

## بازسازی سیلاب‌های قدیمی رودخانه سه هزار با استفاده از دندروژئومورفولوژی

سید رضا حسین‌زاده<sup>۱</sup> - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

مهناز جهادی طرقي - استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه پیام نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۹/۲

### چکیده

وقوع سیلاب‌های شدید یکی از مهم‌ترین مخاطرات هیدرو-ژئومورفیک حوضه‌های آبریز منتهی به دریای خزر است که طی سال‌های اخیر روندی افزایشی داشته است. رودخانه سه-هزار که از یخچال‌های دره‌ای تخت‌سلیمان سرچشمه می‌گیرد، طی ده سال اخیر و خصوصاً در تابستان‌ها بشدت سیلابی شده و بسیاری از کارشناسان محلی علت وقوع سیلاب‌ها را به تشدید ذوب یخچالی نسبت می‌دهند. برای بررسی بهتر موضوع، داده‌های طولانی‌تری از سیلاب مورد نیاز است که در این مقاله با استفاده از دندروژئومورفولوژی به بازسازی این تقویم پرداخته شده است. دندروژئومورفولوژی یا ژئومورفولوژی درختی از تغییرات به وجود آمده در ساختار و حلقه‌های رشد درختان برای بازسازی زمان و نحوه عملکرد فرایندهای ژئومورفیک استفاده می‌کند. برای نیل به اهداف مقاله پس از بررسی اولیه میدانی منطقه و تعیین محدوده مطالعاتی، نقشه ژئومورفولوژی بستر تهیه شد و طی عملیات میدانی تفصیلی نمونه-برداری‌های لازم از تنه و ریشه درختان انتخابی در قالب مقاطع عرضی و گوه‌ها صورت گرفت. بر اساس نوع تغییرات و واکنش تنه و ریشه درختان به فرایند سیلاب، زمان وقوع سیلاب‌های بزرگ مشخص و دبی آنها به طور تقریبی برآورد گردید. نتایج مطالعه وقوع ۶ سیلاب بزرگ مربوط به قبل از تاریخ تأسیس ایستگاه (۱۳۸۰) را نشان می‌دهد. در دوره مطالعه هر چه به زمان حاضر نزدیک‌تر می‌شویم، فاصله تکرار سیلاب‌ها کوتاه‌تر شده و اثر آنها بر ژئومورفولوژی و اکولوژی منطقه شدیدتر شده است.

**کلید واژه‌ها:** دندروژئومورفولوژی، سیلاب غلیظ، سیلاب قدیمی، رودخانه سه هزار، حلقه‌های رشد درخت.

## مقدمه

یکی از مخاطرات ژئومورفیک در حوضه‌های آبریز منتهی به دریای خزر سیلاب‌ها یا جریان‌های غلیظ<sup>۱</sup> خصوصاً در فصل گرم سال است که به دلیل شرایط خاص اقلیمی و ژئومورفولوژی حوضه‌ها به طور مکرر رخ می‌دهند. سیلاب‌های رودخانه مادر سو در جنگل گلستان طی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۴ (جهادی و حسین‌زاده، ۱۳۹۰) سیلاب‌های متعدد تابستانه در ماسوله (رضائی ۱۳۸۸: ۱۱۰)، سیلاب مردادماه ۱۳۷۸ نکا (پوراحمد ۱۳۷۷: ۵۹، چاپ بعد از ۱۳۷۸)، سیلاب مهرماه ۱۳۹۱ بهشهر و سیلاب‌های مکرر رودخانه سه هزار در تابستان سال‌های ۱۳۸۲، ۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ را می‌توان به عنوان نمونه‌هایی از مخاطره یاد شده ذکر کرد. البته سازمان‌های محلی منشأ وقوع سیلاب‌های رودخانه سه‌هزار را به ذوب یخچالی در فصل تابستان نسبت می‌دهند. وجود ۶ سیرک یخچالی با یخچال‌های دائمی در انتهای سر شاخه‌های رود اصلی و تمرکز تابستانه سیلاب‌ها، فرضیه احتمالی فوق را تقویت می‌نماید. مسأله بعدی در مورد رودخانه سه هزار اعتقاد کارشناسان و ساکنین بومی بر جدید بودن سیلاب‌های شدید در چند سال اخیر است که اگر صحیح باشد افزایش احتمالی روند تغییرات محیطی را نشان می‌دهد. متأسفانه آمار حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری منطقه فقط برای یک دوره کوتاه از ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ در دسترس بوده و بنابراین نمی‌توان بروشنی روند چنین تغییراتی را شناسایی نمود. از طرفی به دنبال وقوع سیلاب‌های چند سال اخیر، سازمان‌های مسوول در منطقه به طور عجولانه دست به تغییرات وسیعی در بستر رودخانه زده‌اند که همگام با اجرای طرح‌های جاده سازی و تخریب جنگل بر شدت و قدرت تخریبی سیلاب‌های آینده خواهد افزود. این مقاله با هدف بازسازی سیلاب‌های قبل از سال ۱۳۸۲ بر اساس داده‌های دندروژئومورفولوژیکی تهیه و ارائه گردیده است. هر چند که داده‌های ژئومورفولوژی درختی در مقایسه با سایر روش‌ها از جمله روش‌های مبتنی بر رسوبات آب راکدی، تقویم کوتاه‌تری را در بر می‌گیرد، اما بر اساس تعاریف ارائه شده برای پالئو سیلاب‌ها (حسین‌زاده و جهادی طرقي، ۱۳۹۱: ۸۴) سیلاب‌های قبل از سال ۱۳۸۰ در حوضه رودخانه سه‌هزار را می‌توان در این گروه از سیلاب‌ها قرار داد.

تحلیل‌های دندروژئومورفولوژیکی طی چند دهه اخیر به طور گسترده‌ای جهت بازسازی عملکرد فرایندها و مخاطرات ژئومورفیکی مورد استفاده قرار گرفته است (استوفل<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۱۹۵). مطالعات اولیه در بستر تحقیقات گاه‌شناسی درختی<sup>۳</sup> 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 آلتالو<sup>۴</sup> معرفی گردید.

1 Hyperconcentrated flows

2 Stoffel

3 D endro chronology

4 Alestalo

وی در کتاب معروف خود تحت عنوان «تفسیر دندروژئومورفولوژیکی فرایندهای ژئومورفیک» اثر انواع فرایندهای ژئومورفیک بر درختان و واکنش درختان به فرایندها را تشریح کرده است. سال‌ها بعد تحقیقات دندروژئومورفولوژیکی مبتنی بر مفهوم «فرایند - واقعه - پاسخ» معرفی و چارچوب و مبانی آن تدوین گردید (شرودر<sup>۱</sup>، ۱۹۷۸ و ۱۹۸۰). کارهای اولیه در این زمینه عمدتاً بر تفسیر ریشه درختان متمرکز بود، اما خیلی زود توسط سیگافوس<sup>۲</sup> (۱۹۶۴) به مطالعه تنه و شاخه‌ها نیز گسترش یافت. در ابتدای دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار نرخ فرسایش از روی ریشه‌های بیرون آمده از خاک در کوهستان‌های وایت کالیفرنیا مطالعه شد (لامارچ<sup>۳</sup>، ۱۹۶۱). کار بر روی ریشه‌ها با مطالعات بیشتری در جنوب غرب آمریکا طی دهه ۱۹۷۰ (مثلاً کارارا و کارول<sup>۴</sup>، ۱۹۷۹) تا به امروز ادامه یافت بطوری که جدیدترین مطالعات، کارهای مایولفی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۶) و سودری<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، به نقل از استوفل (۲۰۰۸: ۹۵) در این ناحیه است. در آمریکای جنوبی مطالعه بر روی ریشه‌های لخت شده در حاشیه یک رودخانه موقتی در آرژانتین منجر به کشف ۲۱ سیلاب کاوشی از ۱۸۷۰ تا ۲۰۱۲ شده است (استوفل و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۴۸).

مطالعه بر روی ریشه‌ها طی دهه اخیر در اروپا گسترش چشمگیری یافته است. در این زمینه می‌توان به کارهای مربوط به فرسایش صفحه‌ای با استفاده از ریشه‌های رخنمون یافته درختان در اسپانیای مرکزی (بودوکیو<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۱ و ۲۰۰۵)، مطالعه موردی نرخ فرسایش از طریق ریشه‌های روباز در سوئیس (گارتنر<sup>۸</sup>، ۲۰۰۱)، روش‌های مربوط به تحلیل فرایندهای فرسایشی با استفاده از ریشه درختان (گارتنر، ۲۰۰۷) و تغییرات آناتومیکی در ریشه‌ها پس از بیرون‌زدگی از خاک (هیتز<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۸) اشاره کرد. همچنین گاه‌شناسی توسعه گالی‌ها در یک محیط جنگلی در جنوب هلند انجام گرفته و نتایج آن نشان می‌دهد که رشد گالی‌ها از حدود سال ۱۹۵۰ به بعد تشدید شده است (مالیک<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۸: ۴۳۴).

اولین مطالعات درباره فرایندهای ژئومورفیک مبتنی بر رشد حلقه‌های درخت در تنه‌ها و شاخه‌ها بر وقایع سیلابی متمرکز دارد. پس زمینه مطالعات مربوط به فرایندهای سیلابی و مناظر کاوشی و تراکمی آنها توسط سیگافوس (۱۹۶۴) فراهم گردیده است. وی برای اولین بار خراشیدگی ناشی از سیلاب را بر تنه درختان برای تفسیر وقایع هیدرولوژیکی و تعیین فراوانی سیلاب‌ها مورد استفاده قرار داد. این گونه مطالعات بعداً به

- 
- 1 Shroder
  - 2 Sigafos
  - 3 Lamarch
  - 4 carrara and carrol
  - 5 McAuliffe
  - 6 Scuderi
  - 7 Bodoque
  - 8 Gartner
  - 9 Hitz
  - 10 Malik

وسيله استوارت<sup>۱</sup> و لامارچ (۱۹۶۷) هاریسون و رید<sup>۲</sup> (۱۹۶۷) و همچنین استوکس و اسمایلی<sup>۳</sup> (۱۹۶۸) دنبال گردید.

هلی<sup>۴</sup> و لامارچ (۱۹۶۸) در مطالعه دوره برگشت سیلاب ها در کالیفرنیا شمالی از فنون مربوط به حلقه-های سالانه رشد درختان استفاده کرده‌اند. مطالعات بعدی بر روی سیلاب های رودخانه سفید توسط آرکانزاس و بدینگر<sup>۵</sup> در ۱۹۷۱ (به نقل از استوفل، ۲۰۰۸: ۱۹۵) و جریان‌های مخرب تابستانه در رودخانه پوتوماک<sup>۶</sup> توسط یانوسکی<sup>۷</sup> (۱۹۸۴ و ۱۹۸۲) انجام گرفته است. بازسازی سیلاب های بزرگ قدیمی با استفاده از گاه شناسی درختی توسط کوستا<sup>۸</sup> (۱۹۷۸) در بخشی از رودخانه کلرادو انجام گرفته است. در کانادا تغییرات آناتومیکی چوب درختان توسط جورج و نیلسون<sup>۹</sup> (۲۰۰۳ و ۲۰۰۰) برای معرفی سیلاب های غلیظ در مناطق آپی مورد استفاده قرار گرفته است. در این زمینه بعد از کارهای اولیّه توسط هوپ<sup>۱۰</sup> و همکاران (۱۹۸۷ و ۱۹۸۴) در ایالات متحده آمریکا، مطالعات گسترده‌ای به وسیله استرانک<sup>۱۱</sup> (۱۹۹۷ و ۱۹۹۱ و ۱۹۸۹) برای بازسازی جریان مواد در دولومیت‌های کشور ایتالیا انجام شده است.

کارهای متعدّد دیگری در آلپ‌های سوئیس و اتریش به وسیله بومان و کایزر<sup>۱۲</sup> (۱۹۹۹)، استوفل و همکاران (۲۰۰۵)، بولچویلر<sup>۱۳</sup> و استوفل (۲۰۰۷)، بولچویلر و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۰۷) و مایر<sup>۱۴</sup> و همکاران انجام شده است. مایر آثار سیلاب های غلیظ برای یک دوره ۲۰۰ ساله از ۱۸۰۰ تا ۲۰۰۰ میلادی را بر روی یک مخروط افکنه در آلپ‌های اتریش مورد مطالعه قرار داد (مایر و همکاران ۲۰۱۰: ۲۰۳)، اما مهم-ترین و بزرگ‌ترین کار انجام شده مربوط به ۱۱۰۰ نمونه درختان مخروطی در آلپ‌های سوئیس است که به بازسازی تعداد ۱۲۳ جریان مواد از ۱۵۷۰ میلادی تا سال‌های اخیر انجامیده است (استوفل و بنیستون<sup>۱۵</sup> ۲۰۰۶؛ استوفل و همکاران، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰). یکی از رویکردهای جدید در دندروژئومورفولوژی برآورد حجم دبی سیلاب‌های ناگهانی در حوضه‌های آبریز کوچک و فاقد ایستگاه است که در این زمینه می توان به کارهای

- 
- 1 Stewar
  - 2 Harrison and Reid
  - 3 Stokes and Smiley
  - 4 Helly
  - 5 Arkansas and Bedinger
  - 6 Potomac River
  - 7 Yanosky
  - 8 Costa
  - 9 George and Nielson
  - 10 Hupp
  - 11 Strunk
  - 12 Boumann and Kaiser
  - 13 Bollschweiler
  - 14 Mayer
  - 15 Beniston

بالستروس<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ زیر چاپ) و روئیز<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) اشاره کرد. از بهترین کارهای مروری درباره دندروژئومورفولوژی علاوه بر کتاب آستالو (۱۹۷۰) می‌توان به مقاله‌های شرودر (۱۹۸۰)، هوپ (۱۹۸۸) استوفل و بولچویلر (۲۰۰۸، ۲۰۰۹)، بولچویلر و استوفل (۲۰۱۰) و استوفل و ویلفورد<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) اشاره نمود.

مطالعات ژئومورفولوژی درختی در ایران تا کنون مورد توجه نبوده و به طور مختصر در برخی کتاب‌ها به این موضوع پرداخته شده است (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۷۶-۱۶۶). گرچه تحقیق حاضر در سطح محدود و با نمونه‌های اندک انجام گرفته ولی نشان می‌دهد که روش دندروژئومورفولوژیکی می‌تواند برای بازسازی تاریخ و عملکرد فرایندها و مخاطرات ژئومورفیک از جمله بازسازی سیلاب‌های بزرگ قدیمی مورد استفاده قرار گیرد. البته طی عملیات میدانی سایت‌هایی از رسوبات سیلابی آب راکدی به طور تصادفی در بازه مورد مطالعه کشف شد که به تکمیل و تایید داده‌های دندروژئومورفولوژی کمک نمود.

#### منطقه مورد مطالعه

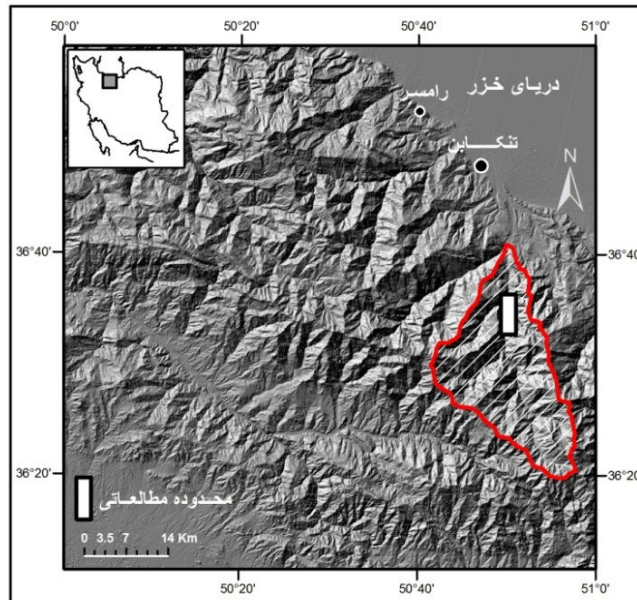
منطقه مورد مطالعه منطبق بر بخشی از بستر آبراهه اصلی حوضه آبریز رودخانه سه هزار به طول یک کیلومتر در جنوب شهر تنکابن است. نقطه شروع محدوده مورد مطالعه در سمت بالارود آن با مختصات ۳۳°۳۹′ عرض شمالی و ۵۰°۰۵′۱۵ طول شرقی و نقطه پایان آن در سمت پایین رود در مختصات ۳۶°۴۰′۰۵″ عرض شمالی و ۵۰°۵۰′۱۴ طول شرقی قرار دارد. حوضه آبریز سه هزار با وسعت ۴۶۲ کیلومتر مربع از ارتفاعات تخت سلیمان سرچشمه گرفته و پس از پیوستن به رودخانه دو هزار و تشکیل رودخانه چشمه کیله به دریای خزر می‌ریزد (شکل ۱). خروجی حوضه در محل تلاقی با رودخانه دوهزار ۳۸۹ متر ارتفاع داشته و بلندترین نقطه آن با بیش از ۴۶۵۰ متر در خط الرأس مشترک با حوضه آبریز کلاردشت قرار دارد. اختلاف چشمگیر در سطوح ارتفاعی حوضه باعث تنوع محیط‌های ژئومورفیک - اکولوژیک شده به طوری که بخش‌های پایین رود آن در قلمرو جنگل‌های متراکم خزری واقع است؛ درحالی‌که بخش‌های وسیعی از سطح ارتفاعی ۲۵۰۰ متر به بالا در قلمروهای شکل‌زایی مجاور یخچالی و یخچالی قرار می‌گیرد. توپوگرافی یخچالی شامل سیرک‌ها، دره‌های یخچالی، پرتگاه‌های پر شیب و ستیغ‌ها و مورن‌های یخچالی یوده که از مرتفع‌ترین سطوح حوضه تا ارتفاع ۳۵۳۸ متری گسترش دارند. این مجموعه که جزو یخچال‌های نیمه فعال علم کوه و تخت سلیمان محسوب می‌گردد، تنها مجموعه یخچال‌های کلاسیک ایران است که به اعتقاد بسیاری از کارشناسان تحت تأثیر پدیده گرم شدن جهانی با سرعت فزاینده‌ای تحلیل می‌روند (یمانی، ۱۳۸۸: ۴۷ و ۴۸).

1 Ballesteros

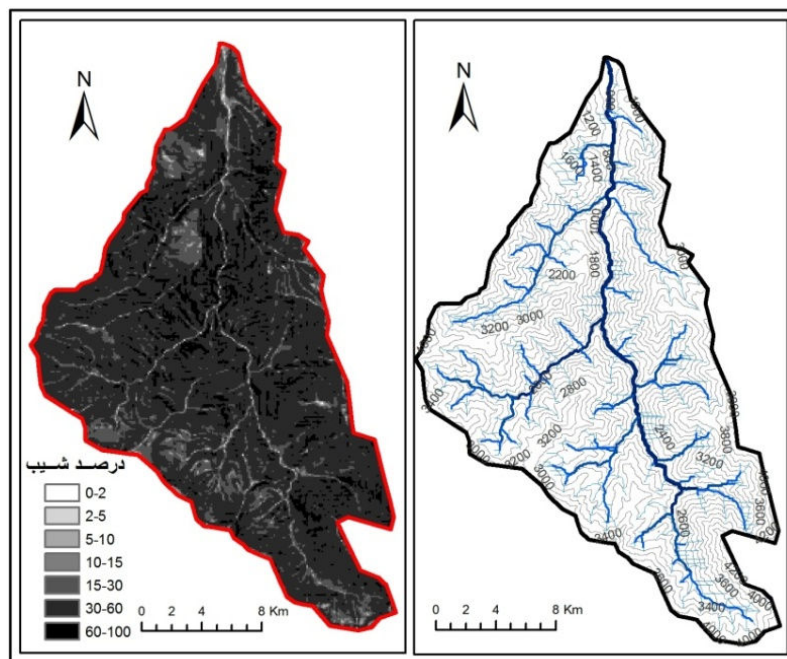
2 Ruiz

3 Wilford

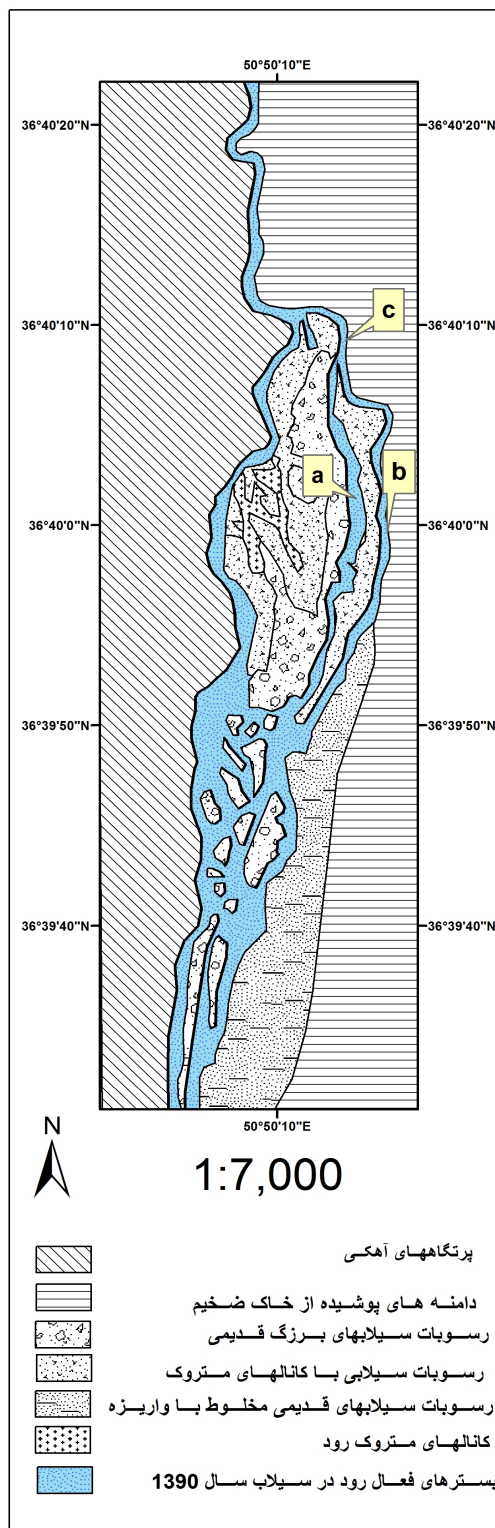
بیش از ۹۵ درصد حوضه در شیب‌های بالای ۳۰ درصد و ۸۲ درصد آن در شیب‌های بالای ۶۰ درصد قرار دارد (شکل ۲).



شکل ۱ موقعیت حوضه آبریز سه هزار و محدوده مورد مطالعه



شکل ۲ توپوگرافی و شیب در حوضه آبریز سه هزار



شکل ۳ ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

آبراهه اصلی که از ۶ سیرک یخچالی و از برف‌های دائمی در ارتفاع حدود ۴۵۰۰ متری سرچشمه می‌گیرد، در بستری نسبتاً عمیق و باریک تا محل مورد مطالعه امتداد یافته و در این محل به دلیل فضای قابل دسترس از بستری پهن‌تر با عرض متوسط ۱۵۰ متر و از نوع چند کاناله برخوردار می‌گردد. کاهش شیب و عریض شدن بستر منجر به تراکم حجم عظیمی از رسوبات آبرفتی درشت دانه و عمدتاً با منشأ مورن‌های یخچالی در نتیجه وقوع پالئو سیلاب‌ها شده است. وجود قطعات بسیار درشت به ابعاد چندین متر در ترکیب رسوبات آبرفتی حکایت از وقوع سیلاب‌های بسیار بزرگ را دارد.

پس از یک فاز تراکمی مهم و گسترش پوشش جنگلی، آثار سیلاب‌های بعدی بصورت حفر کانال‌های جدید در رسوبات قبلی، یک بستر چند کاناله را بوجود آورده است. بر این اساس بازه مورد مطالعه را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد، یکی کانال با جریان دائمی که هم توسط سیلاب‌های با دوره برگشت کوتاه یا به اصطلاح سیلاب‌های سالانه و هم سیلاب‌های بزرگ پوشیده می‌شود و دیگری بسترهای فرعی که تنها از سیلاب‌های بزرگ متأثر می‌گردند. محدوده بسترهای فرعی در اثنای سیلاب‌های شدید دهه‌های اخیر و مخصوصاً چند سال اخیر دچار تغییرات شدیدی گردیده و به نظر می‌رسد وارد یک مرحله ناپایداری ژئومورفیکی شده

است. با توجه به این که سطح سیلاب در کانال‌های فوق فقط در اثنای سیلاب‌های بزرگ افزایش می‌یابد، لذا از شواهد دندروژئومورفولوژیکی حواشی آنها، برای بازسازی سیلاب‌های بزرگ قدیمی استفاده شده است. سیلاب تابستان ۱۳۹۰ با توجه به حجم و سطح آن در زمره سیلاب‌های بزرگ قرار می‌گیرد بنابراین به عنوان معیاری برای تخمین سطح و دبی سیلاب‌های بزرگ قدیمی در نظر گرفته است. مطالعات و تحلیل‌های این مقاله روی ۳ کانال فرعی که با حروف a, b و c در نقشه ژئومورفولوژی نامگذاری شده‌اند متمرکز گردیده است.

### مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این مقاله شامل مدل رقومی ارتفاع نوع ASTER، تصویر ماهواره‌ای منطقه، آمار حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری سرواش پشته و تعداد ۱۵ نمونه درختی شامل مقاطع عرضی از ریشه‌های بیرون آمده از خاک، گوه‌های برداشت شده از زخم‌های تنه و بافت پینه‌ای<sup>۱</sup> اطراف آن و مقاطع عرضی از تنه‌های ریشه‌کن شده بوده است. چون روش نمونه‌گیری از نوع انتخابی بوده، ابتدا طی یک بازدید میدانی از محدوده مطالعاتی درختانی که از سیلاب متأثر گردیده و واکنش نشان داده‌اند، مشخص و سپس بر اساس موقعیت ژئومورفولوژیکی، سن و نوع تغییر بر اثر سیلاب‌های اخیر، نمونه‌ها جمع‌آوری شده است.<sup>۲</sup> بر اساس موقعیت ژئومورفولوژیکی، نمونه‌ها از سطح قدیمی‌ترین و مرتفع‌ترین رسوبات سیلابی، پادگانه-های جوان حاشیه کانال‌های فعال کنونی، داخل بسترهای عریض شده بر اثر سیلاب‌های جدید، بارهای رسوبی کانال اصلی و همچنین دو نمونه در خروجی یکی از آبراهه‌های فرعی برداشت شده است. درختان منطقه جزو گونه‌های پهن‌برگ از نوع افرا<sup>۳</sup> و توسکا<sup>۴</sup> بوده که حلقه‌های رشد بهاره ضخیم و حلقه‌های رشد تابستانه نازکی دارند. به همین دلیل ضخامت چوب زودرس<sup>۵</sup> با رنگ روشن و آوندهای درشت چندین برابر ضخامت چوب دیررس<sup>۶</sup> آنهاست. با توجه به ممنوعیت قطع درختان در منطقه مورد مطالعه و در دسترس نبودن مته نمونه‌گیر، برای تحلیل کامل حلقه‌های رشد که نیاز به مقاطع عرضی از تنه درخت بوده، نمونه‌های مورد نیاز از درختان ریشه‌کن شده بوسیله سیلاب تابستان ۱۳۹۰ و یا درختان قطع شده توسط سازمان‌های مسوول انتخاب و برداشت شده است.

### 1 Callus

<sup>۲</sup> عملیات میدانی و جمع‌آوری نمونه‌ها در مردادماه سال ۱۳۹۱ انجام گرفته است

3 Acer

4 Alnus

5 Early wood

6 Late wood



نمونه‌های برداشت شده به مدت یک ماه در فضای آزاد و شرایط اقلیم خشک (مشهد) قرار داده شد تا کاملاً خشک گردد. سپس برای شفافیت بیشتر و تفکیک دقیق حلقه‌ها، سطح نمونه‌ها با سمباده نرم صیقلی و شمارش حلقه‌ها با میکروسکوپ و ضخامت آنها پس از ترسیم روی کاغذ میلیمتری تغییر یافته، با دقت ۰/۱ میلی متر اندازه‌گیری شد. در شمارش حلقه‌ها بر اساس نوع تغییرات در حلقه‌ها و همچنین تعداد حلقه‌های رشد یافته در بافت پینه‌ای، وقایع سیلابی تاریخ‌گذاری گردیده و حتی نوع جریان و در برخی موارد فصل وقوع آنها نیز مشخص شد.

آمار حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه سرواش پشته در فاصله ۵ کیلومتری بالارود بازه مورد مطالعه برای سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ در دسترس بوده و سیلاب‌های بازسازی شده به روش دندروژئومورفولوژی به آمار سال‌های قبل از ۱۳۸۰ اضافه شده است. برای محاسبه دبی سیلاب‌های قبلی تعداد ۴ مقطع عرضی از کانال-های a, b و c تهیه و شیب و ضریب زبری آنها تعیین گردیده است. سپس با استناد به آثار سیلاب بر تنه درختان حاشیه بستر و از طریق فرمول مانینگ<sup>۱</sup> (گودی<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۰: ۸۳) سرعت متوسط و دبی سیلاب‌ها مورد تخمین قرار گرفت. در حین برداشت‌های میدانی، آثار رسوبات آب راکد سیلابی در دونقطه یکی در حاشیه کانال a و دیگری در حاشیه کانال b کشف گردید. بر اساس محل رسوبگذاری رسوبات آب راکد در کانال a به جرات می‌توان آن را به سیلاب‌های یک صد سال اخیر نسبت داد؛ لذا از شواهد فوق به عنوان داده‌های تکمیلی در تأیید سطح سیلاب‌های بزرگ قبلی نیز استفاده شده است.

#### اثرات سیلاب بر درختان و واکنش آنها

اثرات مختلف وقایع سیلابی بر درختان و واکنش‌های مخصوص درختان به هر یک از آنها را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی کرد:

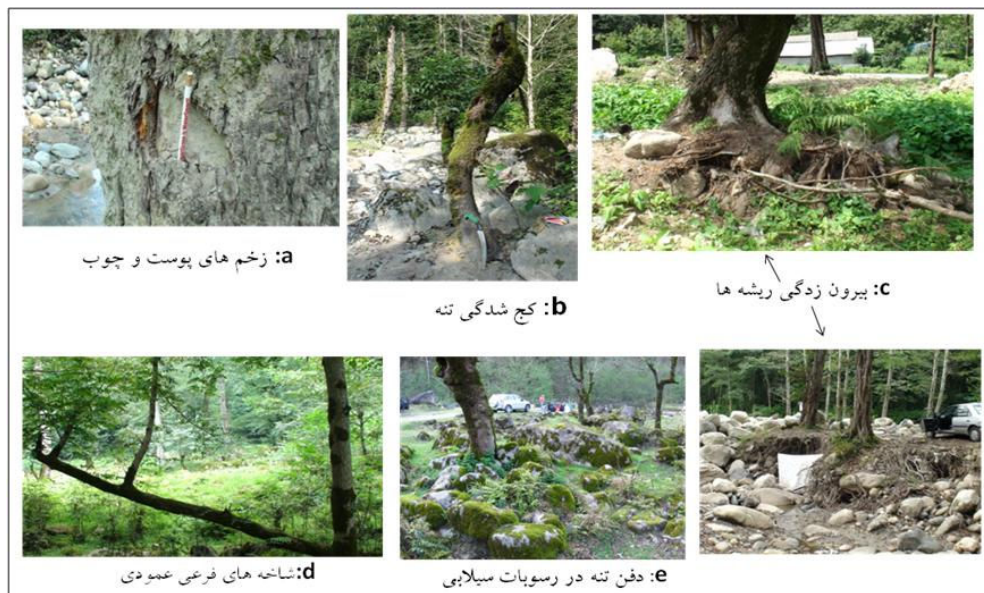
- **زخم‌های پوست و چوب:** خراشیدگی یا کندگی روی پوست بیرونی<sup>۳</sup> و زخم‌های عمیق در کنده درخت از مناظر عمده در درختانی است که به وسیله فرایندهای ژئومورفیک آسیب دیده‌اند (استوفل و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۸۸). در منطقه مورد مطالعه زخم‌های ناشی از سیلاب هم بر تنه و هم ریشه درختان دیده می‌شود (شکل a-۴). فشارها و ضربات برخورد کننده بسیار شدید می‌تواند بافت سازنده چوب<sup>۴</sup> را نابود ساخته و ساختار رشد در ناحیه زخمی شده را بر هم زند. پس از ایجاد زخم، برای جلوگیری از خطر پوسیدگی و حمله حشرات، درخت شروع به تولید بافت پینه‌ای<sup>۵</sup> در حواشی زخم می‌نماید. در اثنای تولید بافت پینه‌ای،

- 
- 1 Manning
  - 2 Goudie
  - 3 Outer bark
  - 4 Cambium
  - 5 Callus

سلول‌های سازنده چوب تا ترمیم کامل زخم، بطور پیوسته از حواشی زخم بر روی آن رشد می نمایند. بر حسب میزان شدت و انرژی سیلاب و اندازه زخم، درخت آسیب دیده بر تشکیل حلقه‌های رشد در اطراف زخم متمرکز شده در حالیکه میزان رشد در سایر بخش‌های تنه کاهش می یابد. در تجزیه و تحلیل‌ها می توان با تهیه نمونه از بافت پینه‌ای اطراف زخم‌ها و شمارش حلقه‌های اضافه شده در آن به تاریخ وقوع سیلاب پی برد.

- **کج شدن تنه درختان** (لوندستروم و همکاران ۲۰۰۸، ص ۳۵۵): فشار ناگهانی وارده بر تنه درختان باعث خم شدگی آنها می‌شود (شکل b-۴). یک درخت خم شده همواره سعی دارد دوباره به حالت قائم برگردد و این واکنش بوضوح در بخشی از تنه که از حالت قائم خارج شده دیده می‌شود. در این بخش از جایی که حلقه‌های رشد از حالت دوایر متحدالمرکز خارج شده و نامتقارن شده‌اند می‌توان زمان وقوع پدیده خم کننده درخت را تشخیص داد (استوفل و بولچویلر، ۲۰۰۸: ۱۹۰).

- **مدفون شدن بخشی از تنه در داخل رسوبات:** جریان‌های غلیظ و سیلاب‌ها موجب تراکم رسوب در اطراف قاعده و تنه درختان می‌شود. در شرایطی که قاعده و یا بخشی از تنه در زیر رسوب مدفون گردد، اگر رسوبات سرشار از مواد مغذی بوده، آب کافی در دسترس باشد و عمق رسوب هم زیاد نباشد، میزان رشد افزایش یافته و ضخامت حلقه‌ها بیشتر می‌شود. در صورت دفن شدگی عمیق، امکان کاهش رشد درخت و حتی خشک شدن آن نیز وجود دارد. محققین آستانه تحمل درخت در رابطه با عمق دفن شدگی را حداکثر ۱/۶ تا ۱/۹ متر بیان کرده‌اند (استرانک، ۱۹۹۷: ۱۳۷). تعیین سن زمان رسوبگذاری از طریق تحلیل و بررسی تغییرات بوجود آمده در حلقه‌های رشد درخت و در نظر گرفتن موقعیت آن امکانپذیر خواهد بود.



شکل ۴ انواع تغییرات به وجود آمده در درختان بر اثر سیلاب در منطقه مورد مطالعه

در صورتی که درختان دفن شده شروع به تولید ریشه‌های فرعی مطابق در نزدیکی سطح رسوبات سیلابی دفن کننده می‌نمایند، ریشه‌های فوق می‌تواند به تعیین سن تقریبی فرایند رسوب گذاری کمک نماید.

**- ظاهر شدن ریشه‌ها در سطح زمین:** فرایندهای فرسایشی و پدیدار شدن ریشه‌ها در سطح زمین می‌تواند باعث بروز واکنش در رشد تنه و خود ریشه گردد. چنانچه وقوع یک فرایند فرسایشی مثل سیلاب های شدید بطور ناگهانی باعث لخت و بی حفاظ شدن کامل ریشه‌ها گردد، آنها دیگر قادر به انجام کامل نقش اولیه خود، یعنی رساندن آب و مواد غذایی کافی به درخت نبوده و در نتیجه رشد درخت کند شده و حلقه‌های باریک‌تری در تنه به وجود می‌آید. اما اگر بخش‌هایی از ریشه بی حفاظ شود، ولی انتهای آن در خاک باقی بماند، ریشه به رشد خود ادامه داده و این رشد با تغییرات آناتومیک در ساختار چوبی ریشه‌های بیرون آمده از خاک همراه خواهد بود. این تغییرات که شامل ایجاد حلقه‌هایی مشابه تنه و شاخه‌هاست ما را قادر می‌سازد سن و نوع واقعه متاثر کننده را تعیین نماییم (بودوکیو، ۲۰۰۵: ۹۹ و ۱۰۰).

## بحث و نتایج

### سیلاب‌های ثبت شده توسط ایستگاه دبی سنجی

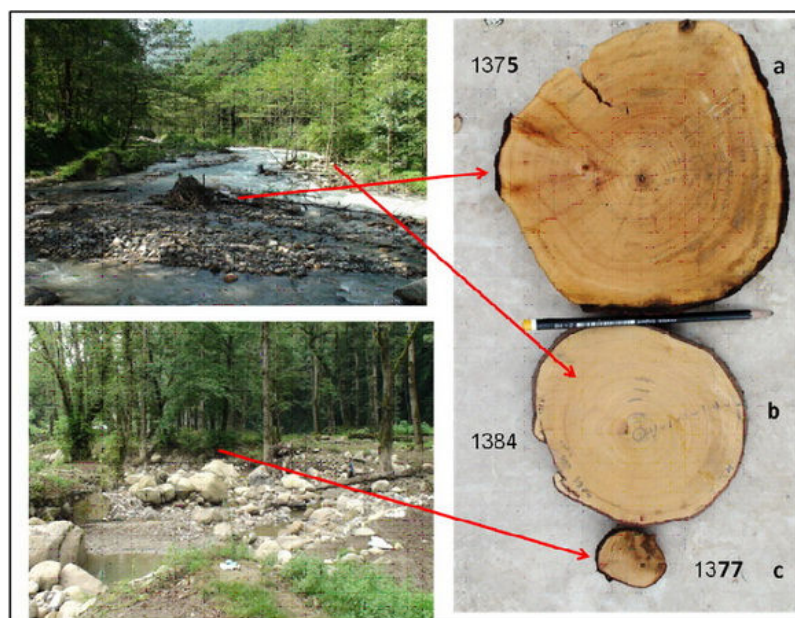
آمار دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه سرواش پشته ارقامی از حداقل ۷ تا حداکثر ۶۹۸۰ متر مکعب در ثانیه برای سال های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. بر این اساس بزرگ ترین سیلاب ثبت شده رودخانه که آثار قابل توجهی نیز در بستر بجا گذاشته مربوط به تیرماه ۱۳۹۰ است. سیلاب مشابه دیگری با دبی ۵۲۲۵ متر مکعب در ثانیه در تیرماه ۱۳۸۲ رخ داده که گرچه از نظر بزرگی در ردیف دوم قرار می‌گیرد، اما ساکنین روستاهای یاندشت بالا و گاویر اثرات آنرا از یاد برده‌اند. حداکثر دبی لحظه‌ای سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ نیز نسبتاً بزرگ بوده و بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مکعب گزارش شده است. در این میان ساکنین محلی سیلاب های سال های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ و اثرات آنرا بخوبی به یاد می‌آورند. بیشتر این سیلاب ها در فصل گرم و بزرگ‌ترین آنها در تیر ماه رخ داده‌اند (شکل ۵).



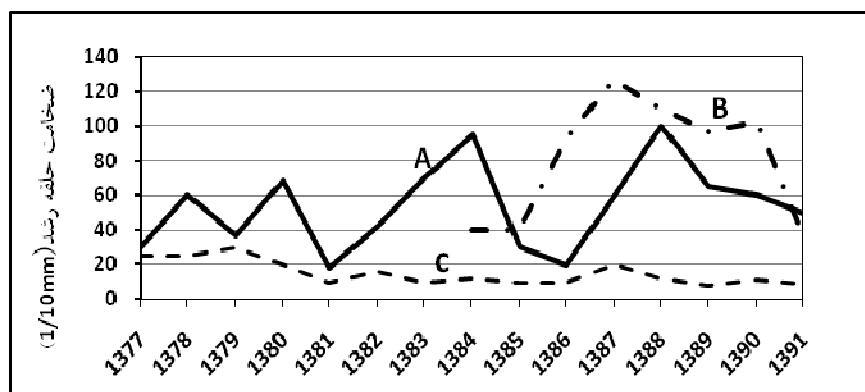
شکل ۵ حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری سرواش پشته (شرکت آب منطقه‌ی مازندران)

با توجه به جدید بودن سیلاب سال ۱۳۹۰ و مشابهت‌های آن با سطح و آثار سیلاب‌های بزرگ قدیمی می‌توان آن را به عنوان یک واقعه مهم و معیاری برای بازسازی دبی سیلاب‌های قدیمی در نظر گرفت. سیلاب مذکور علاوه بر کانال اصلی تقریباً تمام کانال‌های فرعی را متأثر ساخته و اثرات مهمی بر اکولوژی گیاهی و مورفولوژی کانال‌ها داشته است. این سیلاب به عنوان یک جریان غلیظ حجم قابل توجهی از رسوبات درشت دانه با قطر متوسط ۵۰ سانتی متر را با خود حمل نموده و پس از ورود به محدوده مورد مطالعه پادگانه‌های رسوبی حاشیه بستر اصلی را تخریب، درختان متعددی را ریشه‌کن و توده‌های بزرگی از سنگ را بر جای گذاشته است. مقاطع عرضی حاصل از درختان ریشه‌کن شده سن پادگانه‌های جوان حاشیه بستر را بین ۱۰ تا ۲۰ سال نشان می‌دهد (شکل ۶). با توجه به سن نمونه‌ها می‌توان تغییرات در بستر اصلی و حاشیه آن را در دوره‌های کوتاه مدت ۱۰ تا ۲۰ ساله در نظر گرفت. با توجه بیشتر می‌توان دریافت که بسیاری از درختانی که قبل یا بعد از سیلاب سال ۱۳۸۲ بر روی پادگانه‌های جوان رشد نموده‌اند، در اثنای سیلاب سال ۱۳۹۰ ریشه‌کن شده‌اند.

مقایسه حلقه‌های رشد درختان جوان حاشیه بستر اصلی با حلقه‌های درختان هم‌نوع حاشیه کانال‌های فرعی و بخش‌هایی که به وسیله سیلاب‌های کوچک و سالانه پوشیده نمی‌شوند، تفاوت‌های مهمی را نشان می‌دهد. ریشه‌کن شدن مکرر درختان حاشی کانال اصلی میزان نور و آب کافی را برای درختان جدید فراهم می‌آورد و لذا حلقه‌های رشد آنها ضخیم‌تر و قطرته آنها نیز بیشتر است در حالی که در بخش‌های پایدارتر و پادگانه‌های قدیمی‌تر به دلیل سایه افکندن درختان کهنسال ضخامت حلقه‌های رشد و قطر درختان کمتر است (اشکال ۶ و ۷).



شکل ۶ مقاطع عرضی از تنه درختان حاشی بستر اصلی (a,b) و بسترهای فرعی (c)



شکل ۷ مقایسه ضخامت حلقه‌های رشد در نمونه‌های شکل ۶

نتیجه بررسی‌های مربوط به آثار سیلاب‌ها نشان می‌دهد که تمام فرایندهای کاوشی و تراکمی مهم مربوط به سیلاب‌های بزرگ حوضه بوده است. سیلاب سال ۱۳۹۰ که در این گروه قرار می‌گیرد، تمام بسترهای فرعی با جنگل نسبتاً متراکم را تحت تأثیر قرار داده و تغییرات ژئومورفیک مهمی بر جای گذاشته است. در شکل ۸ اثرات این سیلاب به صورت داغاب سیلاب، زخم‌های تنه، ریشه‌های لخت شده و درختان ریشه‌کن شده در حاشیه کانال فرعی **a** را می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۸ اثرات سیلاب ۱۳۹۰ بر مورفولوژی کانال **a** و پوشش جنگلی

بر اساس موقعیت درختانی که بعد از وقوع سیلاب هنوز در قلمرو بستر قرار دارند و همین‌طور درختانی که به داخل کانال‌ها سقوط کرده، اما موقعیت قبلی آنها در حاشیه کانال قابل تشخیص است، می‌توان متوسط عرض شدگی بستر در اثنای سیلاب سال ۱۳۹۰ را ۳ متر و بر اساس قاعده اولیه درختان و جدیدترین

ریشه‌هایی که رخنمون یافته‌اند میزان عمیق شدگی بستر را معادل ۱ متر برآورد نمود. این تغییرات در بسترهای موجود، به ایجاد کانال‌های جدید رتبه ۱ نیز کمک نموده است. روند تغییرات ژئومورفیک نشان می‌دهد که در صورت تکرار سیلاب‌های مشابه، گسترش کانال‌ها به ضرر پادگانه‌های آبرفتی، ناپایداری ژئومورفیکی شدیدتر منطقه را به دنبال خواهد داشت. متأسفانه فشار غیر مسوولانه سازمان‌های مسوول بر محیط طبیعی در قالب طرح‌های کانالیزه کردن سیلاب و یا به اصطلاح لایروبی مسیر رودخانه اصلی (شکل a,b-۹) و عملیات راه‌سازی گاه ناپایداری‌های غیر قابل‌کنترلی (شکل c-۹) را باعث شده و شدت و قدرت تخریبی سیلاب‌های آینده را افزایش خواهد داد.



شکل ۹ مداخله انسان در محیط و افزایش خطر سیلاب‌های غلیظ

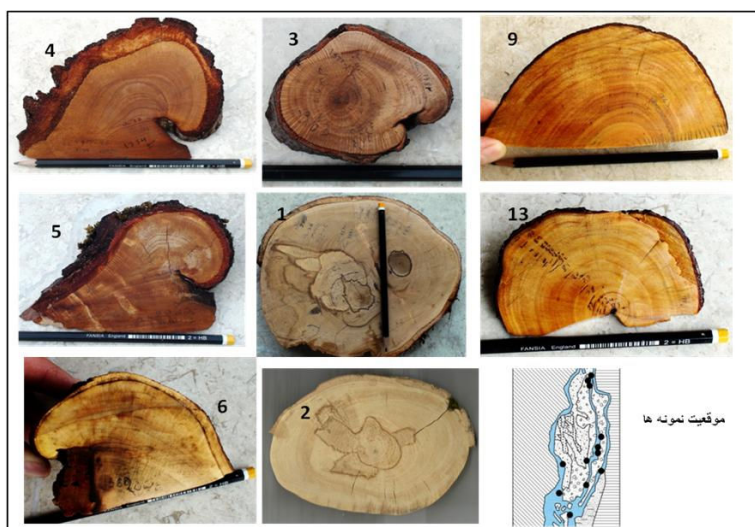
لازم به یادآوری است که با توجه به نوع جریان‌های سیلابی رودخانه سه هزار عملیات اصلاح کانال برای هدایت سیلاب بی‌نتیجه خواهد بود زیرا سیلاب‌های غلیظ قابل‌هدایت نبوده و بر اثر رسوب‌گذاری در بسترهای دستکاری شده، طغیان‌های مجدد را به همراه خواهند داشت. از طریق قطع پوشش جنگلی و کاهش ضریب زبری بستر، اثرات طغیان‌های احتمالی را شدت خواهد بخشید و پایداری نسبی نواحی پایین‌دست را بر هم خواهد زد.

#### پالو سیلاب‌ها و بازسازی آنها

با توجه به سن درختان مرجع و همچنین نمونه‌های جمع‌آوری شده در منطقه مورد مطالعه، کشف و بازسازی سیلاب‌های قدیمی شامل بازه زمانی یکصد ساله اخیر است. بر اساس سن درختان می‌توان، بارها و

پادگانه‌های رسوبی رودخانه را به سه بخش تقسیم کرد. اول قطعات کوچکی از سطوح خیلی قدیمی که مرتفع‌ترین بخش‌های یستر را با درختان کهنسال و رسوبات درشت دانه تا قطر چند متر، سن بیش از صدها و یا هزاران سال را شامل می‌شود. دوم سطوح وسیع‌تری از بستر که در ارتفاع پایین‌تر قرار داشته و طی یک فاز کاوشی تشکیل و حدود یکصد سال سن دارد. فراوانی درختان با سن حداکثر یکصد سال از ویژگی‌های مشخص این پهنه‌هاست. از طرفی ریشه‌های مطبق درختان کهنسال سطوح قدیمی‌تر در داخل رسوبات این پادگانه‌ها سنی کمتر از یکصد سال داشته و این امر خود موید صحت تاریخ‌گذاری سنی آن است.

این قلمرو به طور چشمگیری در حال تغییر و تحوّل بوده و سقوط تعداد زیادی از درختان رشد یافته در حاشیه کانال‌های فعال شده بیانگر اثرات این سیلاب‌های ویرانگر بر پیکره پوشش جنگلی و ژئومورفولوژی منطقه است. چون سن درختان حواشی این کانال‌ها حدود صد سال است از این رو آثار سیلاب‌های چند دهه اخیر را در می‌توان در آنها جستجو کرد. لازم به ذکر است که نمونه‌های انتخابی این مقاله نیز عمدتاً از این بخش‌ها جمع‌آوری شده است. سوم محدوده شریان اصلی رود که سن آن حداکثر به ۱۰ تا ۲۰ سال می‌رسد و قبلاً درباره آن صحبت کردیم.



شکل ۱۰ تعدادی از نمونه‌های درختی مورد استفاده در تحلیل‌های دندروژئومورفولوژی

شکل ۱۰ تعدادی از نمونه‌های درختی تهیه شده پس از آماده سازی برای تجزیه و تحلیل در آزمایشگاه را نشان می‌دهد. نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی نمونه‌ها در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است. بر این اساس می‌توان ۶ واقعه سیلابی بزرگ را تشخیص داد که قبل از ساخت ایستگاه هیدرومتری در حوضه سه‌هزار اتفاق افتاده‌اند. این سیلاب‌ها در سال‌های ۱۳۱۵، ۱۳۲۲، ۱۳۵۵، ۱۳۶۲، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۷ رخ داده‌اند. با توجه به ضربات وارده بر درختان و بررسی حلقه‌های رشد می‌توان گفت: سیلاب سال ۱۳۵۵ در فصل تابستان اتفاق

افتاده و ارتفاع سطح آب آن نزدیک به سیلاب سال ۱۳۹۰ بوده است. سیلاب سال ۱۳۶۲<sup>۱</sup> باعث تراکم رسوبات ماسه‌ای به ارتفاع ۱۲۰ سانتی‌متر در قاعده درختان شده و سیلاب شدید سال ۱۳۷۱ منجر به نمایان شدن ریشه‌های رشد یافته در رسوبات سیلابی سال ۱۳۶۲ گردیده است. آثار زخم‌های ناشی از سیلاب دیگری در تابستان ۱۳۸۲ بخوبی در ریشه‌های رخنمون یافته قابل تشخیص است (شکل ۱۰ نمونه ۳).

جدول شماره ۱ خصوصیات نمونه‌های مورد مطالعه، سن، تغییرات و واقعه تغییر دهنده

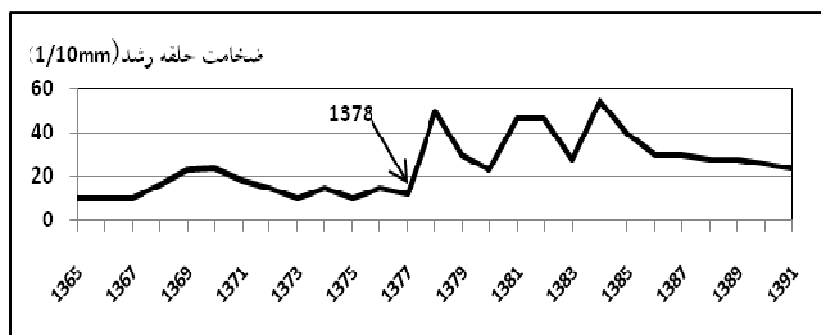
شماره نمونه	نوع چوب	نوع نمونه	محل نمونه برداری	سن	تاریخ تغییرات	نوع تغییر	نوع واقعه
۱	ریشه افقی	مقطع عرضی	سطح اولیه قدیمی‌ترین بارهای رسوبی	۱۲۹۴	۱۳۱۵	ساختار چوبی تغییر یافته	حفر به وسیله سیلاب و ... ناگهانی ریشه
۲-۱	ریشه مطبق افقی	مقطع عرضی	سطح بارهای رسوبی جدیدتر	۱۳۲۲	-	زایش ریشه حومه بر سطح رسوبات تراکمی سیلابی	تراکم رسوبات سیلابی
۲-۲	ریشه مطبق افقی	مقطع عرضی	سطح بارهای رسوبی جدیدتر	۱۳۲۲	۱۳۶۲	ساختار چوبی تغییر یافته	حفر و فرسایش جانبی سیلاب
۳-۱	ریشه مطبق خروجی از تنه	مقطع عرضی	حاشیه کانال a	۱۳۶۲	-	زایش ریشه جدید در رسوبات تراکمی	تراکم رسوبات سیلابی
۳-۲	ریشه مطبق خروجی از تنه	مقطع عرضی	حاشیه کانال a	۱۳۶۲	۱۳۷۱	خروج ریشه از خاک	حفر عمودی و جانبی سیلابی
۳-۳	ریشه مطبق خروجی از تنه	مقطع عرضی	حاشیه کانال a	۱۳۶۲	۱۳۸۲	زخم ناشی از برخورد سنگ	سیلاب غلیظ و شدید
۴	تنه	گوه	حاشیه کانال a روی پادگانه جدید	-	تابستان ۱۳۵۵	زخم پوست و چوب و رشد بافت پینه‌ای	سیلاب غلیظ و شدید
۵	تنه	گوه	حاشیه کانال a روی پادگانه جدید	-	تابستان ۱۳۵۵	زخم پوست و چوب و رشد بافت پینه‌ای	سیلاب غلیظ و شدید
۶	تنه	گوه	حاشیه کانال c پادگانه قدیمی	-	۱۳۸۲	زخم پوست و چوب و رشد بافت پینه‌ای	سیلاب غلیظ و شدید
۷	تنه	گوه	روی مخروط	-	۱۳۶۹	زخم پوست و چوب و	جریان مواد یا سیلاب

۱ وقوع سیلاب در سال ۱۳۶۲ نیز محتمل است زیرا این سن یابی بر اساس سن ریشه‌ها بوده که ممکن است اندکی بعد از رسوبگذاری به وجود آمده باشند.



			افکنه در خروجی آبراهه فرعی			رشد بافت پینه‌ای	غلیظ از آبراهه فرعی
۸	تنه	مقطع عرضی	حاشیه کانال فرعی a	۱۳۶۳		کج شدن درخت و رویش تنه فرعی	سیلاب شدید (احتمالاً ۱۳۶۳)
۹	تنه	مقطع عرضی	بستر اصلی	۱۳۶۳	بهار ۱۳۷۷	انحنای تنه	سیلاب شدید و برخورد سنگ
۱۰	تنه	مقطع عرضی	حاشیه بستر اصلی	۱۳۷۷	تابستان ۱۳۹۰	ریشه کن شدن	سیلاب شدید (نمونه برای مقایسه تهیه شده است)
۱۱	تنه	مقطع عرضی	حاشیه بستر اصلی	۱۳۸۴	تابستان ۱۳۹۰	ریشه کن شدن	سیلاب شدید (نمونه برای مقایسه تهیه شده است)
۱۲	تنه	مقطع عرضی	حاشیه کانال a	۱۳۸۳	-	-	نمونه برای مقایسه گرفته شده است
۱۳	تنه	مقطع عرضی	روی مخروط افکنه آبراهه فرعی	۱۳۶۳	۱۳۸۲	تغییر ضخامت حلقه‌ها به دلیل بیرون آمدن ریشه‌ها از خاک	سیلاب آبراهه فرعی
۱۴	تنه	مقطع عرضی	روی پادگانه حاشیه کانال b	۱۲۹۸	۱۳۹۰	ریشه کن شدن و سقوط به داخل کانال	نمونه برای تعیین سن مرجع گرفته شده است
۱۵	تنه	مقطع عرضی	روی پادگانه حاشیه کانال اصلی	۱۳۲۷	۱۳۹۰	ریشه کن شدن	نمونه برای تعیین سن مرجع گرفته شده است

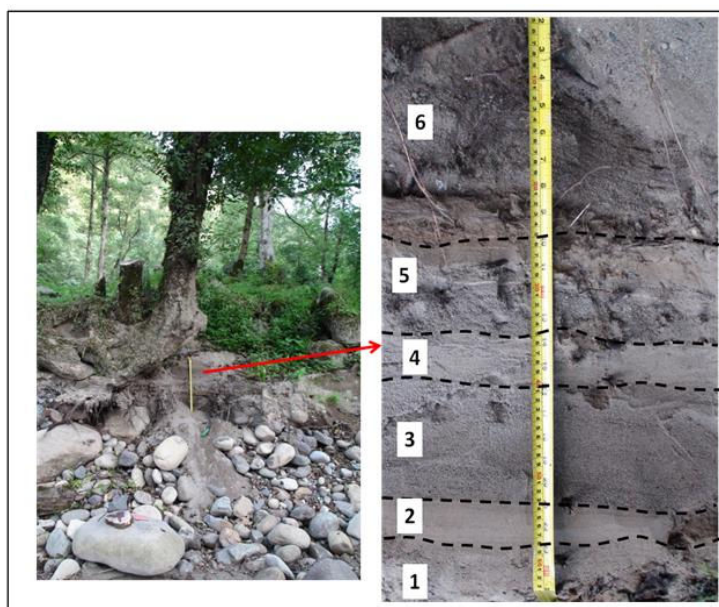
در بهار سال ۱۳۷۷ نیز وقوع یک سیلاب شدید منجر به خم شدن تنه درختان محدوده شریان اصلی شده اما آثار آن در کانال‌های فرعی ثبت نشده است؛ از این رو احتمال می رود حجم و بزرگی آن به اندازه‌ای نبوده که کانال‌های فرعی را متأثر سازد (شکل شماره ۱۱)



شکل ۱۱ تغییر در ضخامت حلقه‌های رشد در سمت پایین رود تنه خم شده

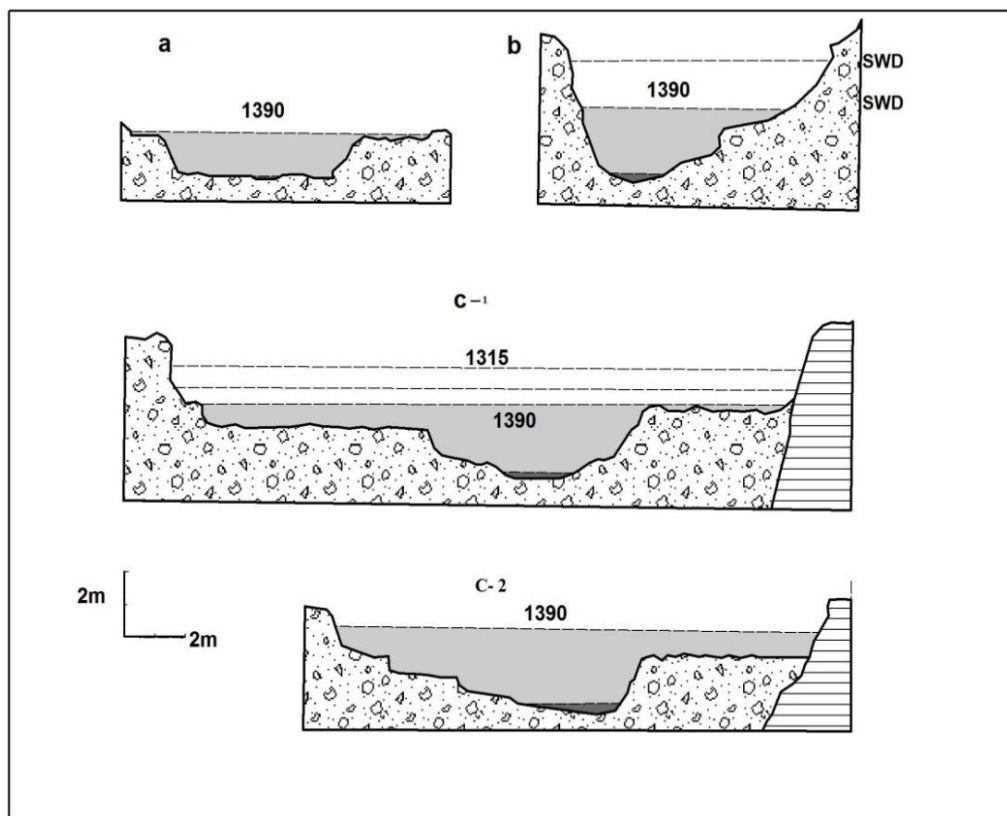
نمونه‌های تهیه شده از خروجی یک آبراهه فرعی معروف به یان دشت در بالادست منطقه مطالعاتی سیلابی شدن این آبراهه را طی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۲ تأیید می‌نماید. سیلاب سال ۱۳۶۹ در این زیر حوضه از نوع سیلاب‌های غلیظ بوده در حالی که سیلاب سال ۱۳۸۲ با شدتی کمتر در مسیری متفاوت از سیلاب سال ۱۳۶۹ جریان یافته است. این شواهد نشان می‌دهد که تمام سیلاب‌های منطقه را نمی‌توان به سر شاخه‌های اصلی آن در خارج از محدوده جنگلی نسبت داد، بلکه زیرحوضه‌های جنگلی نیز در اثنای بارش‌های شدید استعداد سیلابی شدن به دلیل شیب زیاد را دارند. کاهش ضخامت حلقه‌های رشد در نمونه شماره ۱۳ تاریخ رخنمون یافتن ریشه‌ها و عمیق شدن کانال‌های فرعی در مخروط‌افکنه زیر حوضه مذکور بر اثر سیلاب را نشان می‌دهد (شکل ۱۳-۱۰)

همان‌طور که قبلاً بیان گردید ۲ سایت رسوب آب راکد در حاشیه دو کانال فرعی حین عملیات میدانی کشف گردید که در هر دو چینه‌هایی از رسوبات سیلابی عهد حاضر بر جای گذاشته شده و سطح رسوب-گذاری در آنها با سیلاب‌های جدید هم‌خوانی داشته و می‌تواند در جهت تأیید داده‌های دندروژئومورفولوژی مفید واقع شود. سایت اول در حاشیه سمت راست کانال فرعی a و در پناه یک تنه درخت و بر بدنه پادگانه آبرفتی قرار دارد. در این سایت چینه‌های ۶ سیلاب قدیمی به چشم می‌خورد (شکل ۱۲). گرچه نمی‌توان سن چینه‌ها را تعیین کرد اما سن زیر ۱۰۰ سال درخت و تاریخ خم شدن آن که در تشکیل سایت مذکور موثر بوده بیانگر تعلق این رسوبات به سیلاب‌های یکصد سال اخیر است.



شکل ۱۲ چینه‌های رسوبات آب راکد سیلاب‌های یکصد سال اخیر در حاشیه کانال a

برای محاسبه دبی سیلاب ۱۳۹۰ و همچنین برخی سیلاب‌های قدیمی که آثار آن قابل تشخیص است چهار مقطع عرضی (شکل ۱۳) از کانال‌های a، b و c تهیه و ارتفاع سیلاب بر مبنای زخم‌های تنه درختان (بالستروس و همکاران، ۲۰۱۲: ۹۷۱) در آنها مشخص شده است. سپس پارامترهای مساحت، محیط، شیب و ضریب زبری بستر در آنها تعیین و سرعت متوسط و دبی سیلاب محاسبه شده است (جدول ۲).



شکل ۱۳ مقاطع عرضی و سطوح بازسازی شده سیلاب

با توجه به دبی‌های تخمینی و در مقایسه با دبی سیلاب‌های سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۸۲ می‌توان سیلاب سال‌های ۱۳۱۵، ۱۳۲۲، ۱۳۵۵، ۱۳۶۲، ۱۳۷۱ و ۱۳۷۷ را جزو سیلاب‌های بزرگ منطقه در نظر گرفت. با توجه به دبی‌های بازسازی شده می‌توان نمودار سیلاب‌های بزرگ منطقه را در قالب شکل شماره ۱۴ ارائه نمود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود وقوع دبی‌های بزرگ طی چند دهه اخیر فزونی یافته است. بنابراین می‌توان ذوب برف و یخچال‌های در حال اضمحلال منطقه را به عنوان علت آن ذکر کرد. فراموش نشود که فعالیت‌های عمرانی در سطح منطقه اثرات سیلاب‌های مخرب را شدیدتر خواهد کرد.

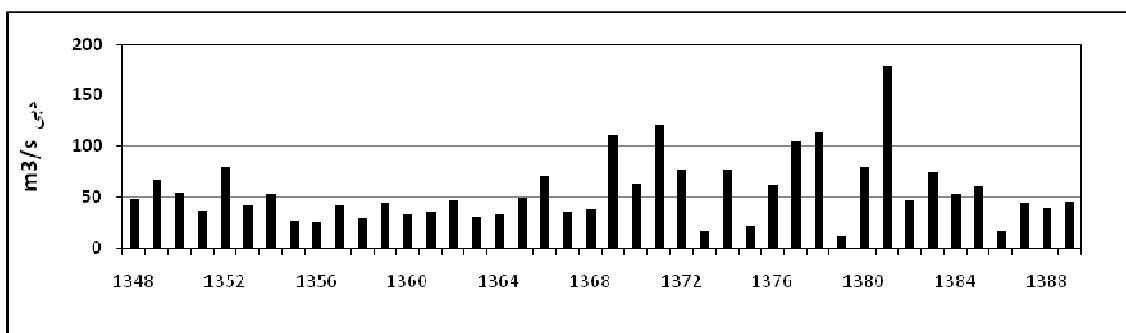
جدول ۲ برآورد تقریبی دبی سیلاب‌های قدیمی بر مبنای برآورد دبی سیلاب ۱۳۹۰ در کانال‌های فرعی

شماره	محل مقطع	تاریخ سیلاب	ارتفاع سیلاب (m)	شواهد	دبی سیلاب (m/s)	حجم دبی احتمالی در بستر اصلی (m/s)
۱	کانال a	۱۳۹۰	۲/۳۰	داغاب سیلاب	۲۹۳	۶۹۸۰
		۱۳۷۱	۱/۶۰	ریشه های مطبق	۱۹۲	۴۵۷۰
		۱۳۶۲	۱/۵۰	ریشه جدید از تنه	۱۵۷	۳۷۴۰
		۱۳۵۵	۲/۷۰	زخم‌های تنه	۳۵۶	۸۴۸۰
۲	کانال b	۱۳۹۰	۳	داغاب سیلاب رسوبات	۴۳۰	۶۹۸۰
		قدیمی	۳/۸۰	آب راکد	۶۳۶	حدود ۱۰۰۰۰
		خیلی قدیمی	۴/۱۰	رسوبات آب راکد	۸۵۷	حدود ۱۳۰۰۰
۳	کانال c-1	۱۳۹۰	۲/۵	داغاب سیلاب	۶۸۰	۶۹۸۰
		۱۳۲۲	۲/۷	ریشه های تغییر یافت	۸۳۶	۸۵۸۱
		۱۳۱۵	۲/۹	ریشه های تغییر یافته	۹۸۵	۱۰۱۱۰
۴	کانال c-2	۱۳۹۰	۳	داغاب سیلاب	۶۵۰	



شکل ۱۵ نمودار دبی سیلاب های جدید و قدیمی (بازسازی شده)

ایستگاه هیدرومتری معروف به هرات بر در مسیر رودخانه چشمه کیله واقع در ۱۰ کیلومتری پایین دست منطقه مورد مطالعه از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۰ آمار حداکثر دبی لحظه‌ای را ثبت کرده است. گر چه این داده‌ها منعکس کننده شرایط هیدرولوژیکی بعد از پیوستن هر دو شاخه اصلی یعنی دوهزار و سه‌هزار است اما افزایش قابل توجه دبی حداکثر لحظه‌ای سال‌های ۱۳۶۹، ۱۳۷۱، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۲ را می‌توان به ۴ سیلاب رخ داده در آبراهه سه‌هزار نسبت داد. به عبارت دیگر از ۶ سیلاب بازسازی شده ۳ سیلاب مربوط به سه دهه اخیر به خوبی در ایستگاه یاد شده انعکاس یافته است (شکل ۱۶).



شکل ۱۶ حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه هرات بر در پایین دست منطقه مورد مطالعه و انعکاس سیلاب های بازسازی شده رودخانه سه‌هزار بر آن

### نتیجه‌گیری

بازسازی سیلاب های قدیمی از طریق روش‌های دندروژئومورفولوژیکی می‌تواند داده‌های طولانی‌تری از زمان وقوع و سطح سیلاب در بستر رودخانه‌ها را فراهم آورد. در این مقاله بر اساس نمونه‌های جمع‌آوری شده از بستر رودخانه سه هزار زمان وقوع ۶ سیلاب بزرگ از اوایل قرن حاضر تا سال ۱۳۸۰ که شروع جمع‌آوری داده‌های هیدرولوژی در ایستگاه هیدرومتری منطقه است، کشف گردید. حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه هیدرومتری منطقه از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ وقوع سیلاب‌های متعددی خصوصاً در فصل تابستان را در رودخانه مورد مطالعه نشان می‌دهد که در این بین تعداد دو سیلاب مربوط به تابستان سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۰ دبی مشابه با سیلاب‌های بزرگ کشف شده دارند. به همین دلیل سیلاب تابستان ۱۳۹۰ به عنوان مبنایی برای برآورد دبی سیلاب‌های قدیمی در نظر گرفته شده و بر اساس سطح سیلاب های قدیمی میزان دبی آنها نیز بطور تقریبی برآورد گردید. نتایج نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر فراوانی وقوع سیلاب های رودخانه سه‌هزار فزونی یافته و سیلاب‌های بزرگ عمدتاً در فصل تابستان رخ می‌دهند. چنین روندی ناشی از تشدید ذوب یخچال‌های دائمی و برف‌های سالانه در سرشاخه‌های اصلی رودخانه مذکور است.

## References

- Alestalo, J., 1971. Dendrochronological Interpretation of Geomorphic processes. *Fennia* 105, 1–140.
- Baker, V. R., 2008. Paleoflood hydrology: origin, Progress, prospects. *Geomorphology* 101, 1–13.
- Ballesteros, J. A., Stoffel, M., Bodoque, J. M., Bollschweiler, M., Hitz, O. M., Díez-Herrero, A. 2010. Changes in wood anatomy in tree rings of *Pinus pinaster* Ait. following wounding by flash floods. *Tree-Ring Research* 66: 93–103.
- Ballesteros, J. A., Eguibar, M., Bodoque, J. M., Díez, A., Stoffel, M., Gutiérrez, I. 2012. (in press): Estimating flash flood discharge in an ungauged mountain catchment with 2D hydraulic models and dendrogeomorphic paleostage indicators. *Hydrological Processes* 25: 970-979
- Baumann, F. and Kaiser, K. F.: The Murtetta debris fan, eastern Swiss Alps: a 500-year debris flow chronology, *Arct. Antarct. Alp. Res.*, 31(2), 128–134, 1999.
- Benito, G., Thorndy Craft. V. R., 2005. paleoflood hydrology and Its role in applied hydrological sciences. *Journal of Hydrology* 313, 3-15
- Bodoque, J. M., Díez-Herrero, A., Martín-Duque, J. F., Rubiales, J.M., Godfrey, A., Pedraza, J., Carrasco, R. M., and Sanz, M. A.: Sheet erosion rates determined by using dendrogeomorphological analysis of exposed tree roots: Two examples from Central Spain., *Catena*, 64, 81–102, 2005.
- Bodoque, J.M., A. Lucía, J.A. Ballesteros, J.F. Martín-Duque, Juan M. Rubiales, M. Genova, 2011. Measuring medium-term sheet erosion in gullies from trees: A case study using dendrogeomorphological analysis of exposed pine roots in central Iberia, *Geomorphology* 134, 417-425
- Bodoque, J. M., Ballesteros, J. A., 2010. Dendrogeomorphic analysis of flash floods in a small ungauged mountain catchment (Central Spain). *Geomorphology* 118: 383–392.
- Bollschweiler, M., 2007. Spatial and temporal occurrence of past debris flows in the Valais Alps – results from tree-ring analysis, *Geo-Focus*, 20, 182 pp.
- Bollschweiler, M. and Stoffel, M.: Debris flows on forested cones – reconstruction and comparison of frequencies in two catchments in Val Ferret, Switzerland, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 207–218, 2007,
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., 2010. Tree rings and debris flows: recent developments, future directions. *Progress in Physical Geography* 34: 625–645.
- Bollschweiler, M., Stoffel, M., Ehmsich, M., and Monbaron, M.: Reconstructing spatio-temporal patterns of debris-flow activity with dendrogeomorphological methods, *Geomorphology*, 87(4), 337–351, 2007.
- Carrara, P. E. and Carroll, T. R.: The determination of erosion rates from exposed tree roots in the Piceance Basin, Colorado, *EarthSurf. Process.*, 4, 307–317, 1979.
- Costa, J. E., 1987. Colorado Big Thompson flood: geologic evidence of a rare hydrologic event. *Geology* 6, 617-620
- Esmaili, R., Hosseinzadeh, M.M., Motavalli, S., 2011. Field Technique in Fluvial Geomorphology. Lahot, Tehran, 209pp
- Gartner, H., Schweingruber, F. H., and Dikau, R.: Determination of erosion rates by analyzing structural changes in the growth Pattern of exposed roots, *Dendrochronologia*, 19, 81–91, 2001.
- Goudie, A., Anderson. M, Burt. T., Lwein, J., Richards, K., Whalley, B., Worsley, P., 1998 *Geomorphological Techniques* Routledge. 570 pp.

- Harison, S.S., Reid, J.R., 1967. A flood-frequency graph based on tree-scar data. *Proc. North Dakota Acad. Sci.*, 21, 23-33
- Helley, E. J. and LaMarche, V. C.: December., 1964. a 400-year flood in Northern California. U.S., Geological Survey Professional Paper 600-D, D34–D37, 1968.
- Hosseinzadeh, SR., Jahadi Toroughi, M., 2012. The study of paleoflood Hydrology using slack-water Deposits. *Quantitive Geomorphology reaserches* 1, 83-104
- Hitz, O. M., Gärtner, H., Heinrich, I., and Monbaron, M.: First time application of Ash (*Fraxinus excelsior* L.) roots to determine erosion rates in mountain torrents, *Catena*, 72, 248–258, 2008.
- Hupp, C.R., 1988. Plant ecological aspects of flood geomorphology and paleoflood history, In: V.R. Baker, R.C. Kochel, and P. Patton ( Editors), *Flood Geomorphology*, Wiley, New York, pp. 335-356
- Hupp, C. R., 1984. Dendrogeomorphic evidence of debris flow frequency and magnitude at Mount Shasta, California, *Env. Geol. Wat. Sci.*6, 121–128.
- Hupp, C. R., Osterkamp, W. R., and Thornton, J. L., 1987. Dendrogeomorphic evidence and dating of recent debris flows on Mount Shasta, northern California. U.S., *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1396B, 1–39.
- Jahadi Toroughi, M., Hosseinzadeh, SR., 2011. The Response of Fluvial Systems to Large Flood Events. *Environmental Erosion Researches* 4, 68-75.
- LaMarche, V.C., 1968. Rates of slope degradation as determined from botanical evidence, White Mountains, California. *US Geological Survey Professional Paper* 352-I.
- LaMarche, V. C.: An 800-year history of stream erosion as indicated by botanical evidence, *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* 550D, 83–86, 1966.
- LaMarche, V. C., 1961. Rate of slope erosion in the White Mountains, California, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 72, 1579–1580.
- Malik, I., 2008. Dating of small gully formation and establishing erosion rates in old gullies under forest by means of anatomical changes in exposed tree roots (Southern Poland), *Geomorphology* 93, 421–436
- Mayer, B., Stoffel, M., Bollschweiler, M., Hübl, J., Rudolf-Miklau, F., 2011. Possibilities and limitations of dendrogeomorphic time-series reconstructions on sites influenced by debris flows and frequent snow avalanche activity. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 43: 649–658.
- Mayer, B., Markus Stoffel b,c, Michelle Bollschweiler, Johannes Hübl, Florian Rudolf-Miklau., 2010. Frequency and spread of debris floods on fans: A dendrogeomorphic case study from a dolomite catchment in the Austrian Alps, *Geomorphology* 118, 199–206
- McAuliffe, J. R., Scuderi, L. A. and McFadden, L. D., 2006. Tree-ring record of hillslope erosion and valley floor dynamics: Landscape responses to climate variation during the last 400yr in the Colorado Plateau, northeastern Arizona. *Glob. Planet. Change*, 50, 184–201.
- Poorahmad, Ahmad., 1998. The role of Geography structure on the 1999 flood of Neka city. *Mohit Shenasi* 29. 59-70
- Rezaei, P., 2009. Synoptic Analysis of Masoule Catchment Floods. *Physical Geography Research Quarterly* 68 , 105-118.
- Ruiz-Villanueva, V., Diez-Herrero, A., Stoffel, M., Bollschweiler, M., Bodoque, J. M., Ballesteros., J. A., 2010. Dendrogeomorphic analysis of flash floods in a small ungauged mountain catchment (Central Spain), *Geomorphology* 118, 383–392

- Scuderi, L., McFadden, L., and McAuliffe, J.: Dendrogeomorphically derived slope and stream response to decadal and centennial scale climate variability: Implications for downstream sedimentation, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*,
- Shroder, J. F., 1980. Dendrogeomorphology: review and new techniques of tree-ring dating, *Prog. Phys. Geogr.* 4, 161–188.
- Sigafoos, R. H., 1964. Botanical evidence of floods and floodplain deposition, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 485-A.
- Stewart, J. H., and Lamarch, V.C. Jr., 1967. Erosion and deposition produced by the flood of December, 1964 on Coffee Creek, Trinity County, California. United States Geological Survey, professional Paper 422-K, 1-22
- St. George, S. and Nielsen, E.: Palaeoflood records for the Red River, Manitoba, Canada, derived from anatomical tree-ring signatures, *Holocene*, 13, 547–555, 2003.
- St. George, S. and Nielsen, E.: Signatures of high-magnitude 19th century floods in *Quercus macrocarpa* tree rings along the Red River, Manitoba, Canada, *Geology*, 28, 899–902, 2000.
- Stoffel, M. and Bollschweiler, M., 2007. Tree-ring based reconstruction of past debris-flow events and assessment of future risks in 32 torrents of the Valais Alps (Switzerland), *Quat. Int.*, 167/8, 398–399.
- Stoffel, M. and Beniston, M., 2006. On the incidence of debris flows from the early Little Ice Age to a future greenhouse climate: a case study from the Swiss Alps, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L16404.
- Stoffel, M., Conus, D., Grichting, M. A., Li`evre, I., and Ma`itre, G., 2008. Unraveling the patterns of late Holocene debris-flow activity on a cone in the central Swiss Alps: chronology, environment and implications for the future, *Glob. Planet. Change*, 60, 222–234.
- Stoffel, M., Li`evre, I., Conus, D., Grichting, M., Raetzo, H., G`artner, H. W., and Monbaron, M2005.: 400 years of debris flow activity and triggering weather conditions: Ritigraben, Valais, Switzerland, *Arct. Antarc. Alp. Res.*, 37(3), 387–395.
- Stoffel, M., Bollschweiler, M., Butler, D. R., Luckman, B. H., 2010. Tree rings and natural hazards: A state-of-the-art. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, 505 pp
- Stoffel, M., Bollschweiler, M., 2008. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 8: 187–202.
- Stoffel, M., Wilford, D.J., 2012. Hydrogeomorphic processes and vegetation: disturbance, process histories, dependencies and interactions. *Earth Surface Processes and Landforms* 37: 9-22 . 12,13,14
- Stoffel, M., Bollschweiler, M., Widmer, S., Sorg, A., 2010. Spatio-temporal variability in debris-flow activity: a tree-ring study at Geisstriftbach (Swiss Alps) extending back to AD 1736. *Swiss Journal of Geosciences* 103: 283–292
- Stoffel, M., Bollschweiler, M., 2009. What tree rings can tell about earth-surface processes. Teaching the principles of dendrogeomorphology. *Geography Compass* 3: 1013–1037.
- Stoffel, M., Casteller, A., Luckman, B.H., Villalba, R., 2012. Spatiotemporal analysis of channel wall erosion in ephemeral torrents using tree roots – An example from the Patagonian Andes. *Geology*. 40(3): 247–250.



- Stoffel, M., Wilford, D.J., 2012. Hydrogeomorphic processes and vegetation: disturbance, process histories, dependencies and interactions. *Earth Surface Processes and Landforms* 37: 9-22
- Stokes, M. A. and Smiley, T. L.: An introduction to tree-ring dating, University of Chicago Press, Chicago, 73 pp., 1968.
- Strunk, H., 1997. Dating of Geomorphological processes using dendrogeomorphological methods, *Catena* 31, 137–151.
- Strunk, H.: Dendrogeomorphology of debris flows, *Dendrochronologia*, 7, 15–25, 1989.
- Yamani, M., 2009. The Measurement of Annual Movement of Alamkooch Glaciers . *Physical Geography Research Quarterly* 67, 31-52.
- Yanosky, T. M., 1982. Effects of flooding upon woody vegetation along parts of the Potomac River flood plain, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 1206.
- Yanosky, T. M., 1984. Documentation of high summer flows on the Potomac River from the wood anatomy of ash trees, *Water Resour. Bull.*, 20, 241–250.