

بازسازی الگوهای فضایی- زمانی از فعالیت جریان مواد با استفاده از روش دندروژئومورفولوژی در حوضه آبریز تنگراه

فریبا پاکنژاد- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد
سید رضا حسین زاده * - دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، دانشگاه فردوسی مشهد
مهناز جهادی طرقي - استادیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور مشهد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۷/۱۶

چکیده

حوضه آبریز تنگراه واقع در استان گلستان، یکی از زیر حوضه‌های رودخانه دوغ، به عنوان یکی از نواحی تحت خطر جریان مواد شناخته شده است. در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ طی یک بارش ناگهانی، منطقه مورد نظر جریان مواد جبران ناپذیری را تجربه کرده است و خسارات جانی و مالی زیادی را محتمل شده است جهت بازسازی جریانات مواد قدیمی و اثبات وقوع این جریانات در حوضه از روش دندروژئومورفولوژی استفاده گردید، دندروژئومورفولوژی از تغییرات بوجود آمده در ساختار و حلقه‌های رشد درختان برای بازسازی زمان و نحوه عملکرد فرایندهای ژئومورفیک استفاده می‌کند. بعد از عملیات میدانی و تعیین محدوده مطالعاتی نمونه برداری‌های لازم انجام شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها، سطح نمونه‌ها با سمباده نرم صیقل داده شد و شمارش حلقه‌ها با میکروسکوپ اندازه‌گیری و ضخامت آنها پس از ترسیم روی کاغذ میلیمتری تغییر یافته، با دقت ۰/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و سال وقوع جریان مواد براساس تغییرات در حلقه‌ها و همچنین تعداد حلقه‌های رشد یافته در بافت پینه‌ای باسازی شد. همچنین مقاطع عرضی از محدوده نمونه برداری شده گرفته شده است که نتایج حاصل از آن حاکی از آن است که بیشترین زخم‌های ایجاد شده ناشی از جریان مواد سال ۱۳۸۰ با دبی بیک ۸۵۰/۶۴ حاصل شده است. با جمع آوری پانزده نمونه برداشتی و تجزیه و تحلیل حاصل از آن مشخص گردید که آنها مربوط به جریانات مواد سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ می‌باشند. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته روی نمونه‌های گردآوری شده در حوضه آبریز تنگراه و تهیه پرسشنامه جهت تعیین اطلاع از وقوع جریانات مواد رخ داده در دهه‌های قبل به این نتیجه رسیدیم که در طی هفتاد سال اخیر جریانات مواد سال‌های نامبرده تنها سیلاب‌های رخ داده از نوع جریان مواد در این منطقه هستند.

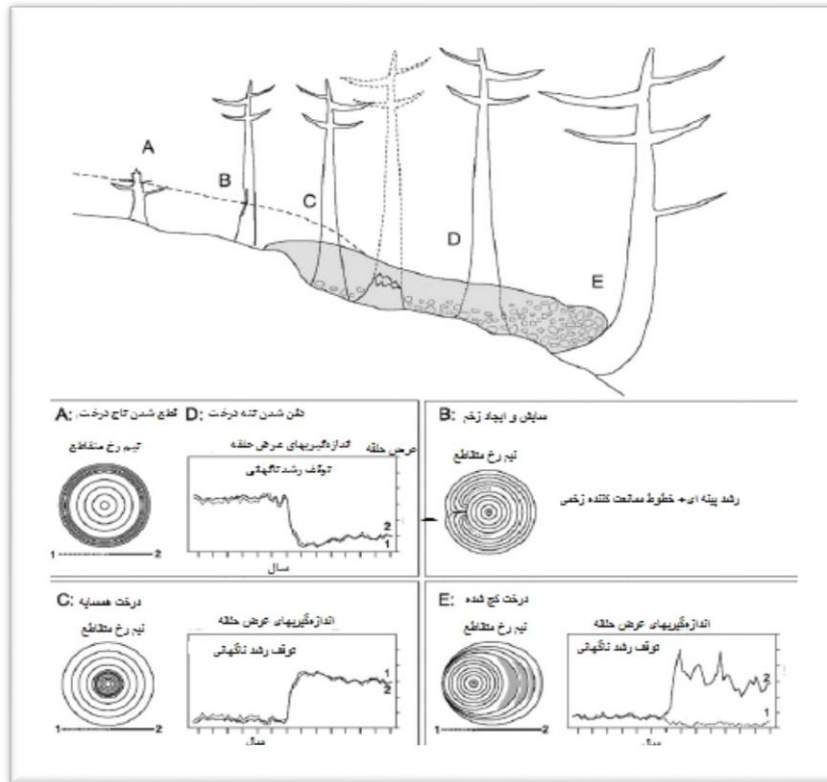
واژگان کلیدی: حوضه آبریز تنگراه، جریان مواد، بارشهای ناگهانی، دندروژئومورفولوژی.

مقدمه

سیل‌های ناگهانی پدیده‌های هیدرولوژیکی محلی هستند که در حوضه‌های آبریز کوچکی به مساحت چند کیلومتر مربع تا چندصد کیلومتر مربع و با زمان پاسخ چند ساعت یا کمتر رخ می‌دهند. بنابراین این پدیده‌ها یکی از مهمترین مخاطرات طبیعی‌اند که دارای تلفات جانی و مالی جدی در سراسر جهان و بویژه در حوضه‌های کوهستانی مدیترانه می‌باشند (ویلانوا و همکاران، ۲۰۱۰:۳۸۳). وقوع جریان مواد در این مناطق بارها و بارها باعث آسیب شدید به مسیرهای ارتباطی و زیر ساخت‌ها و مناطق مسکونی شده است (آربلی و همکاران، ۲۰۱۰:۳۹۹) جریان‌های مواد مربوط به باران‌های سیل‌آسا می‌باشند و یک مخاطره مخرب و متداول در نواحی مورد مطالعه محسوب می‌شوند. جریان‌های مواد عبارت است از جریان رسوب و ترکیب آب به شکلی که شبیه جریان مداوم ایجاد شده توسط نیروی گرانش باشد و همچنین قابلیت حرکت پذیری از فضای خالی بزرگ اشباع شده توسط آب را دارا می‌باشد (تاکاهاشی، ۲۰۰۷:۶). جریان‌های مواد عموماً به شکل جریان‌های گرانشی مخلوط خاک، سنگ، آب و یا هوا تعریف می‌شوند (یان فان، ۲۰۰۷:۱۹۹) بیشتر جریان‌های مواد حاوی مقداری مواد ارگانیک هستند. آن جریان‌هایی که از زمین‌های شیب‌دار جنگلی ناشی می‌شوند، ممکن است میزان ۶۰٪ حجم واریزه‌های بزرگ ارگانیک (باقیمانده چوب‌ها) را در برگیرند سوانتون ۱۹۷۴. پدیده‌های چون لغزش بر روی شیب تند در امتداد کانال پر شیب کوچک و ته نشست واریزه‌ها از این دسته‌اند (جاکوب و همکاران، ۲۰۰۵:۹). جریان‌های مواد علت برخی از بزرگترین زمین‌لغزه‌ها در عصر جدید بوده و قادر به دفن شهرها و کشتن ده‌ها هزار نفر در هر رخداد می‌باشند (دوالینگ، ۲۰۱۴). یکی از مهمترین عوامل ایجاد جریان مواد شیب حوضه می‌باشد مشهودترین عاملی که بر شروع جریان مواد اثر می‌گذارد، وجود دامنه‌های با شیب بیشتر از ۲۵ تا ۳۰ درجه است زیرا زمین‌های هموارتر پتانسیل کمی برای ایجاد جریان‌های مواد دارند (لاورسون، ۲۰۱۴:۱۸). به همین سبب بیشتر این رخدادها در مناطق پر شیب کوهستانی اتفاق می‌افتد که تجزیه و تحلیل دندروژئومورفولوژی در مناطق جنگلی که تحت تاثیر این جریان‌ها قرار گرفته‌اند به کشف وقایع تاریخی گذشته کمک فراوانی می‌کند (سونجا و همکاران ۲۰۱۰، ۲۰۰۷).

دندروژئومورفولوژی یکی از رشته‌های زیرمجموعه دندروکرونولوژی است (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۹:۱). که براساس تجزیه و تحلیل حلقه‌های رشد سالانه درختان برای قدمت فرایندهای ژئومورفیک است (بوتلر، ۲۰۱۳:۷۱۷). و فرم رشد آنها به بررسی جنبه‌های فضایی و مکانی فرایندهای سطحی می‌پردازد یکی از مهمترین روش‌های تعیین سن فرایندهای ژئومورفولوژی در دوره‌های زمانی چندصد، تا چندین هزار ساله دندروژئومورفولوژی می‌باشد. (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۹:۱). این رشته به مطالعه و باسازی وقایع تاریخی گذشته فعالیت‌های جریان مواد با استفاده از حلقه‌های درختان می‌پردازد. (آلبری و همکاران، ۲۰۱۰، ۳۹۹) دندروژئومورفولوژی روش دقیقی برای بازسازی فرایندهای سیل آسا در مخروط‌های جنگلی است و به معنی تحلیل درختانی که تحت تاثیر فعالیت ژئومورفیک گذشته قرار گرفته‌اند، می‌باشد. (مایر و همکاران، ۲۰۱۰:۱۹۹). تجزیه و تحلیل این حلقه‌ها که توسط سیلاب‌های ناگهانی تحت تاثیر قرار گرفته‌اند می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با وقوع این رویداد در اختیار ما بگذارد این اطلاعات غالباً با دقت سالانه اما گاهی اوقات دارای دقت فصلی هستند. (کاسترل، ۲۰۱۵:۱۱۶). فرایندهای ژئومورفیک ممکن است اثرات متفاوتی بر درختان بگذارد. تاثیر سنگ و تخته سنگ‌های حمل شده توسط جریان مواد و یا فرایندهای سایشی ممکن است باعث ایجاد زخم به سطح ساقه شود و یا درختان را کاملاً نابود کند معمولاً زمانی که فشار جریان یک طرفه باشد منجر به چرخش ساقه می‌شود. (شکل ۱) بولشویبر، ۲۰۰۷:۳۴۰) متداولترین اختلالات و واکنش‌های مربوطه در درختان رشدکننده، در مسیل سیل‌های ناگهانی یا مجاور آن می‌باشد که در (شکل ۱) نشان داده شده است. سیل‌های ناگهانی می‌توانند تنه‌های درختان رشدکننده در رودخانه، نوار شنی یا کناره رودخانه را بوسیله فشار یک‌طرفه جریان یا ضربه تخته سنگ‌های بزرگ کج کند، (نمونه درخت E) در اثر فرسایش کناره یا نوار شنی رودخانه، ریشه درختان را نمایان سازند، در اثر فشار یا برخورد تخته سنگ‌ها و چوب‌های

موجود در جریان آب، پوسته درختان را کنده و کامبیوم آنها را زخمی کند و یا در اثر برخورد شدید تخته سنگها، درختان را شکسته و منجر به تشکیل شاخه‌های شمعدان مانند در آنها شوند. (نمونه درخت B)



شکل ۱: تاثیرات مختلف جریان مواد بر درختان و واکنش آنها (بولشویلر، ۲۰۰۷:۳۳۹)

پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات عمدتاً روی بازسازی فراوانی، شدت یا الگوهای مکانی جریان‌های مواد و نیز بررسی توزیع مکانی و زمانی شرایط جوی تحریک کننده رخدادها تمرکز کرده‌اند. تحلیل‌های دندروژئومورفولوژیکی طی چند دهه اخیر بطور گسترده‌ای جهت بازسازی عملکرد فرایندها و مخاطرات ژئومورفیکی مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات اولیه در بستر تحقیقات گاه‌شناسی درختی^۱ از ابتدای دهه ۱۹۶۰ در جنوب غرب آمریکا شروع و سپس در سال ۱۹۷۱ اصطلاح و روش‌های دندروژئومورفولوژیکی به وسیله یک جغرافیدان فنلاندی به نام استالو^۲ معرفی گردید (حسین زاده، جهادی-طرقی، ۱۳۹۱:۳۰). او در تحقیقی به عنوان (تغییر دندروژئومورفیک و فرایند های ژئومورفیک) اصول اساسی دندروژئومورفولوژیکی را تشریح کرد و به تجزیه تحلیل عکس العمل رشد در ساقه درختان متأثر شده از فرایندهای ژئومورفیک پرداخت. پژوهشگرانی که در زمینه دندروژئومورفولوژی کار کردند، عبارتند از:

۱. Dendrochronology

۲. Alestalo

الستالو (۱۹۷۱)، زولتای و تارنوسیا^۱ (۱۹۷۶)، زولتای (۱۹۷۵)، شرودر^۲ (۱۹۷۵)، آیوس^۳ و همکاران (۱۹۷۶)، شرودر و همکاران (۱۹۷۶)، کارارا و کارول^۴ (۱۹۷۷)، کاسا^۵ (۱۹۷۸)، شرودر (۱۹۸۰)، استرانک^۶ (۱۹۸۸)، مارین و فیلیون^۷ (۱۹۹۲)، وانزر^۸ (۱۹۹۶)، یاماگوچی^۹ و همکاران (۱۹۹۷)، بومان و کایزر^{۱۰} (۱۹۹۹)، وانرکرف^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۱)، جرس^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۱)، میر^{۱۳} (۲۰۰۱) با توجه به تحقیق کارتتر^{۱۴} و همکاران (۲۰۰۳)، آنان تغییرات آناتومی و مورفولوژیکی حلقه ریشه‌های درختان خزان کننده (به علت تغییرات عمق خاک) را مورد بررسی قرار دادند. بودک^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۵) فرسایش صفحه‌ای را با استفاده از روش دندروژئومورفولوژی تعیین کردند. مطالعه بر روی ریشه‌ها طی دهه اخیر در اروپا گسترش چشم‌گیری یافته است، در این راستا می‌توان به کارهای مربوط به فرسایش صفحه‌ای با استفاده از ریشه‌های رخنمون یافته درختان در اسپانیای مرکزی اشاره کرد از جمله کارهای؛ بودک و همکاران، (۲۰۰۵) و (۲۰۱۱)، استوفل^{۱۶} و همکاران (۲۰۰۵)، بولچویر^{۱۷} و استوفل (۲۰۰۷)، مایر و همکاران (۲۰۱۰)، بالستروس^{۱۸} و همکاران (۲۰۱۰)، روئیز^{۱۹} و همکاران (۲۰۱۰)، در زمینه دندروژئومورفولوژی مطالعاتی انجام داده اند.

مالیک^{۲۰} (۲۰۰۸) از حلقه‌های رشد درختان برای بررسی موضوعات و مسائلی چون لغزش‌ها، ریزش‌ها، بهمن‌ها، فرسایش و سیلاب‌ها استفاده کرده و با استفاده از تغییرات مورفولوژیکی ریشه درختان به تعیین سن گالی‌ها و تعیین مقدار فرسایش آنها در جنوب لهستان پرداخت.

مطالعات ژئومورفولوژی درختی در ایران توسط دکتر حسین‌زاده و جهادی طرقي در رابطه با بازسازی سیلاب‌ها قدیمی رودخانه سه هزار با استفاده از روش دندروژئومورفولوژی صورت گرفته است. در این پژوهش آنها نتیجه گرفتند که بازسازی سیلاب‌های قدیمی از طریق روش‌های دندروژئومورفولوژی می‌تواند داده‌های طولانی‌تری از زمان وقوع سطح سیلاب در بستر رودخانه فراهم آورد. با بررسی‌ها و نمونه‌های جمع‌آوری شده وقوع شش سیلاب بزرگ از اوایل سال ۱۳۸۰ کشف گردیده است.

1. Zoltai and Tarnvsya

2. Shroder

3. Ives

4. Carrara and Carroll

5. Casa

6. Strunk

7. Marine and Filion

8. Danzer

9. Yamaguchi

10. Boman and Kaiser

11. Vandekerckhove

12. Gers

13. Meyer

14. Kartnr

15. Bodek

16. stoffel

17. Buchir

18. Ballesteros

19. Ruiz

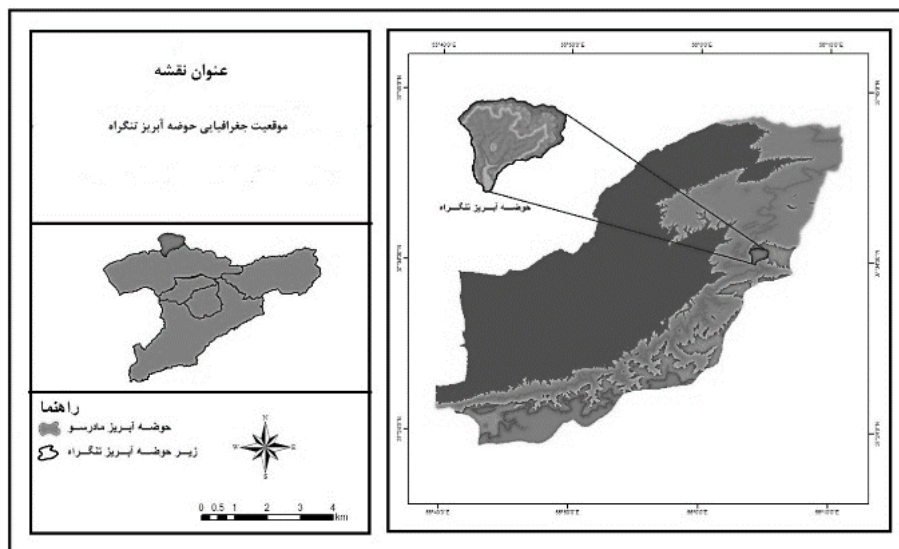
20. Malick

علاوه بر بررسی‌های انجام شده، پژوهش دیگری نیز در حوضه قره چای رامیان (استان گلستان) توسط بهرامی و همکاران به منظور برآورد میزان فرسایش ورقه‌ای با استفاده از تحلیل‌های دندروژئومورفولوژیکی ریشه درختان انجام گرفته است.

با توجه به بررسی‌های انجام شده از چهل و دو نمونه برداشت شده، مشخص شده است میانگین فرسایش سالانه از ۲۵۰ سال پیش تا زمان حال روند افزایشی داشته است که افزایش میزان فرسایش از زمان‌های بررسی شده در این تحقیق ناشی از کاهش پوشش گیاهی و افزایش فشار بر مراتع به دست انسان بوده است. همچنین در این زمینه می‌توان به کار دکتر قاسم نژاد و همکاران اشاره کرد که موضوع تحقیق ایشان بازسازی فراوانی و سطح سیلاب‌های قدیمی رودخانه نکا با استفاده از دندروژئومورفولوژی است.

موقعیت جغرافیایی

محدوده حوضه آبریز تنگراه با مختصات $37^{\circ}24'05''$ تا $37^{\circ}28'19''$ عرض شمالی و $55^{\circ}51'40''$ تا $55^{\circ}44'55''$ طول شرقی در جنوب شرق استان گلستان قرار گرفته است. حوضه‌های مورد مطالعه از نظر موقعیت نسبی از شمال به رشته کوه‌های هزار مسجد-کپه داغ، از جنوب به رشته کوه‌های البرز- بینالود و از شرق به محدوده‌ی پارک جنگلی تنگراه و از غرب به اراضی شرق شهرستان کلاله محدود می‌شود. مساحت حوضه آبریز مورد نظر $54/04$ کیلومتر مربع و محیط آن $33/01$ کیلومتر می‌باشد. حوضه مورد نظر از نظر سیل‌خیزی مستعد وقوع جریان‌های مواد می‌باشد و بارش‌های این منطقه بیشتر متأثر از جریانات مرطوب خزری بوده و از پوشش گیاهی بسیار متراکمی برخوردار است. از نظر ویژگی‌های اقلیمی دارای دو بیشینه بارش بهاری و زمستانی بوده و مجموع بارش فصل زمستان آن بیش‌تر از فصل بهار است. ایستگاه تنگراه جمعاً حدود $34/92$ درصد از بارش سالانه خود را در فصل زمستان دریافت داشته و بارش فصل بهار آن جمعاً $25/53$ درصد کل بارش سالانه را دارا می‌باشد. $38/9$ درصد از حوضه آبریز تنگراه از سازند چمن بید که با تناوبی از شیل و مارن است (اقا نباتی، ۱۳۸۵: ۲۷۴)، و $14/04$ درصد آن از سازند مزدوران می‌باشد که بیشتر دولومیت و آهک است. در بین نهشته‌های کواترنر، نهشته‌های آبرفتی بیشترین سهم را دارند. اینها مواد فرسایشی هستند که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت‌ها گسترده شده‌اند. نهشته‌های کواترنر به ترتیب اهمیت گسترش سطحی‌شان عبارتند از: آبرفتها، رسوبات تبخیری، ماسه‌های دریایی، شیب رفتها، رسوبات دریاچه‌ای و یخ رفتها (زمردیان، ۱۳۸۵: ۴۴۹). که فقط $0/15$ درصد حوضه از پادگانه‌های ابرفتی قدیمی و $0/82$ درصد از واحد مارنی تشکیل شده است. همانطور که مشخص است بیشترین مساحت حوضه را سازند چمن بید تشکیل داده که منشا مناسبی برای ایجاد جریانات مواد بوده است. همچنین دهانه دره در روستای تنگراه در پوشش آبرفتی واقع شده است که این جریان از جریانات اصلی حوضه مادر سو محسوب می‌شود. (جایکا، ۲۰۰۶).



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیای حوضه تنگراه

روش تحقیق

برای تهیه نقشه‌های مورد نیاز در مرحله اول از نقشه‌های پایه محدوده مورد مطالعه استفاده شده است؛ بدین ترتیب که نقشه‌های توپوگرافی حوضه آبریز تنگراه در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی ArcGIS رقومی گردید، و بر اساس نقشه پایه نقشه‌های جدید دیگری مانند نقشه شیب، نقشه جهت شیب، نقشه آبراهه، نقشه طبقات ارتفاعی تهیه و مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه گسل‌ها از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ انتشار یافته توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور استفاده شده است.

برای تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد نظر از تصاویر ماهواره‌ای کویک برد^۱ و تصاویر ماهواره‌ای لندست^۲ (۲۰۱۴) و عکس‌های هوایی جهت شناسایی و بررسی تغییرات قبل و بعد از سیلاب استفاده گردیده است. برای این منظور همچنین از عکس‌هایی هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ مربوط به سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۴۷ چاپ شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور استفاده شده است. از تصاویر ماهواره‌ای (IRS) با قدرت تفکیک ۵/۵ متر که قسمت اعظم منطقه‌ی مورد مطالعه را پوشش داده، برای تشخیص و بررسی تغییرات منطقه و تفکیک مخروط‌افکنه‌های قدیم و جدید (در محیط نرافزاری سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. تصاویر بزرگ مقیاس (Quick bird) با قدرت تفکیک ۰/۶ متر از سازمان جنگل و مراتع تهیه و برای تغییرات بستر و تهیه نقشه ژئومورفولوژی در محیط Arc GIS استفاده شده است. بخشی مهمی از بازدیدهای میدانی برای گردآوری نمونه‌های درختی (دندروژئومورفولوژی) انجام گرفته است، که به شرح زیر می‌باشد. بازدیدهای اولیه (از درختان زخمی شده در بستر اصلی منطقه) جهت برداشت نمونه در ماه‌های فروردین و خرداد و تیر سال و ۱۳۹۳ و اردیبهشت ۱۳۹۵ صورت گرفته است.

^۱. Quick bird

^۲. Landsat

در عملیات میدانی از ابزاری چون GPS برای ثبت موقعیت نمونه، متر جهت اندازه‌گیری قطر نمونه و اره دستی جهت برداشت نمونه، استفاده شده است. در طی عملیات برداشت نمونه، تعداد ۱۵ نمونه از درختان آسیب دیده انتخاب گردید. در هنگام نمونه‌برداری سعی گردید نمونه از داخل کانال اصلی رود تهیه شود تا از میزان احتمالی آسیب دیده‌گی‌های دیگر (آسیب دیدگی انسانی) را در آن کاهش داد و به یقین گفت آسیب دیدگی ناشی از برخورد رسوبات درشت دانه جریان مواد بر درختان بوده است. بعد از برداشت نمونه‌ها آنها به مدت یک ماه جهت خشک شدن در معرض نور خورشید قرار گرفتند. بعد از خشک شدن هر پانزده نمونه توسط سمباده نرم صیقل داده شده‌اند و جهت بررسی به آزمایشگاه انتقال گردیدند و با استفاده از دستگاه میکروسکوپ بطور دقیق سن آنها تعیین گردید. همینطور بازدیدهای دیگری طی چندین مرحله در فصول بهمن، اسفند و فروردین سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ و سال ۱۳۹۵ جهت بررسی میزات تغییرات چشم اندازه‌های موفولوژیک در حوضه‌های تنگراه، همراه با عکس برداری از منطقه انجام شده است. پرسشنامه جهت مشخص کردن وقوع سیلاب‌های جریان مواد در سال‌های قبل از وقوع سیلاب مورد نظر تنظیم گردید. در اثنای این تحقیق پرسشنامه‌ای در قالب ده سوال تنظیم شد که عمدتاً افراد مسن روستا مورد پرسش قرار گرفتند. تا مشخص شود در دهه‌های قبل از وقوع سیلاب‌های مخرب اخیر سیلاب دیگری در منطقه رخ داده است یا نه؟ در آخرین مرحله با تجزیه تحلیل نتایج حاصل از بازدیدهای میدانی و مطالعات آزمایشگاهی انجام گرفته بر روی نمونه‌های گردآوری شده و همچنین پردازش آمار و بررسی سیلاب‌های جریان مواد در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و نتیجه‌گیری نهایی از این پژوهش بدست آمد.

بحث و نتایج

همانطور که گفته شد جریان‌های مواد یکی از مخاطرات متداول در نواحی کوهستانی جهان هستند و به علت سرعت بالا و توانایی پیمودن مسافت‌های طولانی، بسیار مخرب هستند. جریان‌های مواد علت برخی از بزرگترین زمین لغزه‌ها در عصر جدید بوده و قادر به دفن شهرها و کشتن ده‌ها هزار نفر در هر رخداد می‌باشند. اگرچه این رخدادها بزرگ بسیار مخرب هستند، اما اثرات مجموع جریان‌های مواد کوچکتر در طی یک فصل مرطوب نیز می‌توانند منجر به تلفات چشمگیری شوند. بعلاوه، رشد جمعیت نیز باعث کشیده شدن مناطق مسکونی به نواحی مستعد جریان‌های مواد شده است. هرچه زمین شناسان از خطر جریان‌های مواد بیشتر آگاه می‌شوند، تحقیقات بیشتری برای درک بهتر این مخاطره انجام می‌شود. بسیاری از این مطالعات روی خصوصیات فیزیکی و فرایند جریان‌های مواد تمرکز می‌کنند که شامل موقعیت‌های زمین شناسی، مکانیزمهای تحریک کننده، فرایندهای انتقال، خصوصیات رسوب و گزینه‌های کاهش می‌باشند. با این حال یک نکته کلیدی وجود دارد که از تحلیل آن چشم پوشی شده است و آن اینکه در حال حاضر هیچ مطالعه‌ای وجود ندارد که تلفات انسانی ناشی از جریان‌های مواد را بطور مستقیم بررسی و تحلیل کند (دولینگ، ۲۰۱۴: ۲۰۳). تجزیه و تحلیل سیل‌های ناگهانی در نواحی کوهستانی مدیترانه با چالشهای علمی خاصی مواجه است. از یک سو به علت نبود داده‌هایی با توزیع مکانی مناسب و با زمان‌های طولانی (یعنی بیشتر از ۳۰ سال) درمورد بارش‌ها یا جریان‌ها، اطلاعات کافی درمورد بارش و دبی وجود ندارد. از سوی دیگر ممکن است ایستگاه‌های جریان‌سنج در طی حوادث شدید به درستی اطلاعات را ثبت نکنند زیرا در این شرایط این ایستگاه‌ها اغلب یا دچار آسیب می‌شوند و یا دبی آب از سطح قابل ثبت فراتر می‌رود. در نتیجه داده‌های سیستماتیک در مورد این مساله موجود نبوده و این مانع توسعه دانش درمورد وقوع مکانی و زمانی این فرایند می‌گردد. تحلیل حلقه‌های رشد درختانی که تحت تاثیر سیل‌های ناگهانی قبلی قرار گرفته‌اند (یعنی دندروژئومورفولوژی)، می‌تواند رویکرد مکمل و جایگزینی برای این مساله فراهم سازد (ویلانوا و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۸۳).

هدف از بررسی تحلیل دندروژئومورفولوژیکی حلقه‌های ریشه درختان در این تحقیق مشخص کردن سنین سیلاب‌ها دارای جریان مواد که در دوره‌های قبل از سیلاب سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در منطقه رخ داده، و همچنین بازسازی جریان مواد سیلاب‌های اخیر در حوضه آبریز تنگراه می‌باشد. بدلیل نبود ایستگاه در حوضه مورد نظر روش دندروژئومورفولوژی بهترین روش برای تخمین دقیق سیلاب‌های سنگین در این منطقه است. منطقه مورد مطالعه در یک ناحیه کوهستانی پوشیده از

جنگل قرار گرفته است، طی سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ با وقوع یک بارش ناگهانی، منطقه جریانات متفاوتی را تجربه کرده است. بدلیل همراه بوده چوب و سنگ با این جریانات درختان این منطقه آسیب بسیاری دیده‌اند. که با توجه به همین آسیب‌ها می‌توان سن دقیق این سیلاب‌ها و سیلاب‌های که در گذشته رخ داده است را مشخص کرد. نمونه‌های گرفته شده بیشتر از کنار بستر اصلی تهیه شده است، مسلم است این درختان بیشتر تحت تاثیر سیلاب بوده‌اند. و همچنین با استفاده از روش دندروژئومورفولوژی حلقه‌های آسیب دیده درختان و مشخص شدن سنین زخمهای مورد نظر در منطقه، حداکثر دبی لحظه‌ای دو جریان مورد نظر با استفاده از روش مانینگ محاسبه گردیده است.

اندازه‌گیری دبی جریان سیلاب از روی شعاع هیدرولیکی با روش مانینگ

سیلاب‌ها در ایستگاه‌های هیدرومتری اندازه‌گیری می‌شوند. رودخانه‌ها و مسیل‌هایی که فاقد ایستگاه هیدرومتری هستند نیز، دارای سیل می‌باشند که برآورد دبی آن لازم می‌باشد (ولایتی، ۱۳۸۶: ۲۰۵).

داغاب

در این روش پس از فروکش کردن سیلاب اثر داغاب سیل بر روی پل‌ها، ساختمان‌ها، درختان و زمین علامت گذاری می‌شود. نحوه عمل به این صورت انجام گرفت که در محل اندازه‌گیری در دو قسمت مسیر سیلاب نقاط داغاب یا بالاترین نقطه در کناره بستر که سیلاب از آن عبور کرده است را مشخص نمودیم (شکل ۲-۴۱). همانطور که قبلاً گفته شد در بستر رودخانه تنگراه اکثر درختان در اثنای سیلاب از بین رفته و پوشش دوباره احیاء شده‌اند به همین خاطر از درختان مسن و تنومند باقی مانده در بستر در مقاطع مشخص اندازه‌گیری صورت گرفته است. بالاترین داغاب سیل سال ۱۳۸۰ ارتفاع آن از کف رودخانه در مقاطع مشخص شده ۵ متر و عرض ۵۹ متر می‌باشد.

فرمول مانینگ

محاسبه دبی و سرعت جریان، از طریق فرمول مانینگ انجام شده است. برای محاسبه شعاع هیدرولیک، مقاطع عرضی برداشته شده در عملیات میدانی با مقیاس مشخص بر روی کاغذ میلی‌متری ترسیم گردید و مساحت و محیط خیس شده آن محاسبه و در فرمول قرار داده شده است. بر اساس فرمول مانینگ جریان مواد سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ به ترتیب با دبی پیک ۸۵۰/۶۴ و ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه و ۲ با سرعت جریان ۶/۰۷ و ۳/۰۲ متر در ثانیه محاسبه شده است همانطور که از دبی سال ۱۳۸۰ مشخص است این جریان مخربتر از سیلاب سال ۱۳۸۱ می‌باشد و آثار جراثیم بیشتری بر درختان اطراف بستر نیز بر جای گذاشته است.

$$Q = AR^{2/3}S^{1/2}/N$$

$$V = R^{2/3}S^{1/2}/N$$

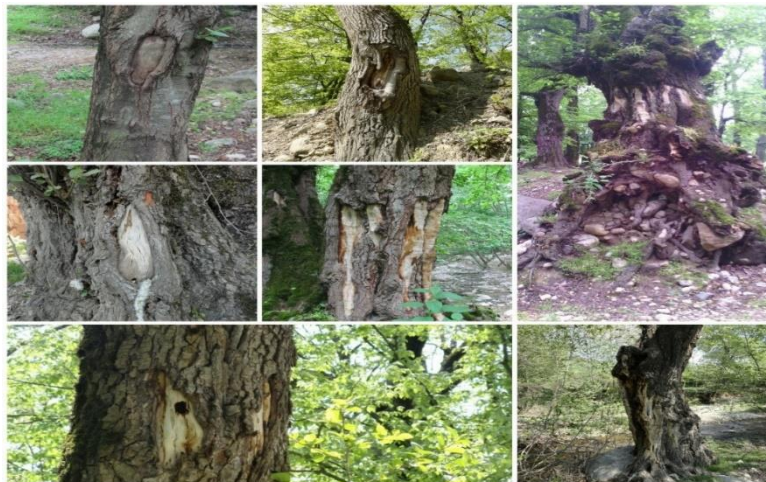


شکل ۲: آثار داغاب جریان مواد سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ بر رو درختان منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق سال زخم خوردگی درختان بر طبق کاهش در روند رشد حلقه درخت و تغییر در الگوی رشد آن مشخص شد. طبق تحلیل‌های دندروژئومورفولوژیکی می‌توان گفت بیشترین تعداد زخم‌های ایجاد شده مربوط به سال ۱۳۸۰ با دبی پیک ۸۵۰/۶۴ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. این جریان مواد دارای بیشترین رکورد ثبت شده در حلقه‌های زخم خورده درختان در محدوده مطالعاتی می‌باشد. به جز این سیلاب جریان مواد سال ۱۳۸۱ نیز آثار و بقایای فراوانی را در منطقه مورد نظر برجای گذاشته است. بعد از بررسی آثار جراحت درختان در آزمایشگاه، که وقوع جریان مواد سال ۱۳۸۱ را مشخص می‌کرد، با در نظر داشتن موقعیت نمونه و بازدید میدانی مجدد از منطقه و بررسی‌های جدید در مکان مشخص دبی پیک سال ۱۳۸۱ با مقدار ۲۰۰ متر مکعب بر ثانیه بازسازی گردید.

اثرات سیلاب بر درختان منطقه مورد مطالعه و واکنش آن‌ها

- زخم‌های پوست و چوب
- کج شدن تنه درختان
- مدفون شدن بخشی از تنه در داخل رسوبات
- ظاهر شدن ریشه‌ها در سطح زمین



شکل ۲: زخم شدن تنه درختان بر اثر برخورد رسوبات جریان مواد حوضه تنگراه

زخم‌های پوست و چوب

خراشیدگی یا کندگی روی پوست بیرونی و زخم‌های عمیق در کنده درخت از مناظر عمده در درختان است که به وسیله فرایندهای ژئومورفیک آسیب دیده‌اند. در منطقه مورد مطالعه زخم‌های ناشی از سیلاب هم بر تنه و هم بر ریشه درختان دیده می‌شود (شکل ۲). فشارها و ضربات برخورد کننده بسیار شدید می‌تواند بافت سازندهای چوب را نابود ساخته و ساختار رشد در ناحیه زخمی شده را بر هم زند. پس از ایجاد زخم برای جلوگیری از خطر پوسیدگی و حمله‌ی حشرات، درخت شروع به تولید بافت پینه‌ای در حواشی زخم می‌نماید. در اثنای تولید بافت پینه‌ای، سلول‌های سازنده چوب تا ترمیم کامل زخم بطور پیوسته از حواشی زخم بر روی آن رشد می‌نمایند. بر حسب میزان شدت و انرژی سیلاب و اندازه زخم، درخت آسیب دیده به تشکیل حلقه‌ای رشد در اطراف زخم متمرکز شده در حالیکه میزان رشد در سایر بخش‌های تنه کاهش می‌یابد. در تجزیه و تحلیل‌ها می‌توان با تهیه نمونه پینه‌ای اطراف زخم‌ها و شمارش حلقه‌های اضافه شده در آن، به تاریخ وقوع سیلاب پی برد. طبق بررسی‌های میدانی انجام شده در منطقه مورد مطالعه آثار جراحات بر درختان به وضوح قابل مشاهده و تشخیص است (شکل ۲).



شکل ۳: زخم ایجاد شده در ریشه درختان در منطقه تنگراه

کج شدن تنه درختان

همان‌طور که قبلاً ذکر شد از عوامل دیگر جریانات مواد بر درختان کج شدگی آن‌ها و بیرون‌زدگی ریشه آنها و نمایان شدن آنان می‌باشد که در (شکل ۴) قابل مشاهده است.

ظاهر شدن ریشه‌ها در سطح زمین

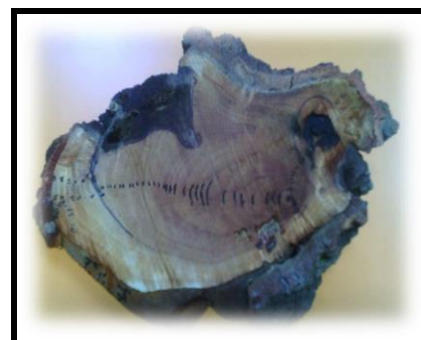
در اکثر نواحی حوضه آبریز تنگراه مخصوصاً در مسیر جریان سیلاب و حمل رسوبات درشت‌دانه درختان جراحات بسیاری را متحمل شده‌اند طی مشاهدات میدانی اکثر درختان این نواحی بعد از سیلاب دچار بیرون‌زدگی ریشه‌ها شده‌اند (شکل ۳). بیشتر این مورد در درختان توسکا و صنوبر اتفاق افتاده است زیرا مقاومت بیشتری از خود در برابر سیلاب نشان داده‌اند و ریشه‌های مقاوم‌تری دارند و کاملاً توسط آب حمل نشده‌اند. اکثر مواد چوبی همراه با این جریانات اکثراً درختان قدیمی و مسن و سوزنی برگ و در موارد اندک مقاوم بوده است.



شکل ۴: کج شدن تنه درختان بر اثر برخورد جریان مواد



نمونه ۱



شکل ۹: نمونه ای از ریشه زخم شده درخت در منطقه تنگراه

مراحل نمونه برداری درختان در منطقه مورد مطالعه

(۱) مشخص کردن مختصات درخت با استفاده از GPS

- ۲) مشخص کردن موقعیت ژئومورفیک آن
- ۳) مشخص کردن موقعیت آن نسبت به درختان مجاور
- ۴) شرح اختلالات رشد (GD)
- ۵) مشخص کردن قطر درخت
- ۶) مشخص کردن ارتفاع درخت
- ۷) مشخص کردن موقعیت هسته نمونه برداری شده

معمولاً از هر درخت دو نمونه برداشته می‌شود که یکی در جهت جریان سیل‌های ناگهانی و دیگری در جهت مخالف آن است. در درختانی با ریشه‌های نمایان یا درختانی که قسمت پایه تنه آنها زیر خاک مدفون شده است، نمونه‌ها تا حد امکان از نزدیک زمین گرفته می‌شود تا بیشترین تعداد حلقه‌های درخت بدست آید. در مورد درختان کج شده، دو نمونه در ارتفاعی که در آن خمیدگی درخت بیشتر است و چوب آن متراکم‌تر از بقیه قسمت‌هاست، گرفته می‌شود. (جایی که در آن علائم آسیب در حلقه‌های درخت مشهود بوده اما هیچ حلقه‌ای بخاطر خراش از بین نرفته) و یک نمونه نیز از سمت مقابل تنه درخت گرفته می‌شود. در این تحقیق به علت نداشتن ابزار کافی از هر درخت یک نمونه تهیه شده است. مجموعاً پانزده نمونه رویشی جمع آوری شد که ده نمونه مربوط به درخت صنوبر مختل شده درون کانال یا کناره آن از ریشه و ساقه و پنج نمونه مربوط به درخت توسکا در کناره‌ی کانال درحوضه تنگراه می‌باشد. نمونه‌های جمع‌آوری شده به مدت بیست روز در مجاورت هوای آزاد مشهود خشک شده‌اند. اکثر نمونه‌های برداشته شده از درختان تنومند و قدیمی توسکا و صنوبر تهیه شده است (شکل ۵). سپس برای شفافیت بیشتر و تفکیک دقیق حلقه‌ها، سطح نمونه‌ها با سمباده نرم صیقلی و شمارش حلقه‌ها با استفاده از میکروسکوب و دینگو کپتر بطور دقیق مورد بررسی قرار دادیم. با توجه به شمارش حلقه‌ها براساس نوع تغییرات در حلقه‌ها و زخم‌های ایجاد شده و همچنین حلقه‌های رشد یافته در بافت پینه‌ای، سال دقیق سیلاب‌ها و سن درخت و ریشه، مشخص شده است. (جدول ۱)

جدول ۱: خصوصیات نمونه‌های دندروژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه

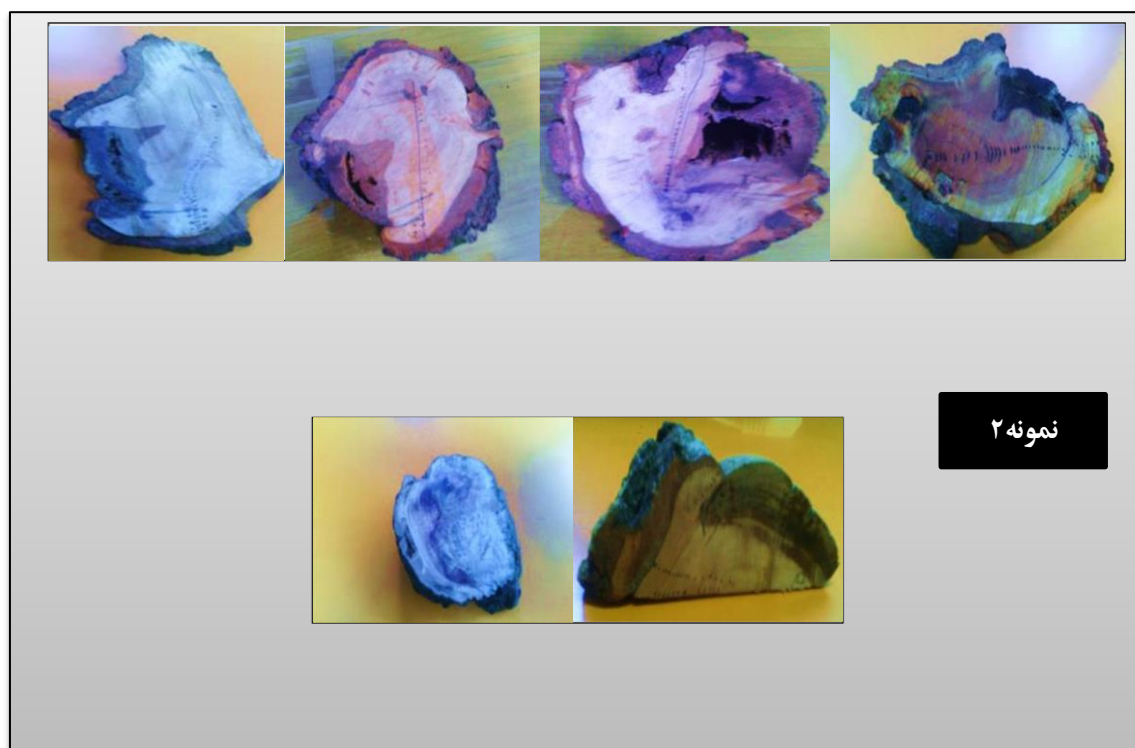
| شماره | سال | سن | قطر | نوع | نام | مختصات نمونه | نوع |
|---------|------------|-------|------|------|-------|----------------------------|------------------------------|
| نمونه | زخم خوردگی | نمونه | درخت | چوب | درخت | | تغییر |
| نمونه ۱ | ۱۳۸۴ | ۱۳۵۸ | ۵۰ | ساقه | صنوبر | N37 2359 60 E55 4657 67 | زخم ناشی از برخورد سنگ |

| | | | | | | | |
|---------|------|------|----|------|-------|----------------------------|---|
| نمونه ۲ | ۱۳۸۱ | ۱۳۶۴ | ۲۰ | ریشه | توسکا | N37 240 00 E55 4656 95 | خروج ریشه از خاک و زخم برخورد از سنگ |
| نمونه ۳ | ۱۳۸۰ | ۱۳۵۷ | ۳۰ | ریشه | توسکا | N37 2430 59 E55 4654 10 | خروج ریشه از خاک و زخم برخورد از سنگ |
| نمونه ۴ | ۱۳۵۰ | ۱۳۴۹ | ۶۰ | ساقه | صنوبر | N37 2440 99 E55 4654 37 | زخم ناشی از برخورد سنگ |
| نمونه ۵ | ۱۳۸۰ | ۱۳۴۰ | ۶۵ | ساقه | توسکا | N37 2470 33 E55 4655 55 | زخم ناشی از برخورد سنگ |
| نمونه ۶ | ۱۳۸۱ | ۱۳۷۴ | ۱۵ | ریشه | صنوبر | N37 2490 25 E55 4655 71 | زخم پوست و چوب و |

| | | | | | | | |
|----------|------|------|----|------|-------|----------------------------|---|
| | | | | | | | رشد بافت پینه ای |
| نمونه ۷ | ۱۳۸۱ | ۱۳۷۰ | ۲۰ | ریشه | صنوبر | N37 2410 17 E55 4657 41 | زخم پوست و چوب و رشد بافت پینه ای |
| نمونه ۸ | ۱۳۸۰ | ۱۳۴۴ | ۵۵ | ساقه | صنوبر | N37 2411 12 E55 4656 56 | زخم ناشی از برخورد سنگ |
| نمونه ۹ | ۱۳۸۴ | ۱۳۵۵ | ۶۰ | ساقه | صنوبر | N37 2413 62 E55 4605 39 | زخم ناشی از برخورد سنگ |
| نمونه ۱۰ | ۱۳۸۰ | ۱۳۶۱ | ۲۰ | ریشه | صنوبر | N37 2414 50 E55 4654 90 | خروج ریشه از خاک و زخم برخورد از سنگ |

| | | | | | | | |
|----------|------|------|----|------|-------|-----------------------------|---|
| نمونه ۱۱ | ۱۳۸۰ | ۱۳۵۶ | ۴۵ | ساقه | صنوبر | N 37 2410 12 E55 4653 95 | زخم ناشی از برخورد سنگ |
| نمونه ۱۲ | ۱۳۸۰ | ۱۳۵۰ | ۶۰ | ریشه | صنوبر | N37 2410 25 E55 4653 71 | خروج ریشه از خاک و زخم برخورد از سنگ |
| نمونه ۱۳ | ۱۳۸۰ | ۱۳۷۳ | ۲۰ | ریشه | صنوبر | N37 2357 46 E55 4658 21 | خروج ریشه از خاک و زخم برخورد از سنگ |
| نمونه ۱۴ | ۱۳۸۱ | ۱۳۶۵ | ۲۰ | ریشه | توسکا | N37 2359 30 E55 4654 45 | خروج ریشه از خاک و زخم برخورد از سنگ |
| نمونه ۱۵ | ۱۳۸۱ | ۱۳۷۷ | ۱۵ | ریشه | توسکا | N37 2410 27 | زخم |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|-------------|-------------------------------------|
| | | | | | | E55 4656 30 | پوست و چوب و رشد بافت پینه ای |
|--|--|--|--|--|--|-------------|-------------------------------------|



شکل ۱۰: تعدادی از نمونه‌های درختی مورد استفاده در تحلیل دندروژئومورفولوژی

نتایج تحلیل‌ها

حوضه کوهستانی کوچک و پر شیب تنگراه بدلیل برخورداری از یک اقلیم نیمه مرطوب تا مرطوب، شیب زیاد، گسترش سازندهای آهکی نفوذپذیر، دره‌های عمیق گسلی، پوشش انبوه جنگلی و دارا بودن خاک با ضخامت قابل توجه و تاثیر نسبتاً شدید اعمال فیزیکی و شیمیایی هوازدگی و تخریب، مستعد فرایندهایی چون جا به جایی‌های توده‌ای (لغزش، خزش...) می‌باشند. در چنین شرایطی وقوع بارش‌های شدید می‌تواند باعث افزایش حجم آب و فشار منفذی در خاک، ایجاد شکست‌های مقدماتی در دامنه و جابه‌جایی مواد تحت تاثیر نیروی جاذبه (لغزش‌های وسیع) ترکیب و مخلوط شدن مواد تجمع یافته از نواحی منشأ، و در نتیجه به حرکت در آوردن و تبدیل لغزش‌ها به جریان مواد گردد. میزان خطر و بزرگی جریان مواد وقوع یافته در قسمت‌های مختلف حوضه بستگی به میزان رسوب در دسترس از زمان آخرین جریان مواد وقوع یافته داشته، وسعت منطقه‌ی نهشته شدگی متناسب با وسعت نواحی فرسایشی می‌باشد. دندروژئومورفولوژی روش دقیقی برای بازسازی فرایندهای سیل آسا در مخروط‌های جنگلی است، و به معنی تحلیل درختانی که تحت تاثیر فعالیت ژئومورفیک گذشته قرار گرفته‌اند، می‌باشد. از اختلالات رشدی در حلقه‌های درختان برای جمع‌آوری اطلاعات در مورد رخدادهای قبلی جریان مواد استفاده شده است. در این تحقیق برای اطلاع از توالی تاریخی جریان مواد در منطقه از روش دندروکرونولوژی استفاده شده است. طبق بررسی‌های انجام شده بر روی نمونه‌ها گردآوری شده از منطقه تنگراه، زخم‌های ایجاد شده در نمونه شماره یک مربوط به سیلاب سال ۱۳۸۴ می‌باشد و سن آن مربوط سال ۱۳۵۸ است. زخم نمونه شماره دو مربوط به سیلاب سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ می‌باشد و سن آن مربوط به سال ۱۳۶۴ است و نمونه سه نیز زخم آن مربوط به سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و سن آن مربوط به سال ۱۳۵۷ می‌باشد. نمونه شماره ۴ به سیلاب سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ تعلق دارد و سن این نمونه مربوط می‌شود به سال ۱۳۴۹، در سال ۱۳۵۰ یک زخم در آن ایجاد شده است که به احتمال زیاد مربوط به یک سانحه انسانی می‌باشد، زیرا طبق گفته اهالی روستا در طی ۷۰ سال اخیر چنین سیلابی در حوضه مورد نظر دیده نشده است. نتایج آزمایشگاهی نمونه‌ها در (جدول ۱) ارائه گردیده است. با بررسی ۱۵ نمونه، آنچه که مشخص است زخم‌های ایجاد شده، وقوع سیلاب (جریان مواد) سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و ۱۳۸۴ را نشان می‌دهند. طبق آمار موجود و سوالات متداول از اهل روستا آنچه که روشن است این است که چنین سیلابی در ۷۰ سال گذشته رخ نداده است.

منابع:

- آقا نباتی، سید علی، چاپ دوم ۱۳۸۵، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور: تهران.
- بهرامی، شهرام و محبوبی، فاطمه، ۱۳۹۰، برآورد میزان فرسایش ورقه‌ای با استفاده از تحلیل دندروژئومورفولوژیکی ریشه‌های درختان در حوضه قره‌چای رامیان، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۷۵، ص ۱۰۲.
- حسین زاده، سیدرضا و جهادی طرقي، مهناز، ۱۳۹۱، بازسازی سیلاب‌های قدیمی رودخانه‌ای سه هزار با استفاده از دندروژئومورفولوژی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره دوم، ص ۳۰، ۳۷.
- حسین‌زاده، سیدرضا و علیرضا بیدخوری، (چاپ دوم ۱۳۸۹)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS (مبانی و آموزش نرم‌افزار ArcGIS)، انتشارات جهاددانشگاهی مشهد.
- زمردیان، محمدجعفر، (چاپ چهارم ۱۳۸۷)، ژئومورفولوژی ایران، جلد اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۲۰۰۳، تصاویر ماهواره‌ای IRS از منطقه مورد مطالعه
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه‌های زمین شناسی دوزین، با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰
- شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، آماره‌های بارش، دما و دبی ایستگاه‌های مورد بررسی در تحقیق.
- علیزاده، امین، (چاپ سی‌ام ۱۳۸۹)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی
- ولایتی، سعیده، (چاپ دوم ۱۳۸۶)، جغرافیای آبها، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- یمانی، مجتبی، (چاپ اول ۱۳۹۲)، نقشه‌های ژئومورفولوژی، (روش‌ها و تکنیک‌ها)، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

- *Arbellay, E., Stoffel, M., and Bollschweiler, M., (2010) Dendrogeomorphic reconstruction of past debris-flow activity using injured broad-leaved trees, Earth Surf. Process. Landforms 35, 399–406 (2010).*
- *Butler, D., Stoffel, M., 2013 John. Shroder, jr. s 1978 and 1980 papers on dendrogeomorphology, Progress in Physical Geography 37(5) 717–721*
- *Bollschweiler, M., Stoffel, M., Ehmisch, M., monbaron, M., 2007. Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity using dendrogeomorphological methods, Geomorphology 87 (2007) 337–351*
- *Szymczak, s., Bollschweiler, M., Stoffel, M., and Dikau, R., Debris-flow activity and snow avalanches in a steep watershed of the Valais Alps Dendrogeomorphic event reconstruction and identification of triggers, Geomorphology 116 (2010) 107–114*
- *Casteller, A., Stoffel, M., Crespo, S., villalba, R., 2015. Dendrogeomorphic reconstruction of flash floods in the Patagonian Andes, Geomorphology 228 (2015) 116–123*
- *Dowling, C. A., Santi, P. M., (2014), Debris Flow and their toll on Human life: a Global Analysis of Debris-Flow fatalities from 1950 to 2011, hat Hazards 71: 203-227*
- *Guo, S., Xo, D., zheng, z., (2014), Estimation of Flow velocity for a Debris Flow via the tow-phase fluid model, processes geophys. Discuss., 1: 999-1021*
- *Jakob, M., Hungr, O., Debris-flow Hazards and Related Pherpemenia*
- *JICA CTI Engineering International Co. Ltd., (2006), The study on flood and Debris flow in the coastal area focusing on the flood-hit Rregion In Golestan Province*
- *Lverson. R., (2014), Debris Flows: Behavior and Hazard Assessment, Geological Survery 30: 15-25*
- *Mayer, B., Stoffel, M., (2010), Frequency and Spread of Debris flood on fans: A Dendrogeomorphic Case Study from a Dolomite Cachment in the Austrian alps, Geomorphology 118: 199-206.*
- *Stoffel, M., Bollschweiler., 2008. Tree-ring analysis in natural hazards research ? an overview. HAL, Submitted on 11 Mar 2008.*
- *Stoffel, M., Bollschweiler, 2009., What tree rings can tell about earth-surface processes: teaching the principles of dendrogeomorphology. Geography Compass 3/3 (2009): 1013–1037, 10.1111/j.1749-8198.2009.00223*
- *Stotts, S., Oneal, M., (2014), Exposed tree Root Analysis as a Dendrogeomorphic Approach to Estimatinig Bank Retreat at the River, Virginia. Geomorphology 223: 10-18.*
- *Stoffel, M., (2010), Magnitude- frequency Relationships of Debris-flow A Cace Study Based on field Surveys and tree-ring Records, Geomorphology 116: 67-76.*
- *Takahashi, T., (2007), Debris-flow: Mechanics, Prediction and Countermeasures, Proceedigs and Mohograghs in Engineering Wather and Earth sciences.*
- *Villanueva, v. r., herrero, a. d., (2010), dendrogeomorphic analysis of flash floods in a small ungauged mountain catchment (central spain), geomorphology 118: 383-392.*
- *Yunfan, t., (2007), A Debris-flow Simulation Model for the Evaluation of Protection Structures, Journal of Mountain Science Vol4 no3: 193-202.*