

زمان و رودخانه‌ها

ژئومورفولوژی رودخانه‌ای از سال ۱۹۶۰ تا کنون

نویسنده: آلن وهل، استاد دانشگاه کلرادو

مترجمان: هدیه دهستانی و سیاوش شایان: دانشگاه تربیت مدرس

اشاره

شروع دانش ژئومورفولوژی را بررسی تحولات رودخانه‌ها و تأثیر آن‌ها بر تحول ناهمواری‌ها می‌دانند. ژئومورفولوژی رودخانه‌ای یکی از موضوعات مهم و بین‌رشته‌ای را در برمی‌گیرد. به‌طوری‌که با تغییرات بنیادینی که در حجم آب‌های شیرین جهان و از جمله در کشور ما طی چند دهه اخیر صورت گرفته، مطالعات این رشته مورد توجه بسیار قرار گرفته است. نویسنده مقاله در بررسی علمی و دقیق خود تحولات این رشته در پنجاه سال اخیر را مورد مطالعه قرار داده که توجه به آن، به‌عنوان یکی از زیربناهای علمی این رشته، راه را برای پژوهشگران بعدی در این قلمرو می‌گشاید. به همین جهت فصل‌نامه رشد جغرافیا ترجمه و انتشار این مقاله را به محققانی تقدیم می‌کند که با پژوهش‌های رودخانه‌ای بعدی، با ارائه راهکارهای ارزشمند خود قدم‌های مؤثری را برای غلبه بر بحران آب در کشور عزیزمان برمی‌دارند.

چکیده

ژئومورفولوژی رودخانه‌ای بزرگ‌ترین و تنها زیرشاخه ژئومورفولوژی طی دهه‌ها بوده است. متخصصان ژئومورفیک رودخانه‌ای در پی ارتقای درک درست از رودخانه‌ها، بهبود مدیریت آن‌ها و یافتن راهبردهایی (استراتژی‌هایی) رو به توسعه برای توسعه پایدار هستند.

این مقاله می‌خواهد یک نمای کلی از برخی پیشرفت‌های قابل توجه در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای را - بین سال‌های ۱۹۶۰ و ۲۰۱۰، یعنی نیم قرن - با توجه به این موارد ارائه کند: مدل‌های مفهومی، عوارض رودخانه‌ای و محیط‌های در حال مطالعه، ابزارهای استفاده شده توسط ژئومورفولوژیست‌های رودخانه‌ای، گروه‌های تخصصی ژئومورفیک در جوامع حرفه‌ای، مجلاتی که تحقیقات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای و نیز کتاب‌های درسی ژئومورفولوژی

رودخانه‌ای را منتشر کرده‌اند.

در طی این نیم قرن، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای در قلمروهای قابل توجهی گسترش داشته است؛ از تمرکز اولیه بر روی اصول فیزیکی زیربنایی فرم و فرایند در کانال‌های کم‌شیب‌تر، که با طیفی از اندازه ذره‌ها محدود است گرفته تا نظر یکپارچه‌تر به رودخانه‌ها، به‌عنوان اکوسیستم‌هایی با رفتارهای غیرخطی و تنوع زیاد شیب، ترکیب لایه‌بندی و بافت دانه‌ها. ابزارهای انجام مشاهدات پایه، تجزیه و تحلیل داده‌ها و همچنین انتشار آن‌ها در این دوره و انجمن‌های علمی ژئومورفیک رودخانه‌ای تنوع قابل توجهی یافته‌اند.

کلیدواژه‌ها: زمان، رودخانه‌ها، ژئومورفولوژی، سال ۱۹۶۰

مقدمه

قصد اولیه من در این مقاله بررسی تحولات در ژئومورفولوژی رودخانه‌های طی دوره پنجاه ساله ۲۰۱۰-۱۹۶۰ است. این یک بررسی کسالت‌آور از تغییرات بسیار در این رشته طی این دوره از نیم‌قرن نیست، بلکه از نظر من بر مهم‌ترین پیشرفت‌هایی تمرکز دارد که در چارچوب‌های مفهومی، تحقیقات علمی به‌دست آمده از محیط‌های رودخانه‌ای متنوع، ابزارهای به‌کار رفته به‌وسیله ژئومورفولوژیست‌ها در مطالعه رودخانه‌ها و بالاخره برقراری ارتباط بین نتیجه دیدگاه‌ها و مجلات و کتاب‌های درسی، درک عمومی ژئومورفیک رودخانه‌ای از رودخانه‌ها را به‌طور خلاصه ارائه می‌دهند. نظر من این است که ژئومورفولوژی رودخانه‌ای از لحاظ داشتن مدل‌های مفهومی، که به صورت کمی و کیفی بیان می‌کند، و روند مورد انتظار فرم و فرایند و پاسخ رودخانه‌ها به‌عنوان یک زیرشاخه، تحولاتی یافته است. مباحث مربوط به ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، از گذشته تاکنون، از نظر نسبت به کل مقالات، به‌عنوان بزرگ‌ترین زیرشاخه ژئومورفولوژی در مجلات ژئومورفیک باقی مانده است. طی نیم‌قرن گذشته، چارچوبی که در آن ژئومورفولوژیست‌های رودخانه‌ای به سیستم رودخانه نگریسته‌اند پیوسته رو به گسترش بوده است. ژئومورفولوژیست‌ها هرگز مجرای رودخانه را جدا از محیط وسیع‌تر پیرامون آن بررسی نکرده‌اند، اما با گذشت زمان متخصصان این رشته به‌طور فزاینده‌ای بر ادغام اصول به‌دست آمده از علوم چون زمین‌شناسی (تکتونیک و توپوگرافی)، زیست‌شناسی (ژئومورفولوژی گیاهی یا جانوری)، بوم‌شناسی (رودخانه‌ها به‌عنوان اکوسیستم) و جغرافیا (به‌عنوان میراث تأثیرگذار) با این رشته تأکید کرده‌اند. ژئومورفولوژی همچنین به‌طور فزاینده‌ای بر رویکرد کل‌نگر تأکید داشته که در عبارت «علم سیستم زمین» یا «منطقه بحرانی» منعکس شده است. جامعه علمی ژئومورفولوژی رودخانه‌ای معاصر، از نظر جنس، نژاد، کشور مبدأ و رشته آموزشی نشان‌دهنده تنوع بیشتری نسبت به ژئومورفولوژی رودخانه‌ای در سال ۱۹۶۰ است.

من روند جمعیت و منابع استفاده شده در ایالات متحده و جهان را در حدود سال‌های ۱۹۶۰ و ۲۰۱۰، و به همان نسبت مشاهدۀ رودخانه‌ای را بازبینی می‌کنم و به‌طور خلاصه، با تمرکز بر مقالاتی که به زبان انگلیسی منتشر شده است، به بررسی موضوع اصلی در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای قبل از سال ۱۹۶۰ و سپس بحث درباره تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای در دهه‌های بین سال‌های ۱۹۶۰ و ۲۰۱۰ می‌پردازم، آن‌گاه با اظهارنظر درباره مطالعات و آینده ژئومورفولوژی رودخانه‌ای کار را به پایان می‌رسانم. در بخش شرایط اجتماعی بر روی ایالات متحده آمریکا تمرکز می‌کنم اما بسیاری از توصیفات از شرایط اجتماعی در سال ۱۹۶۰

و ۲۰۱۰ در ایالات متحده برای دیگر کشورهای با درآمد بالا- که در آن اکثریت تحقیقات ژئومورفیک تا به امروز انجام شده است- صدق می‌کند.

۲. زمینه‌ای برای ژئومورفولوژی رودخانه‌ای

۱-۲: جامعه، محیط زیست و علم در حدود سال ۱۹۶۰

با استفاده از داده‌های اداره آمار ایالات متحده، در سال ۱۹۶۰، ایالات متحده حدود ۱۸۰ میلیون نفر جمعیت داشت. بر این اساس، تراکم جمعیت در آمریکا، به استثنای آلاسکا، به‌طور متوسط ۱۸/۲ تا ۲۲/۱ نفر در هر کیلومتر مربع بود. تعریف اداره آمار از منطقه شهری، مکان‌های دارای جمعیت ۲۵۰۰ نفر یا بیشتر بود. براساس این تعریف ۶۳ درصد از جمعیت ایالات متحده در سال ۱۹۶۰ شهرنشین بودند. در آن زمان جمعیت جهان تقریباً ۳ میلیارد نفر بود که تنها حدود ۳۰ درصد از آن‌ها در مناطق شهری زندگی می‌کردند. زمین‌های زیر کشت حدود ۳۵ درصد از کل مناطق آزاد از یخ جهان به شمار می‌رفتند و از آنجا که بسیار کمتر از نصف جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کردند، به احتمال زیاد، بخش قابل‌توجهی از جمعیت جهان، به‌طور متوسط، در سال‌های دهه ۱۹۶۰، حداقل مدتی را در اطراف رودخانه‌هایی سپری می‌کرده‌اند که هنوز توسط فعالیت‌های انسان، مانند تعدیل جریان یا مجراسازی، به‌شدت تغییر نکرده بودند. تأکید بر حفاظت خاک در ایالات متحده، بعد از دهه ۱۹۳۰ و فرسایش شدید اولیه، به این معناست که در آن سال‌ها ویژگی‌هایی از قبیل کمربند حفاظت درختان بین مزارع و در طول مسیر رودها نسبت به امروزه عمومیت بیشتری داشت.

طی چند قرن اخیر، مردم بخش‌هایی از شمال آمریکا پوشش زمین را تغییر دادند، اگرچه در اروپا نیز شدت و دامنه این تغییرات با گسترش کشاورزی در مناطق مسکونی توسط اروپاییان، تسریع شد. مرحله دیگری از تغییرات گسترده در توپوگرافی و پوشش زمین در قاره آمریکا بیش از هر چیز با توسعه سیستم بزرگ‌راه‌های بین‌ایالتی در سال‌های ۱۹۶۰ آغاز شد. در همه جای آمریکا رشد حومه شهری با توسعه بازرگانی و اختصاص زمین‌ها به اتومبیل‌های شخصی و گسترش استفاده از تجهیزات مزارع بسیار بزرگ مکانیزه در ارتباط است. ظرفیت انباشت پشته‌ها تقریباً ۶۲۰ میلیارد متر مکعب یا فقط کمتر از نیمی از رواناب یک ساله در ایالات متحده بود. این آمارها که برای مقایسه تراکم جمعیت و تغییرات پوشش زمین و رژیم جریان، در سال ۱۹۶۰ و سال ۲۰۱۰ ارائه شده در عین حال برخی دیدگاه‌ها را نیز که مردم در سال‌های ۱۹۶۰

رودخانه‌ها را چگونه درک می‌کردند ارائه می‌کند. در آن دهه، از یک طرف، رودخانه‌های متوسط تا بزرگ عمدتاً از چشم‌اندازی مطلوب برای حمل‌ونقل تولید برق و تأمین آب برخوردار بودند و از طرف دیگر، بیرون از متراکم‌ترین مناطق مسکونی شهری، کودکان احتمالاً تماس‌هایی با محیط‌های طبیعی از جمله رودخانه‌ها داشتند. به احتمال زیاد تعاملات دوران کودکی هر فرد با مناطق طبیعی، بر روی درک وی از جهان، در سراسر زندگی‌اش تأثیر می‌گذارد، این همان بحثی است که راشل کارسون (۱۹۶۵) و ریچارد لویی (۲۰۰۸) مطرح کردند. وجود یک رودخانه نزدیک به محل سکونت فرد که به شدت مهندسی و یا تثبیت نشده و لذا برای ماهی‌گیری، شنا و یا قایق‌رانی در دسترس است، ممکن است در فرد یک نیاز، و حتی احساس مالکیت، نسبت به آن رودخانه، که بسیاری از محله‌های دیگر شهر یا حومه شهر ندارند، ایجاد کند. طی چند دهه مورد نظر، مسابقه تسلیحاتی معروف به جنگ سرد و زمینه بروز یک جنگ هسته‌ای به‌طور قابل درکی فکر مردم را به خود مشغول می‌داشت و آن‌ها درباره تهدیداتی که خود و جامعه‌شان با آن مواجه بودند اندیشناک بودند. در همین حال متفکران آمریکایی، همچون جورج پرینکس مارش (۱۸۶۴) و جان مویر، اثرات مخرب استفاده انسان از منابع طبیعی طی قرن آینده را هشدار می‌دادند. این آگاهی که بشر می‌تواند به‌طور باور نکردنی، با استفاده از سلاح‌های اتمی، نابودکننده‌ترین عامل حیات بر روی زمین باشد منجر به توجه جدیدی به شکنندگی محیط‌های طبیعی شد و بیش از پیش آگاهی نسبت به انواع آلودگی‌ها را افزایش داد. در سال ۱۹۶۲ انتشار کتاب «بهار خاموش»^۲ بر خطرات ناشی از مواد شیمیایی، مانند آفت‌کش‌ها، تأکید کرد. این پرفروش‌ترین کتابی در آمریکا بود که به شناخت عمومی مردم از چگونگی فراگیری آلودگی آب و هوا کمک کرد. آتش‌سوزی‌های سال ۱۹۵۲ و ۱۹۶۹ در کنار رودخانه‌های کاپاگا در کلیولند ایالت اوهایو، حادثه‌هایی به یادماندنی بودند: آب نباید سوزانده شود. مه دود غلیظ کشنده، مانند رویداد سال ۱۹۴۸ در دونورا، در پنسیلوانیا، که حداقل ۲۰ نفر را کشته و یا دود غلیظ ۱۹۵۲ در لندن که تخمین زده می‌شود ۱۲۰۰ نفر در اثر آن کشته شدند، اعلام خطرهای آشکاری بودند که همیشه، هوای اطراف لزوماً برای تنفس سالم نیست.

از آن پس، توجه به مسائل زیست‌محیطی، مانند از بین رفتن حاصلخیزی خاک، آب پاکیزه، هوای پاک و انقراض گونه‌ها به تدریج درک عمومی را تغییر داد، به‌طوری‌که دیدگاه جهانی قرن نوزدهمی، که بهره‌برداری بی‌حد و حصر از منابع طبیعی را، به تصور تداوم وجود قلمروهای طبیعی و دیگر جاهای کره زمین مجاز می‌شمرد، در اواخر قرن بیستم جای خود را به دیدگاه مبتنی

بر «زمین شکننده و در خطر، آسیب‌پذیر و نیازمند حفاظت» داد. دیدگاه دوم با اعلام اولین «روز زمین» در سال ۱۹۷۰ در سراسر جهان منعکس شد.

با وجود افزایش بی‌اعتمادی نسبت به محصولات صنعت و تکنولوژی، مانند قدرت هسته‌ای و آفت‌کش‌ها، در کل، مردم ایالات متحده باز هم اعتماد بیشتری به علم، فناوری و قدرت دولتی داشتند که عموماً از علم و تکنولوژی حمایت می‌کند. ملت در کوران تحول فوق‌العاده در پوشش زمین و رشد استفاده از منابع طبیعی که توسط علم کاربردی و فناوری هدایت می‌شد قرار گرفته بود. طی دهه‌های ۵۰ و ۶۰، دستکاری محیط‌های رودخانه‌ها از طریق کانال‌کشی، احداث سدها، ساخت دالان‌های حمل‌ونقل در امتداد رودها شتاب گرفت. اگرچه افراد و گروه‌های کوچک‌تر، در جنبش زیست‌محیطی در حال رشد، به این تغییرات اعتراض کردند، اما به‌طور کلی گرایش عمومی طرفدار گسترش و دستکاری شدید محیط‌های طبیعی برای منافع اقتصادی و کاهش مخاطرات طبیعی بود. براساس محتوای مقالاتی که در مجلات علمی و مطبوعات عمومی آن زمان درج شده، می‌توان دریافت که سطح آگاهی‌های علمی و عمومی مردم نسبت به عوارض ناشی از دستکاری رودخانه و اثرات منفی آن‌ها اندک بوده است.

اسناد و شواهد تاریخی نشان می‌دهد که از سال ۱۹۰۰ همه نسل‌ها در مورد گام‌های سریع زندگی جدید شکایت داشته‌اند اما به‌نظر می‌رسد زندگی در سال ۱۹۶۰ نسبت به امروز از سرعت حرکت کمتری برخوردار بوده است. مسافرت در مسافت طولانی برای اشخاص متوسط محدود بود. سفر هوایی گران‌تر بود و زمان بیشتری صرف آن می‌شد. سفر برای گذران اوقات فراغت و حتی مسافرت تجاری خیلی کمتر عمومیت داشت. در سال ۱۹۶۰ حدود ۶۲ میلیون نفر در پروازهای هوایی تجاری در ایالات متحده سفر کردند و اکثراً نیز با هواپیماهای پیستونی که آهسته حرکت می‌کردند و غیرقابل اعتماد بودند و با مخاطرات بسیار بیشتری نسبت به امروز مواجه می‌شدند. حتی مسافرت در یک منطقه به‌طور معمول نیازمند توقف‌های متعدد بود چه رسد به مسافرت در تمام کشور. در ایالات متحده، سیستم بزرگ‌راه‌های بین‌ایالتی هنوز مثل امروز توسعه نیافته بود و شبکه جاده‌ای ملی بسیار کمتر یکپارچه بود، آن هم با جاده‌هایی کمتر با کیفیت ضعیف نسبت به حال حاضر. از این جهت برای یک رشته علمی که پایه آن بررسی‌های زمینی است، مثل ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، دسترسی به محل تحقیق نسبت به امروز بسیار متفاوت بود.

بیشتر وسایل ارتباطی کندتر بودند. نامه‌ها یا مقالات علمی با دست یا با ماشین تایپ بر روی کاغذ نوشته و از طریق پست عادی ارسال می‌شد. در مقالات علمی تصاویر با دست، و در بسیاری از

همچنین، فرضیه یخچالی آگاسیز، یک رشته تحقیقات گسترده حیاتی را در مورد شواهد یخچالی تغییر چشم‌اندازها بنیان نهاد و سؤالاتی را در مورد توانایی نسبی رودخانه‌ها در برش دادن و حفر سطح زمین برانگیخت. اما، در واقع، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، طی اواخر قرن ۱۹ بود که با کارهای جیلبرت، در مورد گسترش چشم‌انداز متعادل و دیدگاه‌های سطح اساس، در برابر نظریه زهکشی پیشینه رود^۲ پاول و چرخه فرسایش دیویس شروع به گسترش پیدا کرد.

ژئومورفولوژیست‌ها به راهنمایی‌های چمبرلن در ارائه فرضیه‌های متعدد توجه کردند و هم تحقیقات میدانی و هم تجربه‌های محیط طبیعی را برای آزمون فرضیات به کار گرفتند. در آن برهه، تفسیر وضعیت گذشته رودها قویا متکی بر پادگانها بود که برای درک تغییرات گذشته سطح اساس، دبی آب و رسوب به کار گرفته می‌شد.

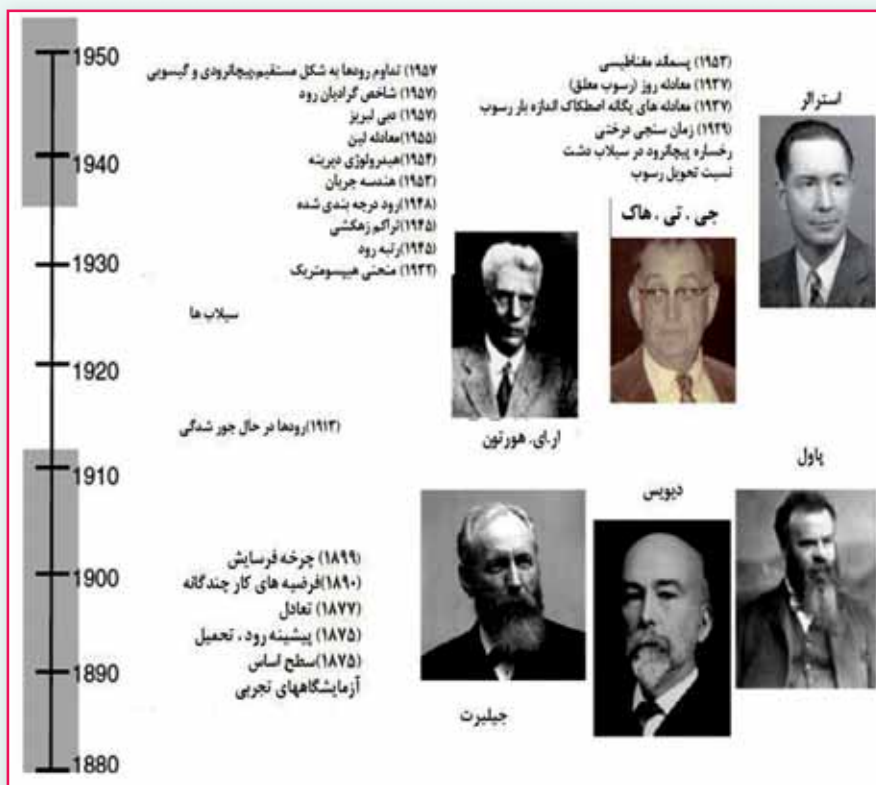
طی دهه اول قرن بیستم، انتشار مقالات در حوزه فرایندهای ژئومورفولوژیک و در پی آن فرم‌های رودخانه تداوم یافت که طرح جنجال‌برانگیز بریتزر درباره ایجاد کانال اسکالند در شمال غرب ایالات متحده، بر اثر یک طغیان ناگهانی سیلاب، از آن جمله بود. به‌طور کلی، نخستین دهه قرن بیستم، نسبت به دهه قبل و بعد آن، دوره‌ای بود که مطالعه رودخانه‌ها در آن کمتر بود. به‌دنبال یک دوره نسبتاً غیرفعال، طی سه دهه ۱۹۵۰-۱۹۳۰

موارد هم توسط طراحان حرفه‌ای، و اغلب مردان، کشیده می‌شد. عکس‌ها نیز ناچار به صورت نگاتیوهای خاکستری عرضه و سپس روی کاغذ چاپ می‌شدند. تلفن‌ها هم با پریز به دیوارها نصب شده بودند. به‌طور معمول مجله‌ها هر ماه یک‌بار منتشر و به شکل نسخه‌های کاغذی برای کتابخانه‌ها و یا افراد ارسال می‌شدند. تنها تصاویر از راه دور، عکس‌های هوایی بودند که به‌وسیله هواپیما می‌گرفتند و سپس بر روی کاغذ چاپ می‌شدند؛ ضمن اینکه عجله برای ارائه یک ایده جدید و هیجان‌انگیز و چاپ آن قبل از اینکه شخص دیگری ایده مشابه را منتشر کند نیز وجود داشت. جامعه ژئومورفولوژی رودخانه‌ای از نظر شمار افرادی که به‌طور فعال پژوهش می‌کردند و نیز از نظر تعداد افرادی که هدایت تحقیق را برعهده داشتند فقیر بود. به احتمال زیاد مجلات مقالاتی طولانی را منتشر می‌کردند که نشان‌دهنده چندین سال کار بودند.

۲-۲. استنباط‌ها در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای

شکل (۱) خلاصه تعدادی از مهم‌ترین دیدگاه‌های ژئومورفولوژی رودخانه‌ای مربوط به قبل از ۱۹۶۰ را نشان می‌دهد. می‌توان گفت پیدایش علم ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به اواخر قرن ۱۸ برمی‌گردد که به وسیله هوتن و پلی‌فر (۱۸۰۲) رسمیت پیدا کرد؛ با این بیان که رودخانه‌ها می‌توانند دره‌های خود را حفر کنند، اگر زمان کافی داشته باشند.

شکل ۱: خط زمانی مدل‌های مفهومی، محیط‌های رودخانه‌ای و ابزارهای مورد استفاده قبل از ۱۹۶۰. فعالیت‌ها در دو دوره متمرکز بودند: از ۱۸۷۰ تا دهه اول قرن بیستم و از دهه ۱۹۳۰ تا دهه ۱۹۵۰. عکس‌ها متعلق به برخی از دانشمندان پیش‌تاز طی این دوره‌هاست.



تحقیق بر روی رودخانه‌ها سرعت گرفت. در این دوره بود که محققان معیارهای اندازه‌گیری ژئومورفیک را، از قبیل رتبه‌های رود، تراکم زهکشی، شاخص گرادیان رود، شیب جریان و منحنی هیپسومتریک، توسعه دادند. جنگ جهانی دوم نقش مهمی در توسعه فناوری‌های جدید در نقشه‌کشی، عکس‌های هوایی و تعدیل چشم‌اندازهای مکانیزه شده ایفا کرد؛ فناوری‌هایی که توانایی رسیدن به پرسش‌های جدید در مورد فرم و فرایند رودخانه‌ای را ارتقا بخشید.

مدل‌های مفهومی که در طی دهه‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۵۰ به‌طور گسترده به‌کار می‌رفتند عبارت بودند از ایده‌ی تعدیل رود، روابط بین هندسه هیدرولیک، دبی لبریز به‌عنوان بزرگای مهم جریان و تداوم در جریان مستقیم، پیچان‌رودی و گیسویی، که می‌تواند از لحاظ شیب و انرژی جریان اندازه‌گیری شود. کار پیشگامانه شیلدز در مورد ورود رسوبات به جریان رود با استفاده از ویژگی‌های اندازه دانه‌ها، منجر به «معادله بار بستر» شد و مطالعات روز (۱۹۳۷) منجر به یافتن معادله‌هایی برای غلظت رسوبات معلق گردید. یک رشته مشخصه پیوسته و صعودی برای رودخانه‌های پیچان‌رودی تشریح گردید، اگرچه چگونگی گسترش این نوع توالی با کارهای آلن در دهه ۱۹۶۰ گسترش یافت، اندازه‌گیری دبی آب و رسوبات معلق، ارائه دقیق‌تر و غیرخطی پسماندهای مغناطیسی را نشان داد. در همین زمان، استفاده از حلقه‌های درختی برای تعیین سن دقیق‌تر درخت، نسبت به استفاده از تکنیک‌های تاریخ‌نگاری نسبی پیشین، مورد توجه قرار گرفت.

به‌طور خلاصه درباره ژئومورفولوژی رودخانه‌ای باید گفت که در سال ۱۹۶۰، محققان تمایل داشتند برای توصیف فرم و فرایند رودخانه‌ای، از چارچوب‌های تعریف شده براساس اصولی فیزیکی که تصور می‌کردند قابل اجراست استفاده کنند؛ چنان‌که لئوپولد و ولمن این موارد را در کتاب درسی «فرایندهای رودخانه‌ای در ژئومورفولوژی» که در سال ۱۹۶۴ تألیف کردند مورد تأکید قرار دادند. این کتاب دستور کاری علمی شمرده می‌شد که حتی امروز هم تأثیر آن را می‌توان مشاهده کرد. به‌طور کلی دو مؤلف این کتاب، لئوپولد و ولمن، هدایت و گسترش ژئومورفولوژی رودخانه‌ای را برعهده داشتند.

چارچوب اصول فیزیکی را براساس چند مفهوم می‌توان خلاصه کرد. یک رود تعدیل‌یافته نشانگر سازگار شدن با شرایط موجود و مقاومت و شرایط پایدار است. مصرف یکسان انرژی، پایه‌ای را برای تفسیر سازگاری رودخانه با تغییرات زمانی یا جریان پایین دست در مقاومت بستر یا آب یا رسوب ورودی فراهم می‌کند. در جست‌وجوی اصول همگانی، فرض بر این بوده است که سیستم‌های فیزیکی جبرگرایانه‌اند، به‌صورت خطی عمل می‌کند و یا در آن‌ها حداقلی از ویژگی‌های منطبق بر روابط علت و معلولی قابل شناسایی است.

همان‌طور که گفته‌ی معروف آلبرت اینشتین است که «خداوند با جهان تاس‌بازی نمی‌کند»، جهان‌بینی که به‌نظر می‌رسد قدمتی بیشتر دارد، و مربوط به عهد ویکتوریاست که در آن بر منطق و پیشرفت از طریق سیستماتیک و درک اصول اولیه تأکید می‌شود. تأکید بر مقیاس الگوهای کانال- و شبکه-، همانند هندسه هیدرولیک، و فرایندهایی مانند عمل ژئومورفیک، احتمالاً حداقل به چهار عامل می‌بایست توجه نمود: اول، تکنیک‌هایی که به‌منظور توسعه گاه‌شماری کوتاه‌تر می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند بسیار محدود بود. روش تاریخ‌نگاری نسبی مانند موقعیت چینه‌شناسی، گل‌سنگ‌سنجی^۴ و توسعه خاک بود، استفاده می‌شد. اما روش‌های سنّ مطلق تا حد زیادی به سنجش حلقه‌های درختی و سن‌یابی با رادیوکربن روش نسبتاً جدید محدود می‌شد و در نتیجه، توانایی تعیین روابط زمانی بین وقایع بیرونی و پاسخ رودخانه به توانایی برای توسعه تاریخچه تغییرات جریانی محدود بود.

دوم، تأکید بر اصول فیزیکی به‌جای تاریخچه، که به آن اشاره شد، ممکن است یک واکنش در برابر مدل‌های مفهومی پیشین بوده باشد؛ به‌عنوان مثال، در برابر مدل مفهومی چرخه فرسایش ویلیام موریس دیویس، که بر تحول تاریخی و توالی زمانی تأکید داشت.

چرخه فرسایش پیش‌رونده بر زمان تأکید می‌کرد که چشم‌انداز ناهمواری را از جوانی، به یک چشم‌انداز بالغ و در نهایت هموار در نظر می‌گرفت و بسیار جذاب بود و به‌شدت برای چندین دهه تفکر ژئومورفیک را تحت تأثیر قرار داد. با این حال در سال ۱۹۶۰ تغییر به سمت فرایندهای ثابت زمان و نه تحولات تاریخی قوت گرفت. سوم: غلبه کمیّت و آزمایش- براساس رشته‌های علمی مانند فیزیک، شیمی و زیست‌شناسی مولکولی- برای درک خصوصیات ریاضی مورد نیاز رشته‌های علمی کاربران عادی و روند فرم و فرایند. چهارم: بعد از جنگ جهانی دوم دسترسی فراگیر به نقشه‌های توپوگرافی، مقایسه کمی مکان‌های مجزا را با استانداردهای توپوگرافی تازه توسعه‌یافته، گسترش داد. این رویه نشان می‌دهد که روش‌هایی که به تازگی در فناوری در دسترس قرار می‌گیرد می‌تواند به‌شدت سؤالات علمی مطرح شده را تحت تأثیر قرار دهد؛ تأکید امروزی بر استفاده از مدل رقومی ارتفاع و داده‌های لیدار در پژوهش.

ژئومورفولوژیست‌های رودخانه‌ای در طی دو دهه منتهی به سال ۱۹۶۰، همکاری خود با مهندسی عمران را شروع کردند و به‌شدت به سمت معادلات بنیادین مهندسی هیدرولیک کشیده شدند، همانند آن دسته از کارهایی که بر روی رسوب وارده به رود، زبری هیدرولیک و تئوری رژیم رود از ابعاد پایداری کانال به‌دست آمده است. در این معادلات شرایطی مانند پایداری، یکنواختی جریان، نیم‌رخ لگاریتمی سرعت، و جابه‌جایی رسوب محدود در نظر گرفته شده است؛ اگرچه ژئومورفولوژیست‌ها این فرضیات را که

در کانال‌های طبیعی به کار برده شدند، ساده شده در نظر گرفتند و به رسمیت شناختند. این فرضیات، به‌طور معمول، زمانی که در شیب‌های کم، کانال‌های با بستر شنی با اندازه متوسط دانه‌ها که بسیاری از تحقیقات ژئومورفیک بر آن‌ها متمرکز بودند، مسئله چندانی را حل نمی‌کرد.

۳-۲: جامعه، محیط طبیعی و علم در حدود سال ۲۰۱۰

در سال ۲۰۱۰ جمعیت ایالات متحده حدود ۳۰۸ میلیون نفر و تراکم جمعیت، به استثنای آلاسکا، به‌طور متوسط ۳۳/۸ تا ۳۷/۹ نفر در هر کیلومتر مربع بود. این نشان‌دهنده افزایش ۱۷۱ درصدی تراکم جمعیت در کمتر از ۴۷ ایالت نسبت به سال ۱۹۶۰ بود. تخمین زده شده که در سال مورد نظر ۸۱ درصد از مردم آمریکا در مناطق شهری زندگی می‌کردند. جمعیت جهان نیز تقریباً ۶/۹ میلیارد نفر بود که یک افزایش ۲۳۰ درصدی را نسبت به سال ۱۹۶۰ نشان می‌داد. در سال ۲۰۱۰ نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کردند؛ برخلاف سال ۱۹۶۰ که این رقم ۳۰ درصد بود. جمعیت، ۳۸ درصد از کل مناطق آزاد از یخ در سطح جهان را به خود اختصاص داده است. اگرچه حداقل ۸۳ درصد از مساحت زمین‌های آزاد از یخ، به‌طور مستقیم توسط انسان تحت تأثیر قرار گرفته بود.

در سال ۲۰۱۰ ظرفیت ذخیره‌سازی آب در پشت سدها در ایالات متحده تقریباً ۱۱۰ میلیارد متر مکعب بود، یعنی افزایشی ۱۸۰ درصدی نسبت به سال ۱۹۶۰، که نشان‌دهنده مقدار کمتر رواناب سطحی سالانه در ایالات متحده است. تنها دو درصد از طول رودخانه‌های آمریکا به‌وسیله سدها تحت تأثیر قرار نگرفته بود و بیشترین بخش رودخانه‌های تأثیر نپذیرفته در آلاسکا بودند. سدها بیش از نیمی از (۱۷۲ از ۲۹۲) سیستم رودخانه‌ای بزرگ جهان را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بیش از ۴۵۰۰۰ سد با ارتفاع تاج به بلندی حداقل ۱۵ متر وجود دارد که اکثر آن‌ها از سال ۱۹۶۰ تاکنون ساخته شده‌اند. در مجموع این سدها سالانه ۱۵ درصد کل رواناب جهان را در خود حفظ می‌کنند. بررسی‌های اجمالی بی‌شمار و مقالات ترکیبی، بر نقش انسان در تغییرات محیطی و تغییرات پی‌درپی بر روی زمین، شامل توپوگرافی، جریان یافتن رسوبات زمینی به سمت اقیانوس‌ها، اکوسیستم‌های دریایی، رواناب‌های وارد شده به اقیانوس‌ها، اکوسیستم‌های طبیعی اقیانوس‌ها و دینامیک نیتروژن تأکید می‌کنند. رشد شناخت علمی بشر از فراگیری و شدت اثرات انسانی بر محیط طبیعی زمین، درک عمومی و برنامه‌های دولتی را تحت تأثیر قرار داده به‌طوری که به‌طور فزاینده‌ای بر لزوم آگاهی از تغییرات ناشی از انسان و سیستم‌های طبیعی، و در نتیجه نیاز به حفاظت و بازیابی این

سیستم‌ها تأکید می‌شود.

دسترسی آسان به تصاویر ماهواره‌ای مستقر بر فضا و انتشار تصاویر ترکیبی مانند پراکنش نورها در شب به‌عنوان بازتابی از تراکم روزافزون جمعیت و استفاده هرچه بیشتر از منابع، به درک گسترده‌ای «بشر»، به‌عنوان یک عامل تغییر شدید سطح زمین، منجر شده است.

تراکم جمعیت بیشتر، سهم بیشتر جمعیت شهرنشین و تعداد زیاد سدها بدین معناست که هر کس احتمالاً با رودخانه نسبتاً طبیعی کمتر در تماس بوده است. کودکان بزرگ شده رودخانه‌ها را بسیار تغییر یافته و مهندسی شده شناخته‌اند. انتظارات و ادراکات ما از آنچه طبیعت، سلامت و یا جذابیت رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد تغییر یافته و این پدیده به‌عنوان «سندرم خط مبنای بی‌ثباتی»^۵ شناخته شده است. سپری کردن همه با بخش اعظم عمر در یک ناحیه شهری احتمالاً باعث می‌شود فرد راحت‌تر با تشدید شدن مهندسی محیط در مفهوم مورد انتظار آن کنار بیاید.

در این میان گرم شدن نسبی دمای زمین، رکود اقتصادی جهان، کمبود رو به رشد منابع انرژی، روبه ازدیاد نهادن جمعیت جهان و به‌ویژه ازدحام جمعیت در مناطق شهری مسائل اصلی بود که در دهه اخیر مردم نگران آن‌ها بودند. در این دهه، نسبت به سال ۱۹۶۰، ارتباطات در زندگی روزمره به‌طور قابل توجهی وسیع‌تر و سریع‌تر شده بودند.

در کشورهای با درآمد بالا، مردم بیشتری برای کسب منافع دست به سفرهای دور زدند و سرعت و سهولت سفر زمینی با خودروی شخصی به‌طور چشمگیری افزایش یافت. در حالی که در سال ۱۹۶۰، ۶۲ میلیون مسافر در پروازهای هوایی تجاری در ایالات متحده سفر کرده بودند این میزان در سال ۲۰۱۰ به ۷۲۰ میلیون نفر رسید. اکنون تلفن‌های همراه و گسترش رسانه‌های الکترونیکی، مانند ایمیل، در سراسر جهان، ارتباطات فوری-لحظه‌ای را میسر ساخته‌اند. تصاویر از راه دور و با وضوح بالا از سطح زمین، به‌راحتی در رایانه‌های شخصی، تبلت‌ها و تلفن‌های همراه در دسترس‌اند. دستگاه‌های GPS کوچک تعبیه شده در تلفن‌ها، خودروها، و دیگر دستگاه‌ها به افراد اجازه می‌دهد تا به آسانی مختصات جغرافیایی محل سکونت خود را تعیین کنند.

در کشورهای توسعه‌یافته بالا تعداد دانشگاه‌ها افزایش یافته است. بسیاری از این دانشگاه‌ها برنامه‌هایی در علوم زمین یا مهندسی دارند که برخی شامل نوعی از ژئومورفولوژی رودخانه‌ای است. با افزایش دسترسی به ارتباطات الکترونیکی ارسال مقالات پژوهشی از کشورهای دور به مراکز نشر علمی سنتی در شمال آمریکا و اروپا ساده شده، اگرچه انجمن‌های جدیدی به سرعت در کشورهایی مثل چین در حال تأسیس‌اند. در پایان سال ۲۰۱۳، لیدار به یک ابزار مهم برای تجزیه و تحلیل‌های سطح زمین تبدیل شده بود.

فراگیر شدن جهانی تلفن‌های هوشمند با برنامه‌های متنوع، رسانه‌های اجتماعی مانند تویتر و اینستاگرام، شبکه‌های آنلاین و یا جوامع قابل دسترس از طریق فیس‌بوک، لینک‌دین، یا کراد و سورسینگ^۶ و تبلت‌ها بدین معناست که، حداقل برای مردم در کشورهای با درآمد بالا، ارتباطات مستمر و فوری با دیگران، به کوشش چندانی نیاز ندارد. دسترسی بیشتر به نشریات، شروعی بود برای تغییر ماهیت از مقالات مروری به پژوهشی و در عین حال اعتبار علمی تفسیرهای عمومی؛ در نتیجه خط‌مشی‌های مجلات ارتقا یافت و ژئومورفولوژیست‌های رودخانه‌ای، به احتمال زیاد، نسبت به کارهای گذشته در چارچوب قانون قرار گرفتند، مانند طرح بازسازی رودخانه براساس الزامات قانونی برای گونه‌های در معرض خطر و یا قانون آب پاک در ایالات متحده و یا دستورالعمل چارچوب آب در اتحادیه اروپا.

۴-۲: استنباط‌ها در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای

در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای تأکید بر کاربردهای گسترده اصول علم فیزیک و عبارات کمی در قالب مباحث ریاضی، برای جریان حمل‌مواد در قوانین حمل‌ونقل ژئومورفیک، شبیه‌سازی‌های عددی از رودخانه و تحول حوضه زهکشی ادامه یافت. گسترش روش‌های تاریخ‌نگاری زمین^۷ نسبت به سال ۱۹۶۰، بازگشت آشکار تمرکز تحقیقات بر روی نرخ توالی و تغییرات در طول زمان زمین‌شناسی را تسهیل نمود. همچنین کمی کردن فرایندها و نرخ‌ها، تعاملات بزرگ مقیاس و درازمدت را در بین اقلیم، تکتونیک، فرسایش و نقش رودخانه‌ها در تکامل چشم‌انداز پرنرنگ‌تر کرد.

در یک برداشت، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به ریشه خود و سؤال‌اتی که توسط جیلبرت و دیویس، به‌طور مشابه، در قرن نوزدهم بیان شده بود بازگشت، اما با ابزارهای جدید؛ یعنی به شکل زمان‌سنجی، سنجش از دور و بررسی‌های کوچک مقیاس، کمی کردن هیدرولیک جریان و دینامیک رسوب.

ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به‌عنوان یک رشته، از آغاز، بر یکپارچگی تأکید داشت و از طریق یکپارچه‌سازی فضا، بر رودخانه‌ها، در چارچوب مناطقی حساس، تمرکز کرد که از پشتیبانی حیات برخوردار هستند و نمایشگر یکپارچگی و محل تلاقی اتمسفر، آب، خاک و اکوسیستم می‌باشند. این رشته در طول زمان، با تمرکز بر رودخانه، مدل‌های تغییر وضع زهکشی طی زمان از ۱۰۶-۱۰۳ سال به‌وسیله پارامتر کردن فرایندها که در مقیاس‌های بسیار کوتاه عمل می‌کنند، اطلاع رسانی را آغاز کرده بود. ژئومورفولوژی رودخانه‌ای یک رشته سراسر یکپارچه، اما با دو محدوده جدید است که با یکدیگر همپوشانی دارند، مانند اکوهیدرولوژی و ژئومورفولوژی حیوانی یا ژئومورفولوژی زیستی.

این امر خود را در گرایش فزاینده ژئومورفولوژیست‌های رودخانه‌ای به در نظر گرفتن رودخانه به‌عنوان یک اکوسیستم، به‌جای توجه به «زهکش‌هایی که مواد فرسوده خشکی‌ها را حمل می‌کنند»، نمایان کرده است. عبارت اخیر، نقش رودخانه‌ها در حمل رسوبات را بیش از اثرات متعدد و متقابل دبی رسوب و انباشت رسوب و تأثیر جوامع بیولوژیک در نظر می‌گیرد. پژوهش‌ها در مکان‌های مختلف جغرافیایی و انواع کانال‌ها نشان داد که از پیش‌فرض‌های اولیه دهه ۱۹۶۰ در رابطه با هیدرولیک و انتقال رسوب، به اندازه کافی رودخانه‌ها را با گرادیان‌های شیب، اندازه‌های مخلوط دانه‌ها، مرزهای مقاومت در برابر فرساینده‌ها یا رژیم‌های جریان بسیار متغیر به‌خوبی توصیف نکرده‌اند و مدل‌های مفهومی کمی و کیفی جدیدی برای توصیف مقاومت در برابر جریان توزیع سرعت.

آشفته‌گی، رسوبات حاصله و فاکتورهای دیگر ارائه شد. بسیاری از این مدل‌ها رفتارهای غیرخطی و آشفته‌گی‌ها را شناسایی کردند. بخش عمده‌ای از تحقیقات ژئومورفیک رودخانه‌ای در زمینه‌های کاربردی بوده است. دانشمندان به‌دنبال گسترش درک درستی از رودخانه‌ها به‌عنوان اکوسیستم‌هایی برای مدیریت اهداف مورد نظر خود برای حفاظت از زیستگاه‌ها و گونه‌ها، حفظ استانداردهای کیفیت آب و یا کاهش مخاطرات هستند. با رشد آگاهی‌های اجتماعی و علمی بشر از رودخانه‌ها، به‌عنوان مناطق حساس و قابل تغییر به‌وسیله انسان، تلاش‌های زیادی برای تعریف معیارهایی که به‌وسیله آن سلامتی و یکپارچگی رودخانه‌ها را بتوان تعیین کرد، به‌کار رفت تا با آن‌ها بتوان سلامتی و یکپارچگی رودخانه‌ها را مورد قضاوت قرار داد.

پژوهشگران جدیدی در ژئومورفولوژی رودخانه به عرصه آمدند و شمار بیشتری از زنان نیز وارد این عرصه شدند در حالی که تعداد این زنان در سال ۱۹۶۰ احتمالاً کمتر از شمار انگشتان هر دو دست بود، و این واقعیتی غیرقابل تصور در ابتدای قرن بیستم بود. مقالات پژوهشی ژئومورفیک رودخانه‌ای به‌طور فزاینده‌ای توسط محققان ساکن خارج از ایالات متحده، بریتانیا و غرب اروپا منتشر شد که منجر به تنوع جغرافیایی و نژادی بیشتری در میان ژئومورفولوژیست‌ها گردید. سنت موجود در سال ۱۹۶۰ در برداشت‌ها از علوم زمین‌شناسی، جغرافیا و مهندسی هیدرولیک، توسط افرادی که تحقیقات ژئومورفولوژیک رودخانه‌ای را انجام می‌دادند و پس‌زمینه رشته‌های متنوعی داشتند تداوم یافت.

۳. تغییرات ده‌ساله در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای

در این بخش من برخی از تغییرات عمده‌ای را که در هر دهه، از سال ۱۹۶۰ به بعد، از چهار جنبه رخ داده است بیان می‌کنم.

نخست چارچوب‌های مفهومی را که بر تفکر پژوهشگران درباره رودخانه‌ها و نوع سؤالات طرح شده پژوهشی تأثیر گذاشته‌اند، بیان می‌کنم. استفاده از عبارت مدل مفهومی در برداشت گرانت و همکاران او (۲۰۱۳) به معنای یک مجموعه ماندگار از تفکرات مفید سازمان یافته است.

دوم، انواعی از عوارض جریانی مورد بررسی قرار گرفته برای پژوهش را بیان می‌کنم.

سوم، یک خط زمانی مبنا از تکنیک‌های مورد استفاده برای جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و انتشار آن‌ها را فراهم می‌کنم. و در نهایت، فهرست کتاب‌های درسی و مجلاتی را که در آن‌ها نتایج و درک کلی از تحقیقات رودخانه‌ها منتشر شده است ارائه می‌دهم. کتاب‌های درسی در این فهرست آن‌هایی خواهند بود که به بررسی کانال‌های رودخانه‌ها و حوضه زهکشی به‌عنوان یک کل پرداخته‌اند و آن‌هایی که یک یا چند نویسنده‌ای هستند نه مجموعه‌های ویرایش شده. شمار زیادی از کتب تک نویسنده، انواع خاصی از رودخانه‌ها را بررسی کرده و شمار زیادی از مجموعه‌های ویرایش شده جنبه‌های گوناگون فرم و فرایند رودخانه‌ای را بررسی می‌کنند- اما هر دوی این انواع کتاب‌ها فراتر از محدوده این مقاله‌اند.

سازماندهی ده ساله راحت‌تر است هر چند خودسرانه است. در بسیاری از موارد، یک ایده یا روش که من آن را با سال خاصی مشخص و به آن اشاره می‌کنم در واقع قبل از تاریخ آن سال وجود داشته است. من برای حفظ تعادل سعی کردم اولین اشاره را به چیزی بکنم که برابر با زمانی است که، در آن زمان، ایده یا تکنیک شروع به گسترش کرده و مورد قبول قرار گرفته است. براساس چارچوب مفهومی، برای مثال، من به آستانه‌های ژئومورفیک در سال ۱۹۷۳ (شکل ۲ الف) براساس دیدگاه‌های شوم استناد می‌کنم. اگرچه شوم اذعان کرد که این دیدگاه از آستانه، قبل از استفاده او از این واژه وجود داشته است. جداول زمانی شکل‌های ۲ تا ۷ لزوماً توالی زمانی دقیقی از اولین مستندات منتشر شده فراهم نمی‌کنند اما در عوض مهم‌ترین تغییرات در فرضیه‌ها و ابزارهای خاص را منعکس می‌سازند.

با این حال توسعه یک خط خاص از پژوهش از طریق همه مقالات کلیدی، فراتر از محدوده این بررسی اجمالی است. در عوض من به مقاله‌های آغازین و اصلی استناد کرده و در برخی موارد به کارهای بعدی اشاره می‌کنم که از این مقاله اولیه گسترش یافته‌اند.

۱-۳. دهه ۱۹۶۰، تعادل، یکنواختی و جریانات مکرر

ژئومورفولوژی رودخانه‌ای با مجموعه‌ای از مفهوم‌سازی از فرم و فرایند در شبکه‌های رودخانه‌ای، وارد دهه ۱۹۶۰ شد (شکل ۱)، اما چارچوب‌های مفهومی به‌طور قابل توجهی در طول این دهه گسترش یافته‌اند. شکل ۲ الف، فهرستی از برخی نظریه‌های مهم

در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای است که در طول دهه ۱۹۶۰ رشد قابل توجهی داشته‌اند. این فهرست، همچنین شامل برخی از مفاهیم مهمی از هیدرولوژی و زمین‌شناسی است که تحت تأثیر چگونگی تفکر ژئومورفولوژیست‌ها درباره شبکه‌های رودخانه‌ای واقع بوده‌اند. مفاهیم به ترتیب زمانی در شکل ۲ الف ذکر شده است اما آن‌ها می‌توانند همچنین به‌عنوان مدل‌هایی از موارد زیر طبقه‌بندی شوند: * بزرگی و فراوانی جریان؛ که حمل رسوبات را انجام داده و شکل هندسی مجرای جریان (کار ژئومورفولوژیک، دبی لبریز، عامل مؤثر و بده غالب) را ایجاد کرده است؛

* چگونگی تنظیم بین انرژی در دسترس و هندسه کانال، طی زمان و در طول مکان؛ (سیستم‌های باز و بسته، هم نهایی^۸، تفکیک مقاومت در برابر جریان، فرایندهای تصادفی و اتفاقی، شبه تعادل، تعادل دینامیک، متغیرهای مستقل و وابسته، مصرف یکسان انرژی، شکل بستر در رژیم‌های بخش‌های بالا و پایین رود، دگردیسی رودخانه).

* پالئوهیدرولوژی سیلاب‌های قدیمی؛

* چگونگی به کمیت درآمدن انرژی جریان (قدرت جریان)؛

* تأثیرات کاربری زمین بر فرم و فرایند رودخانه.

بررسی اهمیت نسبی جریان‌ها با فراوانی‌ها و بزرگای مختلف با کار ولمن و میلر در سال ۱۹۶۰ شروع شد. با توجه به اینکه حوادث تا حدی از بزرگی بسیار زیادی برخوردار بودند، اعتقاد بر این بود که این حوادث مسئول بیشترین مقدار نقل و انتقال رسوب و برش کانال هستند. ولمن و میلر به‌طور سیستماتیک این فرضیات را با استفاده از مدارکی از تخلیه و بار رسوبات معلق در رودخانه‌ها در ایالات متحده، بررسی و آزمایش کردند. آن‌ها دریافته‌اند که جریانات دوره‌ای حداقل هر ۵ سال یک بار، اکثر رسوبات معلق را منتقل می‌کند. در این مقاله از عبارت «کار ژئومورفیک» در زمینه نقل و انتقال رسوبات معلق و دبی لبریز برابر با بده مؤثر استفاده شده که به وسیله آن‌ها توسعه سیلاب دشت‌ها کنترل می‌شود. اگرچه ولمن و میلر متذکر شدند که جریانات با تکرار کمتر با افزایش تغییر جریان اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند، مقاله‌های بعد از سال ۱۹۶۰ به دیدگاه‌های محدودی پرداختند که در آن‌ها فراوانی نسبی یا جریانات لبریز، پیش‌فرض اصلی در بده (دبی) مؤثر یا بده غالب در نظر گرفته می‌شد که بیشترین تأثیر را بر هندسه کانال اعمال می‌کرد.

در طی دهه ۱۹۶۰ مفاهیم متعددی معرفی گردید و یا به‌طور گسترده‌تری در رابطه با برخی جنبه‌های چگونگی تنظیمات انرژی در دسترس و کاربرد هندسه کانال در مقیاس‌های زمانی مختلف، منتشر شد. هک عبارت «تعادل دینامیک» را معرفی و توصیف کرد. او آن را به‌عنوان یک وضعیت در نظر گرفت که در آن چشم‌انداز و مدل‌سازی فرایند آن به‌عنوان بخشی از یک سیستم باز در یک حالت ثابت از تعادل در هر شیب و هر فرم دیگری که تعادل یا تنظیم

می‌شود. باید توجه داشت که این چارچوب مفهومی در واقع در نگرش جیلبرت وجود داشت. هک این نگرش را با تغییرات تکاملی تصور شده دیویس در تضاد می‌دانست. به‌طور مشابه، لنگبین و لئوپولد گفتند که شبه‌تعادل نشانه‌ی شرایط میانه در بین محدوده‌هایی است

بود و تناقضات آشکاری بین پیش‌بینی‌ها و ویژگی‌های رودخانه‌ای نشان می‌داد و فاقد توجه به این نکته بود که تنظیم کانال تحت تأثیر چه عواملی انجام می‌شود.



شکل ۲: نمودار مدل‌های مفهومی عمده شکل و فرایندهای جریانی ارائه شده طی دهه‌های متوالی و همچنین مفاهیم مرتبط و زمینه‌های مربوط به هیدرولوژی و اکولوژی. (الف) دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰. تصاویر برخی از دانشمندان پیشگام طی این دهه‌ها را نشان می‌دهد. (ب) از دهه ۱۹۸۰ تا دهه اول قرن بیستم و یکم.

پی‌نوشت‌ها

1. Dust Bowl
2. Silent Spring
3. antecedent
4. lichenometry
5. shifting baseline syndrome
6. crowdsourcing
7. geochronologic
8. equifinality
9. extremal hypotheses (فرضیه حدی)

مرجع

1. Ellen Whole (2014), Time and the Rivers: Fluvial Geomorphology since 1960, in GEOMORPHOLOGY, No 216, Pp 263- 282.

که یک کانال در آن هدایت می‌شود و روندهای مخالف از حداقل توزیع مساوی نیرویی که اعمال می‌گردد. لنگبین و لئوپولد (۱۹۶۶) این ایده را به تئوری «حداقل انحرافات» گسترش دادند و بیان کردند که پارهای متری هیدرولیک در یک قوس مانداری به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که احتمالاً یکنواخت‌ترین توزیع از تنش بستر و ضریب اصطکاک را ایجاد می‌کند، چارچوب مفهومی‌ای که در بسیاری از جنبه‌های دیگری رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

نظریه‌هایی مانند شبه‌تعادل، حداقل انحرافات و مصرف یکنواخت انرژی پس از آن به عنوان فرضیه اکسترم^۹ شناخته شدند. فرضیه اکسترم نشانگر روندهایی در رودخانه‌هاست که در آن رودها براساس تعادل بین انرژی در دسترس و مقاومت کناره‌های مجرا متحول می‌شوند. فرضیه اکسترم ادامه یافت اما همواره بحث برانگیز بود زیرا متکی بر نسخه‌ها و اقتباس‌هایی از هیدرولیک جریان اولیه