فصل‌نامه علمی- پژوهشی
پژوهش‌های فرسایش محیطی
سال دوم، شماره ۶، تابستان ۱۳۹۱، صص ۸۹-۷۳

بررسی نقش مورفوتکتونیک در فرسایش و تغییرات نیمرخ طولی رودخانه‌ها با استفاده از توابع ریاضی (مطالعه موردی: رودخانه الوند در غرب استان کرمانشاه)

بهروز کریمی[۱]، سیامک شرفی[۲*]، مهران مقصودی[۳]، سمیه کریمی[۴]، شکور سلطانی[۵]

۱. کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه رازی کرمانشاه behruoz_karimi@yahoo.com
۲. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی گروه جغرافیا دانشگاه لرستان sharafi.s64@gmail.com
۳. دانشیار دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران maghsoud@ut.ac.ir
۴. کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز so_karimi1390@yahoo.com
۵. مدیر حوزه آبخیز مرکزی شرکت مدیریت منابع آب ایران shakoursoltani@ut.ac.ir

چکیده

ژئومورفولوژی رودخانه و بررسی میزان تحول آن، تشریح و تبیین فرسایش، نیمرخ طولی بستر رودخانه و بررسی اشکال مختلف ناهمواری و عوارض مورفولوژی مسیر رودخانه می‌باشد. رودخانه الوند به عنوان مهمترین و اصلی‌ترین رودخانه حوزه آبخیز الوند در غرب استان کرمانشاه واقع شده‌است. هدف از این تحقیق، بررسی تغییرات نیمرخ طولی بستر رودخانه الوند با استفاده از توابع ریاضی و تغییرات نیمرخ طولی در قسمت‌های مختلف و ارتباط بستر رودخانه با زمین زیربنای آن در رابطه با فرسایش می‌باشد. نوع تحقیق کاربردی- توسعه ای و روش آن، تحلیلی- آماری و میدانی با استفاده از ابزارهای فیزیکی مانند نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهایی مانند SPSS و Arc GIS می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که تحولات، نوع نیمرخ‌ها و شکل‌گیری عوارض مورفولوژی مسیر رودخانه، در ارتباط با عوامل مختلفی از جمله فرسایش، تکتونیک، لیتولوژی و عناصر ژئومورفولوژیکی مانند گسل‌ها می‌باشد. رودخانه‌هایی که در بخش سراب حوزه و قسمت بالادست حوزه قرار گرفته‌اند، با تابع نوع خطی برازش یافته‌اند که علت آن قرار گرفتن این بخش از حوزه تحت تأثیر فعالیتهای شدید تکتونیکی می‌باشد. قسمت‌های میانی و پایاب حوزه به غیراز بازه الوند ۲ که تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قراردا شته، بقیه بازه‌های آن به علت عدم فعالیت‌های تکتونیکی و حرکت بر روی لیتولوژی سست زیربنا، با تابع نوع نمایی برازش یافته‌اند و دارای فرسایش بستر و کناره‌ها می‌باشند.

واژه های کلیدی:
مورفولوژی رودخانه، نیمرخ طولی، توابع ریاضی، تکتونیک

Morph tectonic role in the erosion and river longitudinal profile changes using mathematical functions (Case Study: alvand river in the West Kermanshah Province)

Behruoz Karimi[1], Siyamack Sharafi[2], Mehran Maghsoudi[3], Somayeh Karimi[4], Shakour Soltani[5]

1. Behruoz Karimi, M.Sc. in Geomorphology, Razi University, behruoz_karimi@yahoo.com
2. Siamak Sharafi, Ph.D candidate of Geomorphology, University of Lorestan, sharafi.s64@gmail.com
3. Mehran Maghsoudi, Assistant professor in faculty of geography, university of Tehran
4. Somayeh Karimi, M.Sc. in Geomorphology, University of Tabriz
5. Shakour Soltani, Central Catchment Manager, Iranian Water Resources Management Company

Abstract

Geomorphology of the river and its rate of change, explained the erosion, the longitudinal profile of the river bed and the river is different roughness and morphology effects. Alvand River as most major river basin in Kermanshah Province is located in the West. The aim of this study was to investigate changes in longitudinal profile of the Alvand river bed using mathematical functions and changes in the longitudinal profile of the river bed and the relationship with the land and its base is eroding. Type of applied research - development and its analysis - data and field use of physical tools such as topographic maps, geology, geomorphology, satellite images and software such as SPSS and Arc GIS. The results show that changes of shape side and river morphology in relation to various factors such as erosion, tectonics, lithology and geomorphological elements such faults. A river basin is located in the upper part, are fitted with a linear function of exposure due to this part of the basin is affected by activities tectonic. The middle and late parts other than Alvand 2 tectonic activities are affected, the rest due to tectonic activity and move on lithology weak infrastructure, have been fitted with an exponential function of the type and bed and bank erosion.

Keywords:
River Morphology, Longitudinal Profile, Mathematical Functions, Tectonic

۱- مقدمه

ژئومورفولوژی رودخانه، علم شناخت سیستم رودخانه از نظر شکل و فرم کلی، ابعاد و هندسه هیدرولیکی، راستا و پروفیل طولی بستر، فرسایش بستر و کناره‌ها و نیز روند و نحوه تغییرات آن می‌باشد. پیش‌بینی روند تغییرات رودخانه و ارائه طرح‌های مهندسی در آینده منوط به شناخت رفتار و ژئومورفولوژی فعلی رودخانه و بررسی تغییرات درگذشته می‌باشد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۰). به عبارت دیگر، ژئومورفولوژی رودخانه و بررسی میزان تحول آن، تشریح و تبیین فرسایش، نیمرخ طولی بستر رودخانه و بررسی اشکال مختلف ناهمواری و عوارض مورفولوژی مسیر رودخانه می‌باشد. یکی از ویژگی‌های مهم رودخانه‌ها، نیمرخ طولی بستر رودخانه می‌باشد که عبارت است از خط بزرگترین شیب رود، که شیب را در هر منطقه نسبت به محور افق نشان می‌دهد و در حقیقت ترسیم منحنی تغییرات طولی بستر رود بر حسب ارتفاع می‌باشد)سیمافر،۱۳۸۴). بررسی‌های نیمرخ طولی رودخانه‌ها در بسیاری از جنبه‌های کاربردی مانند مهار سیل، کیفیت و کارایی مخازن سدها، آبخیزداری و... اهمیت می‌یابد (احمدی و همکارن،۱۳۸۶). نیمرخ طولی رودها معمولا به سه قسمت مجزا که شامل سراب با شیب تند و فرسایش زیاد، قسمت میانی با نیمرخ تکامل یافته‌تر و شیب کمتر از سراب و پایاب که مرحله تکامل بستر و رسوب‌گذاری رود است، قابل تقسیم می‌باشد(علیزاده، ۱۳۸۲). این نیمرخ و اشکال ژئومورفولوژی آن در طی زمان و بر اثر دخالت عوامل مختلف مانند حجم آب، ویژگی‌های سنگ بستر، بار رسوبی و نحوه جریان رودها در بخش‌های مختلف متفاوت است. در بحث تحولات ژئومورفولوژی رودخانه‌ها نیز، وضعیت سازندهای زمین‌شناسی در رابطه با فرسایش، تکتونیک و ... با عوارض مورفولوژی رودخانه بررسی می‌شود. اشکال و نیمرخ طولی رودخانه‌ها، از تابع نوع خطی تا نمایی قابل تغییر است که این تفاوت در نوع توابع ناشی از شرایط ژئومورفولوژیکی حوزه است که خود متأثر از موارد ذکر شده در بالاست.

در مورد مورفولوژی، فرسایش، تغییرات نیمرخ طولانی رودخانه‌ها و شبکه‌های زهکشی با استفاده از روشهای مختلف، تحقیقات متعددی با اهداف گوناگون در کشورهای مختلف دنیا انجام شده است. مقصودی و همکاران(۱۳۸۹)، رنگزن(۱۳۸۱)، یمانی و همکاران(۱۳۹۱)، شرفی(۱۳۸۸)، مقصودی و همکاران(۱۳۸۷)، احمدی(۱۳۸۵)، نوحه گر و همکاران(۱۳۸۹)، یمانی و همکاران(۱۳۹۱)، Ohmori،Ohmori(1996) (1997)، Radoane and et al(2003)، Thorne(2002)، Chris parker and et al(2008)، Demoulin (2010 ،Tebbens and et al(2000) ،Oliver and et al(2006 و Larue(2008) از جمله کسانی هستند که فرسایش، تغییرات مورفولوژی و نیمرخ طولی رودخانه‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند.

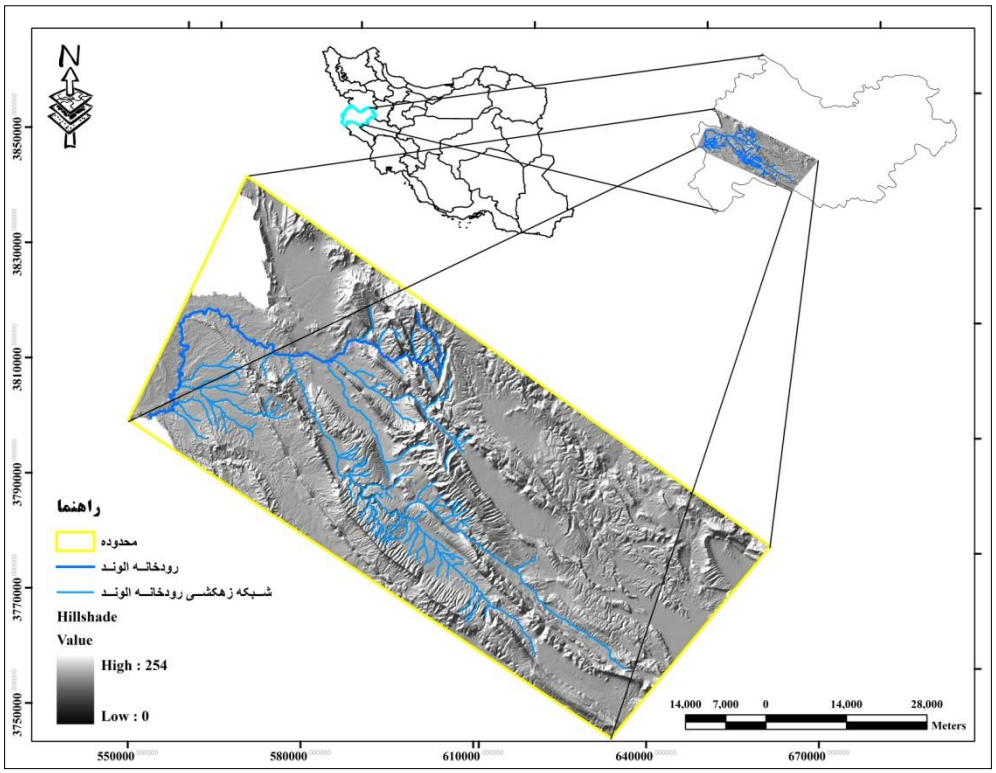
در مطالعات ذکر شده در بالا، عمدتا به تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها در دوره‌های زمانی مختلف به منظور تشخیص تغییرات با استفاده از پارامترهای هندسی یا عوامل تغییردهنده مورفولوژی و پروفیل طولی رودخانه‌ها پرداخته شده است اما در این تحقیق سعی بر این است تا تغییرات نیمرخ طولی بستر رودخانه الوند در غرب استان کرمانشاه با استفاده از توابع ریاضی مورد بررسی قرار گرفته و با بررسی و برازش نیمرخ طولی رودخانه الوند در بخش‌های مختلف با توابع ریاضی، تغییرات نیمرخ طولی در قسمت‌های مختلف و ارتباط بستر رودخانه با زمین زیربنای آن در رابطه با فرسایش تجزیه و تحلیل شود.

۲- مواد و روشها

۲-۱- معرفی محدوده مورد مطالعه

حوزه آبخیز الوند در غرب استان کرمانشاه و در غرب کشور ایران واقع شده‌است. این حوزه در زاگرس چین‌خورده و در بین عرض جغرافیایی ۵۸ ۰۵ ۳۴ تا ۳۸ ۳۵ ۳۴ شمالی و طول جغرافیایی۱۰ ۳۱ ۴۵ الی ۰۵ ۱۹ ۴۶ شرقی قرار گرفته‌است. این حوزه با مساحت ۱۶۷۱/۹۳ کیلومتر مربع و به تبعیت از روند عمومی زاگرس دارای جهت شمال غرب – جنوب شرق می‌باشد. رودخانه الوند به عنوان مهمترین و اصلی‌ترین رودخانه حوزه همراه با زیرشاخه‌های خود، به صورت موازی با روند چین خوردگی‌ها و عمود بر امتداد چین خوردگی‌ها و ارتفاعات، آبهای حوزه را زهکشی کرده و در نهایت از مرز کشور خارج و به رودخانه دیاله در عراق می‌رسد.

حوزه مورد مطالعه در شمال و شمال شرق به طاقدیس‌های ریجاب و دالاهو، از شرق به طاقدیس‌های کوه نوا، پی کلاه و کفراور و از سمت غرب به ارتفاعات شرقی دشت بین‌النهرین و بین شهرهای قصر شیرین و خسروی در منطقه مرزی ایران و عراق محدود می‌گردد. بلندترین ارتفاعات آن با ارتفاع ۲۴۰۰ متر، کوه نوا و تخت خانبک در شرق و شمال شرق حوزه و کمترین ارتفاع آن در محل مصب وخروجی حوزه با ارتفاع ۲۴۵ متر می‌باشد(مهاب قدس،۱۳۷۶). از مهمترین دشتهای حوزه که بیشتر در سطح ناودیس‌ها شکل گرفته‌اند می‌توان به دشتهای قصر شیرین، پاطاق، سرپل ذهاب، قلعه شاهین، دیره و کفراور اشاره کرد (مهندسین مشاور کارست آب،۱۳۷۳). شکل ۱، موقعیت محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

۲-۲- داده‌های مورد استفاده و روش‌کار

در این تحقیق رودخانه الوند در غرب استان کرمانشاه از مصب تا سرچشمه مورد مطالعه قرار گرفته است. در ابتدا برای بدست آوردن و تعیین نیمرخ‌های طولی رودخانه‌های حوزه، مسیر رودخانه الوند به ۶ بازه تقسیم شده و سپس داده‌های مربوط به طول و ارتفاع رودخانه اصلی بین منحنی میزان‌ها با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (Digital Elevation Model: DEM) حوزه اندازه‌گیری شده و سپس مدل سازی آن با ورود داده‌ها به نرم افزار SPSS انجام گرفت. در مرحله بعد وضعیت هر کدام از این نیمرخ‌ها با عوامل ژئومورفولوژی مورد بررسی قرارگرفت و در پایان با مشاهدات میدانی و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، عوارض مورفولوژی مسیر رودخانه شناسایی گردید. ابزارهای تحقیق شامل نقشه توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، نقشه زمین شناسی ۱/ ۲۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزارهای SPSS ، Arc GIS، Arc Hydro و Autocad می‌باشند.

جهت تعیین نیمرخ‌های طولی، ابتدا بالاترین و پایین ترین ارتفاع حوزه که همان نقاط مصب و سرچشمه می باشند، از روی نقشه استخراج گردید و به ترتیب فواصل ارتفاعی ۲۰ متری در یک ستون نوشته شوند. در مرحله بعدی با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تولید شده و شبکه زهکشی در نرم افزارهای Arc GIS و Arc Hydro و با انطباق خطوط توپوگرافی بر روی مدل رقومی ارتفاع، طول رودخانه در بین منحنی میزان‌های۲۰ متری اندازه‌گیری شده و اعداد بدست آمده در مقابل ستون ارتفاعی ثبت شد. این مراحل برای ۶ بازه مورد مطالعه تکرار گردید.

سپس برای شنا سایی دقیق نیمرخ‌های طولی رودخانه الوند مبادرت به قطعه‌بندی م سیر رودخانه الوند گردید. این قطعه‌بندی‌ها بیشتر در محل تغییر م‌سیر رودخانه الوند صورت گرفت. سپس ارتفاع و طول هر کدام از قطعات م‌شخص گردید. در مرحله بعد، برای ترسیم و شناسایی نیمرخ طولی، داده‌های ارتفاع و طول رودخانه برای هر بازه وارد محیط SPSS گردید. سپس با استفاده از نوار ابزار این نرم افزار و گزینه های Analyze–Regression و Curve estimation، متغیرهای مستقل و وابسته که شامل ارتفاع و طول رودخانه می‌باشند، را وارد کرده و نوع تابع مشخص شد. بعد از این مرحله نمودارها بر اساس نوع توابع ترسیم و سپس نمودارها براساس شرایط مسیر رودخانه بررسی شد. در ادامه جهت بررسی تحول ژئومورفولوژی نیمرخ‌های رودخانه الوند، آنالیز رگر سیونی بین فا صله و ارتفاع با رو شی که در بالا به آن ا شاره شد، انجام گرفت و نیمرخ طولی هر بازه به و سیله توابع ریاضی مورد نظر تهیه گردید. در پایان تجزیه و تحلیل نیمرخ‌ها با توجه به نقش عوامل مختلف در تغییرات نیمرخ طولی رودخانه، فرسایش بستر و کناره‌ها، عوارض مورفولوژی ایجاد شده و توابع به دست آمده صورت گرفت.

۳- نتایج

۳-۱- الگوی مدلهای نیمرخ طولی رودخانه الوند

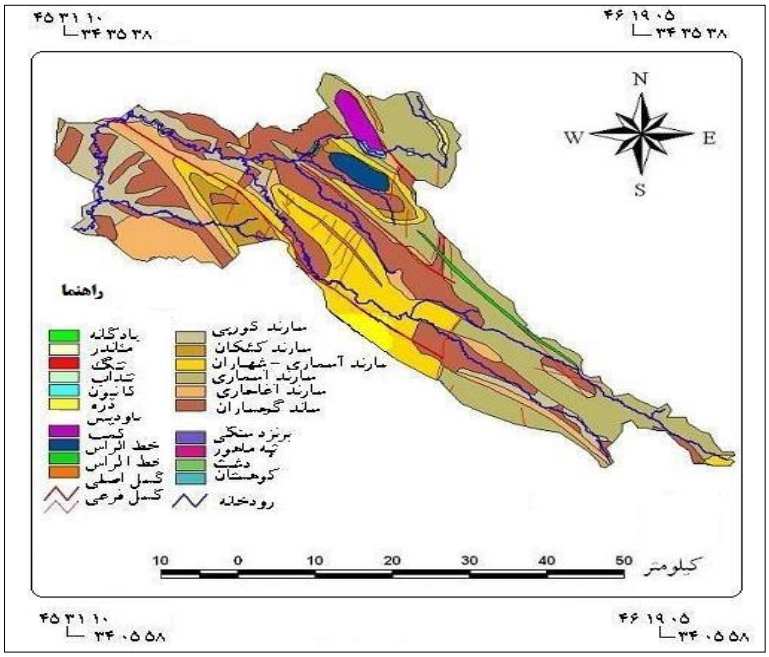
یکی از اصلی‌ترین اهداف این تحقیق، مشخص کردن برازش نوع تابع مناسب با ۶ بازه مورد مطالعه رودخانه الوند می‌باشد. برای ر سیدن به این هدف ابتدا با اندازه‌گیری طول و ارتفاع رودخانه بر روی مدل رقومی ارتفاعی و سپس به منظور تجزیه و تحلیل و رسم نمودار از نرم افزار SPSS استفاده شده‌است که نتایج آن در شکل‌های ۲ تا ۸ نشان داده شده‌است. در این تحقیق بازه‌های رودخانه الوند بر اساس توابع لگاریتمی، نمایی، خطی و توانی بررسی شده‌اند. این توابع در حقیقت نشان دهنده این موضوع هستند که بازه‌ها از نظر فرسایش، شکل بستر و نیمرخ طولی تحت تأثیر چه عواملی هستند. بررسی‌ها در این تحقیق نشان می‌دهد که بازه‌های مورد مطالعه، دارای تابع نوع نمایی و خطی می‌باشند که این مسئله در زاگرس چین خورده دیده می‌شود.

این اشکال نشان می‌دهند که توابع نوع نمایی و خطی در اکثر بازه‌های مورد مطالعه، نیمرخ نزدیک به همی دارند و شکل آنها بصورت توابعی با تعقر اندک و شیب تند است. در این بررسی‌ها مشاهده می‌گردد که توابع برازش یافته نسبت به نیمرخ م شاهداتی همب ستگی زیادی را ن شان می‌دهند و این خود ن شان دهنده این مو ضوع ا ست که این مدل، برای تجزیه و تحلیل اشکال نیمرخ طولی بازه‌های مورد مطالعه مناسب می‌باشد.

به دلیل این که ق سمت اعظم رودخانه الوند در مناطق د شتی و بر روی جنس س ست زیر بنا جریان دارد و همچنین عدم وجود فعالیت‌های تکتونیکی در این مناطق، در یک دید کلی دارای تابع نوع نمایی می‌باشد و دارای فرسایش بستر و کناره‌ها می‌باشند. جدول ۱، نوع تابع برازش یافته با نیمرخ طولی بازه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در شکل ۲، مسیر رودخانه الوند بر روی نقشه ژئومورفولوژی حوزه الوند نشان داده شده‌است.

جدول ۱- نوع تابع برازش یافته با نیمرخ طولی بازه های مورد مطالعه

بازه مورد مطالعه	تابع برازش یافته
الوند ۱	نمایی
الوند ۲	خطی
الوند ۳	نمایی
الوند ۴	خطی
الوند ۵	خطی
الوند ۶	نمایی



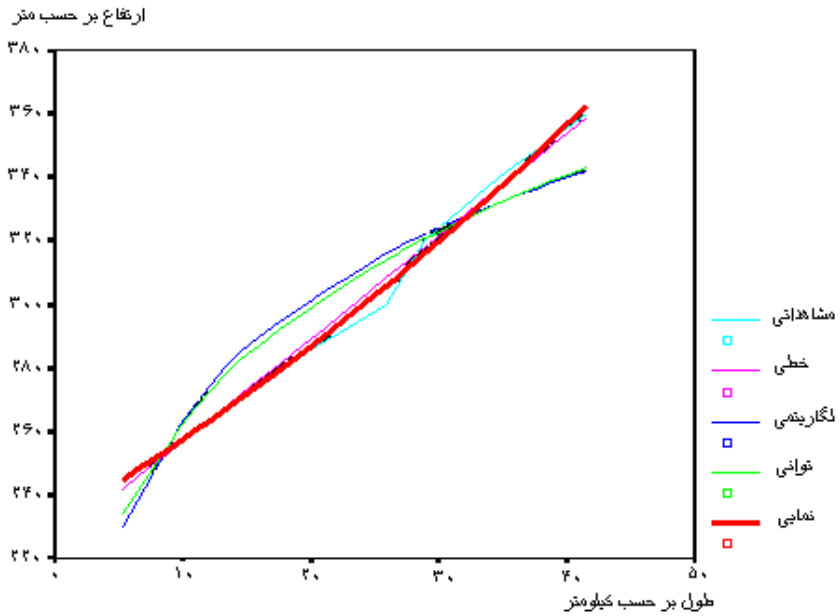
شکل ۲: نقشه ژئومورفولوژی حوزه الوند و موقعیت رودخانه الوند بر روی آن

۳-۲- تحلیل نیمرخ طولی با توابع برازش یافته در بازه‌های مورد مطالعه رودخانه الوند

بعد از برازش مناسب‌ترین نوع تابع برای هر کدام از بازه‌های رودخانه حوزه الوند، برای بررسی دقیق وضعیت نیمرخ طولی هر کدام از بازه‌های مورد مطالعه، نیمرخ طولی هر کدام از آنها به صورت جداگانه ترسیم و تحلیل گردید که در زیر هر بازه به صورت جداگانه تشریح گردیده‌است.

- بازه الوند ۱

این قسمت از رودخانه ناحیه پایاب حوزه را تشکیل می‌دهد. این قسمت از رودخانه از ارتفاع ۳۶۰ متری شروع شده و دارای روند شمالی– جنوبی می‌با شد تا در نهایت در ارتفاع ۲۴۰ متری از حوزه خارج شده و به دیاله عراق می‌پیوندد. این بازه در طول مسیر خود بر روی جنس‌های سست زیر بنا (مارن، شیل و ژیپس) حرکت کرده و به دور از هرگونه فعالیت تکتونیکی می‌با شد. نیمرخ طولی رودخانه در این ناحیه دارای شکل تقریبا منظم بوده و فقط یک تغییر شیب در ناحیه ارتفاعی ۳۳۰ متری دارد که علت آن ورود زیر شاخه امام حسن بوده که باعث افزایش حجم آب و بار ر سوبی و در نهایت افزایش قدرت فر سایش بستر و کناره‌های رودخانه شده‌است. شکل ۳، نیمرخ طولی رودخانه الوند ۱ و توابع برازش یافته بر آن و جدول ۲ ، آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۱ را نشان می‌دهد.



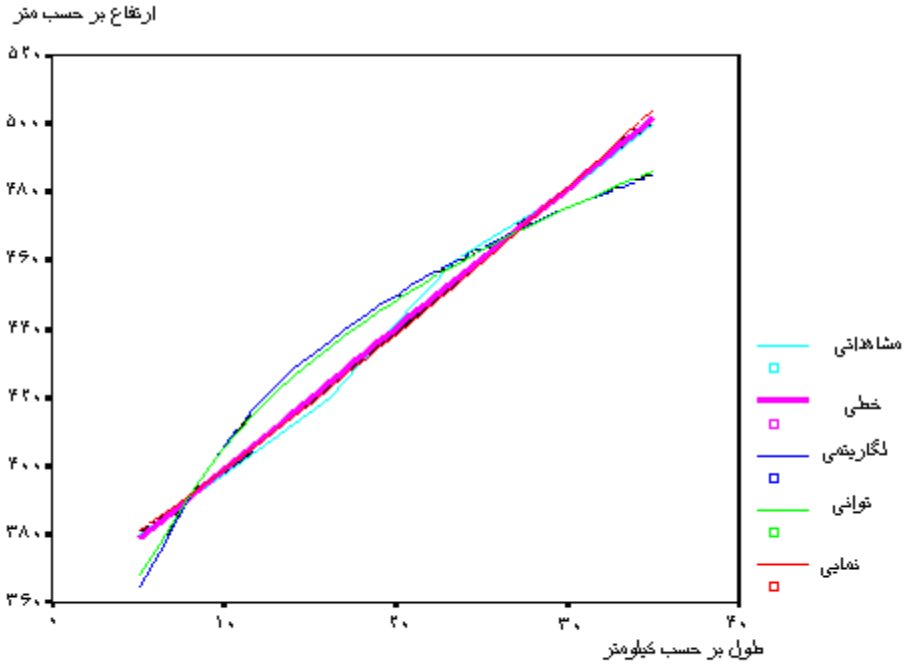
شکل ۳: نیمرخ طولی رودخانه الوند ۱ و توابع برازش یافته بر آن

جدول ۲- آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۱ مستقل: الوند۱

وابسته	Mth	Rsq	درجه آزادی	F	مقدار	b0	b1
ارتفاع	خطی	.۹۸۵	۱۰	۶۷۰,۸۰	.۰۰۰	۵۳۴,۹۶۵	۱۴,۷۸۴۸
ارتفاع	لگاریتمی	.۶۹۱	۱۰	۲۲,۳۲	.۰۰۱	۵۵۳,۲۶۳	۶۰,۱۶۶۸
ارتفاع	توانی	.۷۲۴	۱۰	۲۶,۲۰	.۰۰۰	۵۵۶,۸۳۲	.۰۹۲۶
ارتفاع	نمایی	.۹۹۲	۱۰	۱۲۲۲,۳۴	.۰۰۰	۵۴۳,۵۸۹	.۰۲۳۲

- بازه الوند۲

این بخش از الوند دارای روند شرقی– غربی بوده و رودخانه مسیر خود را در میان جنس‌های سست و آبرفتی زیر بنا (ژیپس و آبرفت) تثبیت کرده‌است. رودخانه در این مسیر زیر شاخه دیره را دریافت می‌کند و در ناحیه ارتفاعی۴۰۰ متری نیز متأثر از گسل عمود بر مسیر رود قصرشیرین شده‌است. نیمرخ طولی رودخانه در این ناحیه تقریبا منظم بوده و تغییر شیب‌هایی در این پروفیل طولی دیده می‌شود که در قسمت بالا دست مربوط به ورود زیر شاخه دیره به آن و افزایش حجم و بار رودخانه و در نتیجه افزایش قدرت فرسایش رودخانه و در قسمت پائین دست مربوط به اثر گسل قصرشیرین می‌باشد که علاوه بر تغییر شیب، باعث تشکیل تراست این ناحیه شده‌است(شکل ۴). جدول ۳، آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۲ را نشان می‌دهد.



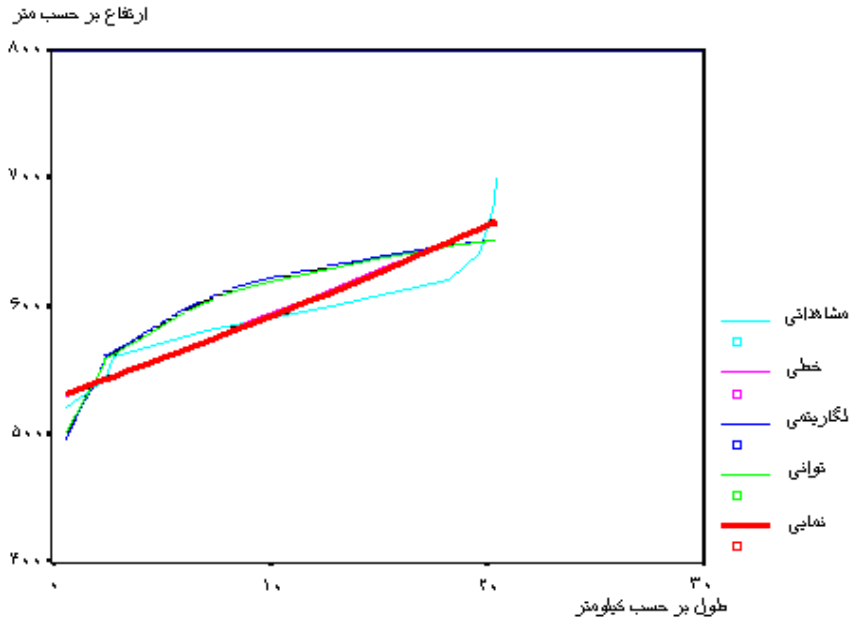
شکل ۴: نیمرخ طولی رودخانه الوند ۲ و توابع برازش یافته بر آن

جدول ۳- آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۲ مستقل: الوند۲

وابسته	Mth	Rsq	درجه آزادی	F	مقدار	b0	b1
ارتفاع	خطی	.۹۹۵	۵	۹۲۲,۲۲	.۰۰۰	۳۵۷,۷۲۶	**۴,۱۱۶۶**
ارتفاع	لگاریتمی	.۹۱۶	۵	۵۴,۸۶	.۰۰۱	۲۶۲,۰۲۴	**۶۲,۶۹۸۳**
ارتفاع	توانی	.۹۳۵	۵	۷۱,۶۵	.۰۰۰	۲۹۰,۵۵۵	**.۱۴۴۷**
ارتفاع	نمایی	.۹۹۲	۵	۶۳۱,۳۳	.۰۰۰	۳۶۳,۱۴۵	**.۰۰۹۴**

- بازه الوند۳

این بازه از رودخانه الوند در ابتدا دارای روند شمال شرقی- جنوب غربی بوده و سپس روند شرقی– غربی پیدا می‌کند که علت پیدایش چنین روندی مربوط به تناوب لیتولوژی سخت و سست منطقه می‌باشد. به طوری که رودخانه پس از حرکت با روند شمال شرق– جنوب غرب بر روی سازند سست(آبرفت) در برخورد با سازند سخت منطقه(آهک) در ارتفاعی ۵۵۰ متری مسیر خود را به سمت غرب منحرف کرده و مسیر خود را بر روی سازند سست آبرفتی منطقه ادامه می‌دهد. رودخانه الوند در این محل زیر شاخه‌های ماهیت و انزل را دریافت می‌کند که با فاصله کم از هم دیگر باعث ورود آب با حجم زیاد به رودخانه اصلی شده و تغییرات مشخصی را در نیمرخ طولی رودخانه و فرسایش بستر و کناره‌ها ایجاد می‌کند. رودخانه در این مسیر دارای نیمرخ نامنظمی بوده که اولا یک تغییر جهت در مسیر رود در محل ارتفاعی ۵۸۰ متری به علت تغییر لیتولوژی مسیر رود و تغییر شیب مشخص در محل ارتفاعی ۵۳۰ متری دارد که علت آن ورود زیر شاخه‌های ماهیت و انزل است که باعث افزایش قدرت فرسایش رودخانه شده و تغییراتی را در پروفیل طولی را بوجود آورده‌ست (شکل ۵). جدول ۴، آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۳ را نشان می‌دهد.



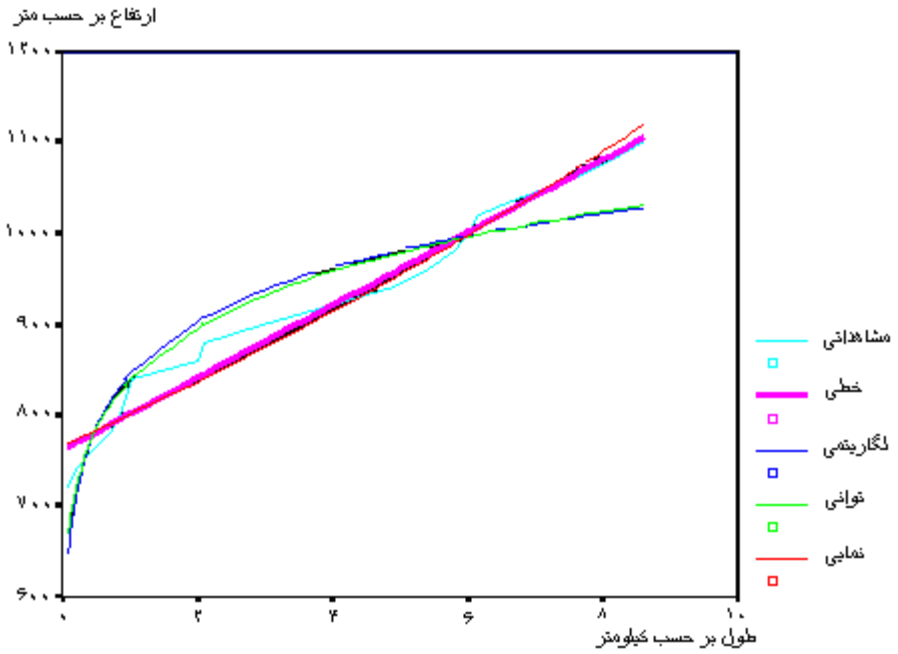
شکل ۵: نیمرخ طولی رودخانه الوند ۳ و توابع برازش یافته بر آن

جدول ۴- آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۳ مستقل: الوند۳

وابسته	Mth	Rsq	درجه آزادی	F	مقدار	b0	b1
ارتفاع	خطی	.۹۰۱	۸	۷۲,۷۶	.۰۰۰	۵۲۴,۸۲۴	۶,۸۶۰۸
ارتفاع	لگاریتمی	.۸۰۴	۸	۳۲,۸۱	.۰۰۰	۵۱۸,۲۸۳	۴۴,۱۴۳۵
ارتفاع	توانی	.۸۳۴	۸	۴۰,۳۳	.۰۰۰	۵۲۰,۵۳۸	.۰۷۴۲
ارتفاع	نمایی	.۹۱۴	۸	۸۴,۶۵	.۰۰۰	۵۲۷,۱۶۰	.۰۱۱۴

- الوند۴

این بازه از رودخانه که از ارتفاع ۱۱۰۰ متری شروع می‌گردد، در ابتدا دارای روند شمال شرقی—جنوب غربی بوده و سپس روند شمال غرب پیدا می‌کند و در نهایت با روند غربی— شرقی به مسیر خود ادامه می‌دهد. رودخانه در این قسمت در ابتدا بر روی پی سنگ آهکی حرکت کرده و در قسمت پایانی بر روی پی سنگ سست آبرفتی حرکت می‌کند. ژئومورفولوژی مسیر رودخانه الوند در این بازه بیشتر از عامل زمین شناسی و تکتونیک تبعیت می‌کند، زیرا این قسمت از رودخانه به شدت تحت تأثیر حرکات تکتونیکی و گسل‌های عمود بر مسیر رودخانه (پاطاق، کرند و ریجاب) می‌باشد که این خود باعث بی‌نظمی و تغییر زیادی در نیمرخ رودخانه و فرسایش بستر و کناره‌ها گردیده‌است. با بررسی طولی رودخانه می‌توان شکستگی‌ها و تغییر شیب‌ها رادر آن دید. اثرات ناشی از این حرکات کاملا در نقاط ارتفاعی ۱۰۰۰—۹۰۰—۸۵۰ متری به صورت ایجاد تغییر شیب‌ها مشخص است(شکل ۶). جدول ۵، آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۴ را نشان می‌دهد.



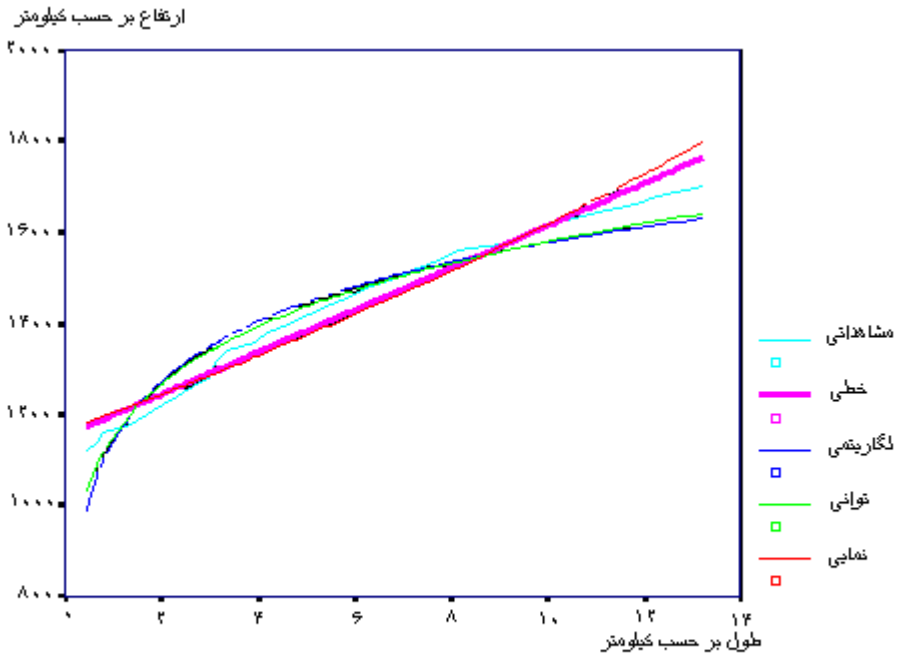
شکل ۶- نیمرخ طولی رودخانه الوند ۴ و توابع برازش یافته بر آن

جدول ۵- آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۴ مستقل: الوند ۴

وابسته	Mth	Rsq	درجه آزادی	F	مقدار	b0	b1
ارتفاع	خطی	.۹۶۹	۱۸	۵۶۶,۳۳	.۰۰۰	۷۶۰,۸۲۴	**۳۹,۹۶۶۸**
ارتفاع	لگاریتمی	.۸۹۰	۱۸	۱۴۵,۴۱	.۰۰۰	۸۴۳,۹۲۸	**۸۵,۲۸۳۱**
ارتفاع	توانی	.۹۲۱	۱۸	۲۰۸,۵۸	.۰۰۰	۸۳۷,۶۵۰	**.۰۹۶۴**
ارتفاع	نمایی	.۹۵۴	۱۸	۳۷۲,۸۵	.۰۰۰	۷۶۵,۷۰۵	**.۰۴۴۱**

- الوند ۵

رودخانه الوند در این بازه، دارای روند شرقی– غربی می‌باشد و بر روی پی سنگ‌آهکی با پوشش سطحی آبرفتی حرکت می‌کند. رودخانه در این بازه در یک مسیر عمود بر جهت چین‌خوردگی(دالاهو، کلاونه و بندزرده) حرکت می‌کند و ژئومورفولوژی آن، تحت تأثیر تکتونیک می‌باشد، زیرا این بازه از رودخانه الوند تحت تأثیر حرکات شدید تکتونیکی می‌باشد. اثر فعالیت‌های تکتونیکی باعث بی‌نظمی در نیمرخ طولی این بازه شده است. بررسی پروفیل طولی آن نشان‌دهنده شکستگی‌هایی در نواحی ارتفاعی ۱۶۰۰-۱۳۰۰-۱۲۰۰ متری می‌باشد که ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی و گسلی(ریجاب و دالاهو) در این بازه از رودخانه الوند است(شکل ۷). جدول ۶، آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۵ را نشان می‌دهد.



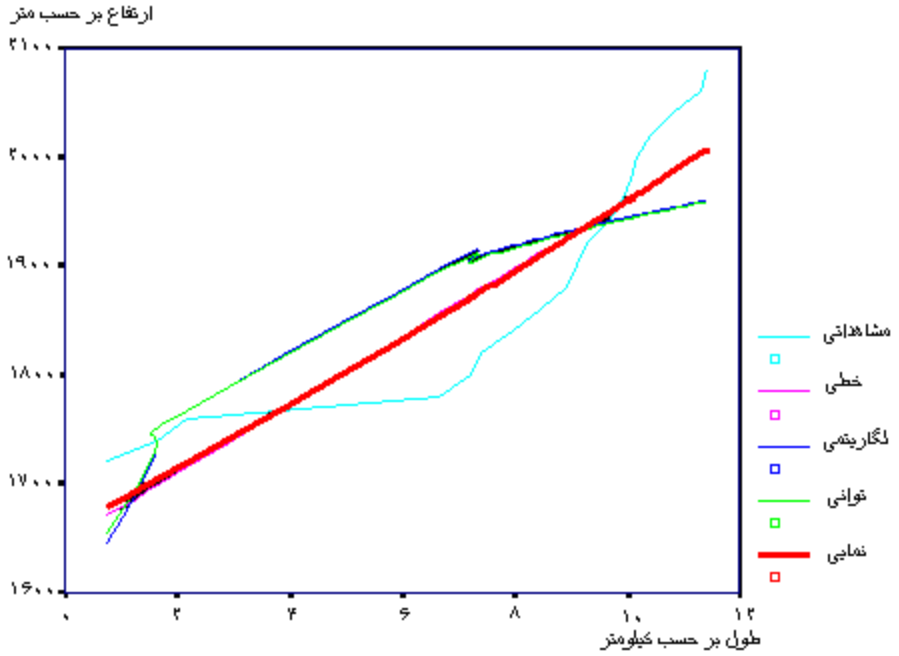
شکل ۷- نیمرخ طولی رودخانه الوند ۵ و توابع برازش یافته بر آن

جدول ۶- آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۵ مستقل: الوند ۵

b1	b0	مقدار	F	درجه آزادی	Rsq	Mth	وابسته
۴۶,۳۶۲۶	۱۱۵۱,۴۵	.۰۰۰	۸۳۸,۴۵	۲۸	.۹۶۸	خطی	ارتفاع
۱۸۹,۲۲۴	۱۱۴۱,۵۴	.۰۰۰	۳۱۶,۵۷	۲۸	.۹۱۶	لگاریتمی	ارتفاع
.۱۳۷۳	۱۱۵۱,۶۰	.۰۰۰	۴۴۸,۷۲	۲۸	.۹۴۱	توانی	ارتفاع
.۰۳۲۹	۱۱۶۴,۸۹	.۰۰۰	۴۹۷,۶۹	۲۸	.۹۴۷	نمایی	ارتفاع

- الوند۶

این بازه از رودخانه الوند به عنوان سر چشمه تشکیل رودخانه الوند از ارتفاعات قلالان و تخت خانبک در ارتفاع۲۲۰۰ متری سر چشمه می‌گیرد. رودخانه در این ناحیه دارای روند شمالی- جنوبی می‌باشد، ولی در ناحیه ارتفاعی ۱۷۰۰ متری دارای یک چرخش ۱۳۰ درجه‌ای می‌با شد که علت آن مربوط به تناوب لیتولوژی ناحیه ا ست، چون هیچ گونه فعالیت تکتونیکی در این ناحیه وجود ندارد. رودخانه در این ناحیه دارای شیب زیادی می‌باشد و با توجه به قدرت و حجم زیاد آب توانسته پی سنگ آهکی مسیر خود را به صورت عمیق ببرد و یک دره عمیق را تشکیل دهد. فرسایش بستر و کناره‌ها در این بازه از رودخانه الوند شدید بوده و نیمرخ طولی رودخانه در این ناحیه دارای بی نظمی و تغییر جهت مشخصی ا ست که علت این مسئله، به تنوع لیتولوژی زیربنای مسیر رودخانه و عبور رودخانه از جنس‌هایی با مقاومت متفاوت می‌با شد(شکل ۸). جدول ۷، آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۶ را نشان می‌دهد.



شکل ۸- نیمرخ طولی رودخانه الوند ۶ و توابع برازش یافته بر آن

جدول ۷- آنالیز دومتغیره بین طول و ارتفاع بازه الوند ۶ مستقل: الوند ۶

وابسته	Mth	Rsq	درجه آزادی	F	مقدار	b0	b1
ارتفاع	خطی	.۷۹۸	۱۷	۶۷,۳۳۳	.۰۰۰	۱۶۴۷,۱۴	۳۱,۳۸۰۳
ارتفاع	لگاریتمی	.۵۸۴	۱۷	۲۳,۸۸	.۰۰۰	۱۶۷۸,۹۱	۱۱۵,۲۸۲
ارتفاع	توانی	.۶۰۴	۱۷	۲۵,۹۸	.۰۰۰	۱۶۸۴,۶۳	.۰۶۱۹
ارتفاع	نمایی	.۸۱۵	۱۷	۷۴,۷۶	.۰۰۰	۱۶۵۷,۷۱	.۰۱۶۷

۳-۳- مورفولوژی مسیر رودخانه الوند

در این قسمت به بررسی عوارض مورفولوژی مسیر رودخانه الوند از پایاب به طرف سر چشمه و عوامل موثر در ایجاد این عوارض در هربازه پرداخته شده‌است.

- الوند ۱

این ناحیه از الوند، قسمت پایاب یا خروجی حوزه را تشکیل می‌دهد. در واقع رودخانه در این قسمت در ناحیه ارتفاعی ۲۴۰ متری از حوزه خارج شده و به دیاله در عراق می‌رسد. رودخانه در این قسمت دارای روند شمالی– جنوبی بوده و بر روی پی سنگ سست و تخریبی (آبرفت، مارن، ماسه سنگ و شیل) حرکت کرده و به دور از تأثیر هر گونه فعالیت تکتونیکی می‌باشد. مورفولوژی مسیر رودخانه در این ناحیه به صورت ایجاد مئاندرها تظاهر یافته‌است که نتیجه حرکت رودخانه بر روی لیتولوژی سست زیربنا و فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه می‌باشد. رودخانه در این ناحیه دارای نیمرخ منظم با تابع نوع نمایی می‌باشد. شکل ۹، نمونه‌ای از مئاندرهای مسیر رودخانه الوند در سرپل ذهاب را در نتیجه حرکت بر روی لیتولوژی سست زیربنا که منجر به فرسایش بستر و کناره‌ها شده‌است، نشان می‌دهد.

شکل ۹- نمونه ای از مئاندرهای مسیر رودخانه الوند در سرپل ذهاب(ماخذ: نگارندگان)

- الوند ۲

رودخانه در این قسمت دارای روند شرقی– غربی بوده و بر روی پی سنگ‌سست و تخریبی زیربنا حرکت می‌کند. این بازه تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی و گ سلی عمود بر امتداد رودخانه قرار گرفتها ست. از عوارض مورفولوژی این ق سمت از رودخانه الوند می‌توان به مئاندرهای موجود در مسیر و همچنین تراس قصرشیرین که در نتیجه فعالیت گسل قصرشیرین می‌باشد، اشاره کرد. گ سل در این بازه، باعث تغییر شیب و ایجاد اختلاف سطح بین سرچ شمه و سطح پایه رودخانه شده و این خود باعث افزایش قدرت آب و در نتیجه تکرار دوره فر سایشی و ایجاد تراس شدها ست. تحت تأثیر این عوامل، رودخانه در این بازه، دارای تابع نوع خطی می‌باشد.

- الوند ۳

این بازه از رودخانه الوند تا ارتفاع ۵۰۰ متری را شـــامل می‌شـــود. رودخانه در ابتدا دارای روند جنوب غربی بوده و ســـپس روند شـرقی– غربی پیدا می‌کند. رودخانه در این ناحیه بر روی پی سـنگ سـسـت وآبرفتی حرکت می‌کند که میان لایه‌های سـخت آهکی نیز در آن وجود دارد. این بازه از رودخانه الوند به دور از فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد، بنابراین بیشترین عارضه این مسیر که نا شی از لیتولوژی متنوع مسیر رود و حرکت بر روی جنس‌ها ی سست و آبرفتی می‌با شد، مئاندرها هستند. این عوامل باعث شده که رودخانه در این ناحیه دارای تابع نمایی باشد.

- الوند ۴

این بازه ارتفاع ۱۱۰۰ متری تا ۷۰۰ متری را شامل می شود. رودخانه در این مسیر بر روی پی سنگ آهکی و در قسمتهای پایانی مسیر خود بر روی جنس سست و آبرفتی حرکت می‌کند. این بازه از الوند، به شدت تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی و گسل‌های مهم و بزرگ عمود بر جهت م سیر رود(پاطاق، کرند و ریجاب) قرار گرفتها ست. رودخانه الوند در این بازه، م سیر خود را در امتداد گ سل شکل دادها ست که این عوامل باعث تنوع ا شکال مورفولوژی و تغییرات ب سیار شدید در نیمرخ طولی رودخانه و همچنین تغییرات زیاد در م سیر حرکت رودخانه شدها ست. از جمله عوارض مورفولوژی ایجاد شده در این بازه، می‌توان به آ بشار پیران،

کانیون ریجاب، تنداب شالان و تنگ‌های منطقه ا شاره کرد که از عوامل مهم ایجاد آنها گسل‌های پیران، کرند، ریجاب و پاطاق می‌باشند. شکل ۱۰، کانیون ریجاب و شکل ۱۱، تنگ میان کل را در مسیر بازه ۴ نشان می‌دهد.

شکل ۱۰: کانیون ریجاب(ماخذ: نگارندگان)

شکل ۱۱- تنگ میان کل در بازه ۴(ماخذ: نگارندگان)

- الوند ۵

در این بازه، رودخانه دارای روند جنوب شرقی- شمال غربی می‌با شد و تا ارتفاع ۱۱۰۰ متری ادامه می‌یابد. رودخانه در این بازه، بر روی پی سنگ آهکی با پوشش سطحی آبرفتی حرکت می‌کند که این حرکت در جهت عمود بر مسیر چین خوردگی می‌باشد. این بازه از رودخانه الوند، تحت تأثیر تکتونیک قرار گرفته و لایه‌های مسیر رودخانه دچار شکستگی و اختلاف سطح شده‌اند. این عوامل باعث شکل‌گیری عوارضی مانند تنگ‌ها و تنداب‌ها در مسیر رودخانه گردیده و باعث شده رودخانه در این بازه با تابع نوع خطی برازش یابد.

- الوند ۶

این بازه از رودخانه، سر چشمه رودخانه الوند را تشکیل می‌دهد. این بازه از الوند در منطقه‌ای است که دارای شیب زیاد و از ارتفاع ۲۲۰۰ متری شروع می شود و تا ارتفاع ۱۷۰۰ متری ادامه می‌یابد. رژیم برفی- بارانی این ناحیه باعث ایجاد حجم زیادی از رواناب در این ناحیه می‌با شد. وجود این دو عامل همراه با لیتولوژی آهکی قابل حل زیر بنا باعث شده ا ست تا فر سایش بستر و کناره‌ها شدید بوده و یکی از مشخص‌ترین عوارض مورفولوژی حوزه در این بازه تشکیل شود. این عار ضه مشخص، دره عمیق، باریک و بزرگ سیاهنه می‌با شد که در نتیجه ح ضور شدید آب همراه با شیب زیاد و لیتولوژی قابل حل زیربنا ست، زیرا در این ناحیه هیچ گونه فعالیت تکتونیکی مشاهده نگردیده‌است. همین عوامل باعث گردیده نیمرخ طولی این ناحیه با تابع نوع نمایی برازش یابد.

۴- بحث و نتیجه گیری

ژئومورفولوژی و مورفولوژی رودخانه‌ها با توجه به عدم ثبات و تحول آنها، در طول زمان تغییر می‌یابد که این تغییرات در این تحقیق با تغییر نوع تابع برازش یافته برای هر نیمرخ نشان داده شده‌است. به عبارت دیگر، با تغییر شرایط ژئومورفولوژی رودخانه، اشکال مورفولوژی مسیر رودخانه و نوع تابع هم تغییر می‌یابد که این مسئله ناشی از عواملی مانند فرسایش، تکتونیک، لیتولوژی، گسل و یا شرایط رسوب‌گذاری رودخانه می‌باشد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد بازه‌هایی از رودخانه الوند که مسیر آنها در مناطقی می‌باشد که تحت تأثیر تکتونیک قرار گرفته‌اند، مانند بازه های ۴ و۵ ، دارای تابع نوع خطی می‌با شد. رودخانه در این بازه‌ها، دارای تعقر کم و شیب زیاد می‌با شد. در این مناطق که تحت تأثیر تکتونیک دچار بالا آمدگی شده‌اند، عوارض مورفولوژی مانند تنگ، آبشار، تنداب و کانیون شکل گرفته‌است. بازه‌هایی که در امتداد مسیر گسل حرکت می‌کنند، دارای نیمرخی با تعقر بالا گشته‌اند و نیمرخ آنها با تابع نوع نمایی برازش یافته است.

از دیدگاه مورفولوژیکی و از عوامل مؤثر بر تحول نیمرخ طولی رودخانه الوند، لیتولوژی مسیر رودخانه می‌باشد. بازه‌هایی که بر روی لیتولوژی سخت زیربنا حرکت کرده‌اند، لیتولوژی سخت مانع از عمیق‌تر شدن بستر رودخانه شده و در نتیجه تعقر رودخانه کم و با تابع نوع خطی برازش یافته است.

بازه هایی که بر روی لیتولوژی سست جریان دارند و به دور از هرگونه فعالیت تکتونیکی بوده‌اند، دارای نیمرخ با تعقر بالا و شیبب کم بوده و با تابع نوع نمایی برازش یافته‌اند. در بیشتر مسیرآنها و تحت تأثیر لیتولوژی سست زیربنا، مئاندرها تشکیل شده‌اند. در این بازه‌ها فرسایش بستر و کناره‌های رودخانه، بیشتر از سایر بازه‌ها می‌باشد.

به طور کلی در اکثر موارد تابع مناسب اکثر نیمرخ‌ها از نوع نمایی بوده‌است که این مسئله بیشتر در زاگرس چین خورده مشاهده می‌گردد، زیرا رودخانه در بیشتر مسیر خود از مناطق د شتی با زیر ساخت (لیتولوژی) سست عبور کرده یا در بیشتر مسیر خود در امتداد گ سل حرکت کرده‌اند و فقط در مناطقی که رودخانه بر روی پی سنگ سخت حرکت کرده و یا در مناطقی که تحت تأثیر فعالیت‌های شدید تکتونیکی بوده‌ا ست، با تابع نوع خطی برازش یافته‌ا ست. پس می‌توان گفت بازه‌هایی که با تابع نمایی برازش یافته‌اند، به دلیل لیتولوژی سست بستر و کناره‌ها، فرسایش بستر و کناره‌ها بیشتر بوده و بازه‌هایی که با تابع خطی برازش یافته‌اند، به دلیل عبور از پی سنگ سخت، دارای فرسایش کمتری می‌باشند.

٤-١- جمع‌بندی نهایی

در یک جمع‌بندی از نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که مورفولوژی رودخانه الوند تحت تأثیر شرایط ساختمانی، لیتولوژی و فر سایش حاکم بر آن پایدار نبوده و در حال تغییر می‌با شد. بنابراین پی شنهاد می شود که مناطق م ستعد تغییر رودخانه که در این

پژوهش مشخص شده‌اند، با استفاده از روشهای سازه‌ای یا بیولوژیکی جهت جلوگیری از تغییرات بیش از حد بستر و کناره‌ها که منجر به از بین رفتن زمینهای کشاورزی اطراف رودخانه، افزایش بار رسوبی، تغییر شرایط اکولوژیکی و ... می‌شود، کنترل گردد.

۵- منابع

۱- احمدی، آزاده و ایرج جباری، ۱۳۸۶، بررسی تحول ریخت شناسی نیمرخ طولی حوزه گاما سیاب، کنفرانس بررسی منابع آب استان کرمانشاه.

۲- رنگزن، کاظم، ۱۳۸۱، تأثیر مهاجرت رودخانه‌ها بر ساختمان‌های شهری در دشت خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- سیما فر، شجاع الدین، ۱۳۷۴، هیدرولوژی مهندسی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند تبریز.

۴- شرفی، سیامک، ۱۳۸۸، بررسی نقش عوامل هیدرودینامک در فرسای کناری رودخانه هرورد در استان لرستان، پایان نامه کارشناس ارشد دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران.

۵- علیزاده، امین، ۱۳۸۲، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ شانزدهم، دانشگاه امام رضا، مشهد.

۶- مقصودی، مهران و حمید کامرانی دلیر، ۱۳۸۷، ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه ها : مطالعه موردی : رودخانه تجن، پژوهش های جغرافیای طبیعی (پژوهش های جغرافیایی سابق) سال چهلم ، شماره ۶۶.

۷- مقصودی، مهران، شرفی، سیامک و یاسر مقامی، روند تغییرات الگوی مورفولوژیک رودخانه خرم آباد با استفاده از RS ، GIS و Auto Cad، ۱۳۸۹، مدرس علوم انسانی -برنامه ریزی و آمایش فضا ، دوره چهاردهم، شماره3 .

۸- مهندسین مشاور کارست آب، ۱۳۷۳، گزارش زهکشی دشت های پنجگانه سر پل ذهاب، قلعه شاهین، دیره، قصر شیرین و بشیوه.

۹- مهندسین مشاور مهاب قدس،۱۳۷۶، شبکه های آبیاری و زهکشی رودخانه های حوزه الوند (گزارش جامعه شناسی).

۱۰- نوروزی، سحر، حسینی، سیدهادی، جعفری، غزال و شکور سلطانی، ۱۳۹۰، بررسی تغییرات مورفولوژی رودخانه و محاسبه میزان اراضی احیا شده در اثر ساخت سازه های مهندسی رودخانه، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.

۱۱- نوحه گر، احمد، حسین زاده، محمد مهدی و طاهره افشار، ۱۳۸۹، تغییرات ژئومورفولوژیک نیمرخ طولی و عرضی علیای رودخانه میناب(از سد تا پل میناب)، جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، سال هشت، شماره ۲۴.

۱۲- یمانی، مجتبی و سیامک شرفی، ۱۳۹۱، پارامترهای هندسی و نقش آنها در تغییرات زمانی- مکانی بستر رودخانه هرورد در استان لرستان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶.

۱۳- یمانی، مجتبی و سیامک شرفی، ۱۳۹۱، ژئومورفولوژی و عوامل موثر در فرسایش کناری رودخانه هرورد در استان لرستان، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال 23 ، پیاپی 45 ، شماره۱.

14- A. Demoulin, 2010, Basin and river profile morphometry: A new index with a high potential for relative dating of tectonic uplift, Geomorphology, Volume 126, Pages 97-107.

15- Chris parker and et al, 2008, the effects of variability in bank material properties on river bank stability, Goodwin Creec, Mississippi, Journal home page.

16- Jean-Pierre Larue, 2008, Effects of tectonics and lithology on long profiles of 16 rivers of the southern Central Massif border between the Aude and the Orb (France), Geomorphology, Volume 93, Issues 3–4, Pages 343-367.

17- L.A. Tebbens, A. Veldkamp, J.J. Van Dijke, J.M. Schoorl, 2000, Modeling longitudinal-profile development in response to Late Quaternary tectonics, climate and sea-level changes: the River Meuse, Global and Planetary Change, Volume 27, Issues 1–4, Pages 165-186

18- M. Radoane, N. Radoane and d. dumitriu, 2003, Geomorphological evolution of longitudinal profiles rivers in the Carpathian.Geomorphology, N4, pp. 293-306.

19- Ohmori. H, 1996, Morphological characteristics of longitudinal profiles rivers in the south island, newzealaned, bulletin of department of Geography university of Tokyo, N28, pp. 23.

20- Ohmori. H, 1997, Geomorphological characteristics of longitudinal profiles rivers in the, Japan and Taiwan and new zealaned, N18, pp. 349-364.

21- Oliver P. Harmar, Nicholas J. Clifford,2006, Geomorphological explanation of the long profile of the Lower Mississippi River, Geomorphology, Volume 84, Pages 222-240.

22- Thorne, C.R , 2002, Geomorphic analysis of large alluvial rivers, J. Geomorphology, Vol 44, No 5, 203- 219.