

## تغییرات کانال رودخانه‌های الموت رود و شاهرود (استان قزوین)

### در بازه زمانی ۱۹۹۱-۲۰۱۵

نویسنده (غت پاسبان<sup>۱</sup>، سعید خدابخش<sup>۲</sup>، محمدرضا غریب‌رضا<sup>۳</sup>، مهران علی‌خاصی<sup>۴</sup>)

۱: دانشجوی دکترای رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲: عضو هیات علمی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳: عضو هیات علمی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

۴: مهندس شرکت سهامی آب منطقه‌ای قزوین

### چکیده

رودخانه شاهرود در شمال استان قزوین قرار دارد و دارای دو سرشاخه اصلی در شرق (الموت رود و طالقان رود) و یک سرشاخه در جنوب (رودخانه ملاعلی) است. این رودخانه کوهستانی یکی از زیرحوضه‌های سپیدرود را تشکیل می‌دهد. امتداد کانال رودخانه‌های الموت رود و شاهرود در بالادست و بخش میانی حوضه آبریز هم راستا با گسل‌ها و چین‌خوردگی‌های منطقه است؛ در بیش‌تر بازه‌ها، رودخانه در مسیری مستقیم و یا پیچش کم‌تر از ۱/۲ جریان دارد ولی در بخش غربی در اثر عملکرد دو سیستم گسل، پیچش‌هایی تند و با دامنه کوتاه در مسیر رودخانه ایجاد شده است. بررسی روند کانال این دو رودخانه در یک بازه زمانی بیست و چهار ساله (۱۹۹۱-۲۰۱۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که بیشینه تغییر مسیر رودخانه ۴۸۴ متر بوده است. مهم‌ترین عوامل تغییر مسیر رودخانه ورود منابع جانبی از شاخه‌های فرعی و قطع شدگی پیچش بوده است.

واژه‌های کلیدی: رودخانه شاهرود، قزوین، تغییرات کانال

### مقدمه

بررسی سیستم‌های رودخانه‌ای دانشی بین رشته‌ای است و در ارتباط با علومی مانند هیدرولوژی، هیدرولیک، مورفولوژی و رسوب شناسی می‌باشد. همواره عوامل متعددی رودخانه‌ها را از نظر ژئومورفولوژی و هیدرولوژی تغییر می‌دهند. این عوامل را می‌توان به دو گروه اصلی، عوامل طبیعی (بیرونی و درونی) و عوامل انسانی تقسیم نمود. از جمله عوامل طبیعی با منشا درونی می‌توان به دبی جریان، حجم و اندازه رسوبات، مقاومت دیواره کانال (تابعی از اندازه دانه‌های دیواره و پوشش گیاهی)، وقوع سیلاب و از عوامل بیرونی می‌توان به تکتونیک و شرایط آب و هوایی اشاره نمود (Bava, et al., 2014; Brunier, et al., 2014). مهم‌ترین تغییرات در کانال رودخانه شامل مهاجرت جانبی کانال (Lateral Migration)، فرسایش جانبی (Lateral Erosion)، ترک کانال و ایجاد مسیر جدید (Avulsion)، قطع شدگی (cut off)، پهن‌شدگی کانال یا برفزایی بستر (Aggradation) و گودشدگی بستر (Degradation) می‌باشد. این تغییرات با تاثیر بروی هندسه بستر و تغییرات پلان و نیمرخ طولی رودخانه رخ می‌دهد؛ این تغییر شکل تا آنجا پیش می‌رود که مقطع رودخانه، به یک مقطع پایدار بدل شود (Latapie, et al., 2014). بسیاری خسارات ایجاد شده در اطراف رودخانه‌ها، در نتیجه تغییرات کانال رودخانه است که شدیداً تحت تاثیر عملیات انسانی است و اغلب در نتیجه رعایت نکردن حریم رودخانه است. این تغییرات در دوره‌های زمانی کوتاه مدت (معمولاً چند دهه) رخ می‌دهند. بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه‌ها به دلیل وسعت زیاد رودخانه‌ها معمولاً با استفاده از نما (پلان) افقی بر مبنای عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از ابزارهای سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام می‌شود.

حوضه‌های آبریز ایران به شش حوضه اصلی و چندین حوضه آبریز فرعی مستقیم تقسیم شده‌اند (شکل ۱-الف). حوضه آبریز رودخانه شاهرود (کد ۱۷ تماب) یکی از زیر حوضه‌های سپیدرود است که در حوضه آبریز دریای خزر قرار دارد. این رودخانه از پیوستن دو شاخه اصلی الموت‌رود و طالقان‌رود (در شرق حوضه) به‌وجود می‌آید که عمدتاً در راستای شرق-غرب و در برخی بازه‌ها جنوب شرق-شمال غرب جریان دارد (شکل ۱-ب). این رودخانه کوهستانی در دره‌های کوه‌های البرز مرکزی سرچشمه گرفته و در شمال قزوین وارد محدوده البرز غربی شده و پس از سد منجیل و پیوستن شاخه قزل اوزن رودخانه سپیدرود را تشکیل می‌دهد. در این پژوهش، تغییرات هندسی کانال رودخانه‌های الموت‌رود و شاهرود بر اساس بازدیدهای صحرائی، نقشه‌های زمین‌شناسی و نمای (پلان) افقی ترسیم شده از تصاویر (image) ماهواره‌ای (۱۹۹۱، لندست ۵ و ۲۰۱۵، لندست ۸) در ماه‌های تقریباً یکسان (۱۹۹۱/۹/۷ و ۲۰۱۵/۸/۲۰) محاسبه شده‌اند. هدف اصلی این پژوهش بررسی عوامل تغییرات کانال (امتداد و شکل هندسی پیچش آن) در بازه زمانی تعیین شده و ارتباط آن با ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناسی منطقه است.

### زمین‌شناسی منطقه

حوضه آبریز رودخانه‌های الموت‌رود و شاهرود در البرز مرکزی قرار دارد. امتداد کانال این رودخانه‌ها تقریباً در تمام مسیر هم راستا با گسل‌ها یا چین‌خوردگی‌های منطقه است. امتداد گسل‌های منطقه در دو راستای غالب شمال غربی-جنوب شرقی و غربی-شرقی است. سازوکار گسل‌ها گوناگون و شامل گسل‌های رورانده و نرمال و مجموعه‌ای از گسل-های امتداد لغز و گسل‌های فرعی دیگر است (آنلز و همکاران، ۱۹۷۷؛ رادفر، ۱۳۸۰) (شکل ۱-ب). علاوه بر این، گسل‌ها در شکل هندسی پیچش رودخانه، به‌ویژه بخش پایین دست، نیز تاثیر گذار بوده است. واحدهای عمده زمین‌شناسی حوضه آبریز مورد نظر در بخش شرقی و بالادست عمدتاً سنگ‌های تخریبی میوسن، در بخش میانی ترکیبی از واحدهای آتشفشانی ائوسن و برخی سازندهای مزوزویک و در پایین دست حوضه، واحدهای آتشفشانی ائوسن می‌باشد (آنلز و همکاران، ۱۹۷۷).

### نتایج و بحث

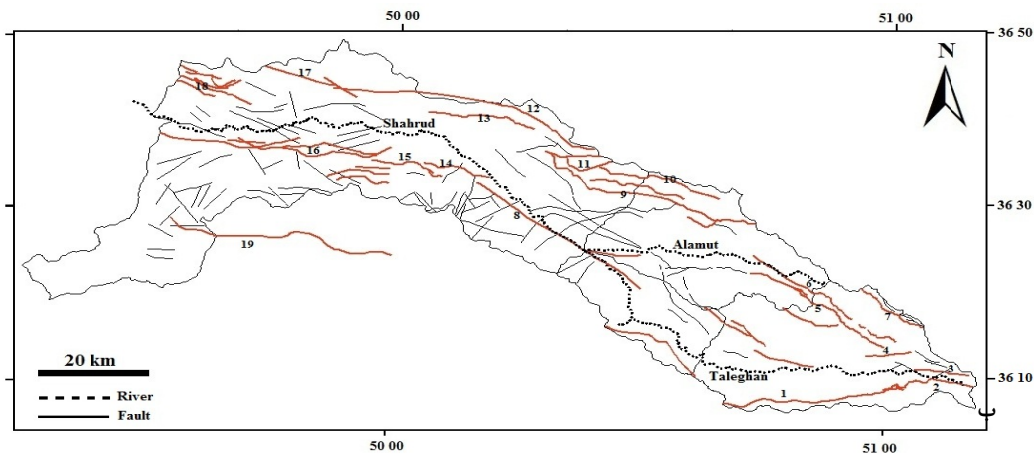
استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی تغییرات ایجاد شده در سیستم‌های رودخانه‌ای با محدودیت‌هایی روبرو است. یکی از مهم‌ترین این محدودیت‌ها وضوح تصویر است. با تصاویر با وضوح متوسط و پایین می‌توان صرفاً تغییرات امتداد کانال را بارزسازی کرد. برای بارز نمودن تغییرات دقیق‌تر (به‌عنوان مثال پهنای کانال) تصاویر با وضوح بالا (کمینه قدرت تفکیک ۱۵ متر) لازم است. با توجه به قدرت تفکیک تصاویر استفاده شده در این پژوهش (یک پیکسل، به‌ترتیب، برابر ۳۰ و ۱۵ متر در عکس‌های ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵)، امکان بارزسازی برخی از تغییرات احتمالی جانبی ایجاد شده (به‌عنوان مثال در مواردی که پهنای کانال نزدیک به قدرت تفکیک تصاویر باشد) وجود ندارد. براساس نیمرخ طولی، سه بازه در کانال اصلی رودخانه‌های الموت‌رود و شاهرود قابل تفکیک است: بازه ۱- بالادست با شیب میانگین ۲۳/۸ در هزار (از گرمارود تا محل پیوستن الموت‌رود و طالقان‌رود)، بازه ۲- میان‌رود با شیب میانگین ۸/۵ در هزار (از محل پیوستن الموت‌رود و طالقان‌رود تا لات) و بازه ۳- پایین دست با شیب میانگین ۹/۸ در هزار (از لات تا ورودی سد سفید رود). براساس نمای افقی و عناصر ژئومورفولوژی (تعداد مجرا، شکل پیچش و ...) چهار الگو در کانال رودخانه قابل شناسایی است (شکل ۲)؛

۱- از گرمارود تا رجایی‌دشت کانال عمدتاً تک مجرا (گاهی حلقه‌های انشعابی منفرد)، دارای پیچش تند و دشت سیلابی کم پهنا است؛

۲- از رجایی‌دشت تا قبل از لات، رودخانه چند مجرای (بریده‌بریده) با دشت سیلابی بسیار پهن است، نسبت انشعاب در این بازه بین ۰/۲۲ تا ۴/۶۱ متغیر است؛

۳- از لات تا قبل از زمین‌خانی رودخانه تک مجرا با پیچش‌های تند (تحت تاثیر گسل‌های منطقه) و گاهی دارای بارهای نقطه‌ای است؛

۴- کانال رودخانه در بازه انتهایی (پیش از ورود به سد سفیدرود) چند مجرای (بریده‌بریده) است.



شکل ۱: الف) نقشه موقعیت حوضه و ب) گسل‌های منطقه؛ شامل گسل‌های رورنده: ۲: طالقان، ۳: گراب، ۵: پاراچال، ۶: تاریک دره، ۷: ماست چال، ۸: الموت-شاهرود، ۹: ژنین، ۱۰: خاشچال جنوبی، ۱۱: عباسک، ۱۲: سفله خانی، ۱۳: خرخان، ۱۴: داریاسار، ۱۵: بلوکان، ۱۶: انگول، ۱۸: البرز، ۱۹: قزوین؛ گسل‌های نرمال: ۱: خوچیده-سنگ‌آباد، ۴: ناربان و مجموعه گسل‌های فرعی و امتداد لغز مرتبط: ۱۲: سفله خانی، ۱۷: جیرنده و مجموعه از گسل‌های فرعی مرتبط. (با تغییراتی پس از بهار فیروزی و شفیع، ۱۳۷۸؛ قلمقاش، ۱۳۸۱؛ رادفر، ۱۳۸۰، نظری و سلامتی، ۱۹۹۸ و آنلز و همکاران، ۱۹۷۷).

برای بررسی تغییرات پلان افقی رودخانه الموت‌رود و شاهرود در فاصله زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۱، لایه‌های مربوط به امتداد کانال در عکس‌های هوایی رقومی شده سال ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵ با استفاده از نرم افزار GIS (سامانه اطلاعات جغرافیایی، نسخه ۱۰) ترسیم شدند. بیش‌ترین تغییرات کانال در بخش شرقی (بالادست) و میانی مشاهده شده است؛ در این بازه طول مسیری که در آن جابه‌جایی کانال صورت گرفته است تا نزدیک ۳ کیلومتر و میزان جابه‌جایی (مهاجرت) تا ۴۸۴ متر می‌رسد. جابه‌جایی مسیر کانال اغلب متناوب و به هر دو سوی چپ و راست مسیر به نسبت تقریباً مساوی بوده است. جابه‌جایی کانال در بخش غربی کوتاه‌تر از بازه‌های دیگر (۵۵۰ متر و ۱۳۰ متر، به ترتیب در راستای طولی و جانبی) به صورت قطع گلوبی پیچش بوده است. رودخانه در بخش شرقی و میانی (خوبان تا بهرام آباد) تقریباً در مسیری مستقیم (پیچش باز و بین ۱/۱ تا ۱/۲) جریان دارد. در حالی که زاویه پیچش کانال در بخش غربی (لات تا زمین‌خانی) تند و دامنه آن بسیار کوتاه‌تر از بخش شرقی و میانی رودخانه است؛ علت تفاوت در الگوی پیچش تراکم

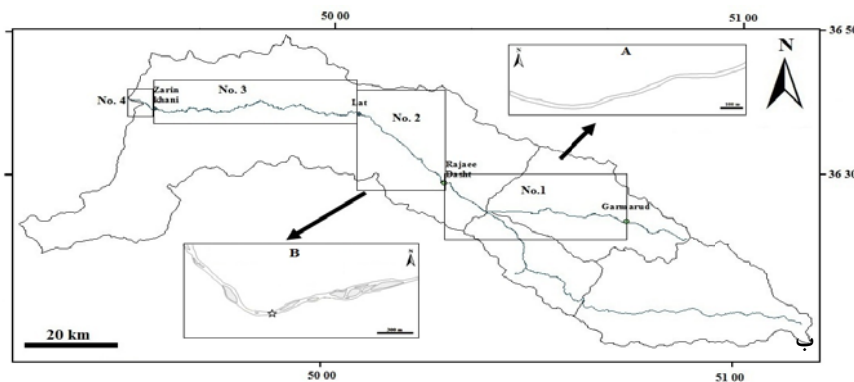
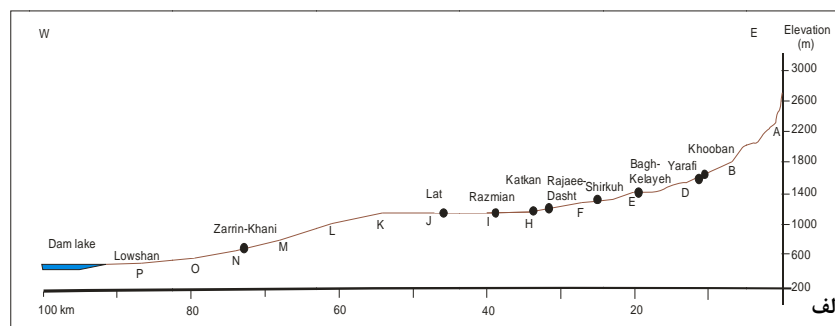
وجود دو سیستم گسل با زاویه حدود ۱۲۰ درجه در مسیر رودخانه در بخش غربی منطقه است. افزایش بیش از سه برابری میزان تغییر مسیر کانال رودخانه (channel shift) در بازه میانی (رجایی دشت- بهرام آباد، شکل ۲) هم‌زمان با کاهش شیب رودخانه مشهود است. این تغییر هم‌زمان با تغییر الگوی رودخانه‌ای تک مجرا به چند مجرا (بریده بریده) بوده است؛ افت سرعت جریان آب (در نتیجه کاهش شیب، باعث ته‌نشست رسوبات بیشتر به صورت پشته‌ها و افزایش نسبت انشعاب شده است. عامل کنترل کننده پیچش کانال، علاوه بر گسل‌ها، ورود رسوبات جانبی (واریزه‌ها و مخروط افکنه‌ها) در بازه بالا دست بوده است؛ در صورتی که مهاجرت پشته‌های داخل کانال نقش مهم‌تری در جابه‌جایی و پیچش خط‌القدر کانال در بازه میانی ایفا کرده است. در بازه سوم (بخش غربی)، پیچش کانال از نوع محاط (محصور در دره) است و بیش‌تر توسط میزان شیب و گسل‌ها کنترل شده است. جهت بررسی علت تغییر امتداد کانال در طول مسیر رودخانه‌های مورد مطالعه، سه منطقه الگو انتخاب شدند (شکل ۳- الف و ب). در هر یک از این مناطق، مکان‌های جابجایی امتداد کانال نشان داده شده است. علت جابجایی کانال در مکان ۱ (منطقه دوزدوزسر)، ترک کانال و ایجاد مسیر جدید (Avulsion) در اثر ورود شاخه فرعی و تشکیل سد دهانه‌ای در محل ورود آن به کانال اصلی و همچنین مهاجرت سد داخل کانال است (شکل ۳- پ). جابجایی کانال در مکان ۶ (منطقه رازمیان- بهرام آباد)، به دلیل ورود کانال‌های فعال مخروط افکنه رازمیان می‌باشد (شکل ۳- ت). در سه بخش a, b و c مکان ۷ از منطقه پ (۲/۵) کیلومتر پس از لات) به ترتیب، قطع شدگی (cut off)، زیرشویی (under cutting) و قطع شدگی (cut off) علت جابجایی کانال است (شکل ۳- ث). دلایل جابجایی در دیگر مکان‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: عوامل تغییر کانال در بازه‌های مورد مطالعه (شکل‌های ۲ و ۳)

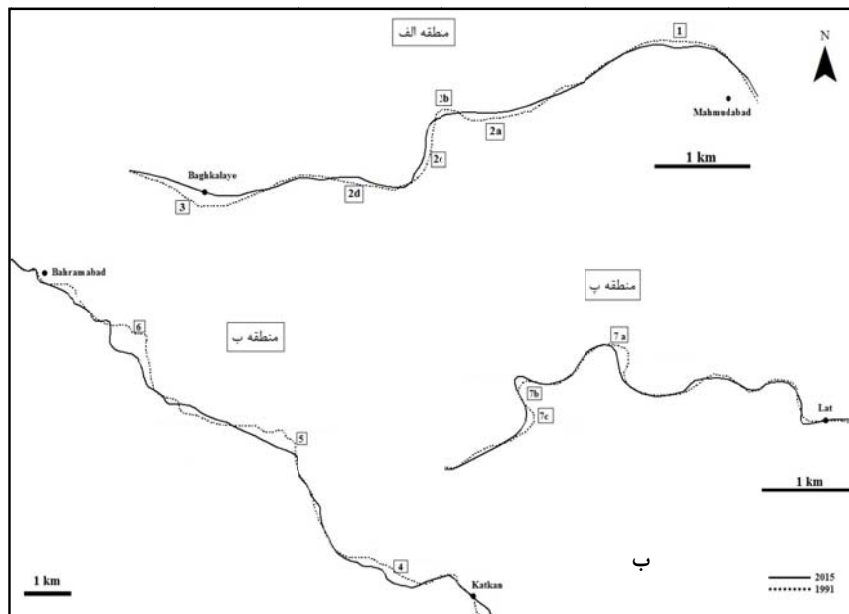
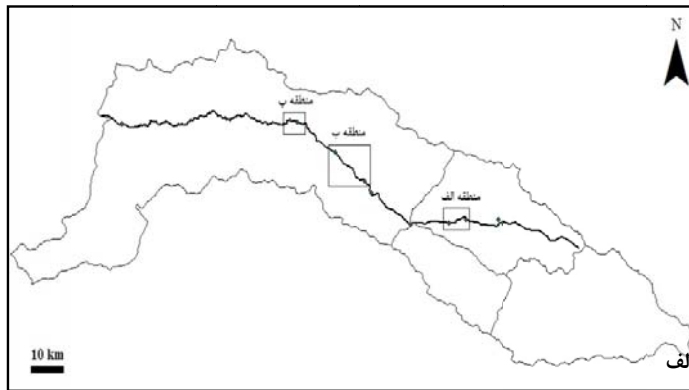
شماره بازه	شماره مکان جابجایی	دلایل	واحدهای سنگ‌شناسی	بیشینه جابجایی کانال (متر)
الف	۱	ترک کانال و ایجاد مسیر جدید (Avulsion) در اثر ورود شاخه فرعی تشکیل سد دهانه‌ای در محل ورود آن به کانال اصلی؛ مهاجرت سد داخل کانال	گلسنگ و سیلت سنگ قرمز رنگ نئوژن	۶۲
	a۲	قطع شدگی (chute cut off)		۸۲
	b۲	ورود دو شاخه فرعی اندچ رود و آفتاب‌در از شمال و جنوب باعث مهاجرت کانال و پیچش به سمت جنوب شده است.		۶۳
	c۲	رسوبگذاری		۵۲
	d۲	رسوبگذاری پشته‌ها؛ تشکیل پشته منفرد و تغییر مسیر کانال به سمت شمال؛ عوامل انسانی		۶۶
	۳	؟		۱۴۴
ب	۴	رسوبگذاری؛ مهاجرت پشته‌ها؛ ورود منابع جانبی از شاخه فرعی	مارن قرمز با میان- لایه‌هایی از ماسه- سنگ، کنگلومرا و گچ (میوسن) توف انوسن	۲۱۵
	۵	؟		۳۲۸
	۶	رسوب‌گذاری کانال‌های فعال مخروط افکنه رازمیان و انحراف رودخانه شاهرود به سوی جنوب، کانال قدیمی شاهرود در زیر رسوبات انتهایی مخروط افکنه مدفون شده است.		۴۸۴
پ	a۷	ورود منابع جانبی از شاخه فرعی؛ قطع شدگی گلوبی پیچش	توف و سنگ‌های آذرآواری (انوسن)	۱۰۴
	b۷	زیرشویی دیواره کانال		۸۰
	c۷	قطع شدگی گلوبی پیچش		۷۰

### نتیجه گیری

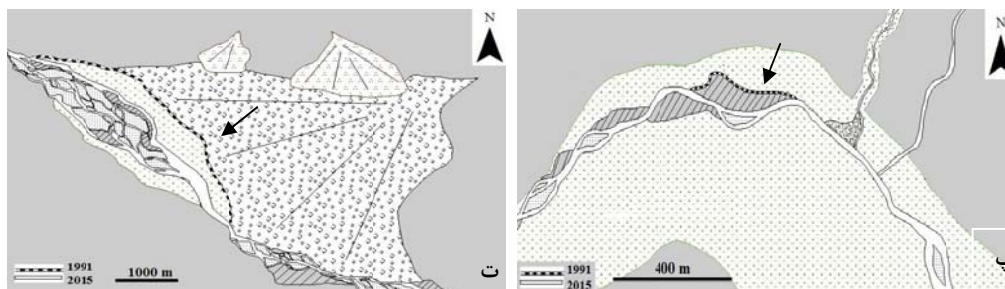
بررسی تصاویر هوایی رودخانه‌های الموت رود و شاهرود در بازه زمانی ۲۴ ساله (۱۹۹۱ تا ۲۰۱۵) نشان می‌دهد تغییر مسیر در تمام طول این رودخانه‌ها رخ داده است. ورود منابع جانبی از شاخه‌های فرعی و نیز قطع کانال از مهم‌ترین عوامل تغییر مسیر بوده است. شیب زیاد این رودخانه‌های کوهستانی نیروی هیدرولیکی زیادی (به‌ویژه هنگام سیلاب-ها) ایجاد میکند؛ این عامل در کنار بلندای کم دیواره‌های کانال موجب قطع کانال (در پیچش‌های تند) و ایجاد مسیر جدید می‌نماید. از طرف دیگر وجود سازندهای زودفرسای (عمدتا واحدهای تخریبی میوسن و آتشفشانی-تخریبی ائوسن) در این حوضه بار رسوبی بالایی را تولید می‌کند که در هنگام سیلاب‌ها موجب انسداد محلی بخش‌هایی از کانال‌ها و هدایت رودخانه به مسیر جدید گشته است.

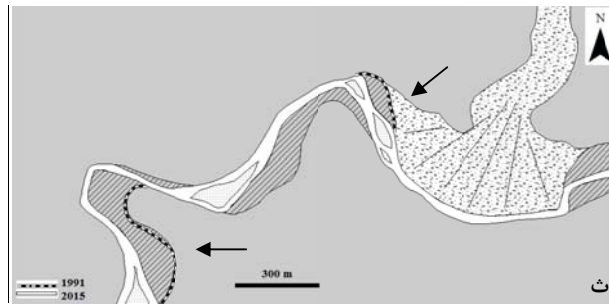


شکل ۲: الف) نیمرخ طولی بستر رودخانه از سرمنشا تا دریاچه سد منجیل، حروف پایین نیمرخ، ایستگاه‌های اندازه‌گیری است؛ ب) چهار بازه (براساس میزان انشعاب) در نمای افقی حوضه آبریز الموت- شاهرود (A: نمونه‌ای از نمای افقی کانال تک مجرا، ایستگاه بهرام آباد و B: نمونه‌ای از نمای افقی کانال چند مجرا، ایستگاه رجایی دشت)



شکل ۳: الف و ب) محل سه منطقه منتخب برای محاسبه تغییرات امتداد کانال (منطقه الف: محمودآباد- باغ کلاویه، منطقه ب: کتکان- بهرام آباد و منطقه پ: غرب لات)؛ پ، ت و ث) به ترتیب نمای افقی سه منطقه منتخب به شرح زیر است: مکان ۱ (دوزدوزسر)، از منطقه الف؛ ت)، مکان ۶ (منطقه رازمیان- بهرام آباد)، از منطقه ب؛ ث) و مکان ۷ از منطقه پ (۲/۵ کیلومتر پس از لات)؛ جهت جابجایی مسیر با پیکان مشخص شده است.





شکل ۳: ادامه

### منابع

- بهار فیروزی، خ.، ندیم، ح.، شفیع، الف.ر.، ۱۳۷۸، نقشه زمین شناسی رامسر، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رادفر، ج.، ۱۳۸۰، نقشه زمین شناسی چهارگوش قزوین (شماره ۶۰۶۲ مقیاس، ۱/۱۰۰۰۰۰)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- قلمقاش، ج.، ۱۳۸۱، نقشه زمین شناسی جیرنده، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نظری، ح.، سلامتی، ر.، ۱۹۹۸، نقشه زمین شناسی رودبار، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رادفر، ج.، ۱۳۸۰، نقشه زمین شناسی چهارگوش قزوین، شماره ۶۰۶۲، مقیاس، ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- Annells, R.N., Arthurton, R.S., Bazley, R.A.B., Davies, R.G., Hamed, M.A.R., Rahimzadeh, F., 1977, The Geology Map of Shakran, 1:100000, Number 6162, Geological Survey of IRAN.
- Bawa, N., Jain, V., Shekhar, S., Kumar, N., Jyani, V., 2014, Controls on morphological variability and role of stream power distribution pattern, Yamuna River, western India, *Geomorphology*, 227, 60–72.
- Brunier, G., Anthony, E.J., Goichot, M., Provansa, M., Dussouillez, P., 2014, Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: The marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilization, *Geomorphology*, 224, 177–191.
- Latapie, A., Camenen, B., Rodrigues, S., Paquier, A., Bouchard, J.P., Moatar, F., 2014, Assessing channel response of a long river influenced by human disturbance, *Catena*, 121, 1–12.