

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۴، بهار ۱۳۹۷، صص ۱-۲۲

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۱۸ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵

## بررسی نقش لیتولوژی و تکتونیک در روند تحول توپوگرافی پادگانه‌های رودخانه‌ی قزل‌اوزن

غلام‌حسن جعفری<sup>۱\*</sup>

مه‌دی عباسی<sup>۲</sup>

### چکیده

بررسی پادگانه‌های رودخانه‌ای از عمده‌ترین مباحث مربوط به ژئومورفولوژی رودخانه‌ای می‌باشد؛ از این رو به عنوان یکی از لندفرم‌های محیط‌های آبرفتی و میراثی از چینه‌شناسی، به منظور درک زمان تکتونیک و آب و هوایی به طور گسترده توسط ژئومورفولوژیست‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. رودخانه‌ی قزل‌اوزن به عنوان یکی از طول‌ترین سیستم‌های رودخانه‌ای، به عوامل لیتولوژیکی و تکتونیک به خوبی پاسخ داده است. بر این اساس به کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و استفاده از نرم افزارهای رایانه‌ای مانند Arc GIS-Global Mapper و Excel پادگانه‌های این رودخانه از نظر لیتولوژی به بازه‌های مارنی، متبلور و کنگلومرای و از نظر لیتولوژی و تکتونیک، مسیر رودخانه به هشت بازه تقسیم شد و نیمرخ عرضی پادگانه‌های هر بازه، تفسیر گردید. نتایج نشان داد که از بین لیتولوژی پادگانه‌های قزل‌اوزن (مارن، متبلور و کنگلومرا) پادگانه‌های مارنی نامتقارن تر و پادگانه‌های متبلور، در مناطق فاقد حرکات زمین‌ساختی، متقارن تر هستند. در مناطق فاقد حرکات تکتونیک، یا مناطقی با حرکات تکتونیک یکسان در دو طرف بستر با لیتولوژی مقاوم، پادگانه‌های متقارن ایجاد شده و در مکان‌هایی که

۱- استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (نویسنده‌ی مسئول). E-mail:jafarihas@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی و دبیر جغرافیا در ناحیه دو زنجان، زنجان، ایران.

فعالیت‌های تکتونیکی دو طرف بستر یکسان نبوده، یا در بین لایه‌های زمین‌شناسی مارن وجود دارد پادگانه‌های نامتقارن شکل گرفته‌اند. لیتولوژی مارنی که بیشترین لیتولوژی حوضه را نیز تشکیل داده، بیشترین تأثیر را در نامتقارنی پادگانه‌های این رودخانه داشته است. تکتونیک در بازه‌های A,C,E,F & H فعال و در بازه‌های B,D & G غیرفعال بوده است.

**کلمات کلیدی:** لیتولوژی، پادگانه، قزل‌اوزن، تکتونیک، سطح اساس.

#### مقدمه

به طور کلی سیستم‌های رودخانه‌ای به دو دسته‌ی اصلی جاری بر سنگ‌بستر و جاری بر آبرفت‌ها قابل تقسیم هستند. موقعیت و ابعاد رودخانه در سازند مقاوم نسبت به فرسایش، ثابت می‌ماند. در صورتی که در رسوبات آبرفتی فرسایشی‌پذیر یک تمایل همیشگی برای تغییر مسیر دارد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱). کناره‌هایی از رودخانه با جنس زمین‌شناسی سخت و مقاوم، به صورت دیواره درآمده و در تعداد پلکان‌های پادگانه‌ای محدودیت ایجاد می‌کنند ولی در کناره‌هایی با جنس زمین‌شناسی سست‌تر، پادگانه‌های متعدد با شیب کم شکل می‌گیرد (حیدری و مقیمی، ۱۳۸۶: ۱۳۱). شکل‌گیری پادگانه‌ها در درجه‌ی اول نتیجه بالا آمدن زمین‌ساختی در کنار چرخه‌های آب و هوایی است. بالا یا پایین رفتن حوضه‌ی آبریز یا سطح اساس با ایجاد تغییر شیب در مسیر رودخانه همراه است و «پادگانه‌های تکتونیکی» را ایجاد می‌کند (نگارش، ۱۳۹۱: ۱۵۷). حرکات زمین‌ساختی متفاوت ممکن است باعث شکل‌گیری پادگانه‌ی نامتقارن در امتداد یک رودخانه شود. پیتر و ون بلن<sup>۱</sup>، دی آل‌سندرو و همکاران<sup>۲</sup>، لارو<sup>۳</sup>،

1- Peters and van Balen

2- D'Allesandro and et al.,

3- Larue

۲۰۰۸؛ مارتینز و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹؛ راموس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲). یوکویاما<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) تشکیل سریع پادگانه‌ی رودخانه را در ایگنمبریت<sup>۴</sup> جوش نخورده‌ی مسیر رودخانه‌ی هیشیدا<sup>۵</sup> جزیره‌ی کیوشوی ژاپن را بررسی کرده و دلیل فرسایش سریع توپوگرافی اولیه را حساسیت زیاد ایگنمبریت جوش نخورده و فاقد پوشش گیاهی به عوامل فرسایشی می‌داند. تسای و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۰۷) برای تعیین درجه‌ی توسعه‌ی خاک شش پادگانه رودخانه‌ی پاکوآ در مرکز تایوان، از شاخص (WPDI)<sup>۷</sup> استفاده کردند. مودی و مید<sup>۸</sup> (۲۰۰۸) در بررسی رسوب‌گذاری سیل ۱۹۷۸ در پادگانه رودخانه‌ی پودر<sup>۹</sup>، جنوب شرقی ایالت مونتانا<sup>۱۰</sup> در کشور آمریکا دریافتند که ضخامت رسوب نامنسجم بستگی به ارتفاع پادگانه، شدت سیل و محل پادگانه نسبت به کانال فعال دارد. لوین و گیبارد<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۰) به بررسی پادگانه‌های جنوب و شرق انگلستان پرداختند و میزان اختلاف ارتفاع بین پادگانه‌ها را نتیجه‌ی سرعت و طول مدت حملات رودخانه، مقاومت سنگ‌بستر، شیب زمین و نرخ بالآمدگی دانستند. راموس و همکاران<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۲) تفاوت ارتفاع پادگانه‌ها را ناشی از جابجایی عمودی گسل فعال در طول کواترنری دانستند. مادریتس و همکاران<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۲) پادگانه‌های آبرفتی و رسوبات مربوط به آن را کلید اصلی برش دینامیک رودخانه و بازسازی تأثیر تغییرات سطح دریای گذشته در سیستم‌های رودخانه‌ای می‌دانند. دورانی و

- 
- 1- Martins and et al.,
  - 2- Ramos and et al.,
  - 3- Yokoyama
  - 4- Ignimbrite
  - 5- Hishida
  - 6- Tsai and et al.,
  - 7 - The weighted means profile development indices
  - 8- Moody and Meade
  - 9- Powder
  - 10- Montana
  - 11- Lewin and Gibbard.
  - 12- Ramos and et al.,
  - 13- Madrits and et al.,

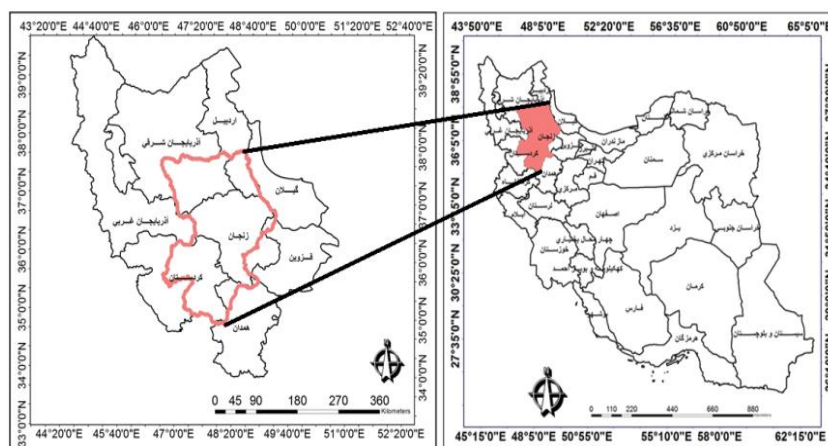
سینگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) با هدف درک اهمیت مکان و عوامل محلی در روند پدیده شدن دره‌ی آلاکلاندا<sup>۲</sup>، شمال غربی هیمالیا، برای اولین بار یک مدل ساده برای پدید آمدن دره طراحی کردند. گنگ و لی<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) به تکامل ترتیب پادگانه‌ها در امتداد رودخانه‌ی ماناس<sup>۴</sup> در شمال چین، با استفاده از روش لومینسانس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که علاوه بر تأثیرات آب و هوایی، نیروهای زمین‌ساختی فعال نیز به طور قابل توجهی در تشدید تشکیل پادگانه‌ها مؤثر بوده‌اند. گیانو و گیاناندریا<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) بالآمدگی ناهمسان بخش جنوب شرقی کوه‌های آپنین<sup>۶</sup> کشور ایتالیا، در اواخر پلیستوسن را از طریق تجزیه و تحلیل پادگانه‌های آبرفتی استنباط کرده و نرخ بالآمدگی  $0.7 - 0.9 \text{ mmy}^{-1}$  را دلیلی بر تکتونیک فعال منطقه دانستند. ریمپال و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۴) شرایط آب‌وهوایی را کنترل کننده ویژگی مورفو رسوبی کواترنری مخروط‌افکنه میشالی<sup>۸</sup> دانستند. وی لیانگ و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۱۴) دو عامل کنترل کننده ایجاد رسوب و پادگانه رودخانه‌های جنوب تیان‌شان<sup>۱۰</sup> را اقلیم و زمین‌ساخت فعال دانستند. راهول و ویمال<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۴) در بررسی رسوبات پادگانه‌ی آلاکلاندا<sup>۱۲</sup>، به این نتیجه رسیدند که فرآیندهای محلی نقش غالب در تجمع رسوبات داشته‌اند.

- 
- 1- Devrani and singh
  - 2- Alaknanda
  - 3- Gong and Li
  - 4- Manas
  - 5- Giano and Giannandrea.
  - 6- Apennines
  - 7- Rimpal and et al.,
  - 8- Matiali fan
  - 9 - Wei-liang and et al.,
  - 10- Tian shan
  - 11- Rahul and Vimal
  - 12- Alaknanda

در ایران مطالعات چندی در ارتباط با پادگانه‌های آبرفتی انجام شده است که به چند مورد آن اشاره می‌شود. ترابی و کریمیان اقبال (۱۳۸۱) در بررسی تکامل خاک در یک ردیف زمانی روی پادگانه‌های حاشیه‌ی رودخانه‌ی سفیدرود در گیلان مرکزی، موفق به شناسایی سه پادگانه شدند. دلال اوغلی (۱۳۸۷) روند تحول ژئومورفولوژیک شیروان درسی و پادگانه‌های کناره‌ی آن را با استفاده از مقطع زمین‌شناسی، بررسی گسل‌ها و نیمرخ طولی بستر رودخانه، تحلیل کرده و عامل تشکیل دره‌ی شیروان و پادگانه‌های اطراف آن را دخالت لیتولوژی، فعالیت تکتونیکی و تغییرات آب و هوایی دانست. مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی زمین‌ساخت فعال حوضه‌ی آبخیز کفرآور، تغییرات شدید نیمرخ طولی رودخانه، دیواره‌ی قائم، جوان شدگی رودخانه، ایجاد پادگانه‌ی جدید در دشت سیلابی و وجود سه پادگانه در سمت راست بستر را حاکی از حرکات زمین‌ساختی جوان دانستند. عابدینی و رحیمی (۱۳۹۲) در پایش پادگانه‌های رودخانه‌ی قزل‌اوزن در محدوده‌ی شهرستان‌های دیوان‌دره و بیجار، ۹ پادگانه‌ی آبرفتی را شناسایی کردند. مقصودی و شرفی (۱۳۹۲) مطالعات زمین‌باستان‌شناسی پادگانه‌های رودخانه‌ی سیمره را انجام دادند. مددی و همکاران (۱۳۹۴) دریافتند که بخش‌های زیادی از بستر رودخانه‌ی زرینه‌رود، به علت تغییرات بستر، به صورت مناطق خشک یا دریاچه‌های مئاندری در حواشی رودخانه باقی مانده‌اند.

حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن در شمال غرب ایران، بین عرض جغرافیایی  $21^{\circ} 53'$  تا  $34^{\circ} 2'$  شمالی و طول جغرافیایی  $43^{\circ} 27'$  تا  $46^{\circ} 43'$  شرقی است. سرچشمه رودخانه‌ی قزل‌اوزن ارتفاعات چهل‌چشمه کردستان بوده و با طولی بالغ بر ۵۵۰ کیلومتر، پس از عبور از استان‌های زنجان، آذربایجان شرقی و اردبیل، در استان گیلان با دریافت سرشاخه‌ی شاهرود به دریای خزر می‌ریزد. این

حوضه آبریز، کوهستانی و متشکل از دشت‌های آبرفتی و تپه‌ماهورهایی با رسوبات ماری و سازندهای کم‌مقاومت در مقابل عوامل فرسایشی است (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز قزل‌اوزن

## مواد و روش

روش تحقیق از نوع آزمایشی، پیمایشی و تحلیلی می‌باشد که در این زمینه از روش اسنادی، روش کتابخانه‌ای و بکارگیری نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و بررسی‌های میدانی استفاده شده است. شناسایی فرم پادگانه‌های آبرفتی و نوع آن‌ها، مهم‌ترین مرحله‌ی پهنه‌بندی این لندفرم ژئومورفولوژیکی بود.

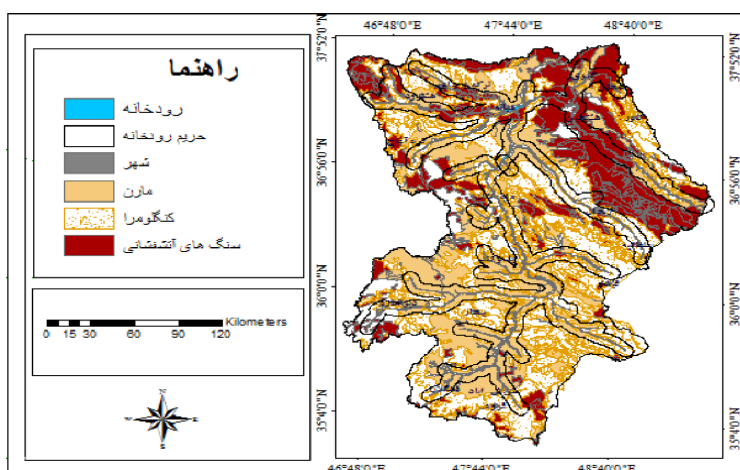
برای این منظور در درجه‌ی اول از DEM  $30 \times 30$  حوضه آبی قزل‌اوزن و نقشه‌های زمین‌شناسی  $1:100000$  و  $1:250000$  و نقشه‌های توپوگرافی  $1:50000$  منطقه استفاده شد. به این صورت که با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای GIS، از DEM موردنظر به فاصله‌ی ۱ متری و با بافر ۲ کیلومتر از رودخانه، خطوط هم‌ارتفاع استخراج گردید. با توجه به تغییر تراکمی که در منحنی میزان‌های مستخرج شده

وجود داشت، مکان‌هایی که احتمال وجود پادگانه می‌رفت، مشخص شده و با بازدیدهای میدانی از مناطق مورد نظر، وضعیت پادگانه‌ها مورد تجدیدنظر قرار گرفت و مکان‌هایی که پادگانه وجود داشت با GPS، موقعیت‌یابی شده و نقاط حاصل بر روی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و DEM مورد نظر، ردیابی گردید و وضعیت لیتولوژی، موقعیت نقاط نسبت به گسل، مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از Global Mapper، نیمرخ عرضی در امتداد نقاط و عمود بر رودخانه ترسیم گردیده و مورد تحلیل قرار گرفت.

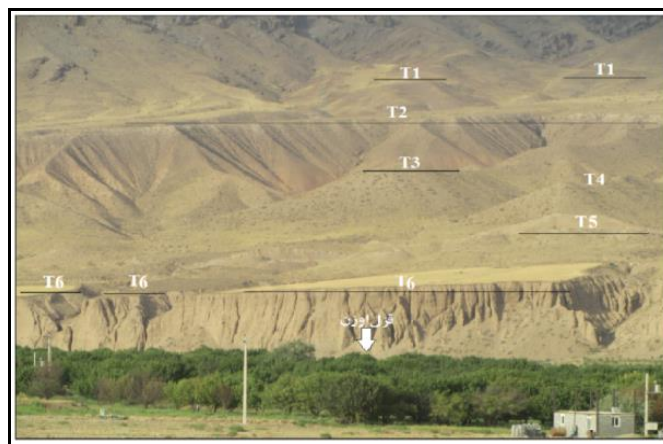
### بحث و نتایج

برای بررسی لیتولوژی پادگانه‌های قزل‌اوزن، ابتدا لایه‌ی مورد نظر تهیه و در محیط نرم‌افزاری Arc GIS فراخوانی و با ایجاد حریم ۲ کیلومتری در بستر فعلی رودخانه، پادگانه‌ها بر اساس جنس و مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها به سه طبقه ۱- مارن، ۲- متبلور، ۳- کنگلومرا تقسیم شدند (شکل ۲).

تشکیلات مارن‌ها عمده لیتولوژی پادگانه‌های قزل‌اوزن را شامل می‌شوند که مربوط به دوره‌های میوسن، پلیوسن، الیگومیوسن، الیگوسن و ائوسن هستند، این لیتولوژی مربوط به بستر دریاها یا دریاچه‌های گذشته بوده و فرسایش‌پذیر بودن آن‌ها باعث شده که هندسه‌ی رودخانه در بازه‌ی دشتی شدیداً تحت تأثیر لیتولوژی بستر شکل گیرد (شکل ۳). بخش اعظم پادگانه‌ها از کردستان تا شهر میانه، پادگانه‌های محدوده‌ی قره‌آغاج و پادگانه‌های بخش اعظم منطقه‌ی طارم از پادگانه‌های مارنی هستند.



شکل (۲) پهنه‌بندی لیتولوژی پادگانه‌های حوضه آبریز قزل‌اوزن



شکل (۳) نمونه‌ی یک پادگانه‌ی آبرفتی شش اشکوبه‌ای در لیتولوژی مارنی (منطقه‌ی انگوران)

تشکیلات بلورین (درونی، بیرونی و دگرگونی) دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک از لحاظ وسعت در مرتبه‌ی دوم قرار دارند و در اثر فعالیت‌های آتشفشانی و کوه‌زایی ایجاد شده‌اند. تمامی پادگانه‌های منطقه‌ی هشت‌چین و خلخال، بخش علیا و سفلی

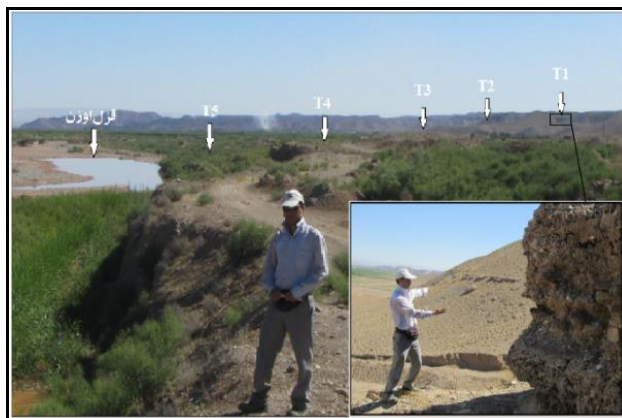


هشترود و ترکمن‌چای، بخش‌هایی از جنوب شهرستان میانه و زنجان و بخش میانی سجاس‌رود از این نوع هستند (شکل ۴).



شکل (۴) نمونه‌ی یک پادگانه‌ی با جنس آذرین (نزدیک دربند قاطرچی - ماهنشان)

از لحاظ وسعت تشکیلات کنگلومرایی در مرتبه‌ی سوم اهمیت، قرار دارند که پراکندگی آنها به شرح شکل (۵) است که در آن ۱، بخش اعظم رودخانه‌ی زنجان رود از سلطانیه تا شهر نیک‌پی، به طول تقریباً ۱۰۰ کیلومتر. ۲، بخش سراب اکثر رودخانه‌های فرعی حوضه. ۳، تشکیلات کنگلومرایی که به صورت پراکنده مابین پادگانه‌های مارنی قرار گرفته‌اند.

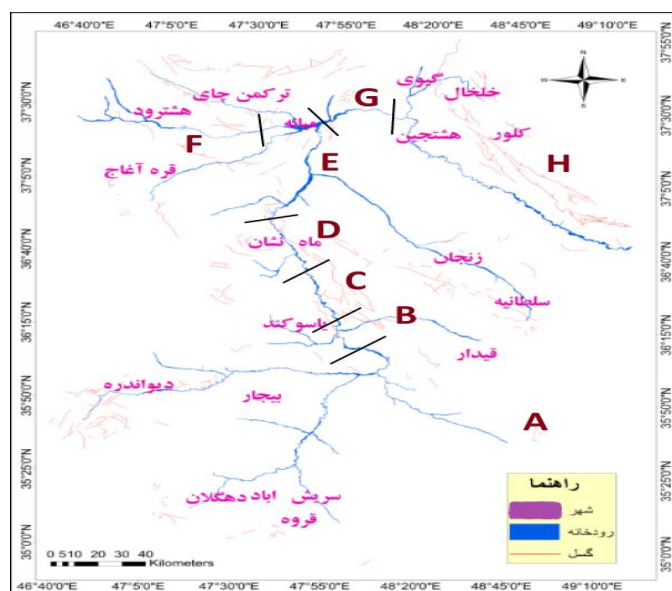


شکل (۵) نمونه‌ی یک پادگانه‌ی آبرفتی پنج اشکوبه‌ای با لیتولوژی کنگلومرای (روستای قره‌بوטה)

توپوگرافی پادگانه‌های قزل‌اوزن: برای بررسی اثر تکتونیک بر توپوگرافی پادگانه‌های قزل‌اوزن (مقارن - نامقارن)، بر اساس وضعیت قرارگیری رودخانه نسبت به گسل منطقه به هشت بازه تقسیم شد و هر بازه‌ای با در نظر گرفتن لیتولوژی تشریح گردید (شکل ۶). با توجه به شکل، بازه‌های G, F, D, B مقارن تر و بازه‌های H, E, C, A نامقارن تر می‌باشند. شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژی مسیر جریان قزل‌اوزن، هم از مواد سست مانند رس، مارن و شیل و هم از مواد سخت مانند سنگ‌های آتش‌فشانی، ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک تشکیل شده که در کنار هم قرار گرفته که عمل تخریب در همه‌ی این مواد یکسان انجام نمی‌گیرد؛ بنابراین پادگانه‌های این رودخانه نیز از نظر توپوگرافی به تبعیت از این عوامل در طول مسیر جریان، تغییر می‌کنند و در نتیجه نمی‌توان بین پادگانه‌های مقارن و نامقارن مرز مشخص و دقیقی تشخیص داد. علاوه بر این، عامل دیگری که باعث تغییرات پادگانه‌ها از نظر توپوگرافی شده، حرکات زمین‌ساختی است. سیستم‌های رودخانه‌ای به شدت به تغییرات زمین‌ساخت حساس هستند و در واکنش به حرکات زمین

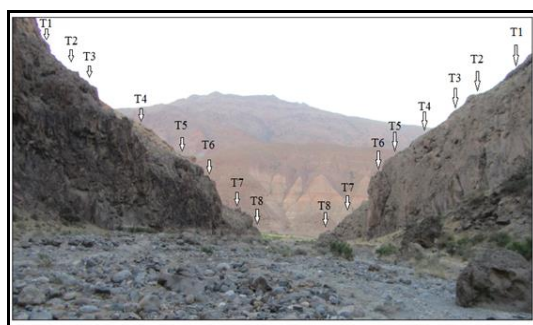
ساختی، دچار تغییراتی در ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی بستر می‌شوند (جعفربیگلو و همکاران، ۱۳۹۱: ۸۷).

اجزاء سیستم‌های زهکشی نسبت به تکتونیک و بالآآمدگی‌ها عکس‌العمل نشان می‌دهند. بررسی این عکس‌العمل‌ها با تأکید بر نحوه‌ی تشکیل پادگانه‌ها، توجه به انحراف مسیر رودخانه‌ها و حضور بعضی از اشکال ژئومورفولوژیکی امکان‌پذیر است (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۸: ۴۱). رودخانه‌ی قزل‌اوزن به عنوان یکی از طولی‌ترین سیستم‌های رودخانه‌ای کشور به تغییر شکل‌های تکتونیک‌ی به‌خوبی پاسخ داده است (حسینی تودشکی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱). رودخانه‌ی قزل‌اوزن در بازه‌ی کوهستانی دارای یک طرح نئوتکتونیک‌ی بوده و تنها رودخانه توانسته است مسیر خود تعمیق و تعریض نماید (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱). یکسان نبودن میزان نیروهای تکتونیک‌ی در دو طرف بستر و جنس مارنی طبقات زمین از عوامل مهمی هستند که باعث نامتقارنی پادگانه‌های این رودخانه شده‌اند. عامل دیگر در نامتقارنی پادگانه‌ها، لیتولوژی بازالت و سنگ‌آهک تنگه‌های مسیر قزل‌اوزن است که به صورت مانع عمل کرده و با کاستن شیب رودخانه و کم کردن قدرت فرسایشی آب، رودخانه را مجبور به جابه‌جایی افقی در قبل از تنگه می‌کنند که با تخریب سطوح تراکمی منجر به عدم تقارن پادگانه‌ها و دشت‌های تراکمی شده است.



شکل (۶) بازه‌بندی پادگانه‌های حوضه‌ی آبریز قزل‌اوزن از نظر توپوگرافی

فرسایش عمیق و خندقی و نیز لغزش‌های شایع، سبب شده که رودخانه‌ی قزل‌اوزن در بازه‌های مارنی از ناپایداری بالایی برخوردار باشد. شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژی هر منطقه‌ای از عوامل اصلی کنترل‌کننده‌ی رفتار رودخانه‌ها می‌باشد.



شکل (۷) پادگانه‌های متقارن ایجادشده در ایگنمبریت‌های دریند قاطرچی



شکل (۸) پادگانه‌ی آبرفتی سه اشکوبه‌ای نامتقارن بالیتولوژی کنگلومرای (نزدیکی روستای نیک‌پی)

بازه‌ی (A): جنس تشکیلات در این محدوده به طور عمده مارن و در مناطق گسلی (بیجار و دیواندره) آذرین می‌باشد. چون در تشکیلات مارنی، به دلیل سستی مواد، رودخانه به سرعت تغییر مسیر می‌دهد، پادگانه‌ها نامتقارن بوده و در مناطق گسلی نیز نیروهای تکتونیکی در دو طرف بستر به یک میزان عمل نکرده و نامتقارنی پادگانه‌ها را به همراه داشته است. از طرفی وجود جنس متفاوت آذرین و مارن در کنار هم رودخانه را به طرف مارن جابه‌جا کرده و پادگانه‌های نامتقارنی را ایجاد کرده است.

بازه‌ی (B): بررسی پادگانه‌های آبرفتی این بازه در رسوبات کنگلومرا و ماسه‌سنگ، حاکی از آن است که به دلیل یکسان بودن جنس رسوبات و مقاومت زیاد سطوح پادگانه‌های ماسه‌سنگی در برابر فرسایش، پادگانه‌ها، متقارن هستند. جنس رسوبات در خارج از این تشکیلات به طور عمده مارن بوده و به دلیل حساسیت زیاد این مواد در برابر فرسایش، پادگانه‌های ایجادشده به وسیله‌ی نخ آب‌ها یا حرکات ورقه‌ای آب شعبات فرعی، لغزش‌های شایع و یا به دلیل ناپایداری بستر رودخانه و تخریب دیواره‌ی کناره‌ای آن، به صورت نامتقارن می‌باشند.

بازه‌ی (C): در طرف راست دره در این بازه تعداد گسل‌ها خیلی زیادتر و از نرخ بالآمدگی بیشتری نسبت به طرف چپ دره برخوردار بوده و جنس تشکیلات در این بازه فرسایش پذیر و از نوع مارن باروکش کنگلومرا می‌باشد که این عوامل باعث شده رودخانه تحت تأثیر بالآمدگی و لیتولوژی به سمت ساحل چپ رانده شود و از طرفی عمده لیتولوژی ساحل چپ از نوع ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک بوده و مانع از فرسایش کناره‌ای شده به طوری که این ساحل به صورت دیواره عمل کرده است و اگر فعالیت گسل‌ها در ساحل راست نبود، رودخانه جهت انطباق زمین‌شناسی به آن ساحل هدایت می‌گردید.

بازه‌ی (D): در این بازه جنس تشکیلات زمین‌شناسی در دو طرف ساحل رودخانه تقریباً یکسان بوده (مارن، شیل، ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک) و در نتیجه‌ی این شرایط، پادگانه‌ها از ضریب فرسایشی یکسانی برخوردار بوده و به صورت متقارن هست.

بازه‌ی (E): در این بازه به دلیل وجود گسل‌های فراوان و تأثیر حرکات تکتونیک و نئوتکتونیک متفاوت در پادگانه‌های دو طرف ساحل و هم‌جوار بودن سنگ‌های داسیت، آندزیت و بازالت با تشکیلات سست مارن و کنگلومرا و متفاوت بودن درجه‌ی فرسایش‌پذیری سواحل، پادگانه‌ها به صورت نامتقارن ایجاد شده‌اند. رودخانه‌های جاری در بخش جنوبی این حوضه از لحاظ جریان در یک محدوده‌ی فعال از نظر تکتونیک به صور گوناگون نسبت به فشارهای تکتونیک پاسخ می‌دهند. پیچان‌دار شدن رودخانه‌ی شور چای و همچنین افزایش قوس مسیر جریان رودخانه‌ی قره‌آغاج در نزدیکی طاق‌دیس و ناودیس‌های بزرگ (واقع در بخش میانی و جنوبی حوضه) حاکی از فشارهای تکتونیک اعمال شده بر رودخانه هست (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۸: ۴۷ و ۴۸).

بازه‌ی (F): در این بازه که مربوط به رودخانه‌ی قرنقوچای است، علی‌رغم وجود گسل‌های فراوان و فعال بودن منطقه از نظر نو زمین‌ساخت، به دلیل یکنواختی نیروهای حاصل از زمین‌ساخت در دو طرف ساحل و یکسان بودن جنس زمین‌شناسی پادگانه‌ها (آندزیت و بازالت)، پادگانه‌ها به صورت متقارن می‌باشند. بیاتی خطیبی (۱۳۸۸) نیز در محدوده‌ی رودخانه‌ی قرنقو، حضور شبکه‌ی زهکشی معکوس، پادگانه‌های رودخانه‌ای، گسل‌ها، چین‌خوردگی‌ها و بالآمدگی گنبد‌های نمکی را دلیلی بر فعالیت‌های نئوتکتونیک حوضه می‌داند. در این محدوده آثار بالآمدگی‌های تکتونیک و تشکیل پادگانه‌های رودخانه‌ای ناشی از آنها، مخصوصاً در اطراف گسل‌های لغزشی به وفور دیده می‌شود.

بازه‌ی (G): جنس غالب پادگانه‌های آبرفتی این بازه از ژئپس، مارن، سیلت، ماسه‌سنگ و تا حدودی آندزیت است. گسل در اطراف پادگانه‌های آبرفتی این بازه وجود ندارد و به همین دلیل پادگانه‌ها متقارن هستند. مطالعات انجام‌گرفته توسط رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۱) در این بازه، مؤید این نکته هست که در مقاطعی با کناره‌های مقاوم، فرسایش عمقی غلبه کرده و رودخانه بستری عمیق و کم‌عرض پیدا می‌کند. در چنین شرایطی پادگانه‌های دو طرف رودخانه، فاصله‌ی کمتری نسبت به هم دارند و در نتیجه‌ی مقاومت در برابر فرسایش، سطوح پادگانه‌ها عریض‌تر و ارتفاع آنها نسبت به هم در اثر حفر بستر، بیشتر است. در مورد مقاطعی که کناره‌های فرسایش‌پذیر دارند، بستر عریض و کم‌عمق می‌باشد و پادگانه‌های دو طرف رودخانه، فاصله‌ی بیشتری نسبت به هم دارند؛ به دلیل سستی رسوباتی که عمدتاً مارنی است، در اثر فرسایش عمقی و خندقی و لغزش‌های شایع، سطوح پادگانه‌ها کم‌عرض‌تر و ارتفاع آنها نیز کمتر است؛ بنابراین، فرسایش بستر به‌طور عمومی رخ نداده است. بین فرسایش کناره‌ای و فرسایش بستر، تقریباً یک رابطه‌ی غیرمستقیم وجود دارد.

بازه‌ی (H): در محدوده‌ی این بخش که از خط‌الرأس کوه‌های تالش تا کوه‌های شمالی زنجان قرار دارد، همان‌طوری که رستم خانی (۱۳۹۳) نیز اشاره کرده؛ بیشترین تراکم گسل‌ها در حوضه‌ی قزل‌اوزن در محدوده‌ی این بازه به چشم می‌خورد و گسل‌های ماکرو به صورت شبکه‌ی دابستی، هم در امتداد قزل‌اوزن و هم عمود بر آن کشیده شده‌اند. بیشترین تراکم گسل‌های میکرو نیز از آن این ناحیه بوده و منطبق بر ناهمواری‌های تالش و شمال زنجان می‌باشند. جنس تشکیلات زمین‌شناسی این بازه در محدوده‌ی اطراف شهر هشتچین و دو طرف بستر رودخانه به طور کامل از نوع آندزیت می‌باشد و در بخش انتهایی رودخانه‌ی قزل‌اوزن در محدوده‌ی شهرهای گیلوان و آب‌بر، جنس تشکیلات پادگانه‌ها، مارنی و کنگلومرایبی بوده و بستر رودخانه نیز پهن می‌باشد. چون بیشترین تراکم گسل در حوضه و ساحل چپ این رودخانه به موازات بستر متمرکز شده، حرکات جنبایی در طول این ساحل باعث نامتقارنی پادگانه‌ها در این بخش شده است. در راستای یافته‌های مهرجردی (۱۳۹۱) بالاآمدگی سریع ناشی از قرارگیری در کنار گسل‌های فعال و لرزه‌زا باعث تشکیل الگوی راست‌گوشه در این منطقه شده است. پادگانه‌های آبرفتی قزل‌اوزن در این ناحیه حاکی از جنبایی پهنه‌ی آن می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

برای بررسی پادگانه‌های آبرفتی، از سراب تا پایاب قزل‌اوزن، بر اساس لیتولوژی بستر و کناره‌های سرشاخه‌های اصلی و همچنین توزیع و نحوه‌ی قرارگیری گسل‌ها نسبت به رودخانه، به ۸ بازه تقسیم شد. نامتقارنی اکثر پادگانه‌ها در اولین بازه از سراب قزل‌اوزن ناشی از وجود گسل‌های متعدد و لیتولوژی متفاوت در امتداد آبراهه‌ها است. قزل‌اوزن در مسیر خود، بین بیجار تا یاسوکند در لیتولوژی مقاوم ماسه‌سنگ، پادگانه‌های مشخص و متقارنی ایجاد کرده ولی جریان سرشاخه‌ها در لیتولوژی سست مارن، باعث شکل‌گیری پادگانه‌های نامشخص و نامتقارن شده



است. بعد از حسن آباد یاسوکند و قبل از ماهنشان، رودخانه موازی با گسل جریان دارد؛ گسل‌هایی که لیتولوژی سست مارن را در مجاور لیتولوژی مقاوم ماسه‌سنگ و آهک قرار داده و باعث نامتقارن شدن پادگانه‌های آبرفتی شده است. کناره چپ رودخانه با لیتولوژی مقاوم و فاقد گسل، شیب زیادی دارد و کناره راست آن با گسل‌های متعدد و لیتولوژی مارن، شیب ملایمی دارد. در اطراف شهر ماهنشان، هر جا رودخانه از لیتولوژی همگنی می‌گذرد پادگانه‌های آبرفتی متقارن بوجود آمده است. در صورتی که در اطراف قلعه‌ی بهستان، لیتولوژی مقاوم ساحل سمت چپ باعث شکل‌گیری یکی از تیبیک‌ترین پادگانه‌های نامتقارن شده است. لیتولوژی بسیار متفاوت دو طرف رودخانه، از نظر مقاومت در مقابل فرسایش، بعد از شهر ماهنشان در ایجاد پادگانه‌های آبرفتی نامتقارن، نقش مهمی داشته است. عدم تقارن به‌گونه‌ای است که ساحل سمت چپ به صورت دیواره عمودی درآمده و ژئوسایت دربند قاطرچی را ایجاد کرده است. هرچند در امتداد و عمود بر مسیر قزل‌اوزن در محدوده‌ی شهر میانه، در سرشاخه‌ی قرقوچای و بعد از شهر میانه تا هشتجین گسل‌های متعددی وجود دارد ولی عبور رودخانه از لیتولوژی متبلور آتشفشانی پادگانه‌های آبرفتی متقارنی را ایجاد کرده است. در لیتولوژی متبلور و دارای حرکات زمین‌ساختی، سطح پادگانه‌ها کم‌عرض و در عوض ارتفاع آنها زیادتر می‌شود. در منطقه‌ی طارم فعالیت‌های تکتونیک و تغییرات سطح اساس و محصور شدن لیتولوژی مارن با لیتولوژی متبلور و وجود گسل در امتداد مسیر قزل‌اوزن، باعث شکل‌گیری پادگانه‌های آبرفتی نامتقارن و مشخصی شده است. پراکندگی نامنظم لیتولوژی و گسل در بخش‌های مختلف قزل‌اوزن باعث شده که نتوان تقسیم‌بندی متوالی را برای پادگانه‌ها ارائه داد. در لیتولوژی مقاوم، پادگانه‌های متقارن شکل‌گرفته‌اند و در لیتولوژی مارن، شیب جداره پادگانه‌ها امکان برش عمقی را فراهم کرده و همراه با فرسایش عمقی و لغزش‌های شایع در سطوح عرضی،

پادگانه‌های کم‌عرض با اختلاف ارتفاع کم ایجاد شده است. این موضوع در راستای یافته‌های دریو (۱۳۸۹) است که اشاره می‌کند درجایی که ناهمواری‌ها از مواد مختلف نرم و مقاوم باشد، عمل تخریب در همه‌ی مواد یکسان و یکنواخت انجام نمی‌گیرد. همچنین رضایی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۱) در یافته‌های خود در ارتباط با قزل‌اوزن اشاره دارند که عبور رودخانه از سازند زمین‌شناسی متفاوت، باعث می‌شود طبقات سخت مقاومت کرده و طبقات نرم و سست در معرض تخریب قرار می‌گیرند؛ چنین وضعیتی باعث عدم تقارن پادگانه‌های آبرفتی، در اکثر بخش‌های قزل‌اوزن شده است.

منابع

- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۸)، تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیک در حوضه‌ی آبریز قرقوچای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفوتکتونیک، فضای جغرافیایی، شماره‌ی ۲۵، صص ۳۳-۵۰.
- ترابی گل سفیدی و مصطفی کریمیان اقبال (۱۳۸۱)، بررسی تکامل خاک در یک ردیف زمانی روی پادگانه‌های حاشیه‌ی رودخانه‌ی سفیدرود در گیلان مرکزی، مجله‌ی علوم خاک و آب، شماره‌ی ۱، صص ۹۵-۱۱۱.
- جعفربیگلو، منصور؛ باقری سیدشکری، سجاد؛ نگهبان، سعید و طاهر صفر راد (۱۳۹۱)، بررسی تغییرات بستر و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی رودخانه‌ی گیلان غرب در سال‌های ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۱، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۲، صص ۱۰۲-۸۷.
- حسینی تودشکی، وحید؛ پورکرمانی، محسن؛ آرین، مهران و خسرو خسرو تهرانی (۱۳۹۰)، تأثیر ساختارها بر روی رودخانه‌ی قزل‌اوزن، مجله‌ی علوم زمین، شماره‌ی ۸۱، صص ۵۵-۶۰.
- حیدری، اسدالله و ابراهیم مقیمی (۱۳۸۶)، ژئومورفولوژی و مدیریت سیستمی رودخانه‌ها، مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی قرقو تا سد سهند (هشترود)، جغرافیا (نشریه‌ی علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران)، شماره‌ی ۱۴، صص ۱۱۹-۱۳۷.
- دریو، ماکس (۱۳۸۹)، مبانی ژئومورفولوژی، اشکال ناهمواری‌های زمین، ترجمه‌ی مقصود خیام، انتشارات مینا، چاپ هشتم، ص ۳۹۲.
- دلال اوغلی، علی (۱۳۸۷)، تحلیل روند تحول ژئومورفولوژیک شیروان درسی و پادگانه‌های کناره‌ی آن با استفاده از نیمرخ طولی، فضای جغرافیایی، شماره‌ی ۲۲، صص ۳۹-۵۶.

- رستم خانی، اصغر (۱۳۹۳)، پایش ساختار ژئوکلیماتیک مخروط افکنه‌های بستر قزل-اوزن، غلام‌حسن جعفری، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، ص ۱۲۶.
- رضایی مقدم، محمدحسین، ثروتی، محمدرضا و صیاد اصغری سراسکانرود (۱۳۹۱)، بررسی تغییرات شکل هندسی رودخانه‌ی قزل‌اوزن با تأکید بر عوامل ژئومورفولوژیک و زمین‌شناسی، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، پیاپی ۴۶، شماره ۲، صص ۱-۱۴.
- زارع مهرجردی، احمدعلی (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی ناحیه‌ی البرز باختری بر اساس شاخص‌های ریخت زمین‌ساخت، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، پیاپی ۴۵، شماره ۱، صص ۱۸۴-۱۶۷.
- عابدینی، موسی و امید رحیمی (۱۳۹۲)، تراس‌های رودخانه‌ای شاهی بر تغییرات اقلیمی در هولوسن (مطالعه‌ی موردی: رودخانه‌ی قزل‌اوزن در محدوده‌ی استان کردستان)، دومین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی و پایش تغییرات محیطی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران، صص ۳۸-۳۵.
- مددی، عقیل، بهشتی جاوید، ابراهیم، فتحی، محمدحسین (۱۳۹۴)، آشکارسازی تغییرات بستر رودخانه و بررسی مورفولوژی رودخانه‌ای با توجه به تأثیر ساختارهای زمین‌شناسی (مطالعه‌ی موردی: زرینه‌رود)، هیدروژئومورفولوژی، شماره ۲، صص ۲۵-۴۰.
- مقصودی، مهران؛ جعفری اقدم، مریم؛ باقری سیدشکری، سجاد و مسعود مینایی (۱۳۹۰)، تکتونیک فعال حوضه‌ی آبخیز کفرآور با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، صص ۱۳۶-۱۱۱.
- مقصودی، مهران و سیامک شرفی (۱۳۹۲)، مطالعات زمین‌باستان‌شناسی در قلمرو پادگانه‌های رودخانه‌ای، دومین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی،

ژئومورفولوژی و پایش تغییرات محیطی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران، صص ۶۹-۷۲.

- نگارش، حسین (۱۳۹۱)، ژئومورفولوژی ساختمانی و دینامیک، انتشارات مرنديز، ص ۲۳۷.

-Anabela M. Ramos, Pedro P. Cunha, Lúcio S. Cunha, Alberto Gomes, Fernando C. Lopes, Jan-Pieter Buylaert, Andrew S. Murray (2012), **The River Mondego terraces at the Figueira da Foz coastal area (western central Portugal): Geomorphological and sedimentological characterization of a terrace staircase affected by differential uplift and glacio- eustasy**, Geomorphology, PP,165-166.

-Gong, Z., Li, B., (2014), **The evolution of a terrace sequence along the Manas River in the northern foreland basin of Tian Shan, China**, as inferred from optical dating, Geomorphology, 213, PP,201-212.

-Heng T., Wen-ShuHuang, Zeng-Yei H., (2007), **Pedogenic correlation of lateritic river terraces in central Taiwan**, Geomorphology, 88, PP,201-213.

-Herfried M., Frank P., Olivier F., (2012), **Climatic and tectonic controls on the development of the River Ognon terrace system(eastern France)**, Geomorphology 151-152, PP,126-138.

-Lewin, J., Gibbard, P.L. (2010), **Quaternary river terraces in England: Forms, sediments and processes**, Geomorphology, 120, PP,293-311.

-Margret C. Fuchs, Richard Gloaguen, Matthias Krbetschek, Adam Szulc (2014), **Rates of river incision across the main tectonic units of the Pamir identified using optically stimulated luminescence dating of fluvial terraces**, Geomorphology, 216, PP,79-92.

- Moody, J.A., Meade, R.H. (2008), **Terrace aggradation during the 1978 flood on Powder River, Montana, USA**, *Geomorphology* 99, PP,387- 403.
- Rahul D., Vimal S., (2014), **Evolution of valley-fill terraces in the Alaknanda Valley, NW Himalaya: Its implication on river response studies**, *Geomorphology*, 227, PP,112-122.
- Rimpal, K., Tapan, C., Chandan, Ch., Parthsarathi, Gh., Anil, K., Tyagi, A., and Singhvi, K. (2014), **Morpho- sedimentary characteristics of the Quaternary Matiali fan and associated river terraces, Jalpaiguri, India: Implications for climatic controls**, *Geomorphology*, 227, PP,137-152.
- Salvatore Ivo G., Paolo G. (2014), **Late Pleistocene differential uplift inferred from the analysis of fluvial terraces (southern Apennines, Italy)**, *Geomorphology* 217, PP,89-105.
- Viveen, W., Schoorl, J.M. Veldkamp, A., Van Balen, R.T. (2014), **Modelling the impact of regional uplift and local tectonics on fluvial terrace preservation**, *Geomorphology* 210, PP,119-135.
- Wei-liang, H., Xiao-ping, Y., An Li Jessica, A., and Thompson, L.Zh., (2014), **Climatically controlled formation of river terraces in a tectonically active region along the southern piedmont of the Tian Shan, NW China**, *Geomorphology*, 220, PP,15-29.
- Yokoyama, S. (1999), **Rapid formation of river terraces in non-welded ignimbrite along the Hishida River, Kyushu, Japan**, *Geomorphology*, 30, PP,291-304.
- [www.ngdir.ir/pdefault.asp](http://www.ngdir.ir/pdefault.asp).