

## کیاس فرسایشی و تحولات پیش بینی نشده چاله اردبیل

زهرا داداش‌زاده: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران\*

لیلا گللی مختاری: استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

هایسده آراء: استادیار گروه مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۱۲/۱ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۲، صص ۲۴۲-۲۳۱

### چکیده

پاره‌ای تغییرات جزئی در یک سیستم محیطی می‌تواند پیامدهای شگرف و غیر قابل پیش بینی را بدنبال داشته باشد. چنین تغییرات اندک، که می‌تواند تحولات بزرگ و غیر قابل تصویری را بوجود آورد اصطلاحاً کیاس گفته می‌شود. رصد تغییر در حوضه‌های آبی از جمله مباحث مهم و اساسی است که همواره دید تیز بین محققان را بخود معطوف داشته است. همجواری حوضه‌های آبی می‌تواند تأثیرات عمده‌ای بر رفتار پاره‌ای از حوضه‌ها بگذارد. یکی از تأثیرات مهم همجواری حوضه‌ها وقوع پدیده فرسایش قهقرائی و بدنبال آن رخ دادن پدیده اسارت است. چاله اردبیل نیز از این قائده مستثنی نبوده و تحت تأثیر حوضه مجاور خود در شرف وقوع پدیده فرسایش قهقرایی است که در ادامه به اسارت و انحراف شبکه اصلی زهکش‌های این دریاچه قدیمی خواهد انجامید و در صورت وقوع چنین فرایندی احتمالی تغییرات عمده‌ای در ساختار هیدرولوژی کل منطقه ایجاد و تحولات بسیار مهمی برای مراکز جمعیتی، کشاورزی و صنعتی این دشت رخ خواهد داد. این مقاله که بر گرفته از یک طرح پژوهشی در دانشگاه اصفهان است با اتکا به روش تحلیل مقاطع توپوگرافی و زمین‌شناسی سعی دارد علاوه بر شناسایی عامل یا عوامل ایجاد اسارت رودخانه‌ای و مکانیسم چنین فرایندی در چاله اردبیل، آثار ناشی از وقوع این پدیده را نیز مورد بررسی قرار دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که: محتمل‌ترین مکان وقوع چنین پدیده‌ای در حوالی کوه خان بلاغی است. با وقوع چنین پدیده‌ای جریان عمومی آب‌های سطحی و زیرزمینی در چاله اردبیل بطور کلی تغییر یافته و از میانه چاله به سمت خزر جاری خواهد شد. بیشترین خطرپذیری در این رخداد متوجه فرودگاه اردبیل خواهد بود و تغییرات بنیادی در شبکه فاضلاب شهری رخ خواهد داد. از عوامل کنترل چنین فرایندی بازنگری در نحوه توسعه قسمت شرقی دشت اردبیل است.

واژه‌های کلیدی: کیاس، فرسایش قهقرایی، انحراف رودخانه‌ای، اسارت رودخانه‌ای، دشت اردبیل

### مقدمه

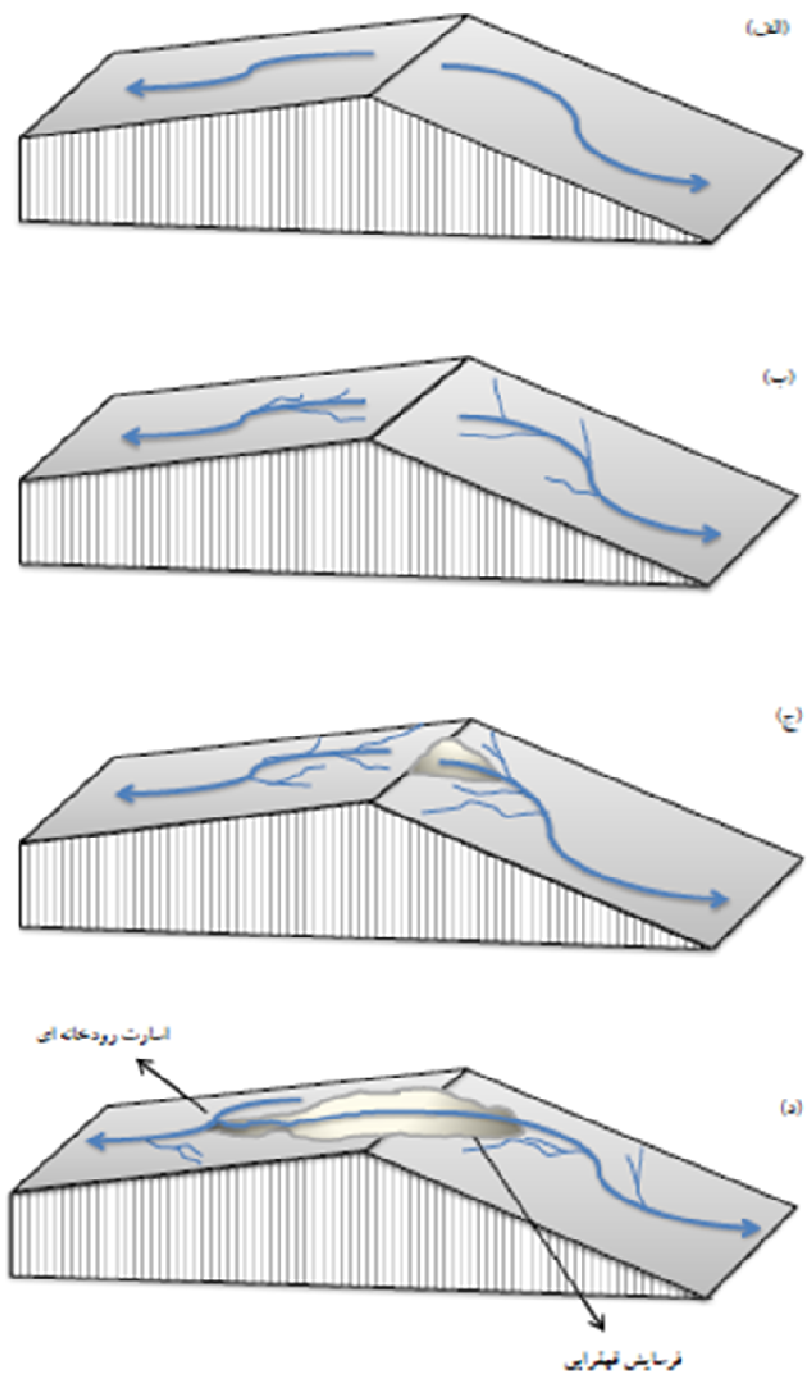
تاریخ در کنار این پدیده‌های حیات بخش طبیعی، ظهور و استمرار یافته‌اند. اسارت رودخانه یکی از مهم ترین تغییرات سیستم رودخانه‌ای است که می‌تواند موجبات تغییرات سایر قسمت‌های مهم سیستم رودخانه‌ای را فراهم آورد. به همین خاطر اسارت

رودخانه‌ها به عنوان مجاری طبیعی جمع‌آوری و انتقال بارش‌های جوی که در سطح کره خاکی جریان می‌یابند، همواره از گذشته‌های دور مورد توجه جوامع انسانی بوده‌اند و تمدن‌های بزرگ و کوچک، در طول

رودخانه همواره یکی از مفاهیم مورد علاقه ژئومورفولوژیست‌ها برای مطالعه بوده است (Stokes et al., 2002: 23). پدیده اسارت از ربودن بخشی از یک جریان بوسیله جریانی دیگر انجام می‌شود. بدین ترتیب گسترش یک حوضه را به زیان حوضه‌های مجاورش سبب می‌شود. این عمل اغلب در دو شاخه مجاور از دو حوضه متفاوت به‌وقوع می‌پیوندد. به عبارت دیگر با از میان برداشتن میاناب دو شاخه مجاور از طریق فرسایش قهقرایی، اسارت تحقق می‌یابد (محمودی، ۱۳۸۵: ۱۳۷). در (شکل ۱) نمونه‌ای شماتیک از دشت و حوضه مجاور آن و چگونگی وقوع فرسایش قهقرایی در منطقه و پیامد آن که پدیده اسارت است، ترسیم شده است. از آنجایی که سیستم‌های هیدرولوژیک به صورت ذاتی دارای ماهیت غیر خطی هستند (e.g. Izzard 1966 Amorocho 1967; Amoroch and Brandstetter 1971) از این رو استفاده از تئوری کیاس با آنکه دارای فلسفه پیچیده بوده و به دنبال تبیین رفتارهای تصادفی می‌باشد به نظر می‌رسد ساده‌ترین و در عین حال بحث‌برانگیزترین روش برای تبیین و پیش‌بینی رفتار این سیستم‌ها محسوب می‌گردد (لورنز (۱۹۶۳)، Schertzer و همکاران (۲۰۰۲) و Sivakumar و همکاران (۲۰۰۲)). محققان علوم زمین همواره سعی کرده‌اند با تجربه و آزمون مدل‌های جبری ساده نحوه تحول و تکوین دامنه‌ها و یا حوضه‌های آبریز را تبیین و میزان تحول و تغییر یک نقطه ارتفاعی را در زمان  $t$  نسبت به زمان  $t + 1$  محاسبه نمایند؛ اما در بسیاری از موارد نوعی بی‌نظمی در تبیین چنین روندهایی دیده می‌شود. این بی‌نظمی‌ها که خود بر وجود ناتعادلی در یک سیستم و به صورت آشفتگی‌هایی در روند معادلات جبری رخ

می‌نماید را اصطلاحاً کیاس می‌نامند. کیاس مفهومی است که به بیان نوعی نظم در چارچوب روندی بی‌نظم می‌پردازد (Nicolis, 1984). از جمله مسائل مهمی که در تئوری کیاس به آن اشاره شده و دارای اهمیت زیاد می‌باشد وقوع حوادث و تغییرات بزرگ به واسطه تغییر اندک در پاره‌ای از متغیرهای وابسته است. این اصل به تأثیر پروانه<sup>۱</sup> شهرت دارد. در این پژوهش سعی شده با استفاده از تئوری کیاس به بررسی احتمال وقوع پدیده اسارت در قسمت شرقی دشت اردبیل و تأثیرات آتی این پدیده در جنبه‌های مختلف پرداخته شود. این پدیده در حوضه‌ای با مساحت حدود ۷۴.۳۱ کیلومتر در مجاورت مرز شرقی دشت اردبیل در شرف وقوع می‌باشد. با وجود اینکه مساحت این حوضه نسبت به دشت اردبیل که دارای مساحت حدود ۴۶۲۱ کیلومترمربع است تقریباً به صورت ناچیز می‌باشد ولی همانگونه که گفته شد تغییراتی که این حوضه کوچک می‌تواند بر روی دشت اردبیل داشته باشد گرچه خیلی کم بوده و در معبر چند کیلومتری رخ می‌دهد، ولی باتبعیت از اثر پروانه می‌تواند کل سیستم هیدرولوژی دشت را تحت تأثیر قرار دهد. با وقوع چنین پدیده‌ای جریان عمومی آب‌های سطحی و زیرزمینی در چاله اردبیل بطور کلی تغییر یافته و از میانه چاله به سمت خزر جاری خواهد شد. بیشترین خطرپذیری در این رخداد متوجه فرودگاه اردبیل خواهد بود و تغییرات بنیادی در شبکه فاضلاب شهری رخ خواهد داد.

۱ Butterfly Effect: این اصطلاح به این نکته اشاره دارد که حرکت بال‌های یک پروانه در یک نقطه (یعنی کمترین تأثیر ممکن) می‌تواند منجر به تغییرات آب و هوایی در کره زمین گردد.



شکل ۱: نمونه شماتیک از وقوع پدیده اسارت

## اهداف

یکی از جنبه‌های مهم این تحقیق را می‌توان تازگی وقوع پدیده مورد مطالعه و دینامیسم بالای ژئومورفولوژیکی حوضه دانست. به طوری که وقوع بیشتر فرآیندها در چند صد سال گذشته بوده و سیر تکاملی آنها هنوز هم در حال شکل‌گیری است. از سوی دیگر نوع پدیده و عوامل تاثیر گذار در شکل‌گیری آن دارای ویژگی‌های منحصر به فردی می‌باشد که شاید نظیر آن را کمتر بتوان در سایر مناطق یافت. از این رو اهدافی که در این تحقیق دنبال می‌شود شامل؛ شناخت جزئیات بیشتری از ویژگی‌های سیستم‌های رودخانه‌ای که تحت تاثیر پدیده انحراف یا اسارت قرار گرفته‌اند و نیز بررسی پیامدهای یک رخداد اندک و تاثیر فراوان آن بر منطقه می‌باشد.

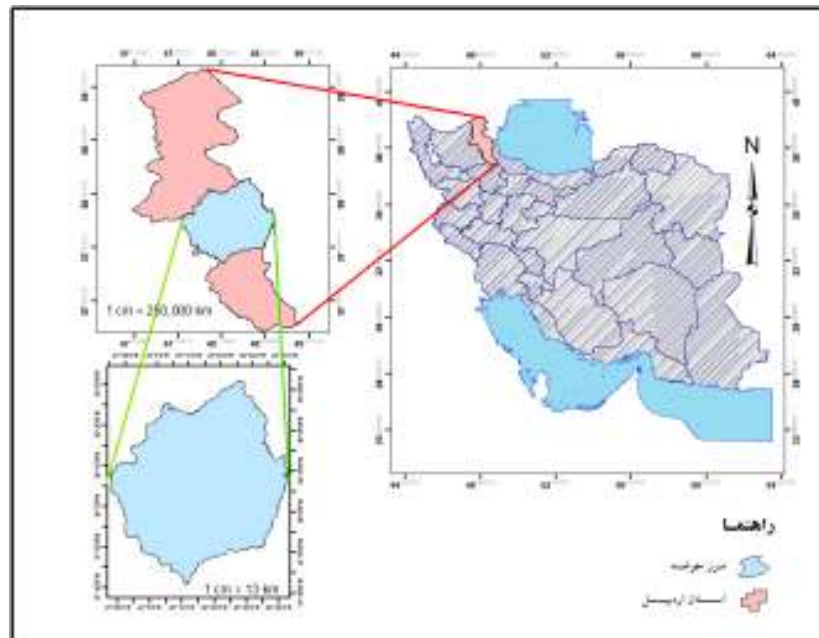
## پیشینه تحقیق

تحقیق حاضر با هدف تعیین کیفیت وقوع پدیده و آثار آن در سیستم رودخانه‌ای در منطقه مورد نظر صورت می‌گیرد. در سایر مناطق ایران نیز تنها مختاری (۱۳۸۹) اسارت رودخانه‌ای و آثار آن بر روی رودخانه باغلاز در دامنه شمالی میشو داغ را بررسی کرده است. در خارج از کشور نیز بیشترین مطالعات در مورد اثر پذیری سیستم‌های رودخانه‌ای از پدیده اسارت و انحراف مربوط به جنوب شرق اسپانیا است (Calvache and Viseras, 1997; p 251, Mather, 2000; Stokes et al., 2002). مطالعات دیگری نیز در مورد این پدیده به صورت پراکنده در

قسمت‌های دیگر دنیا صورت گرفته است (Bishop and Humphrey; and Brown, 1992; Bishop, 1995 and Konrad, 2000; Hammond, 2000; Sinha- and Roy, 2001; Dumont et al., 2000). تئوری کیاس در علوم مختلف مطرح و مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال نظریه کیاس در فیزیک توسط هاریسون و بیسواس (۱۹۸۶: ۳۴۹-۴۰۱)، در اقلیم‌شناسی و متئورولوژی توسط نیکولیس (۱۹۸۴)، در هیدرولوژی و ژئوفیزیک توسط (Sivakumar, 2004) و در ژئومورفولوژی نیز توسط Phillips (2006) و به همین ترتیب در سایر علوم توسط افراد مختلف توسعه پیدا کرده است.

## موقعیت منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه چاله اردبیل می‌باشد که در استان اردبیل قرار گرفته و شهر اردبیل را در خود جای داده است. این چاله تقریباً نیمی از حوضه رودخانه قره سو را به خود اختصاص داده است (شکل ۲). چاله اردبیل در واقع قسمت آبگیر حوضه رودخانه قره سو را تشکیل می‌دهد. علاوه بر قره سو دو رود دیگر به نام‌های بالخلی چای و قوری چای در چاله جریان دارند که به رود قره سو ختم می‌شوند و جزء زیرحوضه‌های آن محسوب می‌شوند. مساحت کل منطقه آبخیز چاله ۴۶۲۱.۴۸ کیلومتر مربع و مساحت دو زیر حوضه بالخلی چای و قوری چای به ترتیب حدود ۹۸۱.۶۲ و ۹۰۹.۱۷ کیلومتر مربع می‌باشد.



شکل ۲: موقعیت ریاضی منطقه مطالعاتی

#### مواد و روش ها

تحلیل روند تکاملی سیستم های رودخانه ای، نیازمند باز سازی چگونگی تکامل شبکه زهکشی در گذشته است. به منظور ارزیابی دقیق تر وقوع فرسایش قهقرایی، نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه ارتفاعی (DEM) و عکس های هوایی منطقه، مطالعه شد و سپس با بازدیدهای میدانی به تهیه و تصحیح اطلاعات مبادرت گردید.

در تحقیق حاضر، تحول آتی شبکه رودخانه ای حوضه آبریز چاله اردبیل از طریق فرآیند اسارت در دوران حاضر مورد مطالعه قرار گرفته است. چاله اردبیل دارای سه رودخانه اصلی به نام رودهای قره سو، بالخلی چای و قوری چای و چند رودخانه فرعی از جمله هیرچای، نمین چای، نرگس چای، سولا چای و نوران چای که از سرچشمه های رودخانه قره سو محسوب می شوند، می باشد. عمده ترین منابع آب دشت اردبیل از طریق این رودها تامین می شود (شکل

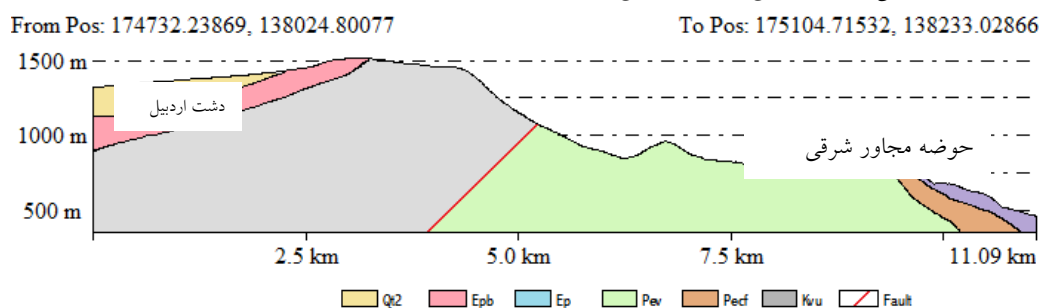
۴). وجود مراکز شهری و جمعیتی بزرگ استان اردبیل مانند شهرستان اردبیل، نمین و نیر و نقش و اهمیت اراضی مرتعی و کشاورزی دشت ها، پای کوهها، ارتفاعات و لزوم حفظ و استفاده از دیگر توانمندیهای طبیعی حوضه، پرداختن به برآورد منابع آبی و تحولات آتی آنها و نقش حیاتی این تغییر و تحولات را دو چندان می کند.

برای بررسی و پیش بینی وقوع پدیده اسارت در چاله اردبیل در ابتدا عوامل تاثیر گذار بر سرعت فرسایش در دو حوضه مجاور (چاله اردبیل و حوضه مجاور آن در دامنه شرقی تالش) بررسی و در مرحله بعد با استفاده از اندازه گیری فاصله بین سرشاخه های هر دو حوضه، بحرانی ترین قسمت برای وقوع پدیده اسارت مشخص گردید. نقشه شیب با استفاده از نرم افزار ArcGIS اندازه گیری و مطالعه شد.

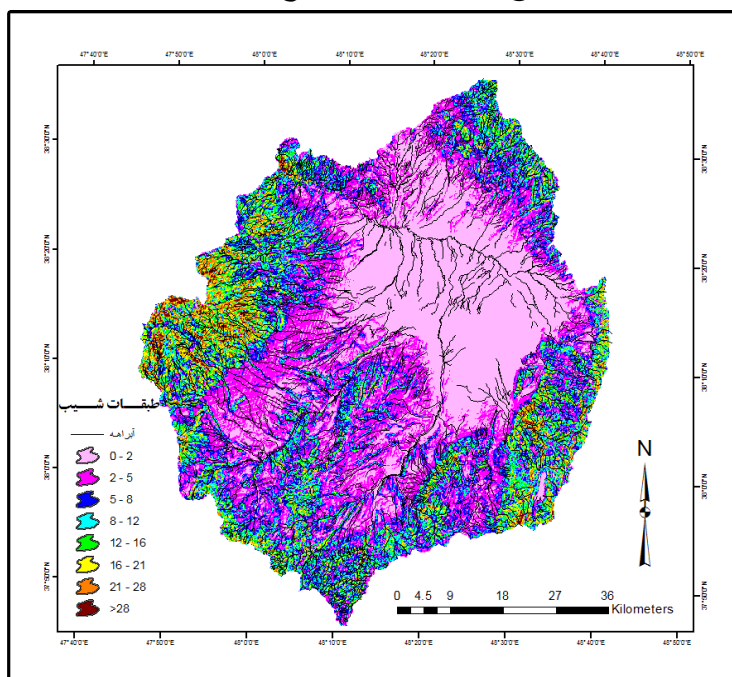
بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ورقه اردبیل و ترسیم نیمرخ زمین شناسی از روی آن، مشخص شد که جنس هر دو

حدود ۲ تا ۲۸ درصد می باشد. دامنه‌های سمت شرق دشت دارای شیبی حدود ۲ تا ۵ درصد، در قسمت میانی ۰ تا ۱ درصد و در سمت غرب دشت (سبلان) این شیب شدت بیشتری پیدا می کند و تا حدود ۲۸ درصد می رسد (شکل ۴). همانطور که گفته شد شیب دامنه های شرقی دشت بسیار کم و ملایم بوده و این شیب در مقایسه با شیب حوضه مجاور که حدود ۲۰ درصد است، بسیار ناچیز می باشد (شکل ۳).

دامنه عمدتاً مگاپورفیت آندزیت می باشد (شکل ۳). از این رو چون جنس زمین شناسی هر دو دامنه یکسان است، پس سرعت فرسایش دو دامنه از نظر آبخش‌شناسی نیز به یک اندازه می تواند باشد. ولی مشاهدات میدانی صورت گرفته از منطقه، نشان می دهد که سرعت فرسایش در حوضه مجاور بیشتر از دامنه های شرقی چاله اردبیل است که علت آن را باید در عامل دیگر جستجو کرد. این عامل شیب منطقه می باشد. نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی شیب منطقه حاکی از این است که دشت اردبیل بطور کلی دارای شیبی



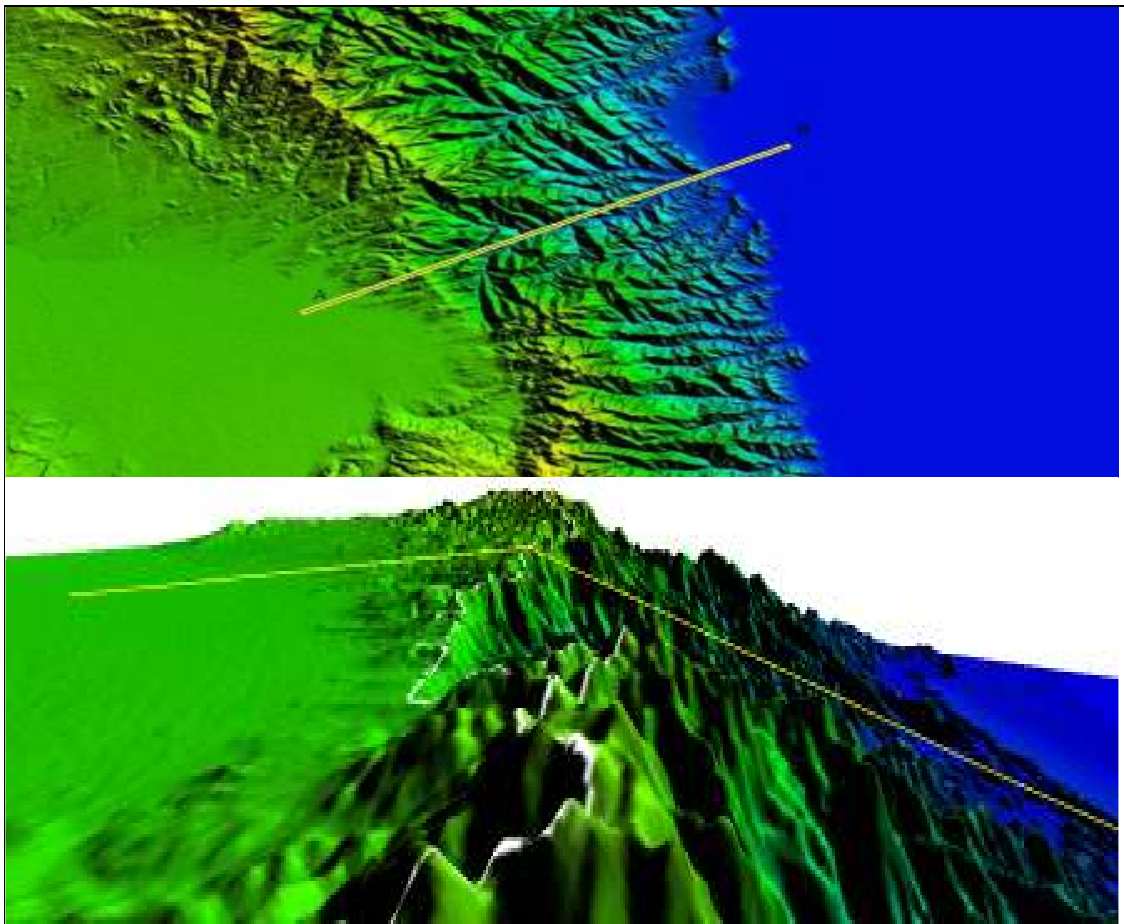
شکل ۳: نیمرخ زمین‌شناسی محل وقوع فرسایش قهقرایی



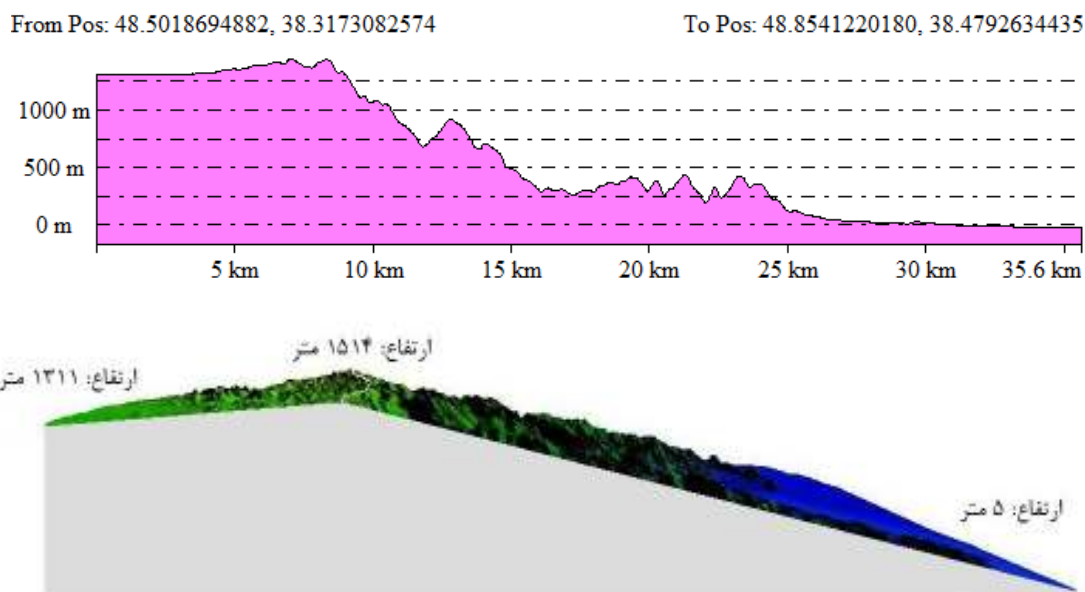
شکل ۴: نقشه شیب دشت اردبیل

صورت وقوع اسارت در این مکان، عامل شیب تعیین کننده جهت تخلیه رود به اسارت درآمده، خواهد بود. در این صورت با وقوع فرسایش قهقرایی، رواناب‌های موجود در دشت به حوضه مجاور تخلیه خواهد شد که باعث از دست دادن میزان قابل توجهی آب ورودی به چاله اردبیل می‌شود.

لذا توجه به این نکته ضروری است که با توجه به اختلاف ارتفاع فاحش بین هر کدام از حوضه های مذکور نسبت به سطح اساس محلی، شدت جریان نیز در دو دامنه متفاوت بوده و همانطور که در (شکل ۵) مشخص شده است، اختلاف ارتفاع در دامنه شرقی تالش از دامنه غربی آن که در دشت اردبیل واقع شده، بیشتر می باشد بنابراین شدت فرسایش دامنه ای نیز در این قسمت با شدت بیشتری برخوردار است و در



شکل ۵: اختلاف ارتفاع هر کدام از دامنه ها نسبت به سطح اساس محلشان



ادامه شکل ۵: اختلاف ارتفاع هر کدام از دامنه‌ها نسبت به سطح اساس محلشان

نزدیک در این نقطه از دشت است. نیمرخ ۲۶ نیز در مرتبه دوم قرار گرفته و فاصله سرشاخه‌ها در این نیمرخ ۱۸۵ متر می‌باشد. نسبت مساحت دشت اردبیل (۴۶۲۱ کیلومتر مربع) به این حوضه (بخش بحرانی) (۷۴.۳۱ کیلومتر مربع)، حدود ۶۲/۱۸ برآورد شده است. در صورتی که پدیده اسارت در این منطقه صورت گیرد، میزان این نسبت نیز تغییر کرده و به ضرر دشت اردبیل تمام خواهد شد.

در ادامه فرسایش قهقرایی و وقوع اسارت آب رودهای مذکور به جای تغذیه دشت اردبیل یا به کشور ارمنستان تخلیه و یا وارد دریای خزر می‌شوند که در هر دو صورت برای دشت مخاطره محسوب می‌شود. از طرف دیگر وقوع این پدیده باعث تغییر در آستانه فرسایش و آستانه چشم‌انداز منطقه شده و در مرحله اول به دلیل کاهش آب و تغییر مسیر رودها و در ادامه به دلیل افزایش فرسایش رودخانه‌ای و از بین رفتن خاک، کشاورزی و بعد اقتصاد منطقه را

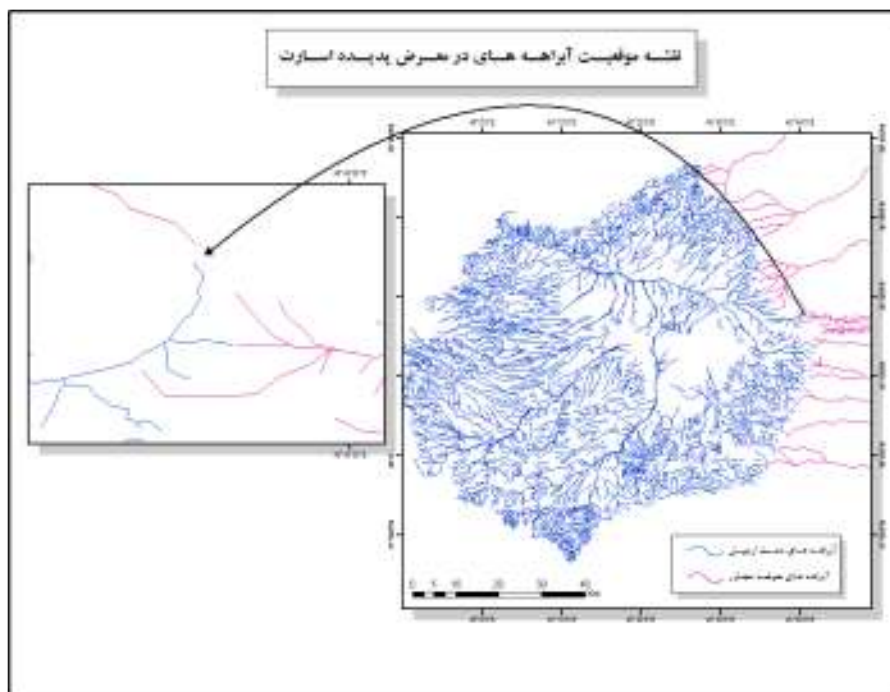
برای بررسی میزان خطر وقوع پدیده اسارت در طول مسیر مرز بین این دو حوضه، حدود ۳۵ نیمرخ بین سرشاخه رودهای موجود در دو طرف دامنه، ترسیم کرده که در پایین نمونه‌هایی از این نیمرخ‌ها را مشاهده می‌کنیم (شکل ۷). در ادامه، فاصله بین سرشاخه‌های دو حوضه را در نرم افزار ArcGIS اندازه‌گیری کرده و به نتایجی که در (جدول ۱) آمده، رسیده‌ایم. نیمرخ‌های ۱ تا ۱۲ در شرق حوضه و در طول مرز ایران با کشور ارمنستان ترسیم شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود شیب کم چاله در این قسمت نیز احتمال وقوع پدیده اسارت را بالا برده است. نیمرخ‌های ۱۳ تا ۳۵ در مرز شرقی دشت در داخل ایران ترسیم شده‌اند. باتوجه به فاصله‌های بدست آمده بین سرشاخه رودهای هر نیمرخ، بر روی نیمرخ ۲۱ کمترین فاصله یعنی حدود ۱۱۵ متر مشاهده می‌شود (شکل ۶). که این نشان دهنده بحرانی‌ترین مکان برای وقوع اسارت در آینده‌ای بسیار

ضروری می نماید. این در حالیست که یکی از شبکه- های اصلی ارتباط زمینی منطقه (جاده اردبیل - آستارا) از حوالی همین نقطه حساس عبور می کند و از طرف دیگر همانطور که اسفندیاری درآباد(۱۳۹۰) به افزایش ساخت و ساز در این مکان اشاره نموده که باعث وقوع لنداسلاید در منطقه را افزایش داده و مشخص است که این امر نیز وقوع فرسایش قهقراپی را شدت خواهد بخشید.

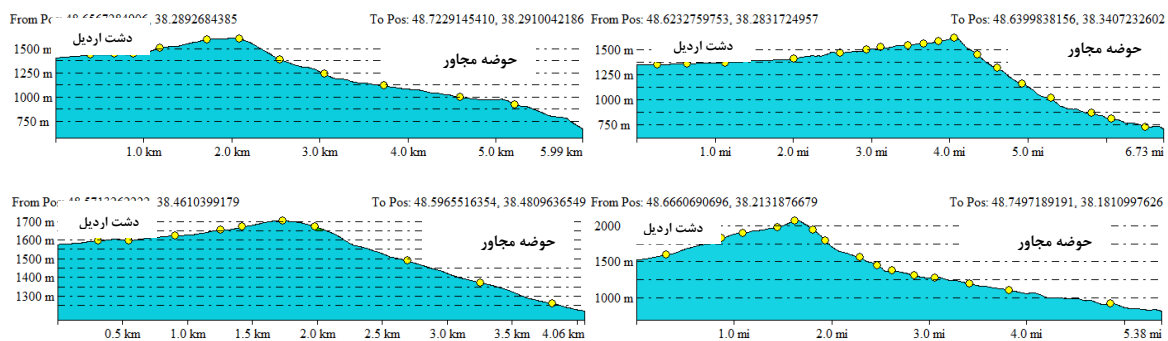
بامخاطره جدی مواجه خواهد کرد. از طرف دیگر بر اثر فرسایش رودخانه ای شدیدی که به این قسمت از دشت تحمیل می شود زمین های اطراف نیز از عواقب این فرسایش به دور نبوده و ساخت و سازهای انسانی از جمله راه های ارتباطی و به خصوص فرودگاه اردبیل که در نزدیکی این منطقه بحرانی قرار گرفته (شکل ۸) را تهدید می کند. این امر توجه هرچه بیشتر مسئولین زیربط را می طلبد و توجه به انجام جدی عملیات آبخیز داری در دامنه های شرقی دشت بسیار

جدول ۱: مشخصات فاصله رودها بر روی پروفیلها

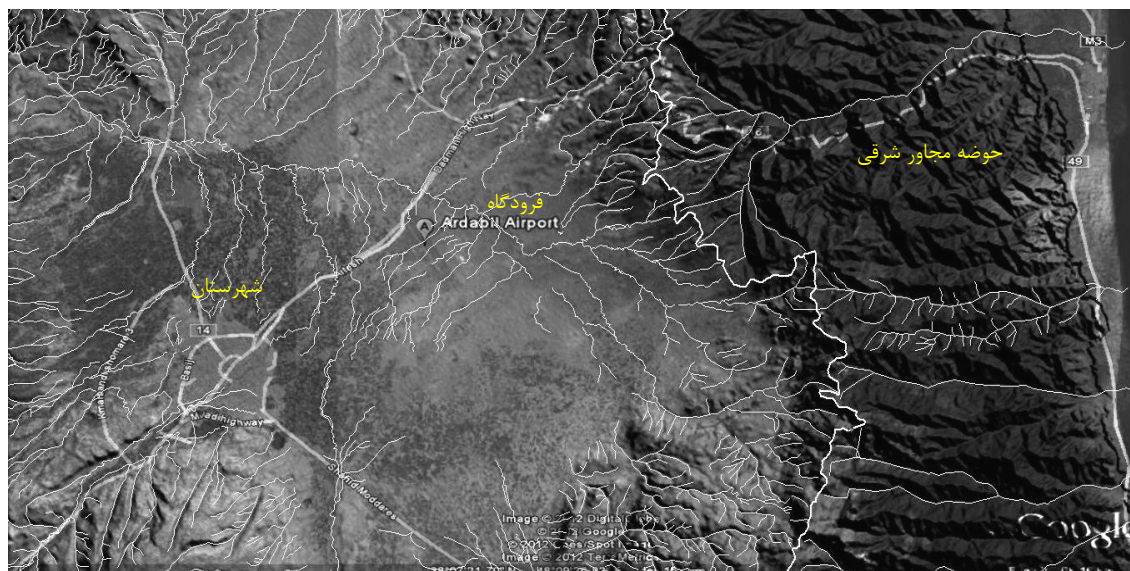
شماره پروفیل	فاصله دو رود روی پروفیل به متر	شماره پروفیل	فاصله دو رود روی پروفیل به متر
1	443.84	19	407.95
2	470.94	20	596.4
3	386.34	21	115.38
4	412.37	22	446.23
5	544.11	23	320.29
6	679.44	24	694.44
7	408.6	25	737.86
8	266.78	26	185.7
9	653.54	27	280.65
10	347.66	28	630.57
11	766.98	29	597.62
12	522.97	30	539.93
13	552.52	31	552.78
14	597.24	32	551.82
15	425.35	33	513.4
16	661.89	34	413.96
17	411.96	35	294.32
18	683.48		



شکل ۶: نقشه موقعیت آبراهه‌هایی که در معرض فرسایش قهقراپی و پدیده اسارت‌اند



شکل ۷: نمونه‌هایی از نیمرخ‌های توپوگرافی ترسیم شده بر روی دشت اردبیل و حوضه مجاور آن



شکل ۸: موقعیت فرودگاه اردبیل نسبت به منطقه اسارت رودخانه ای

### نتیجه گیری

بررسی کیاس فرسایشی در دشت اردبیل ما را به این نکته رهنمون داشت که وجود یک پدیده فرسایش قهقرائی در منطقه شرقی دشت هویت و موجودیت این دشت را شدیداً متأثر خواهد کرد. هرچند این اتفاق در مراحل اولیه وقوع به صورت ناچیزی بروز می کند ولی در صورت ادامه و عدم توجه به آن، در آینده ای نه چندان دور نتایج بسیار بزرگی به همراه خواهد داشت. چنانچه سرعت فرسایش قهقرائی در منطقه افزایش یابد بدون تردید وقوع یک اسارت رودخانه ای در دامنه شرقی حتمی خواهد بود که وقوع چنین رخدادی شبکه فعلی زهکش ها و سیستم آبی این دشت را بطورکلی دگرگون خواهد ساخت و صد البته بسیاری از پروژه های موجود در منطقه بویژه فرودگاه این استان در مخاطره جدی قرار خواهد داد. برای اثبات این فرضیه حدود ۳۵ نیمرخ بین سرشاخه رودهای موجود در دوطرف دامنه، ترسیم کرده و با اندازه گیری فاصله سرشاخه ها در نرم افزار ArcGis

مشاهده کردیم که، نیمرخ های ۱ تا ۱۲ که در شرق حوضه و در طول مرز ایران با کشور ارمنستان و نیمرخ های ۱۳ تا ۳۵ در مرز شرقی دشت در داخل ایران ترسیم شده و باتوجه به فاصله های بدست آمده بین سرشاخه رودهای هر نیمرخ، بر روی نیمرخ ۲۲ کمترین فاصله یعنی حدود ۱۱۵ متر مشاهده می شود (جدول ۱). که این نشان دهنده وقوع اسارت در آینده ای بسیار نزدیک در این قسمت از دشت می باشد. شواهد موجود نشان می دهد عملیات جاده سازی و فعالیت های توسعه فیزیکی چنین فرایندی را بشدت تشدید کرده است. برای کنترل و جلوگیری از خطرات آتی اسارت رودخانه ای نیاز مبرم به برنامه ریزی و توجه مسئولین می باشد.

### منابع

اسفندیاری درآباد (۱۳۹۰)، بررسی وقوع لنداسلاید در شرق دشت اردبیل، هفتمین کنگره ملی جغرافیدانان ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

- Humphrey, N.F., Konrad, S.K., (2000), "River Incision or Diversion in Response to Bedrock Uplift", *Geolog*, V. 28; No.1: 43-46.
- Mather, A.E., (2000), "Impact of Headwater River Capture on Alluvial System, Development: An Example from the Plio-Pleistocene of the Sorbas Basin, SE Spain", *Journal of Geological Society*, 157, 957-966.
- Nicolis, C. Long-term climatic variability and chotic dynamics. *Tellu*, Vol. 39A, 1987.
- Phillips, J. D. Evolutionary geomorphology: thresholds and nonlinearity in landform response to environmental change, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 3, 365-394, 2006.
- Sinha-Roy, S., (2001), "Neotectonically Controlled Catchments Capture: An Example from the anas and Chambal Drainage Basins, Rajasthan", *Current Science*, 80(2).
- Sivakumar, B. Chaos theory in geophysics: past, present and future, *Chaos, Solitons and Fractals*, 19(2), 441-462, (2004a).
- Sivakumar, B. Chaos theory in hydrology: important issues and interpretations, *Journal of Hydrology*, Vol.227, 1-20, 2000.
- Stokes, M., Mather, A.E., Harvey, A.M., (2002), "Quantification of River-captured-induces Base-level Changes and Landscape Development, Sorbas Basin, SE Spain", In: Jones, S.J.
- Frostick, L.E. (eds). *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences*, Geological Society, London, Special Publications, 191, 23-35.
- Summerfield, Michael A. (1991); "Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms", Longman Scientific and Technical, England.
- تصاویر ماهواره ای گوگل ارث.  
داداش زاده، زهرا (۱۳۹۰)، تعادل بخشی آبخوان دشت اردبیل، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان.  
مختاری، داوود (۱۳۸۹)، اسارت رودخانه ای و آثار آن در سیستم رودخانه ای مطالعه موردی: رودخانه باغلا در دامنه شمالی میشو داغ (شمال غرب ایران)، جغرافیا و برنامه ریزی (دانشگاه تبریز)، ش ۳۲.  
نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰: ۱ ورقه اردبیل.  
نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰: ۱ دشت اردبیل.  
Bishop, P., (1995), "Drainage Rearrangement by River Capture, Beheading and Diversion", *Progress in Physical Geography*, 19, 469-493.  
Calvache, M.L., Viseras, C. (1997), "Long-term Control Mechanisms of Stream Piracy Processes in Southeast Spain", *Earth surface Processes and Landforms*, Vol. 22: 93-105.  
Dumont, J.F., Santana, E., Valdez, F., Tihay, J.P., Usselman, P., Iturralde, D., Navarette, E., (2006); "Fan beheading and Drainage Diversion as Evidence of a 3200-2800 BP Earthquake Event in the Esmeraldas-Tumaco Seismic Zone: A Case Study for the Effects of Great Subduction Earthquakes", *Geomorphology*, 74, 100-123.  
Hammond, K., (2000), "Stream Capture: A look at Natural Thieves", <http://www.geo.msu.edu/geo333/hammond.htm>  
Harrison, R. G. and Biswas, D. J. Chaos in light. *Nature*, Vol.321,1986.