نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و چهارم، شماره ۷۳، تابستان ۱۴۰۳

# ارائه مدل مفهومی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل-رودره‌های شهری

**دریافت مقاله:** ۹۹/۳/۹ **پذیرش نهایی:** ۹۹/۸/۲۰

**صفحات:** ۳۹۸-۳۸۲

**اسماعیل نجفی:** استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران [۱].
**Email:** es.najafi@du.ac.ir

**امیر صفاری:** دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.
**Email:** amirsafari@yahoo.com

**عزت اله قنواتی:** دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.
**Email:** ezghanavati@yahoo.com

**امیر کرم:** دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.
**Email:** aa_karam@yahoo.com

## چکیده

**ژئومورفولوژی با فرآیندها و اشکال سطح زمین در ارتباط است و هرگونه فعالیت انسان، از جمله احداث پل‌ها منجر به تغییرات کمی و کیفی حرکت و جابجایی مواد و انرژی جنبشی شده و سیستم ژئومورفیک را تحت تأثیر قرار دهد، موردتوجه و دخالت ژئومورفولوژیست‌ها است. همچنین به‌عنوان علمی سیستمی‌نگر، می‌تواند واقعیت‌های محیطی را که به‌صورت فرآیندها و فرم‌ها در طبیعت عینیت یافته‌اند، موردمطالعه و بررسی قرار دهد و نتیجه و برونداد آن‌ها را به‌صورت فضایی در قالب نقشه و مدل، معرفی و تشریح نماید. نوع پژوهش حاضر، کاربردی و روش پژوهش توصیفی– تحلیلی و مبتنی بر نتایج رساله دکتری با عنوان "مدل‌سازی ژئومورفولوژیکی احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)" است. نتایج پژوهش، حاکی از قابلیت و کاربرد علم ژئومورفولوژی در مدل‌سازی و مکان‌یابی بهینه و احداث پل‌ها، در جهت ایجاد امنیت و رفاه بیشتر شهروندان، کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از خسارات مالی و جانی ناشی از تخریب و مکان‌یابی نامناسب چنین سازه‌هایی در مسیل–رودره‌های شهری و سایر محیط‌های طبیعی است. همچنین این پژوهش ضمن غنا بخشیدن به ادبیات حوزه موردبحث، نقش و کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها در مسیل‌های شهری را بررسی، تبیین و مدل‌سازی مفهومی کرده است.**

**واژگان کلیدی:** ژئومورفولوژی، مدل مفهومی، مسیل-رودره‌های شهری، احداث پل.

۱. **نویسنده مسئول:** دامغان، میدان دانشگاه، پردیس ابوریحان، دانشکده علوم زمین

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

**مقدمه**

درهم‌تنیدگی پدیده‌های طبیعی و انسان‌ساخت که در سطح زمین پدیدار می‌شوند هسته و علت وجودی علم جغرافیا را سبب می‌گردند (شکویی،۱۳۸۱: ۱۵). این پدیده‌ها یا به شکل طبیعی وجود دارند و یا اینکه در نتیجه رابطه انسان با محیط به‌وجود آمده و شکل گرفته‌اند. شهر نیز از پدیده‌های گروه دوم یعنی تبلور نوع خاصی از رابطه انسان در محیط طبیعی و بستر جغرافیایی آن است (رهنمایی،۱۳۸۷). ژئومورفولوژی با فرآیندها و اشکال سطح زمین در ارتباط است و هرگونه فعالیت انسان، از جمله احداث پل‌ها که می‌تواند باعث تغییرات کمی و کیفی حرکت و جابجایی مواد و انرژی جنبشی شده و سیستم ژئومورفیک را تحت تأثیر قرار دهد، موردتوجه و دخالت ژئومورفولوژیست‌ها است. نظر به اینکه انسان‌ها بر سطح زمین، زندگی، کار، بناسازی، فعالیت و چشم‌اندازهای شهری را خلق می‌کنند و به‌دنبال آن تغییرات و دگرگونی‌هایی را به زمین تحمیل می‌کند؛ بنابراین، برای ژئومورفولوژیست‌ها امری عادی خواهد بود که به آن دسته از فعالیت‌های شهری که منجر به تغییر فرآیندهای طبیعی می‌شوند، علاقه خاصی نشان دهند. به‌همین ترتیب، لازم است که ژئومورفولوژیست با اشخاص دولتی و غیردولتی، شرکت‌ها و نهادها که مجاز به تصمیم‌گیری در امور شهری هستند و ممکن است بر منظر، توپوگرافی، مواد و فرآیندهای در برگیرنده آن تأثیرگذارند، همکاری و مشارکت علمی داشته باشند (مقیمی،۱۳۸۵: ۱-۳). به‌طورکلی در علم جغرافیا، بررسی پدیده‌ها و پاسخ به سؤال‌های چه چیزی؟ کجا؟ چرا؟ و چگونه؟ بسیار مهم است و همچنین اینکه علم ژئومورفولوژی نیز به‌صورت ضمنی دربرگیرنده مباحث اصلی جغرافیا و توانایی پاسخ به سؤال‌های مذکور را دارا است، لذا در این پژوهش، چه چیزی همان پل‌های واقع در مسیل‌ها و رودره‌ها است و کجا واقع شدن چنین سازه‌هایی (با توجه به اینکه مکان و ساختگاه و نحوه پراکنش آن‌ها در ارتباط با فرآیندها و فرم‌ها) بسیار اهمیت دارد، زیرا مکان احداث پل در دره‌ها، دشت‌های سیلابی، مخروطه‌افکنه‌ها، مسیل‌ها و رودخانه‌ها و ...، نیازمند بررسی و ارزیابی‌های مکانی، شناخت فرآیندها و فرم‌های ژئومورفیک خاص آن منطقه، مخاطرات و تدابیر خاص است. همچنین برای پاسخ به سؤال چرایی، در احداث پل در هریک از لندفرم‌های ژئومورفیک، بررسی و مطالعه نیازهای انسانی و نحوه عملکرد انسان و وضعیت عوامل و پدیده‌های ژئومورفیک (هم به‌عنوان عامل منفی و بازدارنده و هم عامل مثبت و تسهیل کننده) ضروری است. در پاسخ به سؤال چگونگی مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها و کالورت‌ها[۲]، بررسی‌های محیطی و ژئوموفولوژیک بازه یا منطقه موردمطالعه، تهیه نقشه ژئوموفولوژی موضوعی با تأکید بر فرآیندها و فرم‌ها و انجام بازدیدهای میدانی موردنیاز است.

معمولاً خرابی‌های وارده به بناها و سازه‌های شهری از جمله پل‌ها، اغلب به عملیات مهندسی، معماری و عمرانی مربوط نیست، بلکه بیشتر خسارت‌ها مربوط به مکان‌یابی نادرست چنین سازه‌هایی است. همچنان که شهر توسعه پیدا می‌کند، نه‌تنها سطح زمین را دگرگون می‌کنند، بلکه لندفرم‌های جدیدی را به‌وجود می‌آورد و منجر به تغییر عوارض می‌گردند. ظهور چنین چشم‌اندازی باعث تحول وسیعی در بیلان انرژی، آب و مواد شده

۲- Culvert (آب رو) مجاری زهکشی کوچکی هستند که سیلاب را از زیر خاکریزهای جاده‌ها و خطوط راه‌آهن عبور می‌دهند و یا از آن‌ها برای سازه‌های خروجی برای حوضچه‌های آرامش استفاده می‌گردد. بیشتر کالورت‌ها (آب‌روها) دارای مقطع دایره‌ای، مستطیلی (باکس) یا بیضی شکل هستند.

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

و اثرات آن در تحریک و حتی تغییر فرآیندهای ژئومورفولوژیک منعکس می‌شود. ژئومورفولوژی حوضه‌آبریز و کانال‌های جریانی، نقش کلیدی در مکان‌یابی پل‌ها دارد. اصول ژئومورفولوژیک به طراحان اجازه فهم فرآیندهای ژئومورفولوژیک و مسائل موجود در تقاطعی که پل‌ها در حوضه آبریز ایجاد می‌کنند را می‌دهد. کانال‌ها به‌طور گسترده‌ای پویا هستند و به تغییرات در حوضه‌آبریز در اثر گسترش تغییرات پایین‌دست به سمت بالادست و برعکس آن پاسخ می‌دهد که وابسته به موقعیت کانال در حوضه آبریز است (گرونیر و گوبرینک[3]،۱۹۸۹: ۳۵۰).

به لحاظ نشستگاه و موقعیت، شهرها بر یک بستر طبیعی و ژئومورفولوژیک مستقرند و با توسعه و گسترش شهرها، بین محیط انسان‌ساخت و محیط طبیعی تقابل و اندرکنش رخ می‌دهد؛ بنابراین بدون توجه به محیط طبیعی، فرآیندها و فرم‌های ژئومورفولوژیک، نمی‌توان به برنامه‌ریزی پایدار شهری مبادرت نمود. ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر در پروژه‌های مهندسی در برنامه‌ریزی، اجرا و مراحل ارزیابی پروژه‌های مهندسی نقش به سزایی دارد. از مهم‌ترین سازه‌هایی که بر روی رودخانه‌ها (مسیل‌ها) احداث می‌شوند، پل‌ها می‌باشند. پل‌ها از جمله سازه‌های سنگین هستند که بایستی پایداری‌شان در طولانی مدت حفظ شود، زیرا که ساخت این سازه‌ها علاوه بر اینکه صرفه اقتصادی داشته باشد، باید به مسائل رفاهی شهروندان و سایر مؤلفه‌ها در احداث آن‌ها توجه شود. پایداری پل‌ها ارتباط مستقیمی با پایداری بستر و سواحل رودخانه (مسیل) دارد. ایجاد و نگهداری پل‌ها نیز در صورت انطباق با سیستم ژئومورفیک زمینه و مورفولوژی رودخانه می‌تواند با هزینه‌های بسیار کمتری همراه باشد. با توجه به اهمیت نیمرخ عرضی رودخانه در بحث مورفولوژی رودخانه، همه‌ی نیمرخ‌های عرضی مکان‌های بهینه و مناسبی برای ساخت پل‌ها نمی‌توانند باشند. ساخت پل موجب کاهش عرض مقطع جریان گردیده و ازاین‌رو سرعت جریان در این مقطع افزایش‌یافته و با افزایش ظرفیت حمل رسوب، بستر رودخانه در این محل دچار فرسایش می‌گردد، این فرسایش در نهایت موجب به خطر افتادن پایداری پل می‌شود (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور،۱۳۸۶: ۶۹). ایجاد تغییرات بزرگ و غیراصولی در طول کانال‌های جریانی، مدرکی مستدل در عدم رعایت اصول ژئومورفولوژی در پل‌سازی و شهرسازی و به‌طور کلی عمران ناحیه‌ای بوده است؛ بنابراین در مدیریت و برنامه‌ریزی کانال‌ها، نظام‌های علمی متعددی از جمله ژئومورفولوژی را باید در نظر گرفت. متخصصان این علم کانال‌های جریانی را یکی از عناصر اصلی تغییر سطحی زمین می‌دانند و چون این نگرش در چهار زمان لحظه‌ای، کوتاه مدت، میان‌مدت و بلندمدت انجام می‌شود، اهمیت خاصی برای آن قائل‌اند. از نظر ژئومورفولوژی کانال جریانی به‌صورت سیستم کنش و واکنش عمل می‌کند، به‌طوری‌که تغییر در یک قسمت از کانال ممکن است بر قسمت‌های دیگر کانال تأثیر بگذارد. این مسئله امری کلی است که در همه مقیاس‌های فضایی صدق می‌کند و در مدیریت محیط باید لحاظ شود (معتمد و مقیمی،۱۳۷۸: ۱۲۳-۱۲۷).

طراحی و اجرای نامناسب انواع سازه‌های تقاطعی بر رودخانه، در هنگام وقوع سیل ممکن است موجب کاهش ظرفیت انتقال جریان سیل به پایین‌دست یا انسداد مسیر با تجمع رسوبات و مواد واریزه‌ای شود، ضمن این‌که ممکن است با تخریب آن‌ها در جریان سیل، موج سیل به‌صورت ناگهانی با حجم و سرعت قابل توجه، خسارات

3 - Groenie. and Gubernick

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

فراوانی را در مسیر خود ایجاد کند (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست‌جمهوری، ۱۳۹۳: ۴۶). با توجه به‌وجود رودره‌ها و مسیل‌ها و احداث اتوبان‌های بزرگ و عمده شرقی- غربی از روی این رودره‌ها و مسیل‌ها، ضرورت احداث پل‌ها اجتناب‌ناپذیر بوده است، ولی در این پروژه‌ها به ویژگی‌های ژئومورفولوژیک، مورفولوژیک و ناپایداری نیمرخ‌های طولی و عرضی رودخانه‌ها کمتر توجه شده است و بنابراین پایداری برخی از این سازه‌ها در معرض خطر است و ساخت غیراصولی این سازه‌ها می‌توانند منجر به افزایش آب‌گرفتگی معابر و خیابان‌ها و تسهیل خطر سیلاب در کلان‌شهر تهران و سایر شهرها شود. در صورت بروز این مخاطره، مشکلات و خساراتی برای شهروندان به بار آورده خواهد شد و بنابراین این مسئله نیازمند توجه جدی است. به‌طور مثال پل کن در جاده قدیم کرج در اثر بارش‌های اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۱ ریزش کرد شکل (۱). دخل و تصرف در حریم کانال تجریش، کاهش عرض این کانال و ایجاد پل بر روی آن، باعث شد که در رخداد سیل سال ۱۳۶۶ خسارت‌های زیادی به شهروندان وارد شود. همچنین به‌دلیل تغییرات مورفولوژی و فرسایش در رودخانه کن، در محدوده پل سه‌راهی دهکده المپیک تا حدودی منجر به جابه‌جایی و تنگ‌شدگی، انسداد مسیر جریان و انتقال آن به کرانه چپ و ایجاد فرسایش در آن کرانه و تغییر مسیر رودخانه به‌صورت موضعی شده است (روزخش،۱۳۸۴). این موارد را می‌توان به‌عنوان شاهدی از عدم انطباق و توجه کمتر به عملیات پل‌سازی در ارتباط با ویژگی‌های مورفولوژیک و مورفومتریک مسیل‌ها و رودره‌های تهران و سایر مناطق کشور در نظر گرفت و ضرورت پژوهش در این زمینه را خاطرنشان می‌کند شکل (۲).

**شکل (۱). تخریب پل در جاده قدیم کرج در اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۱(خبرگزاری مهر)**

**شکل (۲). خسارات سیلاب یکشنبه ۲۸ تیرماه در جاده سنگان (مشرق نیوز،۱۳۹۴)**

**پیشینه پژوهش**

در مورد ادبیات و پیشینه پژوهش در ارتباط با موضوع موردبحث می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ گریگوری و بروکس[4](۱۹۸۳)، در مقاله‌ای به بررسی هیدروژئومورفولوژی پایین‌دست پل‌ها، با بررسی نقشه‌های توپوگرافی و عکس‌های هوایی در جنوب انگلستان پرداخته‌اند. ایشان ضمن بیان این موضوع که اگر چه مطالعات اخیر بیشتر بر اثرات مورفولوژی کانال رودخانه در پایین‌دست سدها، مناطق شهری و طرح‌های کانالیزه کردن متمرکز بوده و به اثرات کانال‌های پایین‌دست پل‌های جاده‌ای توجه نشده است. نتایج تحقیق آن‌ها نشان‌دهنده افزایش

4 - Gregory and Brookes

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

عرض متوسط دو برابری پایین‌دست نسبت به بالادست پل‌ها در اثر فرسایش و آبشستگی بوده است. دپارتمان منابع آب آیزونا[5](۱۹۸۵)، کتابچه‌ی راهنمای طراحی برای تحلیل مهندسی سیستم‌های رودخانه‌ای را انتشار داده است. هدف این کتابچه راهنما، ارائه تکنیک‌ها و دستورالعمل‌هایی است که می‌تواند در تحلیل‌های مهندسی (از جمله پل‌سازی) در سیستم‌های رودخانه‌ای مهم به‌منظور طراحی پروژه‌هایی کنترل سیلاب که در ارتباط با روندهای طبیعی هستند، مورد استفاده قرار گیرد. در این کتابچه به بررسی و شناسایی پویایی سیستم‌های کانال و حوضه آبریز، بررسی ابعاد هیدرولوژیک، هیدرولیک، ژئومورفولوژیک، فرسایش و رسوب به‌صورت مفصل پرداخته شده است. مازه وکانوسکی[6](۱۹۹۸)، بیان می‌کنند که ژئومورفولوژیست‌ها و مهندسان دیدگاه‌ها و رویکردهای مختلفی برای بررسی کانال‌های رودخانه و تغییراتی که در زمان رخداد سیل برای کانال‌ها دارند.

واتسون و همکاران[7](۱۹۹۹)، در کتابی با عنوان احیاء کانال: فرآیندها، طراحی و اجرا، ضمن بیان این موضوع که در انجام طرح‌های مربوط به کانال‌ها، درک گذشته و مطالعه میدانی حوضه‌های آبریز و سیستم کانال نیازمند است، بیان می‌کنند که بدون درک کامل دینامیک حوضه و فرآیندهای کانال‌ها، طرح‌ها که در فرایند احیاء ساخته می‌شوند، ممکن است مشکلات غیرمنتظره‌ای را ایجاد کنند. همچنین ایشان به بیان و توضیح اصول ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، فرآیندهای موثر بر کانال، بررسی‌کانال‌سازی و تأثیرات آن، اصول طراحی مهندسی و توضیح روش‌های انتخاب، طراحی و احیاء کانال پرداخته است. گل‌وی‌یر[8](۱۹۹۹)، در مقاله‌ای به بررسی سهم ژئومورفولوژی رودخانه‌ای در آینده مهندسی رودخانه پرداخته است. به‌ویژه، این موضوع که به ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به‌عنوان بخش جدایی‌ناپذیر در پروژه‌های مهندسی در برنامه‌ریزی، اجرا و مراحل ارزیابی پروژه‌های مهندسی نقش بسزایی دارد. مواردی که در آن‌ها ژئومورفولوژیست‌ها به‌طور فزاینده‌ای قادر به کمک مهندسین در مدیریت رودخانه خواهند بود عبارت‌اند از: ارزیابی خطر و تأثیر زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی دشت‌سیلابی، بازبینی و بازسازی رودخانه، طراحی قابل‌قبول کانال‌ها و ساختارهای محیط‌زیستی است. تورن دیکرافت و همکاران[9](۲۰۰۷)، در مقاله‌ای ضمن بیان این موضوع که ژئومورفولوژی رودخانه‌ای در پی مطالعه‌ی تاریخ لندفرم رودخانه، درک فرآیندهای شکل‌گیری و پیش‌بینی تغییرات با استفاده‌ی ترکیبی از مشاهدات میدانی، مطالعات تجربی و مدل‌های عددی است. به بیان دستاوردهای و نوآوری‌های جدید در مورد ژئومورفولوژی رودخانه در حاشیه ششمین کنفرانس بین‌المللی ژئومورفولوژی پرداخته است. فوکز و همکاران[10](۲۰۰۷)، در بخش سه کتاب ژئومورفولوژی مهندسی، به توضیح و بررسی رودخانه‌ها و حوضه‌زهکشی، آب و بار رسوبی، بررسی فرم و تغییرات کانال، ارزیابی مخاطرات جابه‌جایی، فرسایش و آبشستگی کانال‌ها، سیل‌خیزی و خطر آن پرداخته است. پال و مه‌یر[11](۲۰۰۸)، در مقاله خود ضمن توضیح

5- Arizona Department of Water Resources
6- Mossa and Konwinski
7- Watson et al
8- Gilvear
9-Thorndycraft et al
10- Fookes et al
11- Paul and Meyer

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

تأثیر شهرنشینی بر مسیل‌ها، بیان می‌کند که از دیگر تغییرات ژئومورفیک در کانال‌های شهری فرسایش اطراف پل‌ها است که به‌عنوان نتیجه‌ی افزایش تراکم جاده بر کانال‌های شهری، بسیار چشمگیر است. پل‌ها دارای دو تأثیر در بالادست و پایین‌دست هستند که می‌توانند باعث ایجاد موانع برای حرکت ماهی و یا ایجاد گودال عمیق گردند.

میشرا[12](۲۰۱۲) در پژوهشی به مطالعات ژئومورفولوژیکی و ارزیابی خطر سیل رودخانه کوزی (کوشی در زبان هندی) با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و GIS پرداخته و پهنه‌های دارای خطر زیاد را مشخص کرده است. بروکس و گئورگ[13](۲۰۱۵) پژوهشی درباره‌ی سیل، اقدامات کنترل ساختاری سیل و تحقیقات ژئومورفیک اخیر در امتداد رودخانه سرخ در مانیتوبای کانادا پرداختند. اندرسون و همکاران[14](۲۰۱۷) در پروژه‌ای سعی کردند تا با استفاده داده‌های مربوط به پل‌های موجود در ورمونت و مطالعات موردی از آسیب آبشستگی پل‌ها و همچنین ادغام اطلاعات موجود از ژئومورفولوژی جریانی (رودخانه‌ای) برای کمک به پیش‌بینی آسیب‌پذیری آبشستگی پل استفاده شود. بیسواس و بنه‌جی[15](۲۰۱۸) در مقاله‌ای با عنوان ساخت پل و مورفولوژی کانال رودخانه؛ یک مطالعه جامع در مورد رفتار جریان و تغییر اندازه رسوب رودخانه چل درکشور هند پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که احداث پل (پس از سال ۱۹۷۰) رفتار هیدرولوژیک طبیعی رودخانه‌ی چل را با احتمال بیشتری، فرسایش کناری در پایین‌دست و سیلاب‌های رودخانه در بالادست تغییر داده است. گرنت و همکاران[16](۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی مدل‌های مفهومی در ژئومورفولوژی رودخانه پرداخته‌اند. ایشان بیان کردند که تاریخچه مدل‌های ژئومورفولوژی رودخانه را می‌توان به‌عنوان یک رودخانه بافته شده از ایده‌ها که با یک انشعاب شروع می‌شود، با ایجاد اختلاف در تفکر بین مفهوم گیلبرت از فرآیندهای چشم‌انداز به‌عنوان تعادل بین نیروهای مربوط و مفهوم دیویس از چرخه جغرافیایی مشاهده کرد. همه مفاهیمی مانند رودخانه درجه‌بندی شده، هندسه هیدرولیک، تعادل پویا، آستانه‌های ژئومورفیک، بزرگی/فرکانس ژئومورفیک فرآیندها، طبقه‌بندی چشم‌انداز و کانال‌ها و تکامل چشم‌انداز جای خود را در این ایده‌ها در مورد رودخانه پیدا کنند.

معتمد و مقیمی (۱۳۷۸)، در فصل ششم کتاب کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی، به بررسی و توضیح کانال‌های جریانی و مطالعه موردی کانال‌های جریانی خوانسار و تجریش پرداخته‌اند و نقش عوامل ژئومورفولوژیک و ویژگی‌های هندسی حوضه‌های آن‌ها را در ایجاد سیل، بررسی و توضیح داده و در نهایت راهکارهایی را ارائه داده‌اند. فارادی و چارلتون (۱۳۸۱) در کتاب نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی پل‌ها، به بررسی ضرورت شناخت عواملی که بر پایداری آبراهه حاکم هستند و اطلاعات مربوط به دبی، تراز سطح آب، دبی رسوب، آبشستگی، رسوب‌گذاری و نیروهای هیدرودینامیک پرداخته است. همچنین در فصل‌های مجزا به بیان ژئومورفولوژی رودخانه‌ای و نقش آن در طراحی پل‌ها و چگونگی انتخاب و شناسایی محل پل‌ها و بحث‌های آبشستگی موضعی و حفاظت سواحل و ساماندهی رودخانه می‌پردازند. قنواتی (۱۳۸۲)، در مقاله‌ای

12 -Mishra
13 -Brooks and George
14 -Anderson and et al
15 - Biswas and Banerjee
16 - Grant and et al

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه گاماسیاب را ارائه کرده است. ایشان در راستای شناسایی عوامل مختلف هیدروژئومورفولوژیکی موثر در بروز سیل در حوضه رودخانه گاماسیاب، ۱۲ متغیر ژئومورفولوژیکی و فیزیوگرافی را با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده است. واسنجی مدل نهایی، نشان داده که ۹۹ درصد با واقعیت (داده‌های مشاهده شده) هماهنگی داشته است. صادقی و همکاران (۱۳۸۶)، در مقاله‌ای به بررسی تأثیر پل‌ها و آب‌روها در تغییر عمق و پهنه سیلاب در بازه‌ای از رودخانه کن تهران پرداخته‌اند و نقش احداث سه پل و سه آب‌رو بر عمق و پهنه سیل‌های با دوره بازگشت‌های ۵ تا ۷۰۰ سال در بازه‌ای به طول تقریبی ۷ کیلومتر در رودخانه کن تهران مد نظر قرار داده‌اند و به این نتیجه رسید که تأثیر متفاوت هر یک از سازه‌های یادشده بر تغییر عمق و سطح سیل‌گیری با دوره بازگشت‌های مختلف و همچنین تأثیر بیشتر آب‌روها نسبت به پل‌ها دلالت داشته است. صفاری (۱۳۸۷)، در بخشی از رساله دکتری خود، به تحلیل داده‌های هیدروژئومورفولوژیک حوضه‌های کلان‌شهر تهران پرداخته است. نتایج حاصله نشان داده که تلفیق حوضه‌های زهکشی و تغییر مسیر آب‌های سطحی و تبدیل آن‌ها به کانال‌های مصنوعی باعث افزایش آبدهی، به‌خصوص در دوره‌های بازگشت بالاتر شده و در نتیجه افزایش میزان مخاطره سیلاب‌های شهری را به دنبال داشته است. قطع مسیر آبراهه‌های اولیه و ایجاد الگوی جدید آبراهه‌ای در قلمروی کلان‌شهر تهران بدون توجه به اصول و معیارهای ژئومورفولوژیکی انجام شده است.

در زمینه تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها تحقیقات زیادی انجام‌شده و بیشتر آن‌ها در ارتباط با مسائل مهندسی رودخانه است؛ اما به مطالعات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای رودخانه‌ها کمتر توجه شده است؛ مطالعات ژئومورفولوژی به منظور شناسایی کلی شکل، فرایند توسعه و روند تغییرات آن جهت تحلیل پایداری و فرسایش کرانه‌های رودخانه‌ها صورت می‌گیرد (مقصودی و همکاران،۱۳۸۹: ۲۷۶ و ۲۷۷). معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری (۱۳۸۶)، در نشریه شماره ۳۶۷ شناسنامه فنی پل‌ها، ضمن بیان اینکه در حمل‌ونقل زمینی، پل‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و هرگونه آسیب وارده به آن‌ها می‌تواند باعث قطع شبکه‌های ارتباطی شریانی کشور گردد، از این‌رو بازدیدهای دوره‌ای پل‌ها و تهیه شناسنامه فنی در دو سطح تفصیلی و فشرده برای هر پل در مدیریت تعمیر و نگهداری آن‌ها ارائه کرده است. در تهیه و تدوین این شناسنامه، بیشتر به مباحث فنی و سازه‌ای پرداخته شده است، اما متأسفانه از علم سیستمی‌نگر ژئومورفولوژی و کاربردهای آن (به‌ویژه نقشه‌های ژئومورفولوژی) استفاده مطلوبی نشده است، هرچند پارامترها و موضوعات مختلف همچون ویژگی‌های لرزه زمین‌ساخت، لرزه‌خیزی، ژئوتکنیک لرزه‌ای، ویژگی‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی (ویژگی‌های حوضه آبریز، مورفولوژی رودخانه و...) در آن گنجانیده شده است. شایان و شریفی (۱۳۸۵) در مقاله با عنوان؛ مدل به‌عنوان تکنیکی در ژئومورفولوژی به بررسی اهمیت مدل‌سازی و توضیح انواع مدل‌ها (قیاسی- تصوری یا مفهومی- سخت افزاری و سیستمی) در ژئومورفولوژی پرداختند. نجفی و همکاران (۱۳۹۴)، در تحقیقی به بررسی و تحلیل نقش عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیک موثر در ناپایداری پل‌های کلان‌شهر تهران به منظور توسعه و امنیت شهری پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان داد، به دلیل وجود گسل‌های متعدد، لرزه‌خیزی و فعال بودن تکتونیک در محدوده موردمطالعه و حوضه‌های آبریز مسلط بر آن، اختلاف ارتفاع و شیب زیاد، وجود رسوبات آبرفتی و مخروط‌افکنه‌هایی که بستر شهر تهران بر آن گسترش یافته است و به لحاظ ریزدانه بودن این رسوبات، بناها و سازه‌های ساخته‌شده بر آن، از جمله پل‌ها، تحت تأثیر مخاطرات دامنه‌ای و فرسایش، روانگرایی

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

خاک، آبشستگی، فرونشست‌زمین و بزرگنمایی آبرفت‌ها هستند؛ بنابراین برخی از پل‌های موجود در کلان‌شهر تهران تحت تأثیر عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیک بوده که می‌تواند منجر به ناپایداری آن‌ها گردد. رسول‌نیا و عظیمی (۱۳۹۸) کتابی با عنوان "تاب مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌ها باCSibridge " تألیف کرده‌اند. مباحث کتاب مذکور شامل رابط گرافیکی برنامهCSiBridge ، مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌های بتنی، فولادی و معلق کابلی، استفاده از تاندون‌ها در مدل‌سازی پل‌ها با شاهتیرهای پیش تنیده، تحلیل تاریخچه زمانی پل‌ها برای بار زنده و وسیله نقلیه است. نجفی (۱۳۹۹) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی و مکان‌یابی ژئومورفولوژیک پل‌ها با استفاده از مدل ترکیبیAHP- FUZZY (مطالعه موردی: کلان شهر تهران) پرداخته است. نتایج پژوهش نشان داد که مناطق مناسب منطبق بر محدوده‌های مرکزی کلان‌شهر تهران است (به‌ویژه محدوده‌های منطبق بر مسیل‌های کن و حصارک) که بیشتر بر مناطق شیب و ارتفاع کم، فاصله نسبتاً زیاد از گسل‌ها واقع شده‌اند و هرچه از مرکز به سمت شمال و اطراف محدوده موردمطالعه حرکت کنیم از تناسب زمین جهت مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها کاسته می‌شود. خاطر نشان است که در بررسی به عمل آمده در ادبیات پژوهش، قبلاً در سطح جهان و ایران در زمینه کاربرد ژئومورفولوژی در مکان‌یابی و احداث پل‌ها و ارائه مدل‌ها، تحقیقات قابل توجهی صورت نگرفته است و می‌توان گفت که پژوهش حاضر از این لحاظ، موضوعی ابتکاری و نو است.

## روش تحقیق

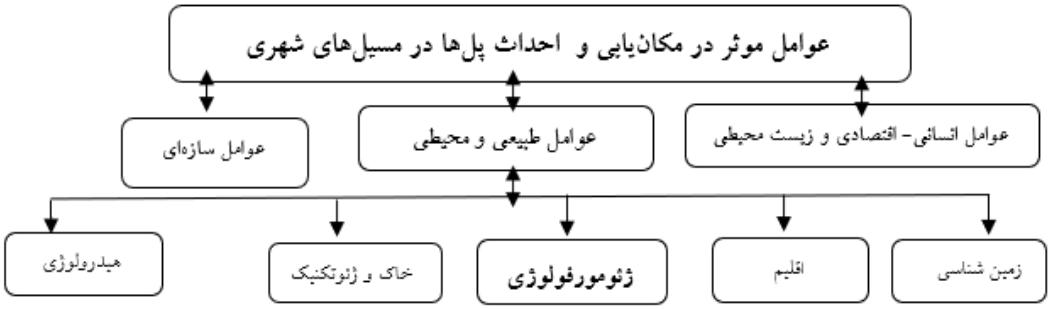
رویکرد انجام پژوهش توصیفی– تحلیلی، مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی و مقایسه زمانی-مکانی با تلفیقی از رویکردهای تاریخی و تجربی است. هدف پژوهش حاضر، ارائه مدل مفهومی ژئومورفولوژیک مبتنی بر دیدگاه حوضه‌ای با به‌کارگیری و توجه به شاخصه‌ها و فرآیندهای ژئومورفولوژیک و مورفولوژیک رودخانه‌ای در امر مکان‌یابی و احداث پل‌ها است تا علاوه بر اینکه بتوان از بروز مخاطرات (ریزش و آبشستگی پل، سیل و آب‌گرفتگی معابر و خیابان‌ها) کاست، به‌صرفه اقتصادی، رفاه بیشتر شهروندان و توسعه پایدار نیز کمک کرد و در نهایت زمینه‌ساز، استفاده و همکاری هرچه بیشتر مهندسین سازه‌های هیدرولیکی (از جمله پل‌سازی) با علم ژئومورفولوژی و کاربردهای آن شود.

### ارائه‌ی مدل مفهومی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل-رودره‌ها

در ادامه مهم‌ترین عوامل و زیر معیارهایی که در مکان‌یابی و احداث پل‌ها، نیازمند مطالعه و بررسی هستند معرفی و ذکر شده‌اند شکل (۳). سپس در شکل (۴)، فلوچارت مراحل بررسی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری آورده شده است و در نهایت بر اساس نتایج پژوهش، مدل مفهومی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری در شکل (۵) نمایش داده شده است. با توجه به شکل (۳) مکان‌یابی بهینه و احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری و سایر محیط‌ها، متأثر از عوامل انسانی- اقتصادی و زیست‌محیطی (فعالیت‌های سیاسی، تراکم جمعیت، ترافیک، دسترسی به کاربری‌های مختلف و حساس، نزدیکی به مراکز تجاری-اقتصادی و تأثیرات زیست‌محیطی پل (بررسی ویژگی‌های اکوژئومورفولوژیک رودخانه و آلودگی‌های زیست محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، همچنین ساخت اصولی پل‌ها و کالورت‌ها، به‌طوری‌که

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

امکان عبور و مرور جانوران و موجودات زنده را بدهد و برای ادامه زیست آن‌ها مشکلی وارد نسازد و بررسی وضعیت پوشش‌گیاهی و جلوگیری از حذف آن‌ها و در مجموع توجه به اکوژئومورفولوژی رودخانه‌ها و مسیل‌ها ...)، عوامل سازه‌ای (شکل و هندسه سازه، اندازه (طول و عرض و ارتفاع)، کاربرد و استفاده، نحوه اجرا، مصالح مورد استفاده و ...) عوامل طبیعی و محیطی (ویژگی‌ها و وضعیت زمین‌شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، نوع خاک و پوشش گیاهی و از همه مهم‌تر بررسی ژئومورفولولوژی منطقه موردمطالعه) است. در این پژوهش نیز مهمترین فاکتورها و پارامترهایی که علم ژئومورفولوژی می‌تواند در مدل‌سازی احداث پل‌ها ارائه دهد، آورده شده است. در ادامه برخی از پارامترهای مهم در مطالعه و بررسی عوامل طبیعی و محیطی ذکر شده است.




**شکل (۳). عوامل مؤثر در مکان‌یابی و احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری**

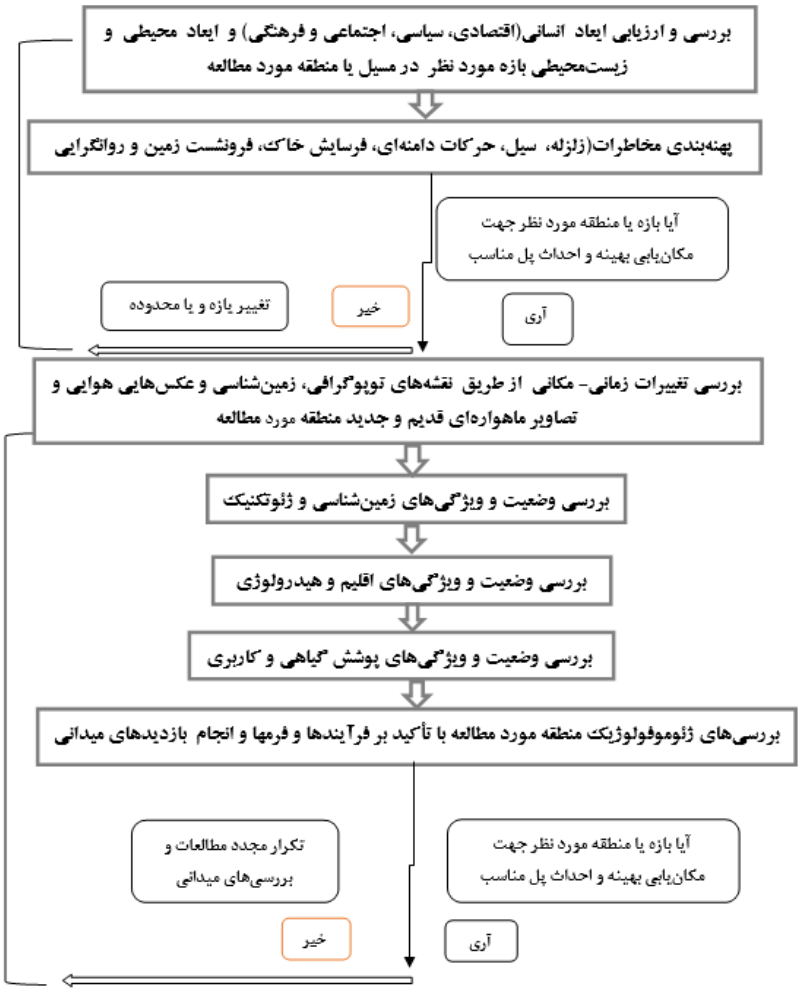
با توجه به شکل (۴) که در آن فلوچارت مراحل بررسی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری که مستخرج از نتایج رساله دکتری با عنوان " مدل‌سازی ژئومورفولوژیکی احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)" است، در مراحل و گام‌هایی به شرح زیر آورده شده است. برای مکان‌یابی و احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری و رودخانه‌های طبیعی در گام اول باید بررسی و ارزیابی اجمالی در ابعاد مختلف اقتصادی، محیطی (طبیعی-ژئومورفولوژیک)، زیست‌محیطی در بازه مورد نظر (مسیل یا منطقه موردمطالعه) به عمل آید تا ضمن برآورد میزان صرفه اقتصادی و هزینه احداث، چگونگی وضعیت ساختگاه پل (شرایط طبیعی-ژئومورفولوژیک) و تأثیرات زیست‌محیطی پل شناسایی شود. سپس در جهت مکان‌یابی بهینه پل‌ها، به پهنه‌بندی مخاطرات (زلزله، سیل، حرکات دامنه‌ای، فرسایش خاک، فرونشست‌زمین و روانگرایی خاک، آبشستگی) اقدام گردد و اگر نتایج این مراحل، بازه و منطقه مورد نظر را مناسب جهت ساخت پل مناسب دانست، مراحل بعد جهت هدف مورد نظر که همان شناسایی مکان بهینه برای ساخت پل است شروع می‌گردد و در غیر این‌صورت بازه‌ها و مناطق دیگر موردبررسی قرار می‌گیرد. در صورت تصمیم‌گیری نسبت به مناسب بودن بازه مورد نظر، ابتدا پس از تهیه و بررسی نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و عکس‌هایی هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قدیم و جدید منطقه موردمطالعه جهت شناخت ابعاد طبیعی (ویژگی‌های زمین‌شناسی، فاصله از گسل‌ها، سازندهای سست و انحلال‌پذیر و توپوگرافی) و پایش تغییرات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای مسیل و رودخانه اقدام به بررسی وضعیت و ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیک خاک، اقلیم و هیدرولوژی، پوشش‌گیاهی و کاربری اراضی می‌گردد. سپس ضمن تهیه و تحلیل نقشه ژئومورفولوژی بازه و یا منطقه موردمطالعه به بررسی وضعیت ژئوموفولوژیک منطقه موردمطالعه با تأکید بر فرآیندها و فرم‌ها با رویکرد

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

سیستمی (حوضه‌ای) و مبتنی بر مطالعات ترکیبی (تاریخی و تجربی) پرداخته می‌شود. در این مرحله به دلیل اینکه محدوده مورد نظر را فقط مختص به ساختگاه پل نمی‌دانیم، بلکه در غالب یک سیستم ژئومورفولوژیک، ضمن بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه یا حوضه‌های بالادست، به بررسی وضعیت و چگونگی سازندها، فرآیندها، فرم‌ها و درونداد، میان‌داد و خروجی سیستم با تأکید بر نقش انسان، رفتار و فعالیت‌های آن (آنتروپوژئومورفولووژیک) به‌عنوان عامل غالب شکل‌ساز از طریق توسعه شهری، تغییر ماهیت لندفرم‌ها، تغییر کاربری اراضی، آلودگی منابع آب‌وخاک، تخریب پوشش‌گیاهی و فرسایش خاک پرداخته می‌شود. در ادامه برای انجام مطالعات و جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های موردنیاز باید به انجام کار میدانی اقدام گردد تا ضمن صحت‌سنجی داده‌های اسنادی و کتابخانه‌ای (نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و سایر منابع)، بتوان تحلیل جامعی داشت و به مدل‌سازی پرداخت. در ادامه ضمن بررسی فاصله از گسل‌ها و پیشینه لرزه‌خیزی منطقه موردمطالعه، به ارزیابی وضعیت تکتونیک محدوده موردمطالعه با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک، شناسایی ژنر دره‌ها و دشت‌های سیلابی، بررسی مورفولوژی و پلان رودخانه (الگو، نیمرخ عرضی و طولی و تغییرات آن‌ها)، طبقه‌بندی کانال‌ها و رودخانه‌ها براساس روش رزگن، بررسی عمق آب‌های زیرزمینی و وضعیت سازندهای کربناته و انحلال‌پذیر و کارستی منطقه در جهت مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها بر سازندهای پایدار و مقاوم، به مطالعه و رعایت فاصله از مسیر و عمق قنات‌ها، تونل‌ها نیز پرداخته می‌شود. همچنین باتوجه به اینکه احداث پل در چه نوع لندفرم ژئومورفولوژیک (دره، دشت‌سیلابی و آبرفتی، مخروطه‌افکنه، مسیل و رودخانه) صورت می‌گیرد، متناسب با شرایط و ویژگی‌های زمین‌شکل‌ها، فرآیند و مخاطره آن، نوع پل و ابعاد آن پیشنهاد می‌شود. مثلاً در زمینه مکان‌یابی و احداث پل در محیط‌های مخروط‌افکنه‌ای فعال و چگونگی توزیع آن‌ها باید به الگو و پراکنش کانال‌های فعال بر سطح مخروط‌افکنه‌ها توجه گردد. در واقع هر چه به سمت رأس مخروط حرکت کنیم، تعداد و تراکم کانال‌ها کم و عمق آن‌ها بیشتر می‌شود، این در حالی است که هرچه به سمت قاعده پیش رویم، از عمق آن‌ها کاسته شده و به عرض آن‌ها افزوده می‌شود و تعداد و تراکم آنها نیز با تقسیم افزایش می‌یابد. هنگامی که جاده‌های از نزدیک رأس مخروط عبور کند، تعداد پایه پل‌هایی که باید احداث شود، کم خواهد بود، اما ارتفاع آن‌ها افزایش می‌یابد. در صورتی که هر چه به سمت قاعده مخروط حرکت کنیم، بر تعداد پایه پل‌ها اضافه شده و از ارتفاع آن‌ها کاسته می‌شود. در مرحله بعد برای مکان‌یابی بهینه و احداث ژئومورفولوژیک پل‌ها از طریق تهیه و تحلیل نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد نظر، طبقه‌بندی کانال‌ها و رودخانه‌ها براساس روش رزگن، بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز، تهیه نقشه واحدهای پاسخ هیدرولوژیک (HRUs)، پهنه‌بندی رواناب (رواناب شهری) با استفاده از روش SCS، پهنه‌بندی سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS، تحلیل داده‌های دبی و دبی رسوب، شناسایی نقاط تجمع جریان، پهنه‌بندی، مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (از جمله مدل ترکیبی AHP-FUZZY )، اولویت‌بندی پایداری و ناپایداری پل‌های احداث شده و یا در حال احداث (مثلاً با استفاده از روش کوپراس، ویکور و ...) پرداخته شود. در نهایت ضمن تحلیل وضعیت موجود به نتیجه‌گیری و ارائه اولویت‌های مناسب جهت مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها پرداخته شود. همچنین علاوه بر خصوصیات فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز و سیلاب و دخالت‌های انسانی در رودخانه‌ها و مسیل‌های

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

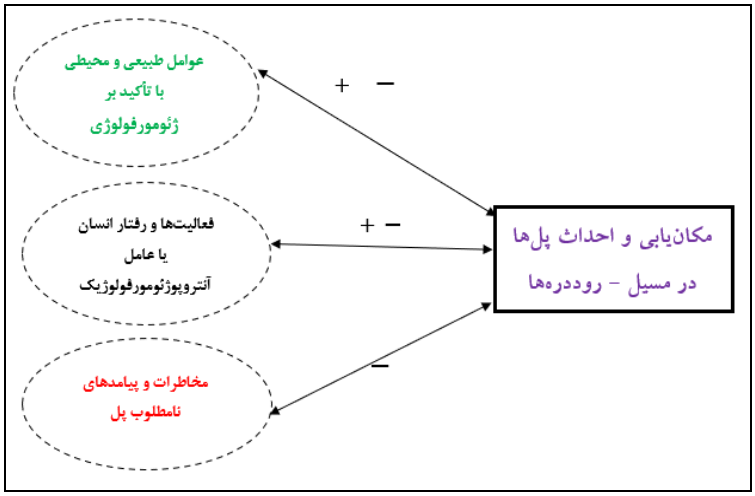
شهری، توجه به وجود گسل‌های اصلی و فرعی متعدد و میزان فعالیت حرکات تکتونیکی در مدل‌سازی و مکان‌یابی بهینه پل‌ها در مناطق و محیط‌های ژئومورفولوژیک مختلف ضروری است. مدل مفهومی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل- رودره‌ها به این شرح است؛ با توجه به شکل (۵)، عوامل طبیعی و محیطی به‌ویژه علم ژئومورفولوژی می‌توانند به‌عنوان عواملی اصلی در مطالعه و بررسی جهت در مدل‌سازی ژئومورفولوژیک مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها، دارای تأثیرات مثبت و منفی (با توجه به چگونگی و ویژگی‌هایشان) باشند. همچنین فعالیت و رفتارهای انسانی نیز تأثیری مشابه عوامل قبل در مدل‌سازی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری دارند و مخاطرات (به‌ویژه سیلاب و حرکات نوزمین‌ساخت) و پیامدهای نامطلوب مکان‌یابی و احداث پل‌ها نیز به دلیل اینکه تأثیری منفی در پل‌سازی دارند و می‌تواند منجر به خسارات جانی و مالی و سلب آرامش و امنیت شهروندان گردند، نیازمند مطالعه و بررسی دقیق‌تری هستند؛ بنابراین با شناخت نوع مخاطرات در بازه‌ها و یا مناطق مختلف، نوع سازه‌ی پل و ابعاد و مصالح آن تعیین گردد، مثلاً در مناطق گسلی و دارای خطر زلزله، پل‌های انعطاف‌پذیر احداث گردد و یا در مناطق کارستی و انحلالی می‌توان مقاومت عرشه یا عرض پی‌ها را زیاد کرد.




[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

**شکل (۴). فلوچارت مراحل بررسی ژئومورفولوژیک مکان‌یابی بهینه و احداث پل‌ها در مسیل – رودره‌ها**

**مدل مفهومی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل – رودره‌ها** ={عوامل طبیعی و محیطی (زمین‌شناسی+ اقلیم + هیدرولوژی + خاک و ژئوتکنیک + ژئومورفولوژی) + (فعالیت‌های انسان یا عامل آنتروپوژئومورفولوژیک) – (مخاطرات + پیامدهای نامطلوب ژئومورفولوژیک، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، سیاسی و امنیتی پل)}.




**شکل (۵). مدل مفهومی ژئومورفولوژیک احداث پل‌ها در مسیل – رودره‌ها**

## نتیجه‌گیری

پل، یکی از سازه‌های شهری است که رابطه بلافصلی با عوامل انسانی- اقتصادی و زیست محیطی؛ سازه‌ای و طبیعی و محیطی دارد، زیرا مکان‌یابی و احداث آن، نمایانگر پیوند فعالیت‌های انسانی با گستره طبیعی است،

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

بنابراین برای ساخت چنین سازه‌ای نمی‌توان صرفاً عوامل انسانی (کاربری‌ها، ترافیک، جمعیت و...) و سازه‌ای را برای برون‌رفت از مسائل جاری و مقطعی شهرها در نظر گرفت، بنابراین عدم توجه به ویژگی‌های محیط طبیعی، فرآیندها و فرم‌های ژئومورفولوژیک، می‌تواند در بلندمدت مخاطره‌آفرین باشد و محیط و مدیریت سیاسی فضای شهری را در همه ابعاد، با چالشی جدی مواجه نماید. گسترش شهرنشینی و توسعه شهری زمینه‌ای برای دخالت ژئومورفولوژی در امور شهری است. با توجه به اینکه مسیل‌ها و رودخانه‌ها از پدیده‌ها و فرآیندهای ژئومورفولوژیک هستند، هم‌زمان با توسعه شهری و احداث سازه‌های تقاطعی از جمله پل‌ها در این مسیل‌ها، تغییراتی در پلان و ژئومورفولوژی رودخانه ایجاد می‌کنند و در صورت عدم توجه به فرآیندها و فرم‌ها و پارامترهای ژئومورفولوژیک می‌تواند منجر به خسارت و تخریب چنین سازه‌هایی گردد. این پژوهش ضمن غنا بخشیدن ادبیات حوزه موردبحث، در پی بررسی و تبیین نقش و کاربرد ژئومورفولوژی (فرآیندها و فرم‌ها) در مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها در مسیل‌های شهری بوده است. با توجه به اینکه موضوع موردبحث علم ژئومورفولوژی، عوارض و زمین‌شکل‌هایی است که دارای ساختار زمین‌شناسی، فرآیندهای تقریباً یکسان و اقلیم مسلط هستند و همه فعالیت‌ها و ساخت‌وسازهای انسان از جمله پل‌ها در ارتباط با این عوارض است، نیازمند توجه بر شاخصه‌ها و فرآیندها و فرم‌های ژئومورفولوژیک و مورفولوژیک رودخانه‌ای در امر مکان‌یابی و احداث پل‌ها است تا ضمن جلوگیری از بروز مخاطرات (ریزش پل و سیل و آب‌گرفتگی معابر و خیابان‌ها)، به‌صرفه اقتصادی و رفاه بیشتر شهروندان نیز کمک کرد؛ بنابراین مکان‌یابی بهینه، نگهداری و مقاوم‌سازی و پایداری چنین سازه‌هایی نیازمند توجه شایانی است و انجام تحقیق در این زمینه، از ضرورت بالایی برخوردار است؛ بنابراین می‌توان گفت ایجاد و نگهداری پل‌ها علاوه‌بر در نظر گرفتن بعد اقتصادی و هزینه‌ها، نیازمند توجه به عوامل و ویژگی‌های محیطی و ژئومورفولوژیک همچون، نوع نهشته‌ها و سازندها، نوع فرآیندها و لندفرم‌های حاصله، عوامل توپوگرافیک، فاصله از گسل‌ها، میزان فعالیت تکتونیک، ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه‌ها، پایداری کانال‌ها و مسیل‌ها، نوع اقلیم و میزان دبی و رسوب، سطح آب‌های زیرزمینی است و در صورت توجه به این مسائل، می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و رفاه و آسایش بیشتر شهروندان همراه باشد. همچنین در ساخت‌وساز پل‌ها، توجه به نکات مهندسی و استفاده از ژئوموفولوژی (به‌ویژه ژئوموفولوژی رودخانه‌ای) که با تأکید بر نگرش حوضه‌ای در جانمایی، مکان‌یابی و ارتفاع و عرض مناسب آن‌ها ضروری است. با توجه به کاربردهای علم ژئومورفولوژی در زندگی انسان‌ها و اینکه پل‌ها، ثروت و دارایی محسوب می‌شوند، با به‌کارگیری و توجه به پارامترها و ویژگی‌های ژئومورفولوژیک و استفاده از نقشه‌های ژئومورفولوژی در مکان‌یابی، احداث بهینه و پایداری طولانی‌مدت سازه‌های تقاطعی از جمله پل‌ها در مسیل‌های شهری و سایر محیط‌ها که منطبق بر فرآیندها و فرم‌های ژئومورفولوژیک باشد، ضمن جلوگیری از هدررفت سرمایه و خسارات جانی و مالی، امدادرسانی سریع و به‌موقع در هنگام بروزمخاطرات، می‌تواند زمینه‌ساز توسعه‌پایدار، امنیت و رفاه و شهروندان گردد. در نهایت می‌توان با ارائه مدل مفهومی ژئومورفولوژیک مبتنی بر دیدگاه حوضه‌ای که با به‌کارگیری و توجه به شاخصه‌ها و فرآیندهای ژئومورفولوژیک و مورفولوژیک رودخانه‌ای در امر مکان‌یابی و احداث پل‌ها، علاوه بر اینکه می‌توان از بروز مخاطرات (ریزش پل و سیل و آب‌گرفتگی معابر و خیابان‌ها) کاست، به‌صرفه اقتصادی، رفاه بیشتر شهروندان و توسعه پایدار نیز کمک کرد و در نهایت زمینه‌ساز، استفاده و همکاری هرچه بیشتر مهندسین سازه‌های هیدرولیکی (از جمله پل‌سازی) با علم ژئومورفولوژی و کاربردهای آن شد. نتایج

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

پژوهش نشان داد که علم سیستمی نگر ژئومورفولوژی قابلیت و کارایی بالایی در مدل‌سازی، مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها در مسیل‌های شهری و سایر محیط‌ها دارد و پژوهش حاضر از این حیث ابتکاری و جدید است؛ بنابراین امید است که مهندسین عمران، راه و شهرسازی، از مطالعات و کاربردهای علم سیستمی‌نگر ژئوموفولوژی (به‌ویژه ژئوموفولوژی رودخانه‌ای) که با تأکید بر نگرش حوضه‌ای (سیستمی) همراه است به نحو شایسته‌ای در مکان‌یابی بهینه و احداث پل‌ها در مسیل-رودره‌های شهری و سایر محیط‌های طبیعی و ژئوموفولوژیک استفاده نمایند.

**پیشنهادات**

- تهیه نقشه ژئومورفولوژی با تأکید بر فرآیندها و فرم‌های ژئومورفولوژیک جهت شناخت مخاطرات تهدیدکننده پایداری پل‌ها (حرکات دامنه‌ای، سیلاب، فرسایش خاک و خندق‌زایی، زلزله، روانگرایی خاک و فرونشست‌زمین).
- بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافیک حوضه‌های آبریز مسلط بر محدوده‌های موردمطالعه و ارزیابی مورفوتکتونیک منطقه مطالعاتی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک.
- طبقه‌بندی کانال‌ها و رودخانه‌های طبیعی بر اساس روش روزگن، زیرا با تشخیص نوع کانال، ضمن مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها، نوع پل، ابعاد و مخاطرات آن‌ها نیز شناخته می‌شود.
- بررسی تغییرات زمانی-مکانی رودخانه‌ها و مسیل‌های طبیعی و انسان‌ساخت.
- تهیه و تحلیل نقشه‌های پهنه‌بندی مخاطرات (حرکات دامنه‌ای، آبشستگی، سیلاب، فرسایش خاک، روانگرایی خاک و فرونشست زمین).
- در مکان‌یابی و احداث بهینه پل‌ها، در ابتدا نقاط تجمع جریان شناخته و استخراج شوند و پل‌های مورد نظر بعد از چنین نقاطی احداث شوند و به‌صورت سلسله مراتبی از بالادست به سمت پایین‌دست، تعداد دهانه‌های و ابعاد پل‌ها و کالورت‌ها بزرگتر ساخته شوند.
- با توجه به ژنز دره‌ها و مسیل‌ها (یخچالی و آبی) مکان‌یابی بهینه و احداث پل‌های بلندمرتبه بدون خاکریزی و خاک‌برداری دستی نیز امکان‌پذیر است.
- استفاده از سیستم‌های هشدار سیل و مانیتورینگ در پل‌های مهم.
- لایروبی منظم مسیل‌ها و ایجاد رسوب‌گیرهای متوالی در مناطق با پتانسیل تولید رسوب در بالادست پل‌ها و حوضه‌های آبریز مسلط بر مناطق شهری و سایر محیط‌های طبیعی و ژئوموفولوژیک.
- برای جلوگیری از آبشستگی و تخریب پل‌های احداث‌شده در مسیل-رودره‌های شهری، ضمن توجه به ضخامت و عمق سازندهای کواترنری، از شمع‌های عمیق در پایه‌های پل‌ها به‌کار گرفته شود.
- در مطالعات سیلاب و دبی رسوب به نقشه‌های SCS و HRUs و شبیه‌سازی پهنه‌های سیلاب با استفاده از HEC-RAS قبل از احداث پل‌ها، توجه شایانی گردد.

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

**منابع**

رسول‌نیا، اکبر؛ عظیمی، محسن. (۱۳۹۸). **مدل‌سازی، تحلیل و طراحی پل‌ها با CSIBridge**. انتشارات دیباگران تهران.

روزخش، پرویز؛ حبیبی، هدی، غریب رضا، محمدرضا.(۱۳۸۴). **بررسی فرسایش رودخانه کن، در محدوده پل سه‌راهی دهکده المپیک، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب**. تهران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور.

رهنمایی، محمدتقی.(۱۳۸۷). **مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: جغرافیا**. چاپ چهارم. تهران. مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی ایران.

شایان، سیاوش؛ شریفی، محمد. (۱۳۸۵). **مدل به‌عنوان تکنیکی در ژئومورفولوژی**. تحقیقات جغرافیایی. **۲۱: ۱(پیاپی ۸۰)**: ۱۲۰-۱۰۲.

صادقی، سید حمیدرضا؛ حاجی قلی زاده، محمد؛ وفاخواه، مهدی.(۱۳۸۶). **تأثیر پل‌ها و آب‌روها در تغییر عمق و پهنه سیلاب در بازه‌ای از رودخانه کن تهران(گزارش فنی)**. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.**۱(۱)** :۶۷-۶۴.

صفاری، امیر.(۱۳۸۷). **قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی‌کلان‌شهر تهران به‌منظور توسعه و ایمنی**. رساله دکتری جغرافیای طبیعی- ژئومورفولوژی. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.

فارادی، آر.وی؛ اف.جی چارلتون.(۱۳۸۱). **نقش عوامل هیدرولیکی در طراحی پل‌ها**. ترجمه‌ی امیررضا زراتی. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

قنواتی، عزت‌الله.(۱۳۸۲). **مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه گاماسیاب**. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. **۷۷**: ۱۸۲-۱۷۴.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.(۱۳۸۶). **شناسنامه فنی پل‌ها**. نشریه شماره ۳۶۷.

معتمد، احمد؛ ابراهیم مقیمی.(۱۳۷۸). **کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی**. سمت.

مقصودی، مهران؛ شرفی، سیامک؛ مقامی، یاسر. (۱۳۸۹). **روند تغییرات الگوی مورفولوژیکی رودخانهٔ خرم‌آباد با استفاده از GIS، RS و Auto cad**. مدرس علوم انسانی- برنامه‌ریزی و آمایش فضا. **۱۴(۳)**: ۲۹۴-۲۷۵.

مقیمی، ابراهیم. (۱۳۸۸). **ژئومورفولوژی شهری**. انتشارات دانشگاه تهران.

نجفی، اسماعیل. (۱۳۹۴). **مدل‌سازی ژئومورفولوژیکی احداث پل‌ها در مسیل‌های شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر تهران)**. رساله دکتری جغرافیای طبیعی – ژئومورفولوژی. دانشکده علوم جغرافیایی. دانشگاه خوارزمی.

نجفی، اسماعیل. (۱۳۹۹). **پهنه‌بندی و مکان‌یابی ژئومورفولوژیک پل‌ها با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY *(مطالعه موردی: کلان شهر تهران)***. هفتمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری. دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی. تهران.

نجفی، اسماعیل؛ صفاری، امیر؛ قنواتی، عزت الله؛ کرم، امیر.(۱۳۹۴). **نقش عوامل طبیعی و ژئومورفولوژیک موثر در ناپایداری پل‌های کلان‌شهر تهران به منظور توسعه و امنیت شهری**، نخستین نمایشگاه و همایش بین‌المللی ایمنی، امنیت و مدیریت بحران در سوانح طبیعی.

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]

Anderson, I. A., Dewoolkar, M. M., Rizzo, D, M, Huston, D. R., Frolik, J.B, Matthew, and Howard. L. 2017**. Prediction and mitigation of scour and scour damage to Vermont bridges** , Vermont Agency of Transportation Materials and Research Section One National Life Drive Montpelier, VT 05633.

Biswas, M., Banerjee, P. 2018.**Bridge construction and river channel morphology- A comprehensive study of flow behavior and sediment size alteration of the River Chel,** India.Arab J Geosci 11, 467. https://doi.org/10.1007/s12517-018-3789-7.

Brooks, G. R., & St. George, S. 2015. **Flooding, structural flood control measures, and recent geomorphic research along the Red River, Manitoba, Canada**. In Geomorphic Approaches to Integrated Floodplain Management of Lowland Fluvial Systems in North America and Europe (pp. 87-117). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2380-9_5.

Chester, C. W, Biedenharn.D. S, Scott.S.H.1999. **Channel Rehabilitation:Processes, Design, and Implementation, U.S. Army Engineer Research and Development Center Vicksburg**, Mississippi,Colorado State University Fort Collins, Colorado Spring 2000.

Fookes.P.G and Lee. E. M and Griffiths. J.S.2007. **Engineering Geomorphology, Theory and PRractice**, Whittles Publishing.

Gilvear, D.J..1999. **fluvial geomorphology and river engineering: future roles**, Geomorphology 31 -1999. 229–245

Grant, G. E., O'Connor, J. E., Wolman, M.G., 2013. **A river runs through It Conceptual models in fluvial geomorphology**. In: Shroder, J. (Editor in Chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, SanDiego, CA, vol. 9, Fluvial Geomorphology, pp. 6–21.

Gregory, K.J and Brookes, A. 1983. **Hydrogeomorphology downstream from bridges, Applied Geography**, Volume 3, Issue 2, April 1983, Pages 145–159, Available online 4 July 2002.

Groenie. J.S and Gubernick.R,.2007. **Choosing the best site for a bridge**, Transportation research record Vol. 1, Transportation Research Board of the National Academies,Washington, D.C., 2007, pp. 347–354.

Michael, J. Paul and Meyer, J.L. 2008. **Streams in the Urban Landscape**,Originally Published in 2001 in Annual. Review of Ecology and the Systematics 32: 333–365J.

Mishra K. 2013. Geomorphological studies and flood risk assessment of Kosi river basin using remote sensing and gis techniques, Government of India indian institute of remote sensing Indian Space Research Organisation ISO 9001:2008.

Mossa, j. and Konwinski, j. 1998. **Thalweg variability at bridges along a large karst river:the Suwannee River, Florid**a, Engineering Geology 49 (1998) 15-30

Thorndycraft, V.R. and et al. 2007. **Fluvial geomorphology: A perspective on current status an methods**, Geomorphology98(2008)2–12,www.elsevier.com/locate/geomorph.

[ Downloaded from jgs.khu.ac.ir on 2024-04-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.171.4 ]
[ DOI: 10.61186/jgs.24.73.382 ]