

## تحلیل عوامل مورفولوژیکی در تغییرات الگوی مکانی، فضایی رودخانه الوند

دریافت مقاله: ۹۵/۱۱/۲۰

پذیرش نهایی: ۹۶/۱/۳۰

### چکیده

الوند نام رودخانه‌ای حیات آفرین در گوشه غربی کشور است که در منتهی الیه خود بخشی از مرز ایران را به طول ۲۷ کیلومتر تشکیل می‌دهد. خشک‌سالی‌های اخیر و زیرساخت‌های خاص مورفولوژیکی، بستر مناسبی را برای تغییرپذیری در الگوی هندسی و استقرار فضایی مجزا فراهم کرده‌است. درک و استخراج این تغییرات و عوامل تاثیرگذار مورفولوژیک آن موضوع مهم و مورد توجه پژوهش حاضر است. برای این امر، الگوی تغییرات مکانی رودخانه در نیم قرن گذشته (۱۳۳۴-۱۳۹۴)، از طریق تحلیل تصاویر سنجش از دوری دو زمانه مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا، طول رودخانه با توجه به الگوی امروزی آن به ۲۶ قطعه مکانی تقسیم و تغییرات هندسی رودخانه بر پایه نقشه‌های برداری مستخرج از تصاویر مقدم و موخر در هر یک از این قطعات، به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. در نهایت عوامل موثر در این تغییرات بیان شد. یافته‌ها بیانگر رخداد تغییر در الگوی هندسی اغلب قطعات رودخانه است؛ به طوری که در تمام قطعات مورد بررسی، محور رودخانه تغییرپذیری بین ۱۲ تا ۵۱ درجه را تحمل کرده‌است. تغییر در الگوی فضایی رودخانه نیز به دنبال تغییر در الگوی هندسی آن شکل گرفته، به طوری که سطح اشغال آن از رقم ۳۷۴۸۰۴۴ مترمربع در سال ۱۳۳۴ به رقم ۳۳۱۹۴۳۳ مترمربع در سال ۱۳۹۴ رسیده‌است. یافته‌های پژوهش در خصوص عوامل ایجابی تغییر در الگوی فضایی و هندسی رودخانه، علاوه بر تایید و تاکید بر عوامل ثابت محیطی، مساله خشک‌سالی‌های اخیر و فعالیت‌های انسانی در حاشیه رودخانه را عامل محوری و موثر این تغییرات می‌داند.

واژگان کلیدی: ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، مورفولوژی بستر رود، تغییرات مکانی- فضایی رود، رود الوند

### مقدمه

رودخانه‌ها از مهم‌ترین عوامل موثر در فرایندهای ژئومورفولوژیک زمین و چرخه‌ی فرسایش می‌باشند. تاکنون مطالعات گسترده‌ای بر روی تغییرات مورفولوژیک رودخانه‌ها و عوامل موثر بر آنها صورت گرفته است. بستر و ویژگی‌های مورفولوژی رودخانه می‌تواند تحت تاثیر سیل، تکتونیک، ساخت سد، تغییرات اقلیمی، کاربری اراضی و دخالت بشر تغییر کند. این تغییرات خواه در بعد فیزیکی و مورفولوژیکی و خواه به لحاظ کیفی، می‌تواند تحت تاثیر عوامل طبیعی و یا غیر طبیعی مانند دخالت‌های انسانی و یا احداث سد و... می‌باشد. تغییرات رودخانه‌ها با هدف شناسایی علل آن، از حوزه‌های مورد توجه پژوهشگران است، شوم (۱۹۸۰) رودخانه رانی تاتا در

## تحلیل عوامل مورفولوژیکی در تغییرات الگوی مکانی، فضایی رودخانه الوند / ۲۵

نیوزیلند مورد بررسی قرار داد و مشاهده نمود که بعد از خارج شدن از دره عمیق در میان تراس‌های پلیوستن باعث شریانی شدن در میان دشت‌های کانتربری شده‌است. اوچی<sup>۱</sup> (۱۹۸۵) در مورد واکنش رودخانه‌های آبرفتی به تکتونیک فعال در کالیفرنیا و نیومکزیکو کار کرد و نتایج نشان داد که افزایش سینوسی رودخانه در ارتباط با افزایش شیب بوده و کانال‌های شریانی از طریق تغییرات عمودی به بالا آمدگی واکنش نشان می‌دهند، در حالی که کانال‌های ماندری به وسیله تغییرات جانبی واکنش نشان می‌دهند. نایتون و نانسون<sup>۲</sup> (۱۹۹۳) نشان دادند که نوسانات دبی به‌عنوان یک مکانیسم جهانی با اثرگذاری روی کشش جریان، فرسایش پذیری کناری و فراوانی نسبی بار بستر بعنوان کنترل‌گرهای اصلی روی الگوی رودخانه عمل می‌کنند. سیمپسون<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) در مورد علل تغییر الگو و عوامل کنترل کننده فیزیکی رودخانه میلک در شمال مونتانا کار کرد و نتایج تحقیق نشان داد که دبی در ارتباط با سایر متغیرها در مورفولوژی کانال نقش اساسی دارد و رودخانه بعد از وارد شدن به مونتانا الگوی شریانی دارد و به موازات کاهش شیب نقش پشته‌های میان رودخانه‌ای چشم گیر است. بورگ<sup>۴</sup> (۲۰۰۴) رابطه بین الگوهای رودخانه‌ای و ویژگی‌های درونی کانال را در رودخانه رنوس در کانادا بررسی کرد و به نقش رابطه بین الگوهای رودخانه و ویژگی‌های درونی کانال به دلیل اختلاف در زمین شناسی، آب‌وهوا و دبی اشاره کرد. زاویچسکا و وایزگا<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) به بررسی تغییرات کانال در قرن ۲۰ در رودخانه دوناچسک<sup>۶</sup> در جنوب لهستان و به بررسی الگوها، علت‌ها و کنترل‌گرها پرداختند، نتایج تحقیق رعایت نکردن حریم و بستر رودخانه را عامل این تغییرات می‌داند. در نهایت استخراج تغییرات مکانی، فضایی رودخانه با هدف علل آن، مورد توجه تعداد زیادی از محققان ایرانی بوده است. به‌خصوص با داده‌های رقومی، مطالعات شایسته‌ای در این زمینه انجام پذیرفته است. یمانی و حسین زاده (۱۳۸۱) تغییرات الگوی رودخانه تالار با استفاده از عکس‌های هوایی در یک فاصله زمانی ۳۹ ساله را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که رودخانه هنوز تعادل دینامیکی خود را به‌دست نیاورده و همچنان در حال تغییر و جابه‌جایی و پیچ‌وخم‌های جدید در قسمت‌های علیا می‌باشد. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) رودخانه قزل اوزن را با تاکید بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین شناسی با تصاویر ماهواره‌ای مورد توجه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که به علت عبور رودخانه از تشکیلات مارنی و فرسایش پذیر فرسایش کناری نقش مهمی را در پیچان رودی رودخانه داشته‌است. شریفی کیا و مال میری (۱۳۹۲) در مقاله‌ای الگوی مکانی، فضایی رودخانه هیرمند و علل آن را استخراج کردند و به این نتیجه رسیدند علاوه بر عوامل هیدرولوژیکی در منطقه مساله خشک‌سالی‌های دهه اخیر عامل این تغییرات بوده‌است.

الوند یکی از اصلی‌ترین مرز رودخانه‌ای در غرب ایران است، که بخشی از مرز ایران و عراق روی آن قرار دارد. رودخانه الوند دارای رژیم آبدهی متغیر در طول سال است؛ به طوری که ۸۴ درصد جریان آب رودخانه مربوط به ماه‌های دی تا اردیبهشت است. در سال‌های اخیر خشک‌سالی و کاربری‌های انسانی در حریم رودخانه، باعث ایجاد تغییرات در مسیر رودخانه و جابه‌جایی بستر در پیرامون مرز شده است. هم‌چنین شیب کم دشت و تشکیل مآذرهاي جدید و متروکه شدن مآذرهاي قدیم باعث تخریب مراتع حاشیه رودخانه و پاسگاه مرزی شده‌است. ادامه این جریان جابه‌جایی بستر را در پیرامون مرز به دنبال خواهد داشت. تحلیل فضایی الگو رودخانه و علل تغییرات از طریق انجام مطالعات با تعمیق ابزاری و میدانی، گامی الزامی برای پاسداری از حریم و بستر الوند و تواما، تحکیم مبانی زیست محیطی و پیامد اقتصادی-سیاسی آن برای کشور است. تاکنون درباره رودخانه الوند مطالعات زیادی صورت گرفته است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱، جباری، ۱۳۹۱، پوریا و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳). اما با توجه به موقعیت استراتژیکی رودخانه الوند و وضعیت

<sup>1</sup> Ouchi

<sup>2</sup> Knighton & nanson

<sup>3</sup> simpson

<sup>4</sup> burge

<sup>5</sup> Zawjeska & waezga

<sup>6</sup> dwtacheck

<sup>7</sup> Poria et al



اقلیمی این رودخانه و همچنین کم بودن آمار و اطلاعات در دسترس تاکنون تغییرات مورفولوژیکی حریم و بستر این رودخانه کمتر مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. مبتنی بر این ضرورت، در این پژوهش مساله عوامل مورفولوژیکی تاثیرگذار بر این تغییرات مکانی و فضایی، به کمک روش سنجش از دوری در یک بازه زمانی ۶۰ ساله (۱۳۳۴-۱۳۹۴) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

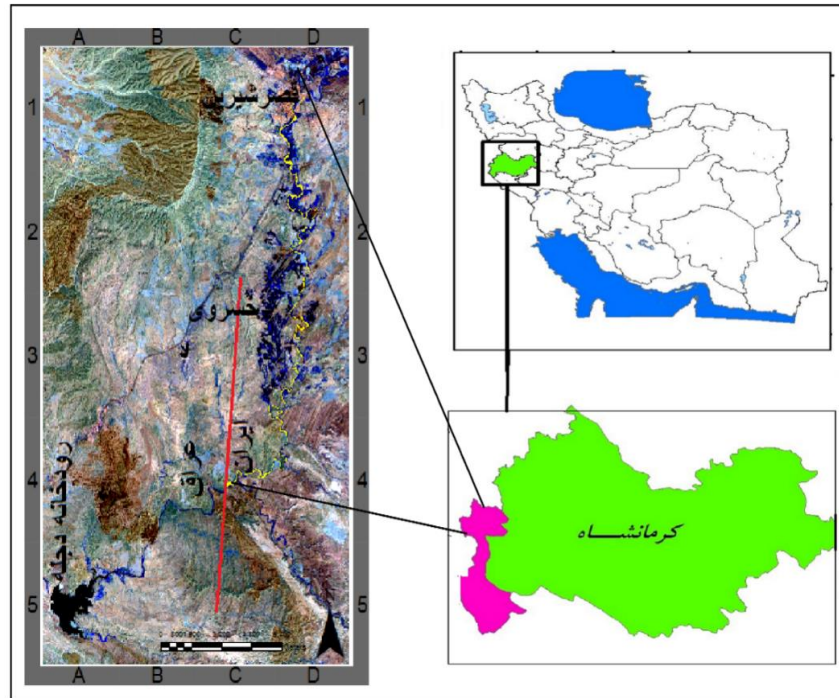
### موقعیت طبیعی منطقه

قلمرو جغرافیایی این پژوهش رودخانه الوند، با وسعت ۱۵۲۸ کیلومتر مربع جزئی از حوزه آبریز خلیج فارس و زیر حوزه آبریز مرزی غرب ایران و در غرب استان کرمانشاه واقع شده است. گستره جغرافیایی آن بین مختصات جغرافیایی ۴۶°، ۱۹ تا ۴۵°، ۳۵ طول شرقی و ۳۴°، ۳۱ تا ۳۴°، ۰۵ عرض شمالی قرار دارد. طول رودخانه تا مرز ایران و عراق ۱۲۰ کیلومتر، تا رودخانه دجله<sup>۱</sup> ۱۶۰ کیلومتر می‌باشد. رودخانه الوند از آبخیزها و چشمه سارهای واقع در دره شمالی کوه قلاجه در ۲۴ کیلومتری سرپل ذهاب سرچشمه می‌گیرد. پس از گذشتن از میان کوه‌های دانه‌خشک و بازی دراز وارد شهرستان قصرشیرین می‌شود. سرانجام در ۲۷ کیلومتری جنوب‌غربی قصرشیرین، بعد از گذشتن از بیابان خسروی از مرز خارج شده و به کشور عراق وارد می‌شود و به نام رودخانه هلوان به رودخانه دجله می‌ریزد. متوسط دبی سالانه رود الوند در ایستگاه هیدرومتری قصرشیرین، واقع در محدوده مورد مطالعه ۳۸۴/۱ متر مکعب بر ثانیه با زیر شاخه‌های خود به رودخانه الوند می‌ریزد. متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۲ میلی‌متر است. اقلیم منطقه در نمای آمبرژه<sup>۲</sup> و دمارتون<sup>۳</sup> نیمه خشک می‌باشد (ژیناب غرب، ۱۳۸۹). رودخانه الوند در محدوده مورد مطالعه به دلیل کاهش ارتفاع رژیم جریان، حاصل و تابع مستقیم رژیم بارشی می‌باشد. لذا شیب بستر کم و تغییرات نیمرخ کم و عوارض مورفولوژی مسیر بیشتر به صورت پهن شدگی بستر رود و مآندرها هستند. از نظر ژئومورفولوژی مآندر غالب محدوده مورد نظر، به علت حرکت در میان دشت‌های باز و جنس‌های سست و تخریبی زیربنا، بیشتر از نوع مآندر آزاد است.

<sup>1</sup> Diyala

<sup>2</sup> Emberger

<sup>3</sup> Domarten



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه

### داده‌ها و روش تحقیق

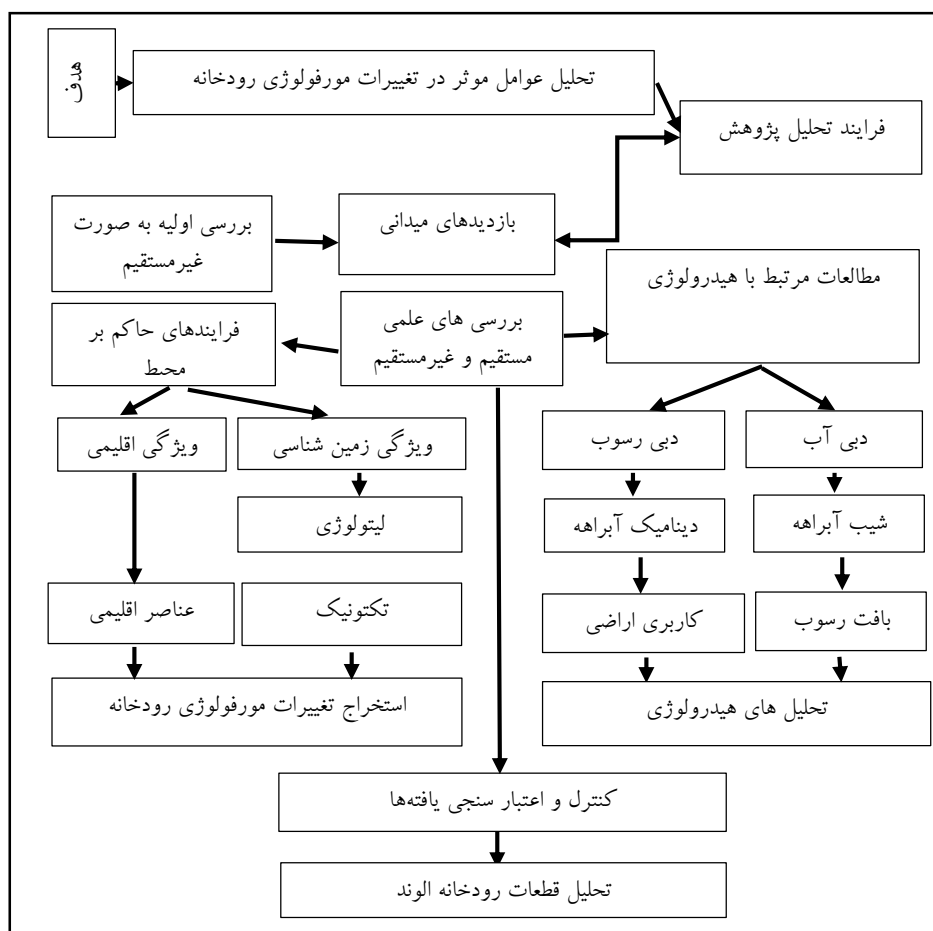
این پژوهش بر مبنای روش تجربی- آزمایشگاهی و مبتنی بر استدلال استقرایی است. که در آن با استفاده از داده‌های سنجش از دور، مورفولوژی رودخانه در یک دوره ۶۰ ساله اخذ و پردازش شدند و سپس با عوامل هیدرولوژی و اقلیمی در این تغییرات ارتباط داده شده و تجزیه اطلاعات در محیط نرم افزاری و مشاهدات میدانی انجام شده‌است. برای این امر، نخست به کمک روش‌های سنجش از دور، اقدام به فراهم‌آوری زیرساخت داده‌ای شد. برای بررسی تغییرات مورفولوژی الوند در بازه زمانی مورد بررسی (۱۳۳۴-۱۳۹۴)، تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۱۳۹۴ (آخرین تصویر منتشرشده) با عمل feuj مبتنی بر تصویر چندطیفی<sup>۱</sup> ۱۵ متری، برای انطباق با تصویر گوگل ارث<sup>۲</sup> انجام گرفت. تصاویر مقدم (عکس‌های هوایی سال ۱۳۳۴) نیز بر مبنای تصویر گوگل ارث به صورت تک به تک زمین مرجع<sup>۳</sup> و پس از آن موزاییک<sup>۴</sup> شدند. بر اساس این تصاویر، دو سری نقشه برداری تولیدی از مسیر رودخانه در سال پایه (۱۳۳۴) و سال مرجع (۱۳۹۴) تهیه شد. سپس مبتنی بر اطلاعات مستخرج از تفاضل سنجی بردارهای سال ۱۳۳۴ به نسبت سال ۱۳۹۴ رودخانه به ۲۶ قطعه مکانی تقسیم شد. این قطعات صرفاً قطعاتی هستند که تغییرات داشته‌اند. هدف از این تقسیم بندی فراهم سازی امکان مطالعه، تفسیر و تبیین تغییرات ژئومورفولوژیکی در واحدهای کوچکتر و تسهیل در تحلیل فضایی آن است. سپس برای استخراج تغییرات فضایی و الگوی هندسی، بردارهای مسیر رودخانه در هر یک از قطعات از دو نقشه مقدم و موخر در محیط نرم افزاری روی هم گذاری شده و تغییرات هندسی در زوایای دو بردار محاسبه شد. سپس با مقایسه پارامترهای هندسی رودخانه در قطعات مختلف میزان تغییرات در هر قطعه مشخص گردید و در نهایت عوامل موثر در این تغییرات مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در نهایت با

1 Multispectral  
2 Google earth  
3 Georeference  
4 Mosaic

بهره گیری از مشاهدات، اندازه گیری ها و برداشت های میدانی، یافته های مستخرج از تصاویر اصلاح و کنترل شد (شکل ۲) تحلیل مکانی تغییرات مستخرج از تصاویر به شکل جدول و نقشه های موضوعی ارائه شد.

برای انجام این پژوهش از منابع داده ای زیر بهره گرفته شده است:

- اسناد و گزارش های منتشر شده و منابع کتابخانه ای
- داده های پیمایشی حاصل از برداشت های میدانی
- داده های آماری دریافتی از وزارت نیرو
- داده های سنجش از دوری، در برگرفته عکس های هوایی ۱:۵۵,۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۳۴ سازمان جغرافیایی و تصاویر ماهواره ای لندست ۸ سنجنده OLI



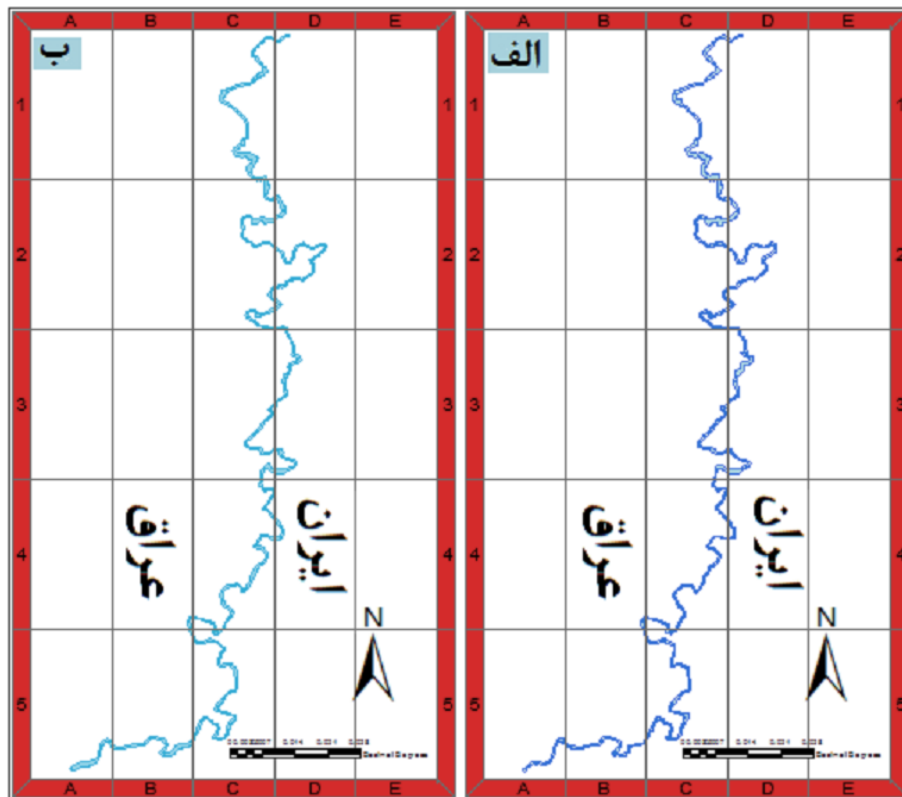
شکل ۲- نمودار مفهومی ساختار پژوهش

### یافته های تحقیق

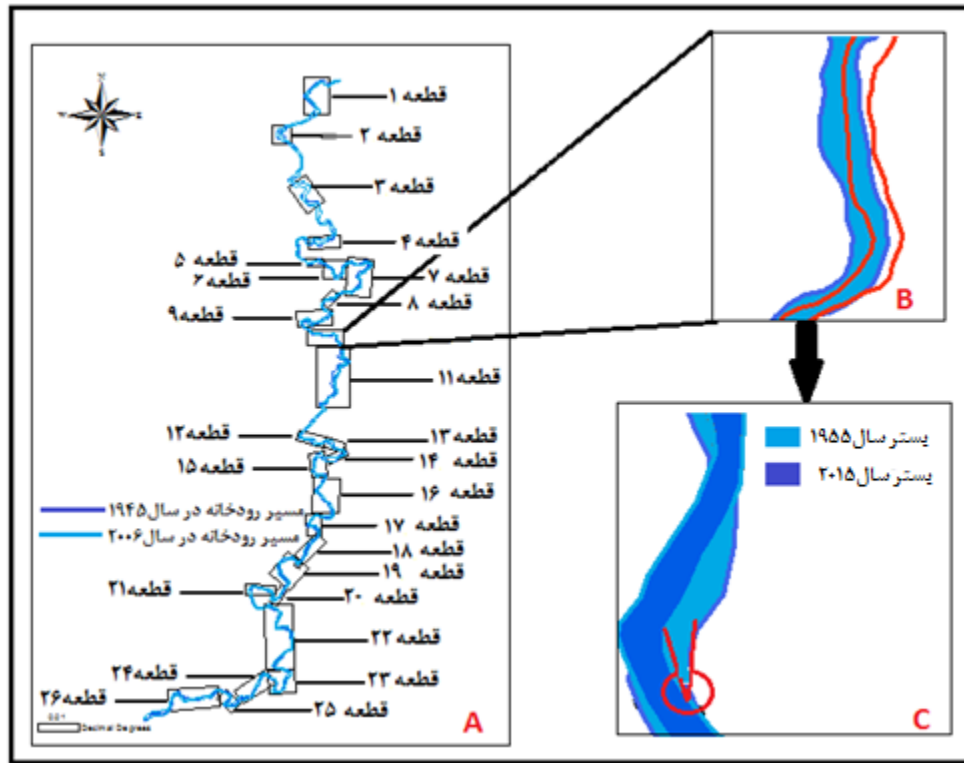
یافته های پژوهش حاصل از آشکارسازی تغییرات به کمک تصاویر و تحلیل نقشه های برداری در بازه زمانی بیش از نیم قرن (شکل ۳) موید تغییر گسترده در الگوی فضایی و مکانی رودخانه الوند است. این تغییرات در تمام قطعات مورد بررسی رودخانه مشاهده

### تحلیل عوامل مورفولوژیکی در تغییرات الگوی مکانی، فضایی رودخانه الوند / ۲۹

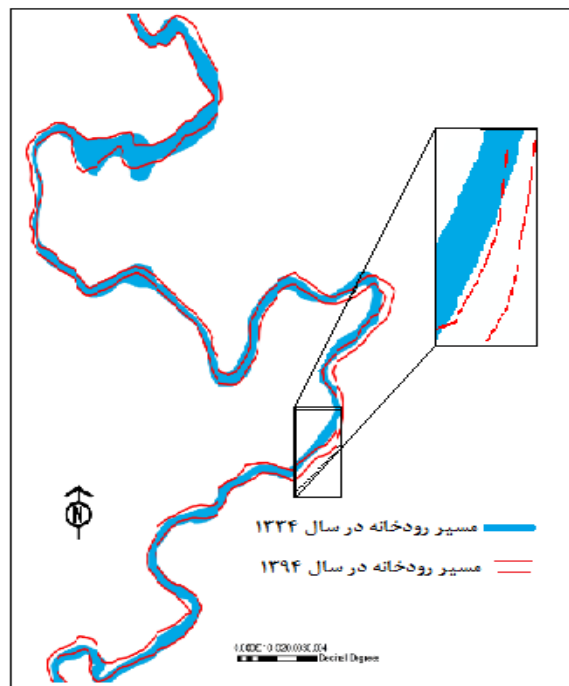
شده (شکل ۴) هر چند در اغلب موارد، به علت تغییر پذیری کم بوده است، به گونه‌ای که بخشی از ساحل در یک کناره اشغال و در کناره دیگر واگذار شده است، اما در مواردی آبراهه اصلی به طور کل تغییر مسیر داده و بستر قبلی را واگذار کرده است (شکل ۵) تجزیه و تحلیل یافته‌ها موید تغییر الگوی هندسی شبکه آبراهه در قطعات طولی است. اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در این پژوهش موید تغییر پذیری محور اصلی به میزان ۱۲ تا ۵۱ درجه به سمت مغرب (عراق) یا مشرق (ایران) است. علاوه بر تغییر در الگوی هندسی، تغییر در الگوی فضایی و عرصه رودخانه نیز مشهود است. ارقام به دست آمده در این پژوهش، نشان می‌دهد که بستر رودخانه از ۳۷۴۸۰۴۴ مترمربع در سال ۱۳۳۴ به ۳۳۱۹۴۳۳ مترمربع در سال ۱۳۹۴ تغییر یافته است. این گسترش فضایی از طریق اشغال اراضی در دو ساحل شرقی و غربی ایجاد شده است. یافته‌های پژوهش نشان دهنده آزادسازی بستر رودخانه در ساحل شرقی به میزان ۱۶۳۶۳ مترمربع است. همچنین در این ساحل افزون بر ۷۴۸۲۰ مترمربع از اراضی، به اشغال بستر درآمده که موید حرکت تدریجی آن به سمت شرق است. در ساحل غربی نیز ۱۰۷۴۸ مترمربع از اراضی رهاسازی و بیش از ۳۹۵۶۰ مترمربع اشغال شده است. تغییر در الگوی هندسی و فضایی رودخانه براساس ۲۶ قطعه طولی ترسیم شده در جدول شماره ۱ آمده است.



شکل ۳- (الف)- مسیر رودخانه الوند در سال ۱۳۳۴ (ب)- مسیر رودخانه الوند در سال ۱۳۹۴



شکل ۴-۸) شمای کلی از قطعه بندی رودخانه الوند؛ (B: قطعه شماره ۱۰؛ C: چگونگی محاسبه زاویه



شکل ۵- تغییر مسیر رودخانه در بازه زمانی مورد مطالعه

جدول ۱- تغییرات الگوی هندسی و عرصه فضایی رودخانه الوند در بازه زمانی مورد مطالعه

مقاطع طولی رودخانه	تغییرات الگوی فضایی عرصه رودخانه		وضعیت بستر در طی بازه زمانی (متر مربع)	جابه‌جایی مجرا
	سال ۱۳۳۴	سال ۱۳۹۴		
۱	۳۵۲۸۳۱	۳۴۶۲۲۷	- ۶۶۰۴	به شرق
۲	۲۵۶۶۷	۲۵۶۰۸	- ۵۹	-
۳	۱۸۰۳۶۲	۱۷۳۵۴۶	- ۶۸۱۶	به غرب
۴	۴۰۸۸۵	۴۳۰۹۸	+ ۲۲۱۳	-
۵	۱۳۷۸۸۷	۱۳۵۹۶۷	- ۱۹۲۰	-
۶	۱۴۶۳۰۹	۱۴۲۰۶۲	- ۴۲۴۷	-
۷	۲۰۶۰۵۲	۲۰۲۰۵۲	- ۴۰۰۰	با زاویه ۲۵ درجه به شمال شرق
۸	۵۱۱۷۷	۴۶۹۰۶	- ۴۲۷۱	به غرب
۹	۱۳۲۷۰۹	۱۴۳۷۰۹	+ ۱۰۷۴۸	با زاویه ۲۷ درجه به غرب
۱۰	۱۳۰۹۱۴	۱۴۳۲۴۰	+ ۱۲۳۲۶	با زاویه ۱۲ درجه به شرق
۱۱	۱۰۴۰۳۴	۸۰۴۳۰	- ۲۳۶۰۶	با زاویه ۴۴ درجه به شرق
۱۲	۶۰۲۵۵	۵۰۲۷۹	- ۹۹۷۶	با زاویه ۱۸ درجه به شمال شرقی
۱۳	۲۰۴۲۲۷	۲۱۸۲۸۴	+ ۴۰۳۷	به شمال شرقی
۱۴	۱۰۴۰۳۶	۱۱۸۷۹۱	- ۱۴۷۵۵	-
۱۵	۳۴۴۰۵۴	۳۳۷۱۰۲	- ۶۹۵۲	-
۱۶	۵۸۵۸۸	۴۳۶۱۳	- ۱۴۹۷۵	با زاویه ۲۲ درجه به شرق
۱۷	۳۴۷۲۸۹	۳۳۱۶۳۰	- ۱۵۶۵۹	با زاویه ۱۴ درجه به شرق
۱۸	۵۸۴۹۵	۶۳۲۹۰	+ ۴۷۹۵	-
۱۹	۴۹۰۸۵	۴۲۹۴۱	- ۶۱۴۱	به شمال غرب
۲۰	۴۹۰۸۵	۴۶۲۱۳	- ۲۸۷۲	با زاویه ۲۹ درجه به غرب
۲۱	۹۰۰۰۰	۸۰۶۹۳	- ۹۳۰۷	با زاویه ۲۹ درجه به شمال غرب
۲۲	۲۸۶۲۶۴	۲۳۹۴۱۳	- ۴۶۸۵۱	-
۲۳	۱۹۱۳۰۹	۱۷۶۴۲۹	- ۱۴۸۸۰	-
۲۴	۱۹۸۴۱۳	۱۹۱۸۸۸	- ۶۵۲۵	به شمال غرب
۲۵	۱۶۲۱۳۹	۱۵۹۴۲۸	- ۲۷۱۱	به شمال غرب
۲۶	۳۵۹۷۸	۳۵۰۶۱	- ۹۱۷	با زاویه ۵۱ درجه به غرب
مجموع	۳۷۴۸۰۴۴	۳۳۱۹۴۳۳	۲۴۸۶۵۰	-



## دلایل تغییر مورفولوژی رودخانه الوند

در رودخانه‌ها، هر چند تغییر مورفولوژی آبراهه بیشتر متأثر از حمل بار رسوبی است (Antonelli et al, 2004)، اما به طور کلی فعالیت‌های انسانی و عوامل خارج از سیستم رودخانه‌ای مثل تغییرات اقلیمی<sup>۱</sup>، تکتونیک و زمین‌شناسی آثار زیادی بر روند هیدرولوژیکی رودخانه داشته و باعث تغییر در مورفولوژی آن می‌شود (Wang et al, 2012). در این صورت هرگونه تغییری که به سیستم رودخانه تحمیل شود، تعادل موجود را برهم زده و با عکس‌العمل رودخانه در جهت ایجاد موازنه جدید روبرو خواهد شد. شدت تغییرپذیری و زمان این تغییرات بستگی به نوع و درجه تاثیر عوامل کنترل‌کننده دارد. تاثیر عوامل طبیعی نظیر تغییرات اقلیمی، زمین‌شناسی و تکتونیک تدریجی بوده و در کوتاه مدت ناچیز است. در حالی که تاثیر فعالیت‌های انسانی در حریم و بستر رودخانه که موجبات تغییر در رژیم دبی آب، رسوب، شیب و ابعاد رودخانه را فراهم می‌کند در کوتاه‌مدت زمینه‌ساز الگوی رودخانه می‌باشد (Gregory, 2006). به‌همین دلیل سعی شده عوامل تاثیرگذار بر تغییرات مکانی، فضایی رودخانه الوند در محدوده مطالعاتی مورد بررسی قرار گیرد.

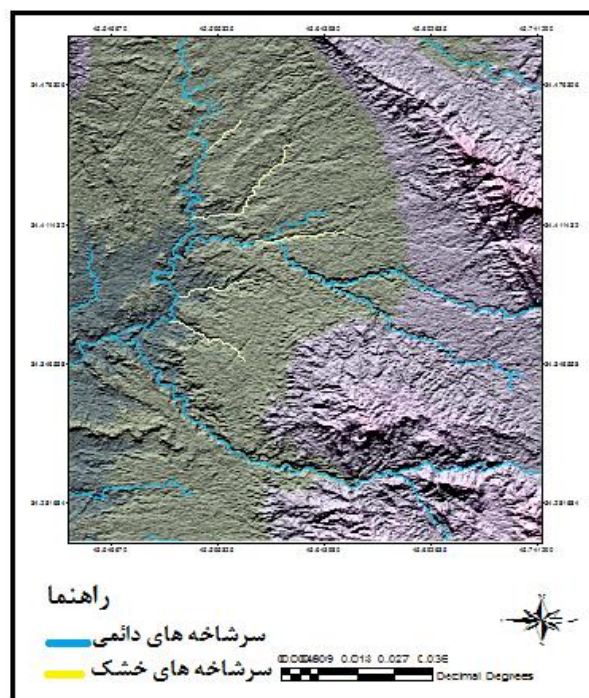
رودخانه در محدوده مطالعاتی تحت تاثیر حرکت تکتونیک ناشی از گسل قصرشیرین قرار گرفته‌است. رودخانه در جهتی عمود بر امتداد مسیر گسل حرکت می‌کند. در محدوده مورد نظر تکتونیک به صورت حساس عمل می‌نماید. رودخانه تحت تاثیر گسل بستر خود را تغییر داده و این تغییرات سطح اساس محلی باعث فرسایشی کانال و فرسایش رو به بالادست رودخانه شده‌است. اخیراً فعالیت‌های انسانی در حریم رودخانه سبب کاهش تراز آبی و کندشدن بیش از پیش جریان شده‌است. با تغییر در رژیم جریان و رسوب و روند فرسایش و رسوب‌گذاری سبب تغییر در شیب، مقطع و گاهی تغییر الگو و شکل مسطح رودخانه شده‌است. از فعالیت‌های انسانی در حریم و بستر رودخانه الوند می‌توان به توسعه شهری و اجرای طرح مسکن مهر به مساحت ۱۲۷۵۰ مترمربع (مسکن و شهرسازی استان کرمانشاه، ۱۳۹۲) اشاره کرد. در حریم رودخانه و اجرای طرح‌های مهندسی از قبیل کانال‌سازی بستر، انحراف جریان و لایروبی آن می‌باشد که رژیم جریان در قطعات بالادست را تغییر داده و موجب تغییر در شیب و شکل مسطحه رودخانه شده‌است. در واقع کاربری اراضی موجب بریدگی بستر رودخانه شده‌است. اصلاح مسیر رودخانه در امتدادی مستقیم بدون توجه به عملیات حفاظتی موجب کف‌کنی و فرسایش کناره رودخانه شده‌است و تغییر شیب در این قطعه لایروبی شده، شرایط را برای فرسایش بستر در قطعه بعدی ایجاد کرده‌است. رودخانه در محدوده مطالعاتی بر روی پی‌سنگ سست منطقه که شامل رسوبات آبرفتی، مارن و ژئوسپس مربوط به سازند آغاچاری می‌باشد، حرکت می‌کند و مسیر خود را به تبعیت از لیتولوژی زیربنای خود ادامه می‌دهد. عبور از تشکیلات مارنی و فرسایش پذیر باعث شده که هندسه رودخانه شدیداً تحت تاثیر لیتولوژی بستر قرار بگیرد و رودخانه در طی زمان کوتاهی تغییرات زیادی داشته‌باشد (۱۵۶۹۲ مترمربع) در قطعات ۵ تا ۱۷ رودخانه (به جز قطعه ۷ و ۹ که تغییر شیب وجود دارد) محور رودخانه از ساحل راست به ساحل چپ جابجا شده که در بیشتر طول مسیر ۱۲۷۴۷۲ مترمربع کاهش عرض بستر با زاویه ۴۴ درجه جابه‌جایی دیده می‌شود. در واقع قوس خارجی مآندر فرسایش یافته‌است. متغیر بافت رسوبات بستر عامل تاثیرگذار دیگری است به طوری که در قطعات بالادست، شن همراه با قلوه‌سنگ و بعد ماسه بوده است (شکل ۶).



شکل ۶- رسوبات درشت دانه رودخانه الوند در قطعات بالادست

رسوبات غیرچسبنده گواه فرسایش پذیر بودن بستر و کناره‌ها می‌باشد. در این قطعات مواد درشت دانه به صورت لایه عمیق و در بعضی نقاط به صورت لایه سطحی روی سنگ مادر و مواد ریزدانه و ماسه‌ای قرار گرفته‌اند، که در مواقع سیلابی و افزایش دبی به صورت یک لایه مقاوم در برابر آشفته‌گی عمل کرده و میزان بارکف را محدود و در نتیجه میزان رسوبات دانه درشت بیشتری در بستر برجای گذاشته است. در حالی که در قطعات میانی و پایین دست رودخانه که ماسه و رس به همراه رسوبات معلق گل و لای می‌باشد که الگوی رودخانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در بالادست با افزایش نسبت عمق به عرض و در پایین دست جریان الگوی شریانی است. در این قطعات به دلیل بالا بودن پتانسیل حمل رسوب، تنش برشی آب بر کناره‌های رود متمرکز و باعث افزایش عرض به عمق جریان به خصوص در قسمت سفلی رودخانه را به دنبال داشته است.

در سال‌های اخیر خشک‌سالی، باعث شده که رودخانه‌ها از نظر ژئومورفولوژی تغییر کنند. هم در میزان دبی، رسوب و هم در میزان سرعت جریان، خشک‌سالی توان رودخانه را کاهش می‌دهد و فرایندهای رودخانه‌ای تغییر می‌کند. در نهایت فرم‌ها تغییر می‌کند. در مورفولوژی جدید که در نیمرخ طولی، عرضی و پراکنش مواد در حوضه تاثیر دارد. رودخانه الوند بر طبق داده‌های اقلیمی و هیدرومتری با کاهش ۲۰۰ میلی‌متری بارش در سال ۱۳۷۶ و کاهش ۸ مترمکعبی از میانگین دبی سالانه در سال ۱۳۷۹، باعث بروز تغییراتی در بستر رودخانه شده است. این تغییرات به صورت کاهش خروجی جریان آب و کوچک شدن عرض بستر و تغییر در رژیم رودخانه می‌باشد. همچنین انشعابات ورودی به رودخانه طی سال‌های خشک‌سالی به فصلی، خشک تقسیم شده است (شکل ۷). آوردهای رسوبی حاصل از انشعابات فرعی باعث افزایش گل آلودگی، عریض شدن بستر و الگوی بریده بریده شده است، وجود بانکت‌های میان رودخانه‌ای شاهد این ادعاست (شکل ۸). بسترفزایی در دیواره داخلی رودخانه صورت گرفته است و از آنجایی که شیب عمومی رودخانه ۱۱ درصد می‌باشد، شیب بستر رابطه معناداری با آرایش دبی و رسوب بر روی رودخانه ایفا می‌کند. یعنی همزمان با کاهش شیب بستر رودخانه عمل رسوب‌گذاری را انجام می‌دهد و با افزایش شیب بستر میدان برای فرسایش مهیا می‌شود و رودخانه به سمت الگوی سینوسی و بعد مستقیم تمایل پیدا می‌کند. در واقع کاهش شیب به همراه کاهش دبی قدرت خودپالایی رودخانه را کاهش می‌دهد. در نهایت کاهش انرژی جنبشی آب به همراه شیب کم رودخانه زمینه را برای ایجاد الگوی شریانی در بستر فراهم ساخته است.



شکل ۷- نقشه انشعابات فرعی رودخانه الوند



شکل ۸- افزایش گل آلودگی آب رودخانه و عریض شدن بستر

طبق یافته‌های حاصل از پژوهش جابه‌جایی فضایی رودخانه در طی این دوره زمانی این واقعیت را نشان می‌دهد که رودخانه پلان اصلی خود را حفظ کرده‌است. تغییرات در پلان رودخانه بیشتر به صورت گسترش مآندرهای موجود، جابه‌جایی مسیر رودخانه، افزایش انحنا و تشکیل مآندرهای کوچکتر بوده است.

## نتیجه گیری

رودخانه‌ها به ندرت در حالت پایدار هستند و تحت تاثیر عوامل و متغیرهای مختلف همواره از نظر ابعاد، شکل، راستا و الگو در تغییر هستند. در این میان مرزهای رودخانه‌ای که مرزهای طبیعی دو یا چند واحد سیاسی هستند، به دلیل ماهیت تغییرپذیری و تنوع مورفولوژیکی خود، آثار محسوسی بر روابط کشورهای پیرامون مرز دارند. در این میان رودخانه الوند واقع در مرز ایران و عراق دارای شرایط حساسی است. یکی از این مسائل شرایط مورفولوژیکی رودخانه و تغییر مسیرهای آن می‌باشد. براساس یافته‌های این پژوهش، در طول ۶۰ سال گذشته، رودخانه الوند به سبب برخورداری از شرایط خاص (اقلیمی و لیتولوژی) تغییرات هندسی و فضایی گسترده‌ای داشته است. جهت تغییرات مسیر رودخانه به طور عمده به سمت مشرق، یعنی کشور ایران بوده است. تغییرات بستر در این رودخانه، علاوه بر مساعدت شرایط لیتولوژی، از شرایط هیدرولوژیکی و اقلیمی تاثیر پذیرفته است. خشک‌سالی دهه‌های اخیر و تغییر در رژیم آب‌دهی انشعابات فرعی به رودخانه در این سال‌ها، امکان برداشت و حمل رسوبات ریزدانه و انتقال انباشت آن در رودخانه را در پی داشته است. مقایسه مکانی، فضایی بستر رودخانه حاکی از آن است که رودخانه تغییرات زیادی داشته است به طوری که نزدیک ۲۴۸۶۵۰ متر مربع جابه‌جایی عرضی رخ داده است و در مقایسه با سال ۳۴ به نسبت سال ۹۴، ۱۲۷۲۹ متر مربع به کناره راست اضافه شده است. در حالی که در کناره چپ ۱۰۷۴۸ متر مربع محاسبه گردید. علاوه بر این ۱۰۳۵۴۲ مترمربع از کناره چپ و ۹۱۱۸۳ مترمربع از کناره راست کاهش پیدا کرده است. هم چنین ۸۹۶۶۴ مترمربع از طرفین کاهش یافته و ۷۰۰۸ مترمربع افزایش یافته است. لازم به ذکر است که بیشتر تغییرات در قوس ماندها مشاهده گردید. مسدود شدن آبراهه در کنار فقدان عوامل مورفولوژیکی کنترل کننده و مساعدت زیرساخت فیزیکی (شیب کم-بافت ریز رسی)، امکان حرکت آزاد آب در سطح، واگذاری بستر اشغال شده و اتخاذ بستر جدید را به دنبال داشته است. امری که پیامد آن تغییرات مورفولوژیکی در فرم فضایی رودخانه بوده است. از دیگر یافته‌های پژوهش، تعیین مقدار ۴۰ درجه عرصه فضایی بستر و گسترش آن به سوی مراتع قصرشیرین و جابجاشدن پاسگاه مرزی خسروی است. در حال حاضر نشانه‌هایی از تغییرات در نمای فیزیکی (استفاده از بولدوزر در ایجاد تغییرات در بستر) مشاهده شده است.

## سپاس‌گزاری

بدین وسیله از مساعدت‌های سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح جهت در اختیار دادن عکس‌های هوایی کمال تشکر و قدردانی را دارد.

## منابع و مأخذ

- جباری، ایرج (۱۳۹۱)، نقش کاربری اراضی در کیفیت آب رودخانه الوند، جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۴۴، صص ۹۳-۷۳.
- رضایی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا، اصغری سراسکانرود، صباد (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات شمل هندسی رودخانه قزل اوزن با تاکید بر عوامل ژئومورفوژیک و زمین شناسی، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، تابستان، شماره ۲، صص ۱۰۹-۱۲۲.
- سازمان هواشناسی کرمانشاه، داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک سرپل ذهاب و قصرشیرین، دوره آماری ۱۳۹۲-۱۳۶۰.
- شریفی کیا، محمد، مال میری، نعمت (۱۳۹۲)، آشکارسازی تغییرات الگوی مکانی رودخانه هیرمند و تحلیل مورفولوژیکی آن، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، صص ۱۶۰-۱۴۴.
- عکس‌های هوایی سال (۱۳۳۴)، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، مقیاس ۱:۵۵۰۰۰.



- کریمی، بهروز، شرفی، سیامک، مقصودی، مهران (۱۳۹۱)، بررسی نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه‌ها با استفاده از توابع ریاضی، پژوهش‌های فرایش محیطی، شماره ۶، صص ۸۹-۷۳.
- مسکن و شهرسازی استان کرمانشاه (۱۳۸۹)، ژیناب غرب، طرح عمران حوزه نفوذ قصرشیرین.
- وزارت نیرو (۱۳۸۹)، مهندسی مشاور ژیناب غرب، هیدرولوژی حوضه‌های آبریز مرزی غرب.
- یمانی، مجتبی، حسین زاده، محمدحسین (۱۳۸۱)، تغییرات الگوی رودخانه تالار در جلگه ساحلی دریایی مازندران، پژوهش‌های جغرافیایی کمی، شماره ۴۳، صص ۱۲۲-۱۰۹.

- Antonelli, C., Provansal, M., Vella, C. (2004), Recent Morphological Channel Changes in a Deltaic Environment, the Case of the Rhone River, France, *Geomorphology*, Vol. 57, pp. 385-402.
- Burge, ML. (2004), Testing links between river patterns and in channel characteristics using MRPP and ANOVA. *Geomorphology*, 63, pp. 115-130.
- Gregory, K. J., Benito, G., Downs, P. W. (2008), Applying Fluvial Geomorphology to River Channel Management: Background for Progress towards a Paleohydrology Protocol, *Journal Geomorphology*, Vol. 98, pp. 153-172.
- Knighton, A.D., Nanson, G.C. (1993), Anastomosis and the continuum of channel pattern, *Earth surface processes and landforms*. 1 S, pp.613-625.
- Poria, M., Ahmadi, H., Jaafari, M., Bihamta, M., Salajegheh, A. (2013), Path Coefficient and path analysis of body weight and biometric traits in Male *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) in Alvand River of Kermanshah Province, (West of Iran), *International Journal of Farming and Allied Sciences*, Vol.2, No.23.
- Simpson, J. Ch. (1999), *Fluvial geomorphology f the sand bed river, North Montana*, PhD thesis, University of Calgary, Alberta.
- Ouchi, S. (1983), *Response of alluvial rivers to active tectonics (New Mexico, California)*, PhD thesis, Colorado state university.
- Shum, H. W. (1984), *River and Related Problems*, Symposium on River Meandering -june 1984, Colorado State-University, fort Collins, Colorado.
- Wang, J., Ishidaira, H. (2012), Effects of Climate Change and Human Activities on Flowing to the Hoban Reservoir in the Red River Basin, the 18th Biennial Conference of International Society for Ecological Modeling, China.
- Zawiejska, J., Bartłomiej, W. ( 2010), Twentieth-Century channel on the Dunajec River, Southern Poland: patterns, causes and controls, *Journal Geomorphology*, Vol. 11, pp. 246-234.