از تغییرات زیاد در شیب رودخانه است. بررسی بازه ۱ نیز نشان‌دهنده پیروی نکردن این بازه از ویژگی رودخانه‌های جاری در دشت‌های آبرفتی است که انطباق آن با نقشه زمین‌شناسی بیانگر حرکت رودخانه از میان یک ساختمان چین‌خورده است که دلالت بر انطباق این بخش رودخانه با ساختمان زمین دارد. نتیجه اینکه رودخانه کارون از نظر طولی روندی افزایشی دارد و از سال ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۷ به علت ماندری شدن و تغییرات شیب مسیر خود را افزایش داده است. این روند در آینده رو به افزایش خواهد بود و امکان تهدید اراضی با کاربری‌های مختلف حاشیه رودخانه از جمله کاربری‌های کشاورزی، سکونتگاهی و صنعتی را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر چون رودهای با ضریب سینوسی بالاتر، جابه‌جایی و رسوب بیشتری نیز دارند، انتقال رسوب آلی و معدنی به سمت پایین‌دست رود بیشتر خواهد بود (مقیمی، ۱۳۸۸). بنابراین، بازه‌های با تغییرات بیشتر در رودخانه کارون تنوع زیستی بیشتری را نشان می‌دهند. این حالت را می‌توان در بازه‌های ۲، ۳، ۶، ۸ و ۱۰ مشاهده کرد. در بازه‌های با الگوی شریانی به علت چند

مجرایی شدن مسیر رودخانه، بستر رودخانه نیز افزایش می‌یابد که این مسئله پراکندگی بیشتر آب و رسوب را در بستر فراهم می‌کند و توسعه پوشش گیاهی را سبب می‌شود. بهترین حالت آن در بازه ۲ از جنوب شوشتر تا بند قیر مشاهده می‌شود. نتیجه دیگر اینکه تغییر بیشتر بستر و الگوی رودخانه سبب تغییر و توسعه الگوی زیستی و اکوتومورفولوژی رود نیز شده است.

با تفسیر تغییرات ناشی از کانال رودخانه از طریق این روش، می‌توان به نتایج معنی‌داری در خصوص اکوتومورفولوژی رودها رسید. از طرف دیگر هر نوع شرایط زیستی طی زمان با محیط طبیعی سازگار می‌شود و با توجه به اینکه تغییر ماهیت ذاتی رودخانه‌های جاری در دشت‌های آبرفتی است، بنابراین ترکیب این روش با مطالعات زیست‌محیطی در خصوص زیستگاه‌ها، الگوهای رشد، مهاجرت گونه‌ها، توالی‌های اکولوژیک و ارزیابی سرزمین و تلفیق لایه‌های زیست‌محیطی فوق با مناطق حداکثر تغییرات به نتایج علمی جدیدی منجر خواهد شد. بنابراین، این روش برای پژوهشگرانی که موارد فوق را دنبال می‌کنند نتایج مطلوبی ارائه می‌دهد.

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران طی گرننت شماره ۴/۰۱/۲۲/۰۷/۱۰۷۰۴ و دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهیه شده است و از آن‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

یادداشت

1. Linear Directional Mean

منابع

- آلیاسین، الف، (۱۳۷۹). مهندسی رودخانه در رودخانه‌های دز و کارون، وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران.
- تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۹۱، ۱۹۹۳، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۱، سازمان فضایی کشور.
- تصویر ماهواره‌ای IRS، سنجنده LISSIII، (۲۰۰۷)، وزارت دفاع، سازمان جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی ایران.
- تلوری، ع، (۱۳۷۱). شناخت فرسایش کناری رودخانه در دشت‌های رسوبی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.
- سازمان آب و برق استان خوزستان، (۱۳۷۶). نیمرخ‌های عرضی رودخانه کارون، اهواز.
- علوی‌پناه، س.ک، (۱۳۸۲). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مقیم، الف؛ مرشدی، ج، (۱۳۸۷). «بررسی نقش ویژگی‌های زمین‌شناسی در تغییرات رودخانه کارون (محدوده شوشتر تا اروندرود)»، دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اهواز، ص ۱۰۵۰.
- مقیم، الف، (۱۳۸۸)، اکوتومورفولوژی و حقوق رودخانه، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مرشدی، ج؛ علوی‌پناه، س.ک، (۱۳۸۷). آشکارسازی و تعیین تغییرات رودخانه کارون با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، رساله دکتری، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران.
- نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰، ۱۳۷۴، سازمان نقشه‌برداری.
- نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، ۱۳۳۴، وزارت دفاع، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- یونگ، د؛ وونگ، و؛ حسین‌نژاد، م؛ عروس محله، ف، (۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل آماری با Arcview GIS، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- Brice, J.C. 1974. Evolution of Meander Loops," Geological Society of America *Bulletin*, Vol. 85, p. 581-586.
- Brice, J.C. 1984. Planform Properties of Meandering Rivers," In: Elliott, C.M. (ed.), River Meandering, Proceedings of the Conference Rivers '83, New Orleans, LA, p.115.
- Chang, T.P. Toebes, G.H., 1980. Geometric Parameters for Alluvial Rivers Related to Regional Geology, Proceedings International Association for Hydraulic Research Congress 14, Vol. 3, p. 192-201.
- Dort, W. 1978. Channel Migration Investigation, Historic Channel Change Maps, Kansas River and Tributaries Bank Stabilization Component, Kansas and Osage Rivers, Kansas Study, U.S. Army Corps of Engineers, Kansas City District.
- Gregory, K.J. 1980. The Context of River Channel Change, John Wiley and Sons, p.1-12 ink.j.
- Hickin, E.J. 1974. The Development of Meanders in Natural River-Channels, *American Journal of Science*, Vol. 274, p. 414-442.
- Knighton, D. 1998. Fluvial Forms and Processes, Edward Arnold, Baltimore, MD, 218 p.

Leopold, L.B. Wolman, M.G.,1960. "River Meanders, *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 71, p. 769-794.

Rinaldi, M. Johnson, P.A.,1997. Characterization of Stream Meanders for Stream Restoration, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 123(6), 567-570.

Richards, K. 1982. *Rivers: Form and Process in Alluvial Channels*, Methuen, London, 358 p.

Toebe G.H. , Chang, T.P., 1980, "Geometric Parameters for Alluvial Rivers Related to Regional Geology," *Proceedings International Association for Hydraulic Research Congress 14*, Vol. 3, p. 192-201.

Williams, G.P. 1986. River Meanders and Channel Size, *Journal of Hydrology*, 88 (1-2), pp. 147-164.