

## The Physical Development of Mashhad Metropolis and Change in the Morphology of River Systems

Ezatallah Ghanavati <sup>\*1</sup>, Seyed Reza Hosseinzadeh <sup>2</sup>, Amir Karam <sup>3</sup>, Mitra Farokhzad

<sup>1</sup> Assistant Professor, Dean of the Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Faculty and Professor of Geography Department of Ferdowsi University, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Head of Geomorphology Department, Kharazmi University of Tehran, Iran

<sup>4</sup> PhD Candidate, Department of Social Sciences, Farhangian University of Mashhad, Iran

### Abstract

In terms of geographical location, Mashhad metropolis has spread all over a wide alluvial plain. Locating between the Kopeh Dagh and the Hezar Masjed sedimentary heights and the Binalood igneous heights has led to the creation of specific morphology for the Mashhad alluvial plain. In the northern part of the city, the Kashafrud River drains all the rivers of Mashhad plain. And the Binalood heights drainage rivers run through the city of Mashhad and drain into the Kashafrud River. The city's physical development over the years has led to a change in the morphology of the city's rivers and in some ways, high-rise buildings are built on the abandoned river-beds and the probability of occurrence of geomorphological hazards has increased. In this research, the location of Mashhad and its physical growth, which led to the destruction and change of river's morphology, has been studied by using 1353, 1359, and 1390 satellite images and the old maps of Mashhad and geological and topographic maps in different periods. The purpose of this research is to investigate the comparative situation of rivers with urban built canals and the resulting risks. In this regard, it has been found that many urban canals are designed without regard to the natural morphology of the rivers and also regardless of the flow capacity of the water. The natural type of the river-beds has been sedimentary deposits including shale, clay and sand and rock along with the forms between the rifting of the rivers, but the canals have thick concrete walls and direct paths.

**Key words:** Geomorphology, Rivers, Artificial Canals, Physical Development, Mashhad Metropolis.

## توسعه فیزیکی کلان‌شهر مشهد و تغییر در مورفولوژی سیستم‌های رودخانه‌ای

عزت‌الله فتواتی\*، دانشیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

سید رضا حسین‌زاده، دانشیار، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

امیر کرم، دانشیار، گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

میترا فرخزاد، دانشجوی دکتری، گروه علوم اجتماعی، دانشگاه فرهنگیان، مشهد، ایران

وصول: ۱۳۹۶/۰۴/۳۰ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۰، صص ۸۸-۶۹

### چکیده

کلان‌شهر مشهد از لحاظ موقعیت جغرافیایی در دشت آبرفتی وسیعی گسترده شده است. قرارگیری در بین ارتفاعات رسوبی کپه‌داغ و هزار مسجد و ارتفاعات آذرین بینالود به ایجاد مورفولوژی خاص برای دشت آبرفتی مشهد انجامیده است. رودخانه کشف‌رود در بخش شمالی شهر، زهکشی تمامی رودخانه‌های دشت مشهد را بر عهده دارد و رودخانه‌های زهکش ارتفاعات بینالود از شهر مشهد می‌گذرند و به رودخانه کشف‌رود تخلیه می‌شوند. توسعه فیزیکی شهر در سال‌های متمادی به تغییر مورفولوژی رودخانه‌های شهر انجامیده و در بعضی مسیرها روی بستر رودخانه‌های متروکه، ساخت‌وسازهای مرتفع با درجه اهمیت بسیار بنا شده و احتمال وقوع مخاطرات ژئومورفولوژیکی را افزایش داده است. در این پژوهش موقعیت شهر مشهد و رشد فیزیکی آن که به تخریب و تغییر مورفولوژی رودخانه‌ها انجامیده، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۱۳۵۳، ۱۳۵۹، ۱۳۹۰ و نقشه‌های قدیمی شهر مشهد و زمین‌شناسی و توپوگرافی در دوره‌های زمانی متفاوت مطالعه شده است. هدف این پژوهش، بررسی وضعیت تطبیقی رودخانه‌ها با کانال‌های احداث‌شده شهری و مخاطرات ناشی از آن است. در این زمینه مشخص شد بسیاری از کانال‌های شهری بدون توجه به مورفولوژی طبیعی رودخانه‌ها و در نظر گرفتن ظرفیت جریان آب طراحی شده‌اند. جنس طبیعی بستر رودخانه‌ها رسوباتی شامل شیل، رس، ماسه و سنگ به همراه اشکال میان‌بستری پیچان‌رودی است؛ اما کانال‌های احداث‌شده، دیواره‌های بتنی ضخیم و مسیری کاملاً مستقیم دارند. **واژه‌های کلیدی:** ژئومورفولوژی، رودخانه‌ها، کانال‌های مصنوعی، توسعه فیزیکی، کلان‌شهر مشهد.

## مقدمه

فرضیه پژوهش این است که کانال‌ها مطابق با مورفولوژی طبیعی رودخانه‌ها اجرا نشده‌اند و بیشتر بر مبنای اهداف برنامه‌ریزی شهری‌اند و به مسائل طبیعی زمین توجهی نشده است.

در این پژوهش داده‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، تحلیل اسناد و گزارش‌های موجود از سازمان‌های ذی‌ربط، مطالعات و مشاهدات میدانی و نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای گردآوری و سپس در محیط نرم‌افزاری GIS به لایه‌های اطلاعاتی تبدیل شد. در مرحله بعد با استفاده از روش همپوشانی و تطبیق لایه‌ها با یکدیگر، نقشه‌ها تحلیل و تفسیر شد. تفسیر داده‌ها نشان می‌دهد کانال‌ها مطابق با مسیر طبیعی رودخانه‌ها نیستند، اما مطابق با جهت شیب توپوگرافی احداث شده‌اند؛ تعدادی از شاخه‌های فرعی کاملاً تغییر مسیر داده و عمود بر شیب توپوگرافی احداث شده‌اند. تمام کانال‌های شهری در داخل شهر بازسازی و کانالیزه شده‌اند، اما در محدوده پیوستن به کشف‌رود شکل طبیعی خود را حفظ کرده‌اند. در اطراف تمامی کانال‌ها در داخل شهر سازه‌های عمرانی بنا شده و محدوده حریم رودخانه‌ها محافظت نشده است؛ همین امر سبب شده است هر ساله در کلان‌شهر مشهد شاهد وقوع مخاطراتی از قبیل سیلاب و نشست ساختمان‌ها باشیم که خسارات مالی و جانی جبران‌ناپذیری را بر پیکره شهر وارد می‌کند. مشاهدات میدانی حاکی است بعضی از این مخاطرات همچون سیلاب، بیشترین آسیب را به ساختمان‌های مجاور کانال‌ها وارد می‌کند و بارش‌های کوتاه منجر به انسداد و آب‌گرفتگی بعضی از این کانال‌ها در انتهای‌ترین بخش حوضه شهری می‌شود؛ بنابراین به نظر می‌رسد شناخت و بررسی تغییرات

امروزه گسترش بی‌رویه شهرها و توسعه ساخت‌وسازها و نیز برنامه‌های توسعه شهری منجر به تخریب و تغییر شکل طبیعی رودخانه‌های شهری شده است. از بین رفتن سطوح نفوذپذیر و تبدیل آنها به سطوح سخت و نفوذناپذیر، تغییر مسیرهای پیچانی و طراحی کانال‌های کاملاً مستقیم مطابق با برنامه‌ریزی‌های شهر، اختصاص دادن حریم رودخانه‌های قبلی به زمین‌های مسکونی و پیرو آن وقوع مخاطراتی همچون نشست، ریزش و سیل، اهمیت مطالعات ژئومورفولوژی رودخانه‌ای را در مطالعات شهری ضروری می‌کند؛ بنابراین کنترل و بررسی شکل و تغییرات تدریجی شکل حوضه و مسیل‌ها، تخریب حوضه‌های آبریز و گسترش فیزیکی شهرها، بخشی از مطالعات ژئومورفولوژی و مدیریت محیطی است.

توسعه شهرها بر مبنای طرح‌های جامع شهری است؛ اما رویکرد اصلی بیشتر این طرح‌ها و برنامه‌ها، حل مسائل و مشکلات کالبدی شهر با بهره‌گیری از اقدامات موضعی و بدون توجه به عوامل سبب‌ساز مسائل و مشکلات مورفولوژیکی و مورفودینامیکی زمین‌شهری بوده است؛ هرچند که شناخت فضای فیزیکی سطح زمین برای توسعه و استقرار هرگونه ساخت‌وساز و تغییر بسیار مهم است. هدف این پژوهش، شناخت وضعیت و بررسی میزان تطبیق کانال‌های شهری با رودخانه‌های طبیعی شهر در ادوار گذشته است.

پرسش مطرح‌شده در این پژوهش این است که کانال‌های احداث‌شده تا چه حد مطابق با مورفولوژی رودخانه‌های طبیعی سطح شهر هستند و آیا از شیب توپوگرافی زمین پیروی می‌کنند یا نه.

مسئله‌ها کاهش می‌دهد و بر الگوی رفتاری آنها نیز تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین نظارت بر مسیر و الگوی هندسی رودخانه‌ها به منظور کسب شناخت دقیق و بررسی معضلات و مخاطرات احتمالی برای حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی ضروری است و جزو اولویت‌های مطالعات ژئومورفولوژی کاربردی محسوب می‌شود.

رجایی (۱۳۸۲) بر نگهداری و پاک‌سازی بستر رودخانه‌ها - چه رودخانه‌های طبیعی و چه کانال‌های مصنوعی - تأکید دارد؛ به‌ویژه کانال‌هایی که در کنار مراکز تراکم جمعیتی شهری طراحی شده‌اند؛ همچنین تأکید بر مکان‌گزینی مناسب آنها را یکی از راه‌های کاهش مخاطرات احتمالی بیان می‌کند.

صفاری و مقیمی (۱۳۸۷) با مطالعه و بررسی حوضه‌های آبریز شهری بیان می‌کند توسعه فیزیکی شهری باعث تلفیق حوضه‌های آبریز کوهستانی و شهری می‌شود، تراکم زهکشی را افزایش می‌دهد و به ایجاد مخاطرات محیطی از قبیل سیل و آب‌بردگی معابر می‌انجامد.

اصغری (۱۳۹۲) با بررسی حوضه‌های آبریز شهر چای ارومیه، یک حوضه آبریز را سیستمی تعریف می‌کند که هرگونه تغییری در شکل آن منجر به تغییر در ورودی و در نهایت خروجی آن می‌شود. وی تأکید می‌کند مطالعه ژئومورفولوژیکی توپوگرافی محدوده جنوب و جنوب غرب مشهد نشان می‌دهد ارتفاعات آن منطقه تقریباً بدون رسوب است و سنگ بستر به‌طور پراکنده در نقاط کم‌ارتفاع دیده می‌شود؛ همچنین خاک‌های سنگریزه‌دار مخروطه‌افکنه‌ها بیشتر کم‌عمق و تکامل نیافته‌اند و در بقیه مناطق پایین‌دست آبرفت‌های کم‌ضخامت دیده می‌شود.

بستر رودخانه‌ها و آگاهی‌یافتن از وضعیت فعلی کانال‌ها تا حدودی بخشی از مشکلات مخاطرات شهری را مرتفع کند و مانع احداث سازه‌های عمرانی در اطراف کانال‌ها شود.

فعالیت‌های انسان و نقش تغییردهنده او در ادوار گذشته تاکنون باعث تغییر مورفولوژی بستر کلان‌شهر مشهد شده است. در این پژوهش توسعه فیزیکی کلان‌شهر مشهد و تغییر مسیر رودخانه‌های عبوری از آن در مقاطع زمانی ۱۲۷۰، ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵ و ۱۳۹۲ بررسی شده است. دخالت انسان چه به‌منظور توسعه و چه به‌منظور بهره‌برداری از منابع طبیعی اگر همراه با مدیریت درست محیط نباشد، منجر به آسیب‌رسانی به سیستم‌های طبیعی می‌شود و در نهایت در چرخه‌ای بسیار آرام و طبیعی این خود انسان است که نخستین قربانی این تغییرات است.

### پیشینه پژوهش

درباره موضوع مدنظر پژوهش‌هایی انجام شده است؛ از جمله:

تاجیک و صداقتی (۱۳۸۸) مفاهیم توسعه پایدار و لزوم تغییر نگرش به تهیه طرح‌های توسعه شهری را ارزیابی و بر آن تأکید کردند. آنها مستندات مفصل تغییر لندفرم‌ها و چشم‌اندازهای ایجادشده با ساخت‌وسازها را بررسی کردند و در نتیجه لزوم انجام مطالعات ژئومورفولوژیکی و شناسایی زمین را پیش از احداث هرگونه سازه در سطح زمین ضروری دانستند.

مقصودی (۱۳۸۷) درباره فعالیت‌های انسانی در سطوح آبرفتی مطالعاتی انجام داده است و بیان می‌کند تغییرات به دست انسان در سطح زمین میزان رسوب‌گذاری را در سطح مخروطه‌ها و در مسیر

واکار<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) نشان داده است میزان تخلیه آب در حوضه‌های زهکشی با تراکم زهکشی نسبت عکس دارد. در این صورت عواملی مانند دیوارکشی سواحل مسیل‌ها، کانالیزه کردن مسیر رودخانه، ازبین بردن پیچ‌وخم‌ها، مستقیم کردن مجرا، تغییر در پهنا و عمق رودخانه، باعث تغییر در مؤلفه‌های مورفومتری و ویژگی‌های مورفولوژیکی رودخانه‌ها می‌شود.

اشلی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) درباره توسعه شهرها و تخریب و تغییر شکل شبکه‌های زهکشی مطالعاتی را انجام داده‌اند و در نتیجه‌گیری بیان می‌کنند این تغییرات تأثیر بسیار مهمی بر شبکه آب‌های زیرسطحی و جریان‌های زیرزمینی و منابع آب زیرزمینی دارد.

ریچارد و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۴) درباره آب‌های سطحی شهری مطالعاتی انجام داده‌اند و پیشنهاد تهیه سیستم تصفیه را برای بازیابی جریان‌های آب سطحی در شهرها مطرح کرده‌اند. آنها بیان می‌کنند این سیستم به برگشت منابع آب به سفره‌های زیرزمینی کمک می‌کند و مانع وقوع مخاطره نشست در سطح شهرها می‌شود؛ زیرا از تخلیه فضاهای خالی تراکم خاک جلوگیری می‌کند.

گراهام<sup>۶</sup> (۲۰۱۴) بر حفظ حیاط طبیعی رودخانه‌ها در نواحی شهری بسیار تأکید دارد و حفظ و نگهداری این اکوسیستم‌ها را برای ادامه جریان حیاط شهری بسیار مهم بیان می‌کند. وی معتقد است بهترین نوع زهکشی آب‌های سطحی در شهرها، همان رودخانه‌ها هستند که باید شکل طبیعی آنها حفظ شود.

تقوایی و سلیمانی (۱۳۹۰) در این زمینه با مطالعه روی مسیل‌های شهری پیشنهاد داده‌اند برای کاهش و به حداقل رساندن دستکاری و دخالت در محیط هیدرولوژیکی بهتر است تا جای ممکن رواناب‌های ناشی از بارندگی را به داخل خاک‌های مناطق شهری نفوذ دهیم؛ این امر با گسترش پارک‌ها و ایجاد کمربندهای سبز میسر می‌شود.

صنعی و احمدی جزی (۱۳۹۰) با مطالعه سه مسیل بزرگ مشهد به این نتیجه رسیدند که به‌طورکلی مقادیر دبی سیلاب به‌دست‌آمده از روش منطقی بسیار بیشتر از روش Swmm است و بر دقت در استخراج درست اطلاعات لازم برای روش Swmm<sup>۱</sup> تأکید دارند.

فلاحی تفتی و همکاران (۱۳۸۵) با روش Swmm، دبی و نقاط خطر و سرریز آب از کانال‌های مشهد را در حوضه اقبال غربی و چهل‌بازه بررسی و ۴۰ نقطه سرریز را مشخص کردند.

حسین‌زاده و جهادی (۱۳۸۶) موضوع سیلاب و آب‌گرفتگی شهر مشهد را بررسی و آثار غیرمستقیم گسترش شهر را در داخل حوضه‌های آبریز و احتمال وقوع تشدید سیلاب را در بافت شهری بیان کردند.

توچی<sup>۲</sup> (۱۳۹۲) روی آثار توسعه شهری بر رواناب‌ها و نیز افزایش جریان اوج و رواناب سطحی مطالعه کرده است و بیان می‌کند کاهش زمان پایه وقوع سیلاب بسیار پرواضح و این تغییرات در سطح یا جریان رودخانه به شاخص‌های کلیماتولوژی و فیزیکی حوضه آبخیز وابسته است.

<sup>3</sup> Waikar

<sup>4</sup> Ashley et al

<sup>5</sup> Richard et al

<sup>6</sup> Graham

<sup>1</sup> Storm water management model

<sup>2</sup> Tucci

نخست در محیط GIS ژئورفرنس و سپس به صورت نقشه خروجی گرفته شد. در محیط نرم‌افزار گوگل‌ارت<sup>۲</sup> کانال‌های شهری ترسیم و سپس در محیط گلوبال‌مپر<sup>۳</sup> به لایه‌های اطلاعاتی با فرمت پلیگون و پلی‌لاین تبدیل شد. عکس‌های هوایی ۱۳۴۲ در محیط نرم‌افزاری<sup>۴</sup> (PCI) ژئورفرنس و موزایک و مسیل‌های شهری ترسیم و برای اطمینان بیشتر از صحت استخراج رودخانه‌ها از عکس‌های هوایی، DEM 90 متری تهیه شده از سازمان نقشه‌برداری خراسان رضوی در محیط نرم‌افزاری GIS با استفاده از افزونه آرک هیدرو<sup>۵</sup> آبراه‌های منطقه دوباره استخراج و کانال‌ها روی لایه آبراه‌های طبیعی همپوشانی شد. پس از استخراج لایه‌های لازم با استفاده از روش میدانی، مسیر فعلی کانال‌ها و نیز جنس خاک اطراف کانال‌ها با استفاده از دستگاه گمانه‌زنی دستی شناسایی شد. در محیط Gis همپوشانی<sup>۶</sup> لایه‌های تدوین شده صورت گرفت و خروجی‌ها تحلیل و سپس با مشاهدات میدانی تغییرات ایجاد شده در مسیرهای احداث شده کانال‌ها ثبت و از تغییرات عکس‌برداری شد؛ در نهایت با استفاده از روش تحلیلی و استدلال و استقرا و با استمداد از منابع کتابخانه‌ای جمع‌بندی و نتیجه‌گیری داده‌ها انجام شد.

### منطقه پژوهش

با توجه به اینکه این مقاله شکل و مسیر کانال‌های مصنوعی و بسترهای طبیعی مسیل‌های کلان‌شهر مشهد را بررسی می‌کند، بنابراین حریم مصوب ۱۳۹۱

مکنزی<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) با روش‌های انحراف موقت (TDM)، شبیه‌سازی زهکشی و کنترل سیلاب مناطق شهری را بررسی و معیارهای تخریب مناطق مسکونی را هنگام وقوع سیلاب در ارتباط با رودخانه‌های شهری تعریف و تبیین کرد.

با توجه به آنچه پژوهشگران درباره مسائل و مشکلات مربوط به تغییرات رودخانه‌های شهری انجام داده‌اند و نیز از آنجایی که کلان‌شهر مشهد از لحاظ ژئومورفولوژیکی در پهنه آبرفتی و محصور در ارتفاعات کپه‌داغ و هزار مسجد از یک‌سو و بینالود از سوی دیگر واقع شده است، بنابراین بررسی وضعیت احداث کانال‌های شهری و میزان انطباق آنها با مسیل‌های طبیعی نسبتاً ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش تلاش دارد با مطالعه وضعیت فیزیکی گذشته شهر مشهد و توسعه فیزیکی فعلی آن و دیدن وضعیت کانال‌ها و مسیل‌های طبیعی، میزان تطبیق احداث کانال‌ها را با مسیل‌ها بررسی کند.

### روش‌شناسی پژوهش

در بررسی حوضه‌های شهری و کوهستانی این نوشتار از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ شهری مشهد استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های MMS ۱۳۵۳، ۱۳۵۹ tm و ETM PLAS ۱۳۹۰ است که تغییرات سطح زمین در بسته نرم‌افزاری GIS و با خروجی لایه‌های shp در سه دوره زمانی تهیه شده است. لایه‌های خطی توسعه فیزیکی شهر که در سال‌های ۱۲۷۰، ۱۳۳۵، ۱۳۴۵ و ۱۳۵۵ از نقشه‌های خطی قدیمی تهیه شده است،

<sup>2</sup> Google Earth

<sup>3</sup> Global Mapper

<sup>4</sup> Geomatica software

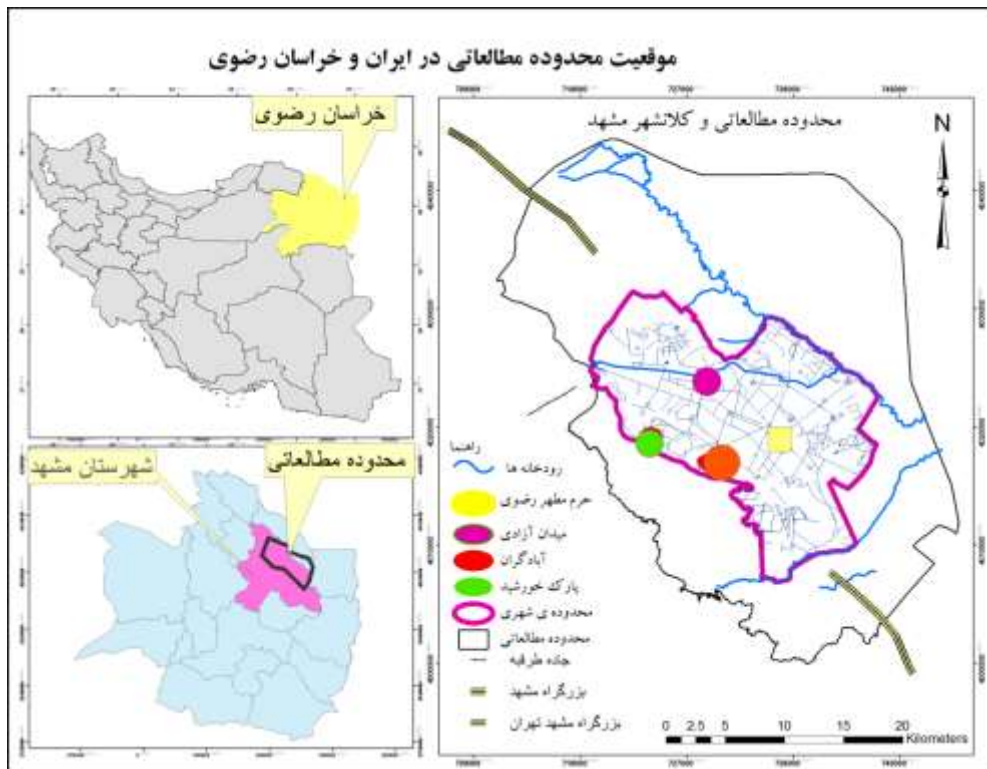
<sup>5</sup> Arc Hydro

<sup>6</sup> Overlay

<sup>1</sup> Mackenzie

جهت شمال و شمال شرق محدوده مطالعاتی مورفولوژی رودخانه کشف‌رود وجود دارد. کمترین ارتفاع محدوده مطالعاتی مربوط به محل عبور رودخانه کشف‌رود با ۹۸۵ متر ارتفاع است و بیشترین ارتفاع در محدوده مطالعاتی ۱۴۵۰ متر واقع در جنوب غرب کلان‌شهر مشهد در ارتفاعات بینالود است. این محدوده حد فاصل طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه و تا ۶۰ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه شمالی در شمال شرقی ایران واقع است.

کلان‌شهر مشهد شامل بخش نسبتاً وسیعی از حوضه آبریز ارتفاعات بینالود انتخاب شد. این منطقه به وسعت ۱۰۸۰۶۴ هکتار و محیط آن ۱۱۱۳۲،۹۱۵۰۱ کیلومتر است و شامل کلان‌شهر مشهد و بخشی از اراضی کوهستانی و مخروطه‌افکنه‌های جنوب و جنوب غربی شهرستان مشهد می‌شود. گسترش شهر از لحاظ واحدهای ژئومورفولوژیکی از دشت آبرفتی آغاز شده و سپس روی مخروطه‌افکنه‌های جنوب و جنوب غربی توسعه یافته و در بعضی از نقاط نیز روی کوهستان‌ها تغییراتی را ایجاد کرده است. در



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی در ایران و خراسان رضوی

زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ استخراج و ترسیم شده است. منطقه پژوهش از لحاظ ژئومورفولوژی شامل سه واحد کوهستان، دشت سر و دشت آبرفتی است. واحد دشت سر با گسل جنوبی مشهد از دشت آبرفتی با

## یافته‌های پژوهش

### ژئومورفولوژی محدوده پژوهش

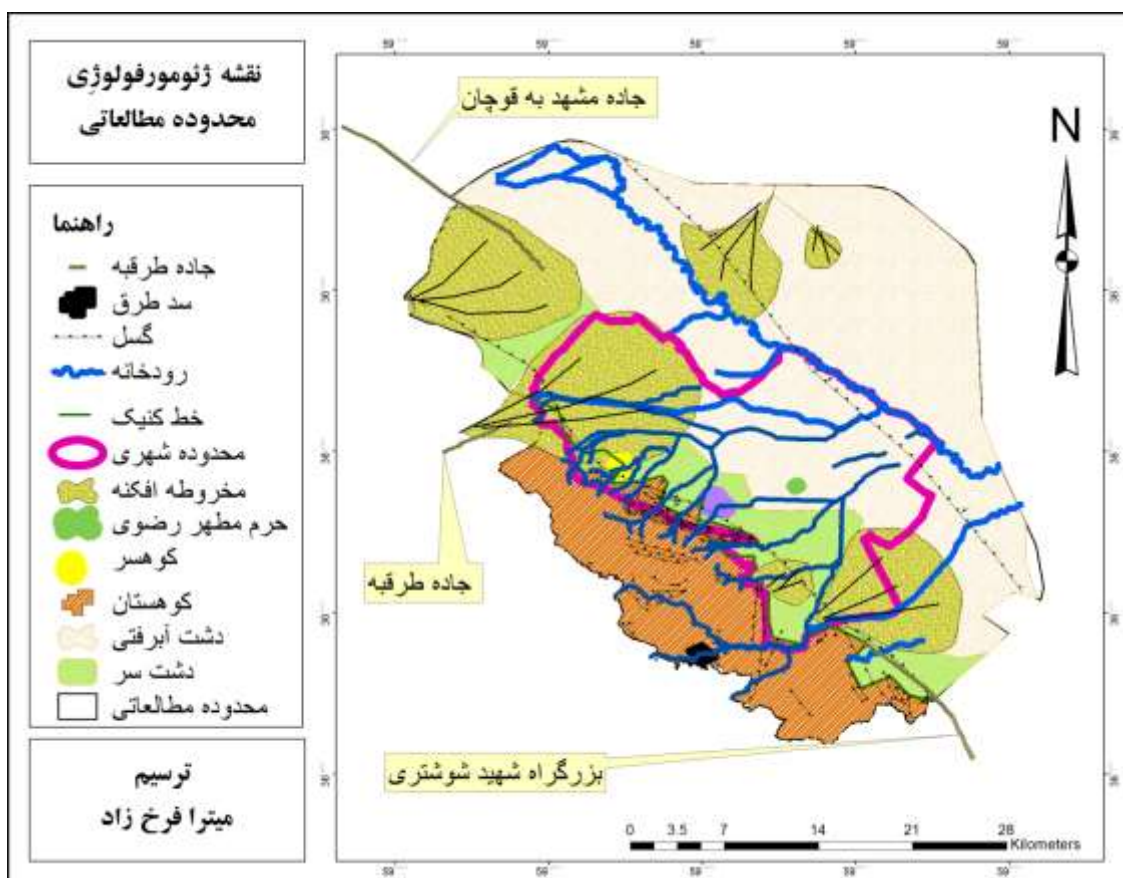
نقشه ژئومورفولوژی محدوده پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی سال ۱۳۴۲ و نقشه

کشف‌رود همراه با شاخه‌های فرعی آن به شکل‌گیری این واحد ژئومورفولوژیکی با عنوان دشت آبرفتی مشهد و ضخامتی به قطر ۲۵۰ متر انجامیده است. محدوده پژوهش شامل بخش نسبتاً زیادی از دشت آبرفتی مشهد است.

گسترش شهر از بخش مرکزی واحد ژئومورفولوژی دشت آبرفتی آغاز شده و به سمت کوهستان‌های غرب و جنوب غرب توسعه یافته است و به‌تدریج پس از توسعه روی مخروطه‌افکنه‌های جنوبی شامل مخروطه‌افکنه گلستان و طرق علاوه بر تخریب مخروطه‌افکنه‌ها، شکل بخش وسیعی از دشت سر را نیز تغییر داده است و توسعه به سمت ارتفاعات و نواحی کوهستانی ادامه دارد.

شیب نسبتاً ملایم جدا شده است؛ البته شاید شیب ملایم ایجادشده به دلیل مواد فرسایشی است که از بالادست به سمت پایین به‌وسیله جریان‌های آب و سیلاب‌ها هدایت شده و شیب تند را محو کرده است. این گسل تا حدودی براساس نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی منطبق بر رأس مخروطه‌افکنه‌هاست.

کلان‌شهر مشهد در داخل دشتی آبرفتی واقع شده است که از طرف غرب و جنوب غربی ارتفاعات بینالود و از طرف شمال و شمال غرب ارتفاعات کپه‌داغ و هزار مسجد این دشت را دربرگرفته و نیز دو گسل بزرگ کشف‌رود و گسل مشهد در دو جهت شمالی و جنوبی منجر به ایجاد یک واحد تکتونیکی با عنوان دشت آبرفتی مشهد شده است. رودخانه



شکل ۲. ژئومورفولوژی محدوده مطالعاتی سال ۱۳۴۲



## زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی

می‌شود. وجود این گسل‌های متراکم و نیز ساخت‌هایی از نوع دایک و سیل در این ارتفاعات، شرایط مناسبی را برای تخریب و تغییرات فیزیکی انواع سنگ‌های آهکی و گرانیتی ایجاد کرده است. نفوذ آب ناشی از ریزش‌های جوی در این پهنه با توجه به مورفولوژی کوهستانی این منطقه، اشکال زمین‌شناسی منحصربه‌فردی را همراه با چشمه‌های زیادی ایجاد کرده است.

## حوضه‌های آبریز محدوده مطالعاتی

تراکم شبکه آبراه‌ها در حوضه‌های آبریز غرب و جنوب غربی، نشانه فعال بودن وضعیت هیدروژئومورفولوژی منطقه است. آبراه‌های طبیعی و رودخانه‌های دشت آبرفتی مشهد مسیرهای نسبتاً پریچ‌وخمی دارند که از ارتفاعات بینالود در جنوب و جنوب غربی و ارتفاعات کپه‌داغ و هزار مسجد در شمال و شمال شرق کلان‌شهر مشهد سرچشمه می‌گیرند و با زهکشی کامل دشت آبرفتی مشهد در نهایت با عبور از سه موقعیت جغرافیایی، غرب، مرکز و شرق مشهد به رودخانه کشف‌رود تخلیه می‌شوند.

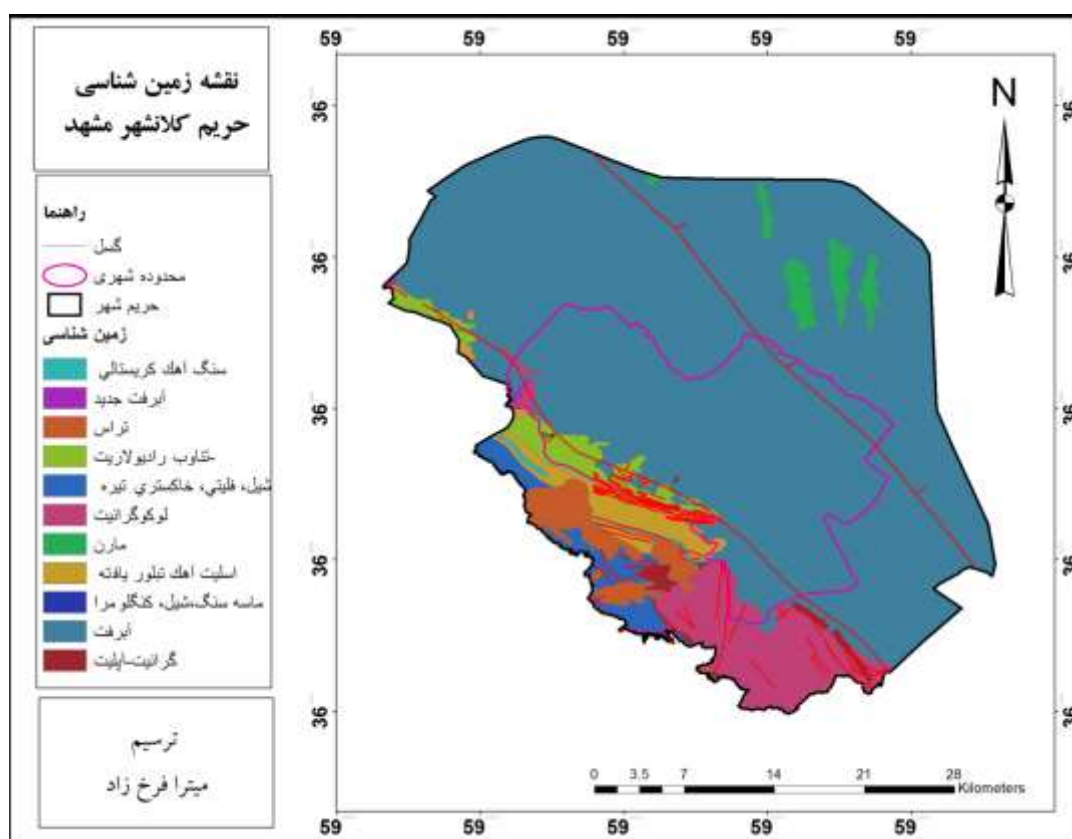
تاکنون سیلاب‌های زیادی در حوضه شهری مشهد رخ داده و موجب بروز خسارات فراوان به منازل مسکونی و مناطق تجاری شده است. متأسفانه اطلاعات کمی از میزان دبی سیل در دسترس است؛ ولی براساس گزارش‌های موجود، داغ آب سیل در سال ۱۳۷۱ حتی دو متری روی دیوارهای منازل مسکونی دیده شده است. شکل (۳) نشان می‌دهد مهم‌ترین مسیل‌های طبیعی که از داخل یا حواشی محدوده کلان‌شهر مشهد عبور می‌کنند، پس از توسعه

در نمونه‌برداری‌های گمانه‌ای در ۱۹ نقطه شهر مشهد مشخص شد جنس لایه‌های اولیه خاک در نواحی مرکزی، شمال و شمال شرق، بیشتر از نوع ریزدانه سیلت، رس و شیل است و لیتولوژی نواحی غرب و جنوب غرب شامل شیل‌های فیلیتی خاکستری تیره تا سبز، شیل، اسلیت، ماسه‌سنگ و دولومیت‌اند. در نواحی کوهستانی و ارتفاعات بیشتر گمانه‌ها به سنگ‌بستر رسیده و لیتولوژی آنها شامل سنگ‌های آذرین، رادیولاریت - اسلیت و سنگ‌های اولترابازیک است. سنگ‌های آذرین در مناطق مرتفع با توجه به اقلیم نیمه‌بیابانی کلان‌شهر مشهد و نیز دامنه تغییرات دمایی زیاد، حساسیت زیادی دارند و منجر به تخریب فیزیکی و انحلال و در نتیجه ناپایداری مواد در دامنه‌ها می‌شود. نهشته‌های آهکی، دولومیتی، شیلی، ماسه‌سنگی متراکم و دگرگونه دوران اول است (کره‌ای و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۷)؛ رخساره‌هایی شامل شیل‌های فیلیتی خاکستری تیره تا سبز، شیل، اسلیت، ماسه‌سنگ و دولومیت که از جنوب تا غرب مشهد پهنه وسیعی را در بر گرفته است. براساس گمانه‌های دیده شده ضخامت رسوبات آبرفتی از دشت آبرفتی به سمت ارتفاعات جنوب و جنوب غربی کاهش می‌یابد؛ به طوری که در ارتفاعات شاهد سنگ‌بستر با ضخامت بسیار کمی از رسوبات هستیم. این رخساره‌های جوان آبرفتی به تغییرات مورفولوژیکی محیط بسیار حساس‌اند. دو گسل کشف‌رود و جنوب مشهد، دشت هموار مشهد را از ارتفاعات شمالی و جنوبی جدا کرده است و در محدوده ارتفاعات جنوب غرب در سنگ‌های اولترابازیک و رادیولاریت‌ها، گسل‌های متراکم با جهت جنوب غرب به شمال شرق دیده

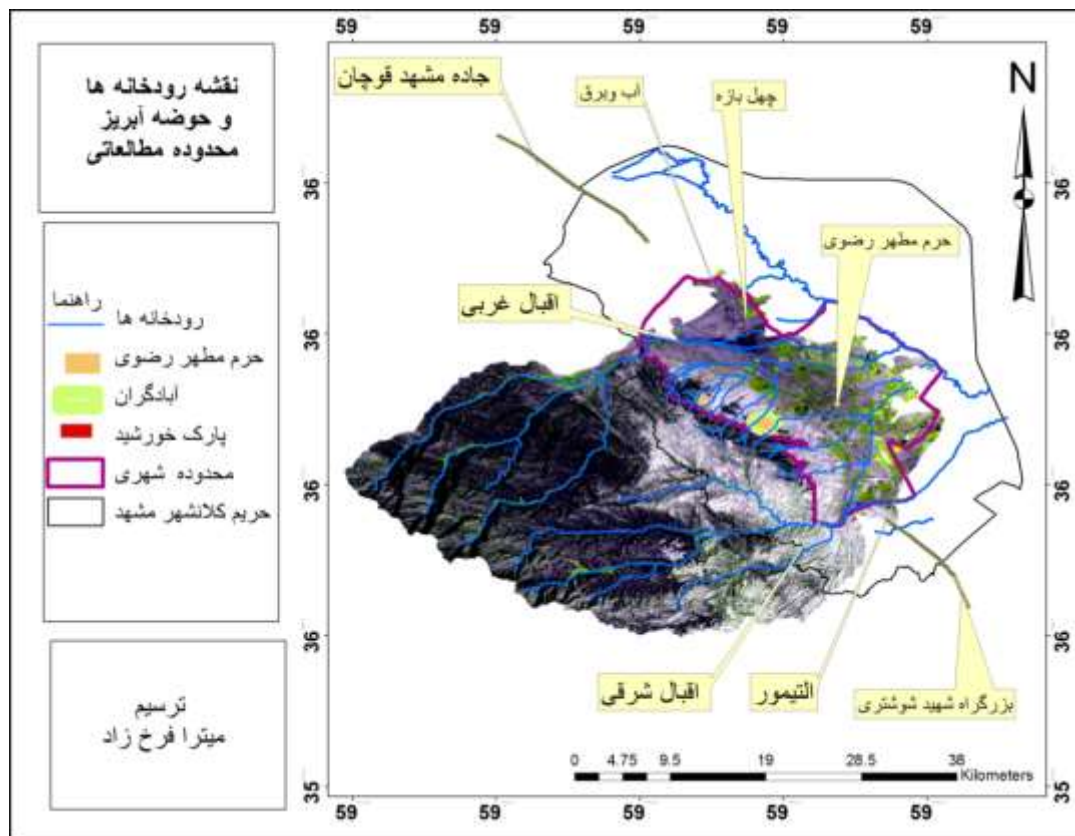
کانال‌های موجود جمع‌آوری شده است، وارد رودخانه‌های اصلی نام‌برده و در نهایت مجموع رواناب‌های جمع‌آوری شده وارد رودخانه کشف‌رود می‌شود؛ در عین حال هرکدام از رودخانه‌های اصلی نام‌برده زیرشاخه‌های متعددی دارد. شکل (۴) نیز رودخانه‌ها و حوضه‌های آبریز موجود در کلان‌شهر مشهد را به همراه محل تخلیه رواناب‌های سطحی جمع‌آوری شده با هریک از رودخانه‌های اصلی به رودخانه کشف‌رود مشخص می‌کند.

فیزیکی شهر به‌طور مصنوعی بازسازی شده‌اند؛ این کانال‌ها عبارت‌اند از: چهل‌بازه، آب و برق، نه دره، رضاشهر، دانشگاه، اقبال، التیمور.

براساس شرایط توپوگرافی و موقعیت طبیعی مسیل‌های زهکش‌کننده، تمامی رواناب‌های سطحی حوضه آبریز ارتفاعات جنوبی شهر مشهد مستقیماً به رودخانه‌های طبیعی اصلی شامل رودخانه‌های اقبال غربی، اقبال شرقی، التیمور و چهل‌بازه تخلیه می‌شوند. رواناب‌های سطحی شهر مشهد نیز که با جوی‌ها و



شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی کلان‌شهر مشهد



شکل ۴. حوضه آبریز محدوده مطالعاتی

#### تغییرات مورفولوژی بستر رودخانه‌ها

براساس شکل بالا، بستر شهری مشهد در حالت طبیعی و پیش از دخالت انسان چندین شاخه رود اصلی و فرعی داشته است. لایه اطلاعاتی این رودخانه‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۴۲ و ۱۳۳۵ است که فقط هسته مرکزی شهر شکل گرفته است؛ ولی با گذشت زمان و توسعه شهر شاخه‌های فرعی رودخانه‌ها کاملاً از بین رفته و ساختمان‌ها جای آنها را گرفته است. با توجه به اینکه این رودخانه‌ها در بستر آبرفتی جریان دارند، جنس بستر بیشتر آنها از نوع ماسه، رس و سیلت است؛ بنابراین در سطح رس‌ها و شیل‌ها آب زیادی جاری و سبب افزایش شدید تراکم زهکشی می‌شود (مقیم و محمودی،

۱۳۸۳: ۴۲) که این خود به تغییرات شدید در مورفولوژی بستر رودخانه می‌انجامد. رودخانه‌هایی که خارج از محدوده شهری قرار گرفته‌اند، به دلیل برداشت مصالح ساختمانی از قبیل شن و ماسه تغییر شکل داده‌اند و همچنین درباره معادنی که در انتهای‌ترین موقعیت حوضه‌های آبریز واقع شده‌اند، قرارگیری روی رخساره‌های آهکی و فلینت و برداشت بیش از حد از این منابع (حسین‌زاده و جهادی طرقی، ۱۳۸۶: ۱۴۸) باعث تغییر شکل حوضه‌ها شده و علاوه بر تغییرات مورفولوژی، تغییرات اساسی در میزان دبی و همچنین رسوبات آنها به وجود آمده است. این تغییرات در حوضه‌های آبریز بر لندفرم‌های دامنه‌ای نیز تأثیر گذاشته و تغییرات

بستر رودخانه متروکه هموارسازی می‌شود و شکل طبیعی خود را از دست می‌دهد. احداث هر سه کانال بالا مطابق با شیب توپوگرافی زمین است. سرشاخه‌های این حوضه به دلیل قرارگیری روی دامنه‌های ارتفاعات غربی تا حدودی شکل طبیعی خود را حفظ کرده است، اما بعضی شاخه‌های فرعی، کانال‌های بسیار کم‌عرض و کم‌عمقی دارد (عکس ۵).

۲- حوضه آبریز شهری اقبال شرقی وسعتی حدود ۱۱۶۹۵ هکتار و محیط ۶۲/۴۱ کیلومتر را شامل می‌شود و ۴ شاخه اصلی رودخانه دارد که در پایین دست با پیوستن به یکدیگر شاخه اصلی اقبال شرقی را ایجاد می‌کنند. این حوضه پس از تغییرات شهری و توسعه فیزیکی سه کانال فرعی و یک کانال اصلی دارد که هیچ‌کدام از این کانال‌ها مطابق با ژئومورفولوژی رودخانه‌های طبیعی حوضه اقبال شرقی نیستند؛ به طوری که سه کانال فرعی عمود بر شیب توپوگرافی طراحی شده و دقیقاً بستر رودخانه‌های طبیعی را برش زده و بسترهای رودخانه با خاک‌ریزهای مصنوعی هموارسازی شده است؛ کانال اصلی اقبال شرقی که آب‌های سه کانال دیگر را جمع‌آوری می‌کند، به موازات رودخانه اصلی اقبال شرقی احداث شده است، اما با فاصله نسبتاً زیاد و مطابق با شیب توپوگرافی به کشف‌رود هدایت می‌شود.

۳- حوضه آبریز چهار بازه شهری با وسعت ۵۱۸۵ هکتار و محیط ۶۲/۵۶ در بخش غربی شهر واقع شده است. این حوضه زیرحوضه چهار بازه خارجی است. کانال‌های احداث شده مطابق با شاخه‌های طبیعی است و از شیب توپوگرافی زمین پیروی می‌کند؛ اما متأسفانه شکل طبیعی حوضه در این بخش از شهر به دلیل

چشمگیری را در بستر مسیل‌ها ایجاد کرده است؛ علاوه بر این حجم زیاد رسوبات وارد کانال‌ها و در مسیرهای پایین دست همراه با حجم زیاد زباله‌ها و نخاله‌های ساختمانی منجر به انسداد و آب‌گرفتگی آنها شده است؛ زیرا حجم محاسبه شده فقط برای عبور جریان آب است و اکنون حجم زباله‌ها و رسوبات بر حجم آب عبوری افزوده شده است که در نتیجه به گره کانالی و سرریزی آب می‌انجامد.

حوضه‌های آبریز جنوب و جنوب غرب مشهد به دو حوضه وسیع خارجی چهار بازه با مساحت ۳۳۳۸۹ هکتار و محیط ۱۱۲/۱۹ کیلومتر و خارجی اقبال شرقی با مساحت ۴۱۷۹۹ هکتار و محیط ۱۱۸/۵۵ کیلومتر تقسیم می‌شود. این دو حوضه آبریز بزرگ دامنه‌های غربی مشهد از ارتفاعات بینالود سرچشمه می‌گیرند و به کشف‌رود تخلیه می‌شوند. حوضه‌های آبریز پایین دست این حوضه‌ها با توسعه فیزیکی شهر و گسترش سازه‌ها روی بستر رودخانه‌های متروکه که قطعاً در دوره‌های بازگشت محل عبور جریان آب هستند، دچار تغییرات مورفولوژی و نیز هیدروژئومورفولوژی شده است. حوضه‌های آبریز پایین دست با عنوان حوضه‌های آبریز داخلی عبارت‌اند از:

۱- حوضه آبریز اقبال غربی با مساحت ۶۸۳۴ هکتار به‌طور طبیعی ۸ شاخه اصلی دارد که در نتیجه توسعه فیزیکی و ادغام رودخانه‌ها با یکدیگر علاوه بر تغییر مسیر طبیعی رودخانه، تعداد ۸ شاخه ادغام شده و به ۳ شاخه کانال کاهش یافته است؛ یعنی ۵ شاخه دیگر در کانال‌های احداثی ادغام شده‌اند. پرواضح است که تلفیق شاخه‌های فرعی و ایجاد یک کانال واحد به‌طور طبیعی باعث تغییر مسیر رودخانه و

اقبال شرقی قرار گرفته است. این حوضه در حالت طبیعی یک شاخه دارد که در حال حاضر هیچ تغییری در آن ایجاد نشده است؛ اما مورفولوژی این بستر به دلیل قرارگیری در بخش انتهایی شهر و نیز شاخه‌ای که به‌طور مستقیم به کشف‌رود تخلیه می‌شود، با انباشت انواع زباله‌ها و نخاله‌های ساختمانی تغییرات عمده‌ای را متحمل شده است. وسعت این حوضه معادل ۸۳۴ هکتار است و محیطی معادل با ۱۸/۴ کیلومتر دارد. در بخش انتهایی این حوضه گسترش زمین‌های کشاورزی و هموارسازی‌های ناشی از فعالیت انسان، مورفولوژی طبیعی آن را دچار تغییرات اساسی کرده و این امر به تغییر مسیر آب در محدوده بستر طبیعی خودش انجامیده و کناره‌های مسیل دچار آب‌بردگی و اشکال فرسایشی فراوانی شده است.



شکل ۵. سرشاخه‌های طبیعی مسیل اقبال شرقی

تغییرات حاصل از توسعه فیزیکی شهر کاملاً تغییر کرده است؛ به‌طوری‌که بخشی از کانال‌های حوضه مجاور یعنی اقبال غربی در داخل این حوضه آبریز شهر قرار گرفته و کانال‌ها با تغییر مسیر باعث پیوستن و ادغام دو حوضه آبریز طبیعی در بخش غربی شهر شده است.

۴- حوضه آبریز اقبال غربی خارجی، یکی دیگر از حوضه‌های نسبتاً کوچک در بخش جنوبی، دقیقاً در محدوده دشت سر واقع شده است. این حوضه ۲۶۰۵ هکتار وسعت و محیطی معادل ۳۴/۳۵ کیلومتر دارد. با توجه به اینکه بیشتر سرشاخه‌های اقبال غربی از این حوضه سرچشمه می‌گیرد، در داده‌های دریافتی از شرکت توس آب مشهد، هیچ‌گونه گزارشی مبنی بر تغییر در سرشاخه‌ها بیان نشده است؛ اما در مشاهدات میدانی نگارنده، بخش عمده‌ای از سرشاخه‌ها در این بخش از حوضه دیده نمی‌شود و متأسفانه توسعه کانال‌ها در اقبال غربی داخلی، نظم طبیعی شاخه‌های اقبال خارجی را کاملاً برهم زده است و به دلیل آب‌بردگی‌های ناشی از تغییر مسیرهای حوضه‌های پایین‌دست، بستر طبیعی شاخه‌های اقبال غربی خارجی روی زمین به‌راحتی دیده نمی‌شود.

۵- حوضه التیمور، یکی از حوضه‌های نسبتاً کوچک شهری است که در ادامه حوضه آبریز شهری

جدول ۱. مشخصات کانال‌های مصنوعی احداث شده در کلان‌شهر مشهد

نام کانال	موقعیت کانال	سطح حوضه آبریز به هکتار	برآورد دبی M <sup>3</sup> /S	دوره بازگشت	ابعاد کانال		طول به متر	جنس
					حداقل	حداکثر		
کانال اقبال شهری	میدان حافظ تا محل تقاطع با جاده خلیج	۱۶۴۶/۱	۶۶/۳۲	۱۰۰	۵*۲/۶	۵*۳	۳۵۲/۹۲	بتنی
	تا پیش از اتصالات شاخه ابوزر	۲۹۷۲/۲۵	۷۳/۱۱۰	۱۰۰	۱۰*۳	۱۹۹*۳/۶	۵۸۴۵	بتنی وزنی با سنگ لاشه
	تا هوانیروز	۶۵۰۷/۸۸	۲۹/۷۰	۱۰۰	۱۵/۵*۳	۱۷*۵/۱	۳۹۳۴/۶۳	بتنی وزنی

نام کانال	موقعیت کانال	سطح حوضه آبریز به هکتار	برآورد دبی M <sup>3</sup> /S	دوره بازگشت	ابعاد کانال		طول به متر	جنس
					حداقل	حداکثر		
کانال اقبال غربی	تا محل اتصال به	۵۵۸۵	۱۷۶/۳۹	۱۰۰	۱۰*۳	۴*۳/۵	—	کف بتن بدنه سنگی وزنی
	کانال نسترن	۷۸۴۵	۲۷۷	۱۰۰	۱۰*۳	۴*۳/۵	—	کف بتن بدنه سنگی وزنی
	تا تقاطع کانال با صد متری	۹۷۶۶	۲۸۰	۱۰۰	۱۰*۳	۱۴*۳/۵	۱۴۲۴۳	کف بتن بدنه سنگی وزنی
کانال بزرگ	در محل ورود به کشف‌رود	۱۱۹۱	۶۲	۵۰	۳*۱/۷	۶*۲/۲	۵۷۷۸/۶۲	بتنی
	شاخه اصلی	۵۳۰	۱۶	۲۵	۵*۲	۵*۲	۷۰۶/۳	بتنی
کانال بزرگ	شاخه اصلی	۳۲۰۸	۱۵۹/۲۲	۱۰۰	۹*۲/۵	۱۴/۷*۲/۸	۱۰۹۰۸/۹۲	کف بتنی بدنه بتنی وزنی
	شاخه فرعی	۱۰۲۲/۸۴	۲۳۲/۲۱	۵۰	۵*۲/۱	۱۰*۵	۲۳۱۵	کف بتنی بدنه بتنی وزنی

منبع: نگارنده همراه با تلفیقی از داده‌های شرکت توس‌آب

شکل لندفرمی که برداشت مواد از آن انجام شده است. این لندفرم ممکن است دامنه‌ای همراه با اشکال دامنه‌ای ناپایدار (شکل ۶) یا بستر رودخانه‌ای شهری باشد که توسعه شهر روی آن، ژئومورفولوژی رودخانه‌ای آن را تغییر داده است (شکل ۷).



شکل ۷. بستر یک رودخانه در حال تخریب و جاده‌سازی

حوضه شهری نیز به دلیل رشد شهر از قبیل احداث جاده و بزرگراه و ایجاد مجتمع‌های تفریحی و

### بررسی وضعیت رودخانه‌ها و تطابق آنها با کانال‌های مصنوعی در روند توسعه شهر

به‌طورکلی روند توسعه شهری در گذشته و حال بیان‌کننده تغییراتی است که بر سطح زمین ایجاد شده و لندفرم‌ها را تغییر داده و گاه لندفرم‌های جدیدی ایجاد کرده است؛ مانند برداشت مواد معدنی و تغییر



شکل ۶. تغییر و تخریب مورفولوژی دامنه‌ها در حوضه‌های آبریز

بررسی وضعیت و شکل کانال‌ها بیان‌کننده این واقعیت است که حتی بعضی از آبراهه‌های خارج از

۲- نواحی شمالی شامل حوضه پست آبرفتی کشف‌رود؛

۳- نواحی شرقی با رسوبات ضخیم رس و سیلت و عبور رودخانه‌های اقبال شرقی و التیمور؛

۴- ناحیه جنوب و جنوب غربی با رسوبات بسیار کم‌عمق و مورفولوژی ارتفاعات بینالود شامل سرشاخه‌ها و آبراهه‌های متراکمی که از این ارتفاعات سرچشمه می‌گیرد و به شاخه‌های اصلی‌ای تخلیه می‌شود که از شهر می‌گذرد.

با توسعه ساخت‌وسازها و گسترش شهر به تدریج مورفولوژی‌های یادشده تخریب شده است؛ به طوری که اکنون بخش زیادی از حوضه کوهستانی با سازه‌های عمرانی تخریب و به مناطق گردشگری و تجاری و مسکونی تبدیل شده است. بستر طبیعی و پرپیچ‌وخم رودخانه‌های اقبال غربی و شرقی با توسعه فیزیکی و اجرای طرح جامع شهری کاملاً از بین رفته است و کانال‌های مصنوعی وظیفه زهکشی حوضه‌های طبیعی را بر عهده گرفته‌اند. حذف و از بین رفتن اشکال طبیعی ژئومورفولوژیکی بستر رودخانه‌ها همانند بارها<sup>۲</sup>، ریفل‌ها، استخرها<sup>۳</sup> و سایر اشکال دیگر که در گذشته مانعی برای کاهش سرعت آب بوده، اکنون دبی و سرعت ایجادشده در پایین‌دست را مختل کرده است. از سوی دیگر طبیعت زیبا و اشکال طبیعی بستر و کناره‌های مسیل آثار روحی‌روانی مثبتی را برای شهروندان ایجاد می‌کند؛ ولی اکنون دیواره‌های بتنی و سنگ‌چین‌های سخت و زمخت نگاه هر شهروندی را می‌آزارد.

بسیاری از کانال‌ها مانند کانال اقبال غربی از تلفیق چند رودخانه ایجاد شده است. تلفیق رودخانه‌ها منجر

گردشگری و سازه‌های مسکونی مرتفع یا کاملاً از بین رفته‌اند یا در وسعت آنها تغییر ایجاد شده است؛ برای نمونه این حوضه‌ها با دستکاری انسان چه با یکدیگر تلفیق و بزرگ شوند و چه از وسعت آنها کاسته شود، در هر صورت تغییر در مورفولوژی حوضه و در نتیجه تغییر در میزان دبی ایجاد می‌شود و نتیجه آن تغییر در میزان بار رسوبی رخ داده است.

فرسایش شدید در حوضه‌های بالادست باعث می‌شود بیک لحظه‌ای سیلاب در مدت‌زمان کوتاه‌تری اتفاق افتد و این مسئله سازه‌های حوضه‌های پایین‌دست و نیز ساکنان اطراف کانال‌ها را تهدید می‌کند. به طور کلی مسئله دفع آب‌های سطحی از مسائل عمده ایمن‌سازی مناطق مسکونی و در نهایت رفع خسارات احتمالی از مناطق شهری است (آلکانترا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲: ۲۰۴). رشد جمعیت و توسعه شهری و تبدیل بی‌رویه اراضی مرتفع که بخشی از حوضه آبریز شهری‌اند، تأثیر نامطلوبی در هیدرولوژی مناطق شهری می‌گذارد و موجب تشدید سیلاب‌ها و افزایش آلودگی رواناب در حوضه‌های پایین‌دست می‌شود.

شکل (۸)، توسعه شهر مشهد را در چهار دوره زمانی ۱۲۷۰، ۱۳۳۵، ۱۳۴۵ و ۱۳۵۵ نمایش می‌دهد. توسعه شهر از هسته مرکزی به اطراف رخ داده است. مورفولوژی طبیعی شهر در اطراف هسته اولیه در سال ۱۲۷۰ عبارت بوده است از:

۱- نواحی شمال و شمال غرب شامل دشت آبرفتی با ضخامت آبرفتی نسبتاً زیاد و عبور رودخانه‌های چهل‌بازه و اقبال غربی و آب و برق؛

<sup>2</sup> Bares

<sup>3</sup> Riffles and pools

<sup>1</sup> Alca 'ntara

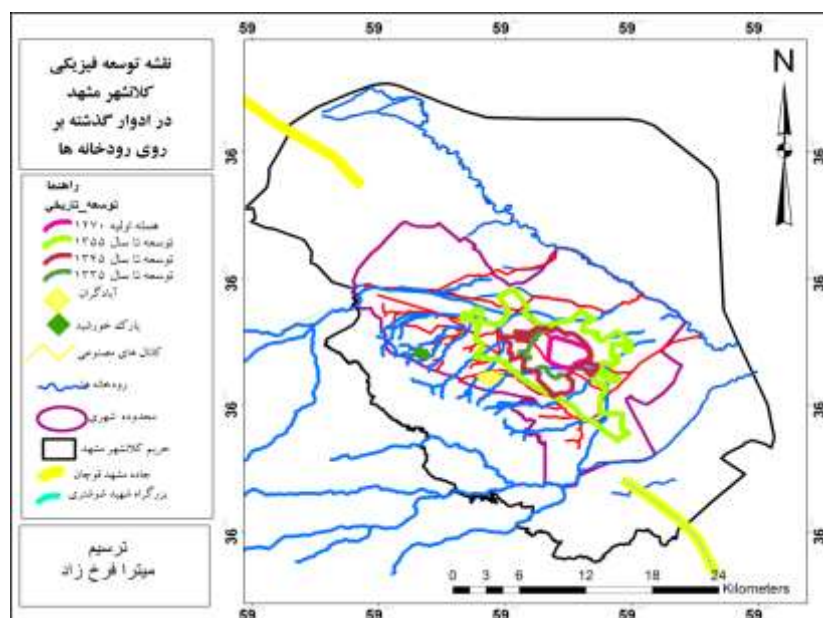


بیشتر مرطوب‌اند و به دلیل ذوب برف در ارتفاعات بینالود که بیشتر در مسیر جریان آب هستند، بسته به شرایط شیمیایی سنگ‌ها حجم زیادی از کانی‌های موجود در سنگ‌ها تجزیه و حل می‌شود (مقیمی و محمودی، ۱۳۸۳: ۱۱۷۹)؛ بنابراین در چنین شرایطی لایه‌های زمین در محدوده بالادست سست و ناپایدار می‌شود و حجم زیادی از رسوب در کانال‌ها جریان می‌یابد و به انسداد قسمت‌هایی از کانال می‌انجامد که عرض بسیار کمی دارد. این امر بالازدگی آب را از کانال‌ها در مناطق شمالی شهر در پی دارد و احتمال سیل را در حوضه‌های پایین‌دست افزایش می‌دهد (آلخادار<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳: ۹۸).

هرساله پس از بارش‌های زیاد، مناطق شمالی و شمال شرق شهر دچار انسداد و آب‌گرفتگی و گاه سیل‌زدگی می‌شود. شکل زیر نشان می‌دهد حریم شهر تا حوضه آبریز چهل‌بازه خارجی و اقبال خارجی گسترش یافته است.

به تغییر مسیر آنها و بنابراین بستر قدیمی این رودخانه‌ها با سطوح آبرفتی بسیار نرم و نامتراکم، محل احداث مجتمع‌ها و آپارتمان‌های مرتفع شده است که این مسئله خود فراهم‌کننده مخاطراتی همچون نشست و ریزش خواهد بود. سازه عمرانی، تفریحی و تجاری روی ارتفاعات منجر به برش عرضی و طولی حوضه‌های آبریز شده (شکل ۸) و نظم سیستمی حوضه‌ها را برهم زده و پیرو آن به تغییر رفتار طبیعی مسیل‌ها انجامیده است که در چنین حالتی پیش‌بینی شرایط مخاطره وقوع سیل مشکل‌تر خواهد شد؛ زیرا رفتار جریان آب در بستری جدید و با شرایط مصنوعی و متفاوت‌تر از وضعیت طبیعی سیستم خواهد بود. در این حالت تغییرات در مورفولوژی بالادست رود منجر به تغییرات شدیدی در پایین‌دست رود خواهد شد (رجایی، ۱۳۸۲: ۲۲۰).

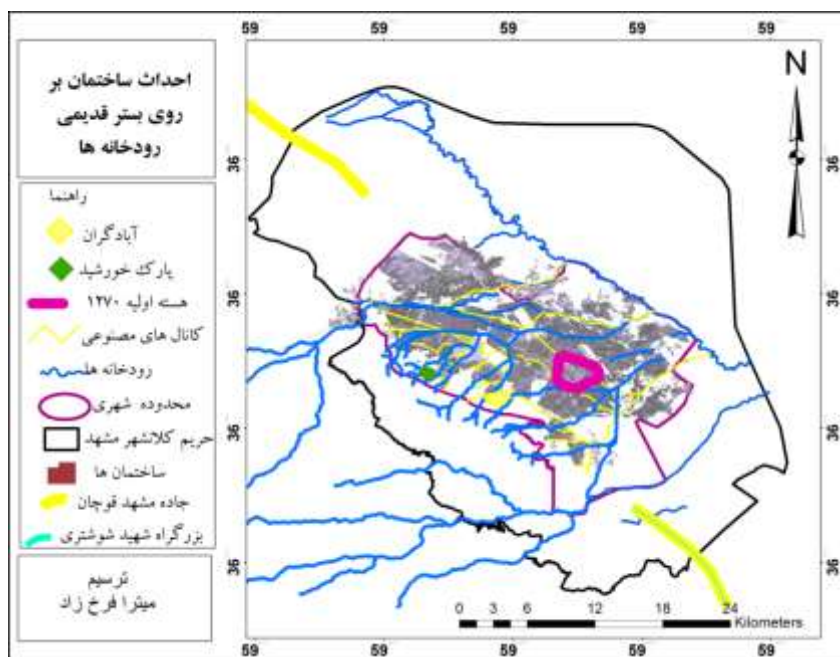
با توجه به جنس سنگ‌ها در حوضه‌های بالادست و نیز موقعیت ارتفاعی این سنگ‌ها به لحاظ بارش که



شکل ۸. توسعه کلان‌شهر مشهد در دوره‌های ۱۲۷۰، ۱۳۳۵، ۱۳۴۵، ۱۳۵۵، ۱۳۹۰

<sup>1</sup> Alkhaddar





شکل ۹. احداث بلوک‌های ساختمانی روی بستر رودخانه‌های طبیعی

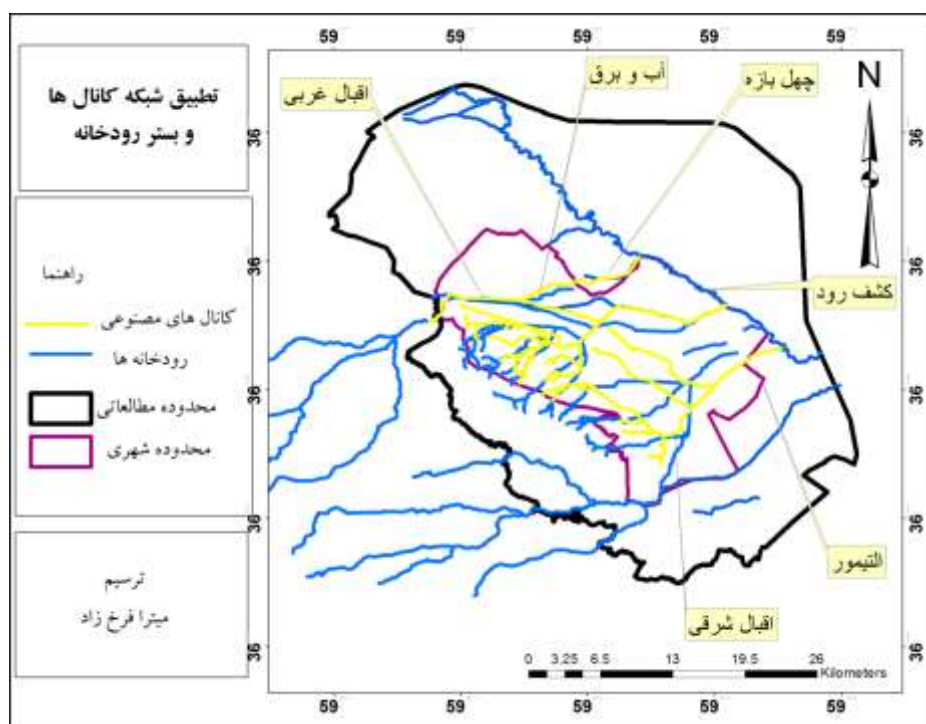
### نتیجه‌گیری

حوضه آبریز اقبال غربی خارجی و اجرای بلوک‌ها و مجتمع‌ها، چه در ارتفاعات و روی حوضه آبریز و چه در بستر رودخانه‌ها به‌طور سرسام‌آوری گسترش یافته است. شکل‌های (۱۰) و (۱۱) هرکدام مستندی بر این مهم هستند.

در شکل (۹) کانال‌های مصنوعی با رنگ زرد و رودخانه‌های طبیعی کلان‌شهر مشهد در سال ۱۳۳۵ با رنگ آبی و محدوده شهری فعلی با رنگ بنفش مشخص شده است. توسعه شهر تا سرشاخه‌های



شکل ۱۰ و ۱۱. اجرای سازه‌های ساختمانی و تخریب لندفرم دامنه‌ای



شکل ۱۲. همپوشانی کانال‌های مصنوعی با رودخانه‌های کلان‌شهر مشهد

کاهش زمان تمرکز و نیز تخلیه و جابه‌جایی حجم زیادی از رسوبات به کانال‌های مصنوعی، انسداد گره‌های کانال و پیرو آن طغیان و سرریزی کانال‌ها در پایین‌دست و تغییر کیفیت آب‌ها می‌شود (حسین‌زاده و جهادی طرقي، ۱۳۸۵: ۱۴۷).

در شکل (۱۲) دیده می‌شود چگونه مسیر اصلی بعضی از مسیل‌ها با احداث کانال‌ها مسدود شده است و عملاً تغییر مسیر یافته‌اند و بدون توجه به شیب زمین و شیب لایه‌ها بعضی مسیل‌ها با یکدیگر ادغام شده است؛ برای نمونه ساختمان‌های پارک خورشید، آبادگران و بلوک‌های ساختمانی انتهای منطقه آب و برق و هاشمیه دقیقاً روی مسیل‌ها و آبراهه‌های طبیعی ساخته شده‌اند و حوضه‌های آبریز اقبال غربی داخلی و خارجی را دستخوش تخریب و تغییر وسعت کرده است.

دو کانالی که از مرکز شهر عبور می‌کند و ادامه کانال اقبال غربی است با سه شاخه کانال و عمود بر شیب توپوگرافی به کانال اقبال شرقی می‌پیوندد و بخش عمده‌ای از شاخه‌های اصلی و بدنه اصلی رودخانه طرق را در شرق شهر قطع می‌کند؛ سازه‌هایی که به دلیل چشم‌انداز زیبا در نواحی مرتفع کلان‌شهر مشهد در سال‌های اخیر ایجاد شده‌اند، دقیقاً روی آبراهه‌ها و حوضه‌های آبریز بنا شده‌اند. با توجه به جنس خاک‌های سطحی مشهد و نیز جنس کانال‌های احداث شده که قدرت نفوذ آب را به شدت کاهش می‌دهد، رواناب ایجاد شده به‌طور کلی زیاد است که این خود شدت سیلاب و احتمال وقوع آن را در محل سازه‌های مسکونی و تجاری تشدید می‌کند. این تغییرات مانند ساخت و طراحی کانال‌های بتنی شهری باعث افزایش سطوح نفوذناپذیر و کاهش نفوذ آب، آسیب‌پذیری بیشتر شهر در برابر سیلاب‌های دوره‌ای،

دیواره‌های بتنی از کانال‌ها تفکیک شده‌اند، نخستین قربانیان بارش‌های شدید و نسبتاً طولانی در شهر هستند.

#### منابع

اصغری سراسکانرود، صیاد، (۱۳۹۲). بررسی و تحلیل الگوهای متفاوت رودخانه شهر چای ارومیه، دو فصلنامه ژئومورفولوژی کاربردی ایران، دوره ۱، شماره ۱، ۳۴-۴۲.

تقوایی، مسعود، سلیمانی، فهیمه، (۱۳۹۰). مدیریت بحران شهرها با تأکید بر سیل، مجله علمی پژوهشی سپهر، دوره ۲۰، شماره ۷۹، ۶۶-۷۳.

تاجیک، سمیه، صداقتی، عاطفه، (۱۳۸۸). استراتژی توسعه شهری (CDS)، گامی به سوی دستیابی به توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی: نوشهر)، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۲، شماره ۵، ۱-۱۸.

توچی، کارلوس، (۱۳۹۲)، مدیریت سیلاب شهری، ترجمه محمدحسین رشیدی مهرآبادی، تک‌جلد، چاپ اول، تهران، نوآور، ۱۷۶ ص.

حسین‌زاده، سید رضا، جهادی طرقي، مهناز، (۱۳۸۵). تجزیه و تحلیل ژئومورفولوژیک سیلاب‌های کاتاستروفیک رودخانه مادرسو (جنگل گلستان)، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، دوره ۴، شماره ۷، ۸۹-۱۱۵.

حسین‌زاده، سید رضا، جهادی طرقي، مهناز، (۱۳۸۶). آثار گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی

شیب کانال‌های مصنوعی از شیب توپوگرافی و شیب هیدرولیک زمین پیروی و زهکش شهر را به سمت کشف‌رود هدایت می‌کند؛ اما در بسیاری از مسیرها این مهم رعایت نشده است؛ مانند کانال اقبال شرقی که به موازات مسیل طبیعی اقبال شرقی کشیده شده است و کانال‌هایی که شبکه آب‌های باغ ملک‌آباد و فردوسی را به اقبال شرقی متصل می‌کنند. این ادغام شاخه‌ها بیشتر در آبراهه‌های فرعی و در بخش مرتفع حوضه اتفاق افتاده است؛ بنابراین در این شرایط اراضی بالادست به دلیل توسعه شهری تغییر شکل می‌یابند و حوضه دچار تخریب تغییرات شدیدی در وسعت می‌شود؛ در نتیجه شاخص‌های کلیماتولوژی و فیزیکی رودخانه، وابسته به وسعت و شکل حوضه، نیز تغییر می‌یابد. در این حالت دقت و برآورد پیش‌بینی‌های مربوط به وقوع سیلاب و نیز پهنه‌های در معرض سیلاب کاهش می‌یابد.

در توسعه شهر مشهد متأسفانه حریم واقعی رودخانه‌ها در نظر گرفته نشده و با مصالح سخت همچون بتن، بسترهای مصنوعی و نفوذناپذیری برای جریان‌های طبیعی آب طراحی شده است؛ این امر باعث شده است در بارش‌های شدید و حتی زمان کوتاه، کانال‌های طراحی شده با توجه به دبی به‌دست‌آمده پاسخگوی جریان آب نباشند؛ بنابراین مازاد آب به‌صورت سرریز در خیابان‌ها و معابر جریان می‌یابد. در واقع آب با توجه به شیب و جهت حرکت خود مسیر واقعی خود را انتخاب می‌کند و توجهی به کانال‌هایی ندارد که بر مبنای محاسبات و سلیقه مهندسان ساخته شده است. در این حالت است که بسیاری از ساختمان‌هایی که در حریم یا روی رودخانه‌های متروکه و قدیمی قرار گرفته‌اند و فقط با

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۰، شماره ۶۵، ۷۳-۹۲.

مقیمی، ابراهیم، محمودی، فرج آل، (۱۳۸۳). روش تحقیق در جغرافیای طبیعی، تک‌جلد، چاپ اول، تهران، انتشارات قومس.

مهندسين مشاور جهاد آزما، مدیریت هماهنگی و برنامه‌ریزی امور عمرانی شهرداری مشهد، نتایج آزمایش‌های (C.B.R) ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱.

مهندسين مشاور توس آب، طرح‌های اجرایی جمع‌آوری آب‌های سطحی مشهد، ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱.

سازمان نقشه‌برداری استان خراسان رضوی.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی مدیریت منطقه شمال شرق.

Alcantara- Ayala, I, (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, Geomorphology. Vol 47, Pp 107-124.

Waikar, M.L, P., Aditya, (2014). Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System, International Journal of Multidisciplinary and Current Research, Vol 12, Pp 179-184.

Ashley, R.J., Blanksby, and A., Cashman, (2008). Building Knowledge for a Changing Climate (BKCC)- Adaptable Urban Drainage- Addressing Change In Intensity, Occurrence And Uncertainty of Stormwater- (AUDACIOUS), UC climate impacts program press, First Edition, 138 p.

Richard, A., Claytor, Thomas, R., (2014). Design of Stormwater Filtering Systems, Center for Watershed Protection Press, 387 P.

Graham, A.J., Day, and B., ohnray, (2014). Maximizing the potential for -people and

طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری، پژوهش‌های جغرافیایی، دوره ۳۹، شماره ۶۱، ۱۴۵-۱۵۹.

رجایی، عبدالحمید، (۱۳۸۲). کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، تک‌جلد، چاپ اول، تهران، انتشارات قومس.

صفاری، امیر، مقیمی، ابراهیم، (۱۳۸۷). ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لغزش در دامنه‌های کوهستانی کلان‌شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۱، شماره ۶۷، ۵۳-۷۱.

صنعی، اسفندیار، احمدی جزی، رامین، (۱۳۹۰). مقایسه روش‌های منطقی و swmm در تعیین دبی سیلاب مسیل‌های مشهد، طرح پژوهشی شرکت مهندسی مشاور توس آب مشهد.

کره‌ای، محمدتقی، عزمی، حسن، سدید، سعید، (۱۳۸۹). طرح پژوهشی زمین‌شناسی و پتانسیل‌های معدنی شهرستان‌های مشهد و طرچه و شاندریز، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی مدیریت منطقه شمال شرق.

فلاحی تفتی، ابراهیم، (۱۳۸۵). شبیه‌سازی شبکه زهکشی روان‌آب‌های سطحی شهری با استفاده از مدل تلفیق Gis Mike SWMM، نخستین همایش ملی مهندسی مسیل‌ها در شهرداری مشهد.

مقصودی، مهران، (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروطه‌افکنه‌ها، مطالعه موردی: مخروطه‌افکنه جاجرود، مجله

International Conference on Climate Change Effects, Potsdam Linking Climate Change to Water Sector: A Case Study of Urban Drainage System.

Managing Urban Runoff DRAINAGE HANDBOOK-Managing Urban Runoff – Drainage Handbook 1<sup>st</sup>-Edition, the national water agency. (2013). This handbook is jointly produced by PUB, the national water agency and The Institution of Engineers Singapore IES, No reproduction is permitted in whole or in part without written permission from PUB and IES.

wildlife- A guide for local authorities and developers sustainable drainage – systems, Human ecology, Vol 34, Pp 155-183.

Mackenzie, Sally, (2012). Temporary Diversion Methods (TDM)- Urban Drainage and Flood Control District, Urban Storm Drainage Criteria Manual press, 114 p.

Muniz, E., Ma, R., Gulwa, T., Jeyaraj, E., (2014). Button Adapting Sustainable Urban Drainage Systems to Stormwater Management in an Informal Setting.

Alkhaddar, R.M., Abdellatif, M., Atherton, W., Osman, Y., (2013). Impacts World,