



روشهای مطالعه دیرینه سیلاب در

ژئومورفولوژی رودخانه‌ای

دکتر رضا اسماعیلی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

دکتر محمدمهدی حسین‌زاده

عضو هیأت علمی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

استفاده از داده‌های زمین‌شناسی با توجه به پیشرفت‌های اخیر در هیدرولوژی دیرینه سیلاب، به عنوان مکملی برای نگرشهای هیدرولوژیکی متداول مورد نیاز است. به علت وجود ابهامات در استفاده صرف از آمار کاربردی در مطالعات سیل، استفاده از داده‌های زمین‌شناسی مانند رسوب‌شناسی، چینه‌نگاری و ترکیب آنها با علوم دیگر مانند ژئومورفولوژی و هیدرولیک مورد توجه قرار گرفته است. این داده‌ها اطلاعاتی را از رودخانه‌های بدون ایستگاه هیدرومتری فراهم می‌نمایند. همچنین می‌توان با استفاده از این داده‌ها اطلاعات طولانی‌تری را از ایستگاه‌های هیدرومتری کسب نمود. مهم‌ترین روشهایی که در این نگرش مورد توجه هستند عبارتند از: روش رژیم جریان رود، شاخص‌های دیرینه تراز، روش توانش جریان رود و روشهای بوتانیکی (گیاهی).

واژه‌های کلیدی: هیدرولوژی دیرینه سیلاب، شاخص‌های دیرینه تراز (PSI)، توانش رود، روشهای بوتانیکی.

۱- مقدمه

سیل یکی از پدیده‌های طبیعی است که همواره می‌تواند برای انسان و دارایی‌های او خطرناک باشد و به عنوان یک مخاطره مورد توجه قرار گیرد. تعیین ویژگی‌های سیل مانند عمق و حجم جریان آب، دبی سیل و توزیع فراوانی آن برای برنامه‌ریزی و طراحی ساختارهای مربوط به سیلاب مانند پل‌ها، دریچه‌های سد و غیره بسیار مهم هستند. در تعیین ابعاد این ساختارها، طرح معمولاً نیاز به آگاهی از مقدار سیلاب با دوره برگشت مشخص یا ارزیابی دوره برگشت یک سیل با دبی معین دارد. در هر حالت روشهای معمول برای تعیین فراوانی سیلاب براساس داده‌های ثبت شده از ایستگاههای هیدرومتری است که معمولاً کوتاه مدت هستند. تجزیه و تحلیل نیز براساس همین داده‌ها صورت می‌گیرد. این روشها معمولاً دارای ابهاماتی هستند که عبارتند از:

۱- پدیده‌های طبیعت مانند سیل بسیار متنوع‌تر و پیچیده‌تر از آن هستند که

باتحلیل آماری به خوبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند.

۲- مشکل دوم مربوط به خود علم آمار و مبانی آن است (بیکر، ۱۹۹۴). از این رو در انتخاب نوع مدل و توزیع احتمالاتی مورد نظر برای تجزیه و تحلیل ابهاماتی وجود دارد.

۳- ابهامات موجود در خطاهای مربوط به تخمین دبی سیل (سالاس و همکاران، ۱۹۹۴)

۴- ابهامات موجود در ارزیابی پارامترها و کمیت‌ها در یک مدل مشخص.

از این رو طی سه دهه اخیر داده‌های دیگری نیز در تخمین دبی سیل و ارزیابی آن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این داده‌ها که داده‌های دیرینه سیلاب نام دارند داده‌هایی هستند که اطلاعات مربوط به سیل را قبل از ثبت داده‌ها توسط ایستگاه‌های هیدرومتری فراهم می‌آورند.

۲- روشهای مطالعه دیرینه سیلاب

استفاده از داده‌های دیرینه سیلاب توسط بیکر و همکارانش آغاز گردید. هیدرولوژی دیرینه سیلاب یک نگرش ترکیبی است که با استفاده از داده‌های رسوب‌شناسی، چینه‌نگاری، ژئومورفولوژی و هیدرولیک، سیلابهای گذشته یا قدیمی را مورد مطالعه قرار می‌دهد. (نگاره ۱) با بررسی آثار سیلابهای بزرگ که صدها یا هزاران سال قبل به وقوع پیوسته‌اند می‌توان دبی سیلابهای گذشته را به صورت کمی بازسازی نمود. (بیکر و همکاران، ۱۹۸۸) این اطلاعات می‌توانند در ارزیابی خطر و بررسی تغییرات اقلیمی در سیلابها مورد استفاده قرار گیرند.

مهمترین روشهای مطالعه دیرینه سیلابها عبارتند از (رضایی مقدم و

اسماعیلی، ۱۳۸۴ به نقل از سالاس و همکاران)

- بازسازی براساس رژیم جریان رود

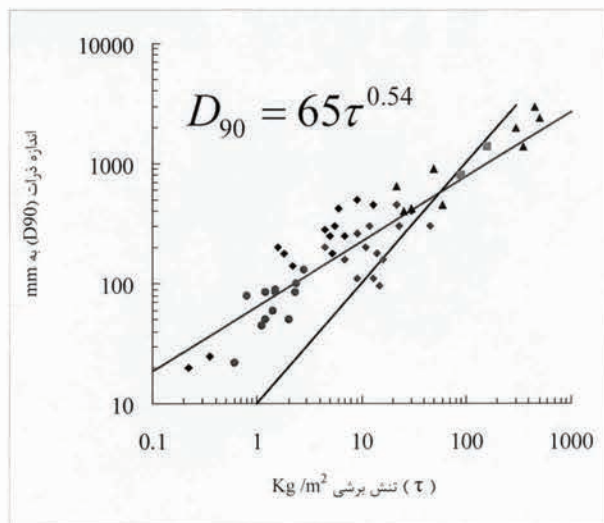
- روش توانش^(۱) رود

- روشهای بوتانیکی^(۲) (گیاهی)

- شاخص‌های دیرینه تراز (PSI)^(۳)



تراس های آبرفتی به خودی خود تأثیر زیادی بر الگوهای گیاهی ندارند و این فرایندهای ژئومورفیک رودخانه‌ای (طغیانهای اتفاقی، فرسایش و رسوبگذاری) هستند که لندفرمهای رودخانه‌ای را شکل داده سپس گونه‌های گیاهی متفاوتی بر روی آنها استقرار می‌یابند.



نگاره ۲: توانش جریان رود برای حمل رسوبات درشت دانه (بیکر و ریتر ۱۹۷۵)

هر چه از اشکال رودخانه‌ای حاشیه کانال فاصله می‌گیریم به علت کاهش اثرات سیلابی گونه‌های گیاهی درختی استقرار یافته و در داخل یا حاشیه نزدیک کانال به علت زیر آب رفتن کانال طی جریانهای متوسط و لبالبی گونه‌های گیاهی علفی مستقر می‌شوند.

دوم این که سیلابهای با دوره برگشت طولانی گیاهان موجود در حاشیه رود را دچار آسیب کرده یا از بین می‌برند. از این رو با مشاهده و مطالعه آسیب‌های ایجاد شده بر تنه درختان می‌توان تاریخ وقوع سیل را بازسازی نمود. چهار نوع اصلی از شواهد گیاهی که نشان دهنده حوادث سیلابی هستند، در حاشیه رود قابل شناسایی می‌باشند که عبارتند از:

الف) علایم خوردگی^(۴) در تنه درختان: این نشانه یکی از آشکارترین شواهد سیلابهای قدیمی در درختان و درختچه‌های حاشیه رود می‌باشد. با تحلیل مغزه‌های درخت می‌توان سن خوردگی در تنه درخت را که به صورت گره یا بافت پینه بسته نمایان می‌شود، تعیین نمود. (نگاره ۳)

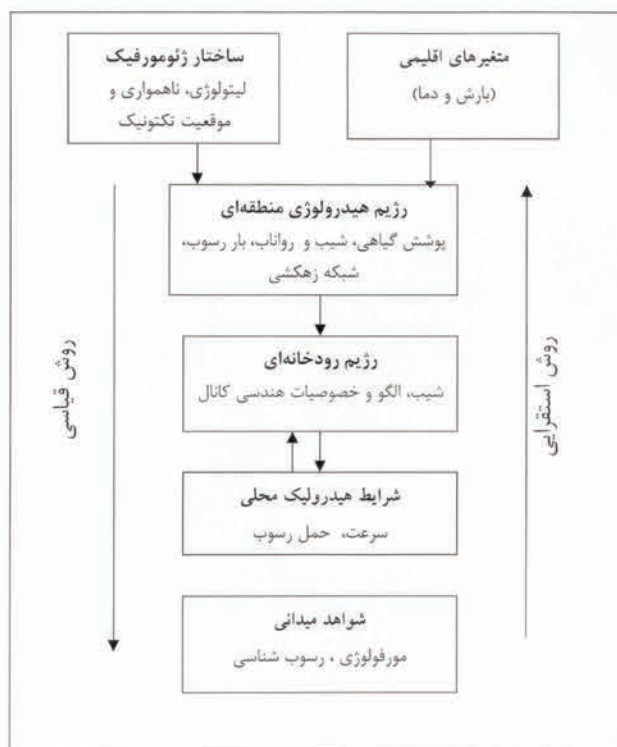
ب) ناهنجاریهای حلقه رشد درخت: ناهنجاریهای حلقه رشد درخت می‌تواند با مغزه‌گیری و تحلیل آن به صورت میکروسکوپی مورد مطالعه قرار گیرد. الگوی حلقه خارج از مرکز در صورتی رخ می‌دهند که درخت از حالت عمودی کج شود. کج شدگی ناگهانی یک درخت به وسیله سیلاب در حلقه‌های بعدی مشاهده می‌شود. این حلقه‌ها در قسمت پهن تنه درخت از هم فاصله بیشتری داشته و در مقابل آن حلقه‌ها به هم نزدیک‌تر می‌باشند. از این رو تاریخ شروع رشد حلقه خارج از مرکز حلقه یک سال بعد از حادثه

۱-۲- بازسازی براساس رژیم جریان رود

این روش براساس ویژگی‌های شبکه زهکشی مانند تراکم زهکشی، ویژگی‌های کانال و لندفرمهای رودخانه‌ای مانند تراسهای آبرفتی می‌باشد که با نقشه برداری از یک یا چند مقطع عرضی می‌توان ابعاد کانال‌های متروک را برای تخمین بزرگی جریان سیل ارزیابی نمود. ابعاد کانال متروک از روی عکسهای هوایی بزرگ مقیاس و یا رسوبات نهشته شده قابل اندازه‌گیری می‌باشد. از ابعاد تراس‌های آبرفتی، توزیع اندازه ذرات و ساختارهای رسوبی هم می‌توان برای تخمین جریانهای سیلابی گذشته استفاده نمود.

۲-۲- روش توانش جریان

توانش جریان رود عبارت است از بزرگترین ذره‌ای که تحت شرایط هیدرولیک خاص می‌تواند توسط جریان رود حمل شود. توانش جریان به ویژگی‌های رسوب و پارامترهای جریان (سرعت، تنش برشی و قدرت رود) بستگی دارد. به عبارت دیگر اندازه ذرات رسوبی و چینه‌نگاری این رسوبات به توانایی حمل رسوب بستگی دارد. با استفاده از روابط تجربی می‌توان رابطه بین اندازه ذرات و قدرت رود را ارزیابی نمود. (نگاره ۲)



نگاره ۱: ساختار پالتوهیدرولوژی

۳-۲- روشهای بوتانیکی (گیاهی)

سیلابها دو تأثیر بلندمدت در پوشش گیاهی حاشیه رود دارند: اول این که سیلابهای دوره‌ای با دبی‌های مختلف بر الگوی پوشش گیاهی اثر می‌گذارند. لندفرمهای رودخانه‌ای مانند موانع رسوبی، دشت سیلابی و

سیل است. (نگاره ۳)

بعضی از این شاخص‌ها مانند خطوط سیلتی و خطوط کنده شده احتمالاً شاخص دقیق‌تری را برای بالا آمدن سطح آب نشان می‌دهند. در حالی که نهشته‌های آب ساکن و سایر نهشته‌های رسوبی حداقل بالا آمدن سطح آب را در طی دیرینه سیلاب نشان می‌دهند. البته جایجایی‌های بعدی رسوبات هم می‌تواند به عنوان یک عامل مهم که بتوان ارتفاع واقعی سطح آب را تشخیص داد، به شمار بیاید. بسیاری از این مشکلات بالقوه می‌توانند شناسایی شده و با آنالیز دقیق کاهش یابند.

۱-۴-۲- نهشته‌های آب ساکن (SWD)

نهشته‌های آب ساکن، رسوبات ریزدانه و معلق آب مانند رس و سیلت و ماسه‌های ریز هستند که در طی جریانهای سیلابی در قسمتهایی از رودخانه و دشت سیلابی که سرعت جریان آب بسیار کم است، انباشته می‌شوند. این رسوبات ریزدانه یک توالی چین‌نگاری را فراهم می‌آورند و اطلاعات تفصیلی زیادی را از حوادث سیلابی که در صدها یا هزاران سال پیش اتفاق افتاده است، فراهم می‌آورند. (بیکر و همکاران، ۱۹۸۳)

چهار موقعیت ژئومورفیک شرایط مناسبی را برای انباشته شدن رسوبات آب ساکن فراهم می‌نمایند (نگاره ۴) که عبارتند از: ۱- مناطق برگشت سیلاب در محل تلاقی رودها ۲- حفره‌های کم عمق در امتداد دیواره‌های کانال سنگ بستری ۳- موانع سنگ بستری بزرگ و مناطقی که پهن شدگی کانال زیاد شده است. ۴- انباشت رسوبات در خارج از کرانه کانال در تراسهای مرتفع. رسوبگذاری آب ساکن در بیشتر سیستم‌های رودخانه‌ای رخ می‌دهد اما کانیونهای سنگ بستری به علت مقاومت ابعاد کانال مناسب‌ترین موقعیت برای بازسازی دبی دیرینه سیلابها می‌باشند.

بعد از مشخص شدن رسوبات آب ساکن و چین‌نگاری آنها، با جمع‌آوری مواد مناسب رسوبات تعیین سن می‌شوند. سپس مقطع عرضی کانال در طی جریان سیلابی نقشه‌برداری شده و با استفاده از معادله مانینگ و شزی مقدار دبی محاسبه می‌گردد که البته اخیراً نرم‌افزار HEC-RAS به طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته و با آن می‌توان خطر سیل را در دشت سیلابی ارزیابی نمود.

۲-۴-۲- روش‌های تعیین سن رسوبات

در شاخص‌های دیرینه تراز رسوبات آب ساکن و سایر رسوبات آبرفتی با استفاده از روش‌های مختلفی تعیین سن می‌شوند. این روشها به سه گروه عمده تعیین سن نسبی، مطلق و مرکب^(۶) تقسیم‌بندی می‌شوند. در روشهای تعیین سن نسبی از قرارگیری لایه‌ها نسبت به هم، ویژگی‌های هوازدگی و معیارهای مورفولوژیک (مثلاً قرارگیری تراسها در موقعیت‌های توپوگرافی مختلف) استفاده می‌شود. در تعیین سن مطلق از روشهای کربن ۱۴، فتو لومینوسانس^(۷)، سرب ۲۱۰، تعیین سن با حلقه‌های درخت استفاده می‌شود. در روشهای مرکب (هایبرید) از گرده‌افشانی، دیرینه مغناطیس، تفرودکرونولوژی و باستان‌شناسی استفاده می‌شود که در کتاب‌ها و مقالات متعدد معرفی شده‌اند.

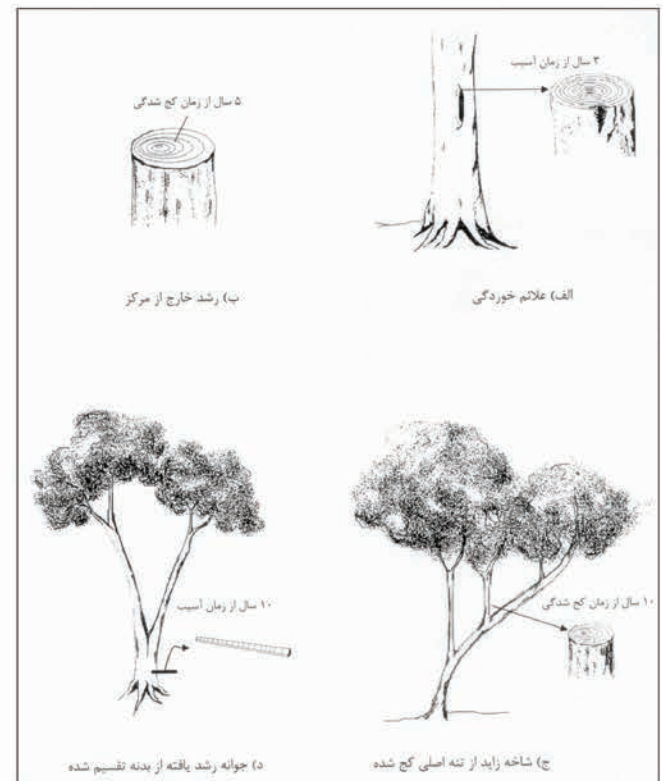
ج) سن درخت: رسوبات نهشته شده سیلابی، محل‌های جدیدی را ایجاد می‌کنند. بر روی این سطوح جدید گیاهان استقرار می‌یابند. با تعیین سن این درختان می‌توان حداقل زمان وقوع سیلاب و نهشته‌گذاری اولیه را مشخص نمود.

د) جوانه‌های اتفاقی و نابجا: در طی جریانهای سیلابی ساقه‌های درخت شکسته شده یا کج می‌شوند که با مشاهده‌ی زمینی قابل تشخیص هستند. با تهیه مغزه و تعیین سن آنها می‌توان زمان وقوع سیلاب را تخمین زد. (نگاره ۳)

علاوه بر این موارد نفوذ و اریزه‌های سیلابی در شکاف درختان و قطع شدگی ریشه درختان هم بالا آمدن سطح آب را در طی جریانهای سیلابی نشان می‌دهند. (رضایی مقدم و اسماعیلی، ۱۳۸۴)

۴-۲- شاخص‌های دیرینه تراز

این شاخص‌ها بالا آمدن سطح آب را در طی سیلاب‌های به وقوع پیوسته نشان می‌دهند و ممکن است به صورت اشکال فرسایشی یا رسوبی باشند. این شاخص‌ها عبارتند از: خطوط سیلتی، آثار سایش یا خطوط کنده شده در اثر سیل، انباشته‌های رسوبی، موانع قطعه سنگی و نهشته‌های آب ساکن (SWD)^(۵)



نگاره ۳: انواع شواهد گیاهی ناشی از فرآیند سیلاب در حاشیه

کانال رود (هوپ و برونه، ۲۰۰۳)



Australia, *Applied Geography* 11, :105-123.

- Hupp, C.R. 1988. Plant ecological aspects of flood geomorphology and paleoflood history, In: Baker, V.R., R.C. Kochel, & P.C. Patton, (eds), *flood geomorphology*, Wiley, Toronto, Canada, pp 335-356.

- Hupp, C.R. and Borentee, G. 2003. Vegetation as a tool in the interpretation of fluvial geomorphic processes and landforms in humid temperate area, In: Kondolf, G.M. and Piegay, H. (eds). *Tools in Fluvial Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd, England. pp 269-288.

- Jacobson, R.B., O'Connor, J.E., and Oguchi, T. 2003. Surficial geologic tools in fluvial geomorphology, In: Kodolf, G.M. and Piegay, H. (eds). *Tools in Fluvial Geomorphology*. John Wiley & Sons Ltd, England. pp 25-57.

- Kochel, R.C., and Baker, V.R. 1988, Paleoflood analysis using slackwater deposit. In: Baker, V.R., R.C. Kochel, & P.C. Patton, (eds), *flood geomorphology*, Wiley, Toronto, Canada, pp 357 - 376.

- Meyer, G.A. 1988, Recent large - magnitude floods and their impact on valley - floor environments of northeastern yellowstone. *Geomorphology* 40:271-290.

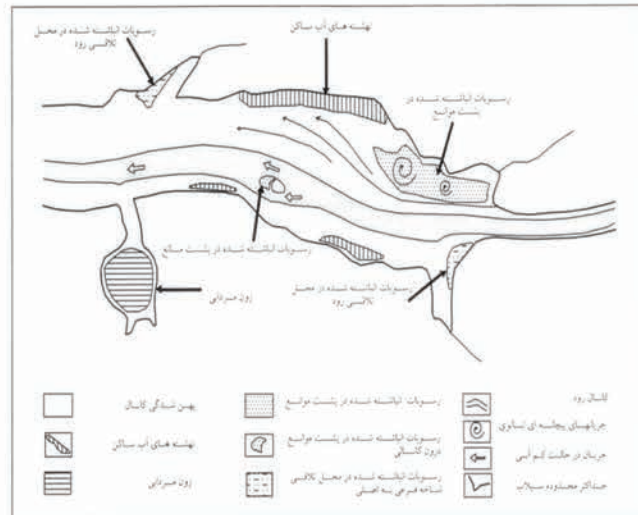
- Rico, M, G.Bentio & A.Barnolas, 2001, Combined paleoflood and rainfall-runoff assessment of mountain flood (Spanish Pyrenees). *Journal of Hydrology*, 245:59-72.

- Salas, J.d., E.E. Wohl & R.D. Jarrett, 1994, Determination of flood characteristics using systematic, historical and paleoflood data. In: Rossi, G. et al, (eds), *Coping with floods*, :111-134.

- Waythomas, C.F., and Jarrett, R.D. 1994. Flood geomorphology of Arthurs Rock Gluch, Colprado: Paleoflood history, *Geomorphology*, 11:15-40.

پی نوشت

- 1) Competence
- 2) Botanical method
- 3) Paleo stage Indicator
- 4) Scar
- 5) Slack water deposit
- 6) Hybrid
- 7) Photoluminescence



نگاره ۴: دیاگرام شماتیک نشان دهنده موقعیت نهشته گذاری در طی جریانهای سیلابی بزرگ (بنتیو و همکاران ۲۰۰۳)

۳- نتیجه

تحقیقات انجام گرفته در سطح جهان نشان می دهد که استفاده از روشهای آماری به تنهایی برای شناسایی و ارزیابی پدیده سیل کافی نیست و لازم است در پروژه های کنترل سیل از داده های پالئو هیدرولوژی و زمین شناسی هم استفاده گردد. اگرچه ارزیابی پالئو هیدرولوژی هم مقداری خطا دارد، اما ارزیابی مناسبی را از فراوانی و بزرگی سیل فراهم می آورد. به علاوه با استفاده از تحقیقات پالئو هیدرولوژیک می توان با سرعت بیشتر و با هزینه کمتر در مقایسه با هزینه های بازسازی، ساختارهای کنترل سیلاب را مورد توجه قرار داد.

منابع و مأخذ

- رضایی مقدم، محمد حسین و رضا اسماعیلی (۱۳۸۴) «بررسی اثرات ژئومورفیکی سیلاب حوضه رئیس کلا». فصلنامه مدرس علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، دوره نهم شماره ۴ (پیاپی ۴۳).
- Baker, V.R. and Ritter, D. 1975. Competence of rivers to transport coarse bedload material. *Geological Society of America, Bulletin*, 86:975-978.
- Baker, V.R., 1994, *Geomorphological understanding of floods*. *Geomorphology* 10: 139-156.
- Bentio, G., Sanchez - Moya, y. and Sopna, A. 2003. Sedimentology of high-stage flood deposit of the Tagus River, Central Spain. *Sedimentary Geology*, 157:107-132.
- Gillieson, D., Smith, D.I., Greenway, M. and Ellaway, M., 1991, *Flood history of the limestone range in Kimeberely region, western*