پژوهش‌های جغرافیایی – شماره ۶۱، پائیز ۱۳۸۶
صص ۱۴۵- ۱۵۹

اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلابهای شهری*

سیدرضا حسین زاده **- استادیار دانشگاه فردوسی مشهد
مهناز جهادی طرقی- مربی دانشگاه پیام نور فریمان
دریافت مقاله: ۸۴/۳/۲ تایید نهایی: ۸۵/۳/۲۹

چکیده

شهر مشهد به عنوان دومین کلان شهر مذهبی جهان و معرف یکی از کلان شهرهای اقالیم خشک با محدودیت‌های محیطی فراوانی روبروست. علی‌رغم محدودیت محیط طبیعی، گسترش ناگهانی شهر طی دهه‌های اخیر منجر به بروز بحران‌های محیطی در این کلان شهر شده که از جمله بحران‌های نوظهور می‌توان به کم‌آبی، آلودگی هوا، آسیب‌پذیری در برابر زمین لرزه و مشکل سیل و دفع آب‌های سطحی اشاره نمود. تشدید خطر سیل و آب‌گرفتگی معابر که منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری شهر و خسارات احتمالی جانی و مالی بیشتر خواهد شد، تا حد زیادی ناشی از اثرات توسعه شهری و تغییرات شدید ببار آمده در الگوی زهکشی طبیعی است. در این مقاله که از دیدگاه ژئومورفولوژی تاریخی و تلفیق آن با روش‌های تجربی، موضوع سیلاب و آب‌گرفتگی شهر مشهد مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته مشخص می‌نماید که اثرات غیر مستقیم گسترش شهر در داخل حوضه‌های آبریز منتهی به شهر و اثرات مستقیم آن بر الگوی زهکشی طبیعی در محدوده گسترش بافت فیزیکی باعث تشدید شرایط سیل‌خیزی در این شهر و آسیب‌پذیری بخش‌های وسیعی از بافت آن شده است.

کلید واژه ها: ژئومورفولوژی شهری، شهرنشینی، تغییر الگوی زهکشی طبیعی، سیلاب شهری، کلان شهر مشهد

مقدمه

گسترش شهرها در حاشیه رودها، روی مخروط افکنه‌ها، سواحل کم ارتفاع و دلتاها و مناطق پایین دست سدهای ذخیره‌ای منجر به افزایش میزان آسیب‌پذیری جوامع شهری در برابر خطر سیلاب می‌گردد. اثرات شهرنشینی بر هیدرولوژی و مورفولوژی حوضه آبریز قبلاً بوسیله لئو پولد[1] (۱۹۹۴ و ۱۹۷۳ و ۱۹۶۸) هامر[2] (۱۹۷۲)، هالیز[3](۱۹۷۵)، دونه[4] و لئوپولد (۱۹۷۸)، کلین[5](۱۹۷۹)، آرنولد[6] (۱۹۸۲)، گاردون [7] و دیگران (۱۹۹۲)، آرنولد و گیبونز[8](۱۹۹۶)، پال و می‌یر[9] (۲۰۰۱) و وایت و گریر[10] (۲۰۰۵) مطالعه شده است (کریستوفر، ۱۹۹۵؛ ۵۱ و وایت و گریر ۲۰۰۵، ۲ – ۱). بر اساس مطالعات انجام شده، گسترش شهرها در حوضه آبریز، به‌دلیل افزایش سطوح نفوذ ناپذیر، منجر به افزایش حجم رواناب و سیلاب، کاهش زمان تمرکز، افزایش دبی حداکثر لحظه‌ای و تغییر کیفیت سیلاب می‌گردد.

از آنجایی که اغلب شهرهای ایران بر روی مخروط‌افکنه‌های آبرفتی گسترش یافته‌اند، حوضه یا حوضه‌های آبریز

* – این مقاله حاصل طرح پژوهشی شماره ۱۶۲۹۶ دانشگاه فروسی مشهد می‌باشد که هزینه آن از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه تأمین شده است.
نویسنده مسئول : ۰۹۱۵۳۱۱۷۳۲۵
**Email: srhosszadeh @ um.ac.Ir
1- Leopold 2- Hammer 3- Hollis - Dunne 5- Kelin 6- Arnold 7- Gordon 8- Gibbons 9- Paul, Meyer 10-White, Greer

Archive of SID
www.SID.ir

کوچک و بزرگی از کوهستانهای حاشیه‌ای به آنها وارد می‌شوند. شهرنشینی با دخالت غیر مستقیم در داخل حوضه‌های مذکور موجب بر هم زدن تعادل دامنه‌ها، از بین بردن پوشش گیاهی، فشردگی خاک و تغییر در نیمرخ آبراهه‌ها، شدت سیلاب‌های ناگهانی را افزایش داده و حجم رسوب تولیدی را بالا می‌برد. در پایکوه نیز که قلمرو گسترش بافت فیزیکی شهر را شامل می‌شود، الگوی زهکشی طبیعی را بر هم زده و خطرسیلاب‌های شهری را بیشتر می‌نماید (حسین‌زاده، ۲۰۰۴، ۱۸۳).

شهر مشهد در نیمه جنوب غربی دشت کشف‌رود به‌علت گسترش بر سطح دشت تراکمی و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی تحت تأثیر شرایط توپوگرافی، شیب و زهکشی ضعیف همیشه در اثنای بارش‌های شدید با سیلاب‌های ناگهانی یا آب‌گرفتگی بافت مواجه بوده است. گسترش شهر به سمت جنوب و غرب و تسخیر اراضی شیب‌دار پایکوه، ضمن آسیب‌پذیری بیشتر شهر در برابر سیلاب‌های دوره‌ای، بر حجم سیلاب حاصل از سطوح مذکور نیز افزوده است. به عبارت دیگر در حال حاضر شهر مشهد در شرایطی قرار گرفته که بخشی از آن مستقیماً در معرض سیلاب‌های شدید دوره‌ای و بخش وسیعی نیز با مشکل آب‌گرفتگی سطح معابر و آلودگی‌های ناشی از آن قرار دارد. چنین به نظر می‌رسد گسترش شهر و تبدیل کاربری، سیلاب‌های آینده شهری را فراوان‌تر و خطرناک‌تر نماید، لذا در این مقاله تلاش بر این بوده تا علاوه بر ترسیم چشم‌انداز فعلی، روند و چگونگی اثرات تخریبی گسترش شهر و مقایسه شرایط قبل و بعد توسعه مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد. همچنین محدوده‌های تحت تأثیر سیلاب‌های دوره‌ای و سیلاب‌های شهری به عنوان کانال‌ها ومناطق ناپایدار در برابر سیل تعیین و در صورت امکان به برخی راهکارهای اجرائی اشاره می‌شود.

منطقه مورد مطالعه و روش تحقیق

به منظور مطالعه اثرات گسترش کلان شهر مشهد در تشدید سیلاب‌های شهری، منطقه ای به وسعت۵۷۶ کیلومتر مربع شامل محدوده فعلی شهر و نواحی اطراف آن بین ´۱۳ °۳۶ تا ´۲۵ °۳۶ عرض شمالی و ´۲۸ °۵۹ تا ´۴۴ °۵۹ طول شرقی انتخاب شده است.

این منطقه شامل سه واحد ژئومرفولوژی کوهستان، دشت سر (همراه مخروط‌افکنه های آبرفتی) و دشت تراکمی است. گسترش شهر از واحد ژئومرفولوژی دشت تراکمی آغاز و به سمت کوهستان تمام سطح مخروط‌افکنه‌های آبرفتی و پدیمنت‌ها را پوشانده است. برای مطالعه نقش شهر در سیل‌خیزی مطالعات به شرح زیر و عمدتاً بر مبنای روش ژئومرفولوژی تاریخی و تلفیق آن با روش‌های تجربی انجام گرفته است:

۱- واحد ژئومرفولوژی کوهستان به ۱۹ حوضه آبریز مستقل تقسیم و مطالعات پایه و تأثیر شهرسازی بر آن از طریق نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوائی و بازدیدهای میدانی انجام و حداکثر دبی لحظه‌ای سیلاب هر حوضه تا دوره برگشت ۱۰۰ سال محاسبه گردیده است. هدف از این محاسبه، تخمین حداکثر حجم سیلاب ورودی به محدوده بافت شهری از حوضه‌های مذکور بوده است.

۲- در قلمرو واحدهای ژئومرفولوژی دشت‌سر، مخروط‌افکنه های آبرفتی و دشت تراکمی، ابتدا با استفاده از عکس‌های هوائی ۵۰/۰۰۰: ۱ و ۲۰/۰۰۰: ۱ سال‌های ۱۳۳۷و ۱۳۴۵ محدوده مسکونی شهر مشهد تعیین و عوارض مرفولوژی و شبکه هیدروگرافی اولیه بر روی نقشه‌های پایه منتقل گردیده است. سپس از طریق تصاویر ماهواره ای سال ۲۰۰۲ گسترش بافت فیزیکی شهر بر روی عوارض ژئومورفولوژی قبلی نشان داده شده و با استمداد از روش‌های میدانی تحولاتی که بر اثر گسترش شهر در شبکه زهکشی و به‌خصوص کانال‌های اصلی بوجود آمده تجزیه و تحلیل گردیده است.

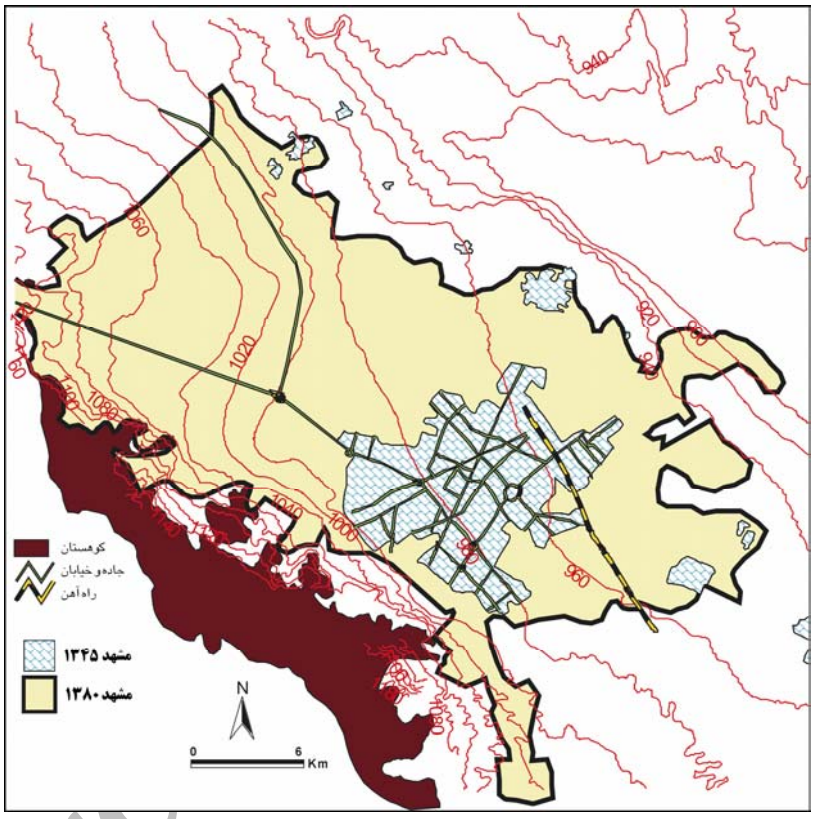
۳- با منطقه بندی سطوح نفوذ ناپذیر شهری به ۸ منطقه بر مبنای سطح پوشش هر کانال اصلی زهکشی شهری، حداکثر سیلاب

Archive of SID

www.SID.ir

لحظه‌ای در هر یک محاسبه و با دبی‌های لحظه‌ای حوضه‌های آبریز کوهستان جمع و مازاد دبی احتمالی هر کانال شهری محاسبه شده است.

۴- در پایان ضمن اثبات ضعف شبکه زهکشی شهری، محدوده‌های بحرانی بافت شهری در برابر سیلاب و آب‌گرفتگی مشخص و بر مبنای شرایط حاکم بر زهکشی منطقه قبل از گسترش شهر پیشنهادات اصلاحی لازم ارائه گردیده است.



شکل ۱ نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

یافته های تحقیق

حوضه‌های آبریز کوهستان و اثرات غیرمستقیم گسترش شهر

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی حوضه‌های آبریز منتهی به بافت شهر مشهد را ارائه می‌نماید. این حوضه‌ها که با شماره‌های A1 تا A19 نام‌گذاری شده‌اند، از شیب زیاد برخوردار بوده و زمان تمرکز کوتاهی دارند.

از نظر سنگ شناسی، تقریباً تمام حوضه‌ها در سنگهای دگرگونی و اولترا بازیکی متعلق به پرمین شکل گرفته و از ویژگی آنها رخنمون‌های سنگی گسترده، نفوذپذیری اندک و درگروه بیابان‌های زمین شناسی قرار می‌گیرند. غلبه فرایندهای هوازدگی مکانیکی و شیب زیاد در داخل حوضه‌های آبریز مانع تشکیل خاک و سازندهای سطحی عمیق و به تبع آن فقر پوشش گیاهی گردیده است. به‌همین علت خاکها به صورت پراکنده و به طور موضعی در سطوح کم شیب‌تر حوضه‌های آبریز و در حاشیه بستر برخی رودخانه‌ها تشکیل شده اند.

www.SID.ir

جدول ۱ خصوصیات فیزیکی به تفکیک حوضه‌های آبریز منتهی به شهر مشهد

نام حوزه	مساحت (KM^2)	محیط (KM)	ضریب گراویوس	طول مستطیل معادل	عرض مستطیل معادل	حداقل ارتفاع (M)	حداکثر ارتفاع (M)	متوسط ارتفاع (M)	طول آبراهه اصلی (KM)	زمان تمرکز به دقیقه
A1	۱/۲۲	۴/۹۴	۱/۲۵	۱/۷۹۴	۰/۶۷۸	۱۰۶۷	۱۴۷۳	۱۱۹۲	۱/۹۸	۱۵
A2	۰/۹۲	۴/۶۷	۱/۳۶	۱/۸۴۰	۰/۴۹۸	۱۰۸۰	۱۴۷۹	۱۲۱۵	۲/۰۱	۱۴
A3	۲/۲۱	۷/۰۸	۱/۳۳	۲/۷۳۸	۰/۸۰۶	۱۰۹۲	۱۵۰۹	۱۲۶۱	۲/۶۲	۱۹
A4	۱/۴۸	۵/۹۲	۱/۳۶	۲/۳۲۹	۰/۶۳۵	۱۰۹۰	۱۳۶۷	۱۱۹۴	۲/۹۹	۲۴
A5	۰/۴۰	۲/۹۸	۱/۳۲	۱/۱۴۸	۰/۳۴۵	۱۰۳۹	۱۲۴۰	۱۱۱۱	۰/۹۹	۹
A6	۰/۹۱	۴	۱/۱۷	۱/۳۰۵	۰/۶۹۵	۱۰۵۰	۱۲۶۰	۱۱۳۳	۱/۳۶	۱۱
A7	۱/۹۳	۶/۸۱	۱/۳۷	۲/۶۸۷	۰/۷۱۸	۱۱۰۰	۱۴۳۰	۱۲۳۵	۲/۷۵	۲۱
A8	۲/۴۷	۶/۹۹	۱/۲۴	۲/۵۱۳	۰/۹۸۵	۱۱۲۰	۱۴۲۳	۱۲۵۳	۲/۵۸	۲۰
A9	۱/۳۰	۵/۸۴	۱/۴۳	۲/۳۷۶	۰/۵۶۴	۱۱۴۰	۱۴۴۳	۱۲۶۹	۲/۳۹	۱۸
A10	۰/۶۴	۳/۸۲	۱/۳۳	۱/۴۸۱	۰/۴۳۲	۱۱۰۰	۱۲۵۶	۱۱۴۷	۱/۵۹	۱۴
A11	۳/۴۶	۱۳/۳۱	۱/۵۵	۵/۶۳۷	۱/۰۱۹	۱۰۹۰	۱۵۱۰	۱۲۷۷	۵/۳۳	۳۹
A12	۳/۴۶	۸/۳۳	۱/۲۵	۳/۰۲۶	۱/۱۴۳	۱۱۲۰	۱۵۳۴	۱۲۸۹	۳/۳۸	۲۴
A13	۱/۵۹	۶/۱۷	۱/۳۷	۲/۴۳۵	۰/۶۵۳	۱۱۱۹	۱۵۲۱	۱۲۲۰	۲/۶۵	۱۸
A14	۱/۵۹	۶/۹۸	۱/۲۷	۲/۵۸۸	۰/۹۰۲	۱۱۶۰	۱۵۲۶	۱۲۸۰	۲	۱۳
A15	۰/۴۲	۲/۶۹	۱/۱۵	۰/۸۴۴	۰/۵۰۱	۱۱۵۹	۱۳۱۰	۱۱۲۴	۱/۰۱	۹
A16	۳/۲۳	۸/۵۷	۱/۳۳	۳/۳۰۹	۰/۹۷۷	۱۱۷۰	۱۵۰۰	۱۳۱۲	۲/۶۷	۲۰
A17	۰/۸۹	۴/۲	۱/۲۶	۱/۵۵	۰/۵۸	۱۱۶۰	۱۳۵۰	۱۲۲۰	۱/۶۶	۱۳
A18	۰/۴۲	۳	۱/۳	۱/۱۳	۰/۳۷	۱۱۲۰	۱۲۶۵	۱۱۶۰	۱/۰۲	۸
A19	۰/۳۵	۲/۶	۱/۲۳	۰/۹۱	۰/۳۸	۱۱۲۰	۱۲۳۰	۱۱۱۲	۰/۹۲	۸

گسترش شهر مشهد طی ۴ دهه آخر علاوه بر تغییر شرایط میکروکلیمائی (جهادی طرقی، ۱۳۷۸، ۱۵۶) باعث تغییرات شدیدی در مرفولوژی حوضه‌های آبریز شده که این تغییرات بر شدت و حجم رسوب سیلاب‌های ناگهانی افزوده است. این تغییرات را به طور خلاصه می توان به شرح زیر بیان نمود:

الف ـ برهم زدن تعادل دامنه‌ها و نیمرخ طولی رودخانه‌ها

گسترده‌ترین فعالیت‌های تخریبی رایج در داخل حوضه‌های آبریزشامل استخراج سنگ و شن و ماسه جهت استفاده در ساخت و سازهای شهری و یا اجرای پروژه‌های زیر بنائی است. در حال حاضر بیش از ۵۰ معدن فعال و متروکه سنگ لاشه در داخل حوضه‌ها وجود دارد که مجموعاً یکصد هکتار از رخنمون‌های سنگی منطقه را متأثر ساخته و مرفولوژی حوضه‌های آبریز را کاملاً به‌هم ریخته است. عوارض ایجاد شده در محل معادن شامل حفره‌هائی با دیواره‌های پر شیب به قطر ۵۰ تا ۱۰۰ متر و عمق چندین متر، پرتگاه‌های سنگی، دامنه‌های ناپایدار و واریزه‌های ریز تا درشت باقیمانده از فعالیتهای معدن کاری است.

Archive of SID

www.SID.ir

بجز معادن یاد شده صدها حفره کوچک به ابعاد چندین متر هم در سنگ‌های سست و هم در سنگ‌های مقاوم در سراسر حوضه‌های آبریز دیده می‌شوند که نتیجه این فعالیت‌ها، افزایش رسوب دهی حوضه‌ها به هنگام رخداد سیلاب‌های شدید است. کنده‌کاری‌ها، حفاری‌ها و تغییر چشم‌انداز طبیعی بر شرایط اکولوژیکی حوضه‌ها نیز اثر گذاشته و پوشش گیاهی فقیر آن را فقیرتر نموده که خود عامل مثبت دیگری در حدوث سیلاب‌های ناگهانی به شمار می‌رود. حجم زیادی از شن وماسه مورد نیاز معابر یا بزرگراه‌های شهر مشهد، از بستر آبراهه‌های اصلی استخراج می‌شود که طی سال‌های اخیرروند افزایشی نیز به‌خود گرفته است. این برداشت‌ها که به دلیل صرفه‌جوئی درهزینه‌های حمل و نقل انجام می‌شود، نیمرخ طولی آبراهه‌ها را کاملاً بهم زده و بسترهای متغیر با شکست‌های شیب جدی را به وجود آورده است. تنظیم مجدد نیمرخ طولی بستر ضمن بالابردن حجم رسوب، امکان تجمع آب در چاله‌ها و شرایط نامناسب زیست محیطی را فراهم می‌آورد.

ب ـ فشردگی خاک و توسعه شیبهای ناپایدار

ده‌ها کیلومتر جاده خاکی در محدوده حوضه‌های آبریز، چه در حاشیه آبراهه‌های اصلی و یا روی دامنه‌های کم شیب و خط الرأس‌ها احداث گردیده که در هیچ مورد اصول فنی جاده‌سازی در آنها رعایت نگردیده است. به عنوان مثال سعی گردیده مسیر جاده‌ها در مناسب‌ترین تشکیلات خاکی منطقه که استعداد بوته کاری و نهال کاری را دارند، انتخاب گردد و از مصالح فوق برای خاکریز جاده‌ها بهره‌برداری شود. این عملیات که اصولاً برای دسترسی به معادن سنگ صورت گرفته، علاوه بر تخریب بیشتر پوشش گیاهی، بر هم زدن تعادل دامنه‌ها، فشردگی خاک و کاهش میزان نفوذپذیری را به دنبال دارد. استفاده از ضایعات ساختمانی و خاک ریزدانه آوار در تحکیم بدنه جاده‌ها نیز مزید بر علت شده و حمل آن به وسیله هرزآب‌های حاصل از بارندگی، رسوب معلق فراوانی را در دسترس سیلاب‌ها قرار می‌دهد. حمل این مواد و رسوب‌گذاری مجدد آن در نقاط کم شیب زهکش‌های شهری منجر به پایین‌آوردن کارائی این شبکه‌ها خواهد شد.

ج ـ افزایش پتانسیل رسوب‌زایی

بررسی‌های مربوط به فرسایش و رسوب حوضه‌های آبریز نشان می‌دهد که در شرایط عادی و بدون دخالت انسان مقادیر کمی رسوب در حوضه‌ها چندان قابل توجه نبوده و حجم نسبتاً پایینی را نشان می‌دهد.[1] متأسفانه در حال حاضر این شرایط دچار تغییر شده و مهمتر از همه دفع حجم بسیار زیاد ضایعات ساختمانی توان رسوب‌زائی حوضه‌ها را به شدت بالا برده است. حداقل ۱۵ هزار متر مکعب از ضایعات فوق درسطحی حدود ۴۰۰ هکتار علاوه بر خلق مناظر مورفولوژیک انسان ساز، انسداد کامل برخی از آبراهه‌ها را موجب شده است. مطالعه خصوصیات فیزیکی مواد ساختمانی بیانگر آن است که از خاک ریزدانه‌رسی (خاک آوار)، قطعات خرد شده مصالح ساختمانی مانند آجر و بلوک‌های سیمانی، آهک، گچ، اجزاء فلزی و حتی شیشه و لاستیک ترکیب یافته‌اند. به دلیل ناهمگن بودن مواد از نظر بافت، مورفولوژی دانه‌ها، درجه سختی و جنس، نسبت به فرسایش بسیار حساس بوده و استعداد براه انداختن جریان‌های شیت فلود[2] را دارد. امروزه با وجود مصالح فوق در مسیرهای مسدود، حتی دبی‌های سیلاب با دوره بازگشت حدود ۱۰ تا ۲۰ سال نیز پس از تجمع آب و شکسته‌شدن سدهای بوجود آمده قادر به ایجاد

---

۱ – محاسبه رسوب ویژه بر اساس روش Epm صورت گرفته است که مقدار آن از حداقل یک تا حداکثر ۴/۵ تن در هکتار در سال بین زیر حوضه‌های مختلف تغییر می‌کند.

2- Sheet Flood

Archive of SID

www.SID.ir

چنین جریان‌هائی خواهند بود. نتیجه این که سیلاب‌های آینده علاوه بر قدرت تخریبی بالا، از حجم رسوب افزایش یافته‌ای برخوردار بوده که در انسداد زهکش‌های ضعیف شهری در مناطق پایین دست تأثیر به سزائی خواهد داشت.

د ـ تخریب پوشش گیاهی و کاهش نفوذپذیری

چرای تعداد بیش از ۴۰۰۰ رأس دام تقریباً پوشش گیاهی منطقه را از بین برده و شرایط مساعدی برای افزایش حجم سیلاب و رسوب وکاهش زمان تمرکز را ایجاد نموده است. هر چند در نگاه اول به نظر می‌رسد فشار دام بر حوضه‌ها به شهرنشینی و توسعه شهری ربطی ندارد، لیکن با نگاهی دقیق‌تر می‌توان چنین اظهار داشت که به طور غیرمستقیم با گسترش شهر در رابطه است. گسترش شهر، اراضی مرتعی و دیم زارهای پایین دست حوضه‌های آبریز را از بین برده و مرز حوضه‌ها را به عقب رانده است. به عبارت دیگر دامهای موجود منطقه که قبلاً فضای وسیع‌تری برای چرا داشته‌اند به سطحی حدود ۳۵۰۰ هکتار محدود شده و بدین ترتیب مراتع داخل حوضه‌ها تحت تأثیر چرای شدید، آسیب فراوانی را متحمل شده است. در چنین شرایطی مجموع متوسط علوفه تولیدی هر هکتار از مراتع حوضه‌ها بالغ بر ۱۲۵/۳ کیلوگرم علوفه خشک است که فقط ۲۵ درصد از نیاز ۴۸۰۲ واحد دامی آن را تأمین می‌نماید. فشار دام بر مرتع خصوصاً طی خشکسالی‌های اخیرموجب از بین رفتن بسیاری از گونه‌ها شده و مراتع حوضه را دروضعیت کاملاً بحرانی قرار داده است.

دبی و فرکانس سیلابهای شدید

جدول ۲ نتایج محاسبات مربوط به دبی حداکثر سیلاب را در حوضه‌های آبریز منتهی به شهر نشان می‌دهد. براساس نتایج جدول فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که تمام حوضه‌های آبریز منتهی به بافت از پتانسیل سیل‌خیزی شدید برخودار بوده و اراضی ساخته‌شده شهری را در تهدید دارند. هر چند که این وضعیت با تفاوت‌هائی نیز در گذشته وجود داشته، لیکن به دلیل آزاد بودن اراضی پایکوه ومحدود بودن بافت شهر، و وجود زهکش‌های متعدد طبیعی میزان آسیب‌پذیری کمتر و امکان کنترل و یا هدایت سیلاب‌ها نیز آسان‌تر بوده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ برآورد حداکثر سیلاب در زیر حوزه‌های محدوده مطالعاتی به روش استدلالی

زیر حوزه	QPEAK 2 M^3/S	QPEAK 5 M^3/S	QPEAK 10 M^3/S	QPEAK 25 M^3/S	QPEAK 50 M^3/S	QPEAK 100 M^3/S
A1	۳/۸۲	۶/۱۰	۷/۶۲	۹/۹۶	۱۱/۲۹	۱۳/۷۴
A2	۲/۸۸	۴/۶۰	۵/۷۴	۷/۵۱	۸/۵۱	۱۰/۳۵
A3	۷/۵۱	۱۱/۱۳	۱۴/۱۰	۱۸/۸۶	۲۱/۲۴	۲۵/۸۴
A4	۳/۶۹	۵/۴۴	۶/۹۲	۹/۴۳	۱۰/۶۳	۱۲/۹۴
A5	۱/۸۳	۲/۷۴	۳/۳۵	۴/۲۷	۴/۸۸	۶/۰۹
A6	۳/۷۳	۵/۹۶	۷/۴۴	۹/۷۳	۱۱/۰۳	۱۳/۴۲
A7	۶/۵۶	۹/۷۲	۱۲/۳۱	۱۶/۴۷	۱۸/۵۵	۲۲/۵۷
A8	۸/۴۲	۱۲/۴۷	۱۵/۸۰	۲۱/۱۳	۲۳/۸۰	۲۸/۹۶
A9	۴/۴۱	۶/۵۴	۸/۲۸	۱۱/۰۸	۱۲/۴۸	۱۵/۱۹
A10	۱/۷۲	۲/۷۶	۳/۴۴	۴/۵۰	۵/۱۰	۶/۲۰
A11	۱۲/۶۲	۱۸/۲۵	۲۳/۴۸	۳۲/۵۶	۳۷/۳۱	۴۵/۴۳
A12	۸/۶۳	۱۲/۷۴	۱۶/۲۰	۲۲/۰۵	۲۴/۸۶	۳۰/۲۷
A13	۴/۵۴	۶/۷۳	۸/۵۲	۱۱/۴۰	۱۲/۸۴	۱۵/۶۳
A14	۷/۳۳	۱۱/۷۳	۱۴/۶۴	۱۹/۱۴	۲۱/۷۰	۲۶/۴۰
A15	۱/۲۸	۱/۹۲	۲/۳۴	۲/۹۸	۳/۴۱	۴/۲۶
A16	۱۱/۰۰	۱۶/۳۰	۲۰/۶۴	۲۷/۶۱	۳۱/۱۰	۳۷/۸۴
A17	۲/۱۷	۳/۸۸	۴/۹۲	۶/۲۳	۷/۳۲	۸/۲
A18	۱/۰۷	۱/۹۶	۲/۴۵	۳/۰۸	۳/۶۲	۴/۰۵
A19	۰/۹	۱/۶۳	۲/۰۴	۲/۵۷	۳/۰۲	۳/۳۹

الگوی گسترش شهر و اثرات مستقیم آن

گسترش شهر مشهد طی ۴ دهه اخیر به ترتیب بر روی نقشه ژئومورفولوژی منطقه برای سالهای ۱۳۴۰ و ۱۳۸۰ نشان داده شده است (شکل های ۲ و ۳). با توجه به شکل ۲ مساحت شهر طی دهه ۱۳۴۰ فقط ۲۹/۱ کیلومترمربع بوده و عمدتاً بر روی دشت تراکمی استقررا داشته است. مساحت شهر درسال ۱۳۸۰ به ۲۲۸/۱ کیلومتر مربع افزایش یافته و عوارض ژئومورفولوژی متنوع‌تری را پوشانده است.

با توجه به جدول ۳ تغییرات حاصل از این روند را می توان به شرح زیر مورد بررسی قرار داد:

- فشار بر خروجی حوضه‌های آبریز

احداث واحدهای مسکونی حاشیه شهر با حداقل مقاومت که بسیار سریع‌تر از برنامه‌های طرح جامع انجام‌گرفته، گلوگاه آبراهه‌های اصلی در محل ورود به دشت را به شدت فشرده است. چون در اثنای طغیان‌ها فضای کافی حرکت سیلاب وجود ندارد، بیشترین خسارات سیلاب بر کاربری‌های مسکونی حاشیه بسترهای محدود شده خواهد بود. متأسفانه عدم نظارت کافی بر ساخت وسازهای غیر مجاز حاشیه خروجی اصلی زیرحوضه های شماره A1،A2، A3، A4، A7، A8، A11، A14، A15، A16 مناطق مذکور را به صورت خطرناک‌ترین و ناپایدارترین بافت‌های شهری در برابر سیلاب درآورده است. خط داغ آب

Archive of SID

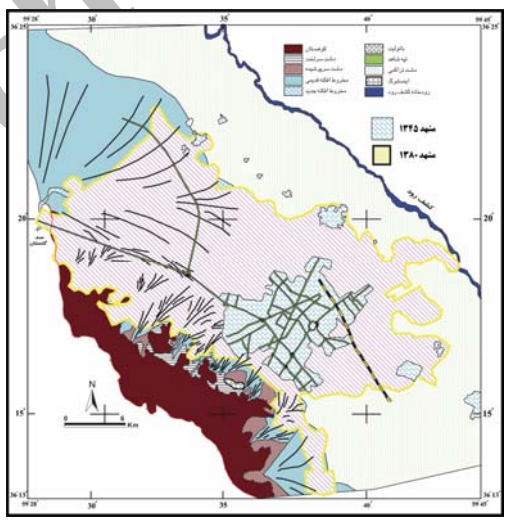
www.SID.ir

سیلاب سالهای ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و۱۳۷۳ بر روی دیوارها و بدنه کوچه‌ها و همچنین واحدهای مسکونی تخریب شده بیانگر آن است که راهی جز ترک حریم خشکرودها نیست.

– افزایش سطوح نفوذ ناپذیر

در بررسی‌های میدانی مشخص گردید بجز دشت تراکمی، سایر واحدها و عوارض مرفولوژی خصوصاً دشت‌سرهای پوشیده و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی از نفوذپذیری نسبتاً بالائی قبل از گسترش شهر برخودار بوده‌اند و لذا نه تنها الگوی شعاعی کانال‌های طبیعی به پخش و نفوذ سیلابهای خروجی از کوهستان کمک می‌نموده بلکه خود هرز آب اندکی را تولید می‌نموده‌اند. پس از گسترش شهر، ۱۱۸/۴ کیلومترمربع از سطوح با نفوذپذیری بالا در مخروط افکنه ها و ۸۰/۶ کیلومترمربع از سطوح با نفوذپذیری کم در دشت تراکمی به اراضی شهری نفوذناپذیر تبدیل شده‌اند. رواناب سطح تمام خیابان‌ها بعلاوه رواناب ۲۵ درصد ازپشت بام‌ها وارد سیستم‌های زهکشی شهری می شود.

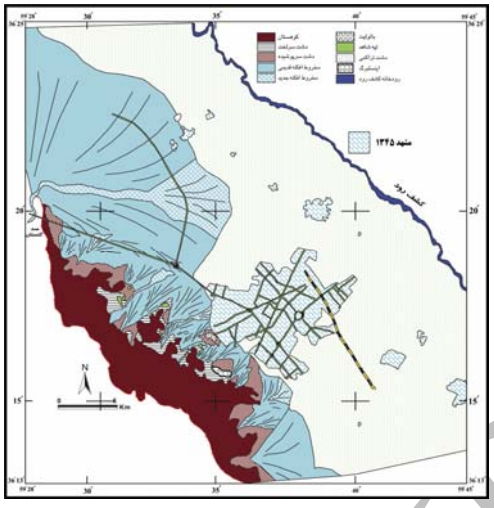
کاهش سطوح نفوذپذیر به میزان حداقل ۵۰٪ باعث گردیده که بخش‌های با شیب بیش از ۲ درصد تا پایکوه، به صورت حوضه‌های آبریز شهری با قابلیت رواناب و سیلاب بالا بوجود آیند. به عنوان نمونه در یکی از اندازه‌گیری‌های میدانی[1] پس از یک بارش‌نیم ساعته به میزان ۹ میلی‌متر، از سطحی معادل ۲۲/۲ کیلومتر مربع بیش از ۱۸ مترمکعب آب در کانال‌های اصلی جریان یافت و زمان تمرکز آن حدود نیم ساعت محاسبه گردید. این حجم دبی در حالی بود که خروجی حوضه‌های آبریز منتهی به شهر تقریباً خشک بودند و مشخص شد که سیلاب فوق صرفاً نتیجه توسعه سطوح آسفالته نفوذ ناپذیر بوده است. هر چند که شبکه زهکشی فعلی مشهد در شرایط مشابه توان عبور سیلابها را دارد لیکن در صورت وقوع یک باران شدید دوره‌ای و سیلابی شدن حوضه‌های آبریز منتهی به بافت، قطعاً تلفیق آب و رسوب حوضه‌های طبیعی با سیلاب‌های شهری شرایط متفاوتی را به بار خواهد آورد که در بخش بعد به آن اشاره می‌نمائیم.



شکل۲ نقشه ژئومورفولوژی شهر مشهد (دهه ۱۳۴۰)

۱ – بارندگی مورخ ۱۳۸۳/۲/۷. محل اندازه‌گیری کانال عبوری از پردیس دانشگاه فردوسی مشهد بوده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳ نقشه ژئومورفولوژی شهر مشهد (آغاز دهه ۱۳۸۰)

جدول ۳ واحدهای ژئومرفولوژی و توسعه شهر مشهد (۸۲-۱۳۴۵)

واحد ژئومرفولوژی	مساحت Km^2	درصد	میانگین شیب (٪)	محدوده شهری تا سال ۱۳۴۵ (km^2)	محدوده شهری تا سال ۱۳۸۲
کوهستان، با تولیت کوهسنگی، انسلبرگ‌ها وتپه‌های شاهد	۴۲/۶۳	۷/۴	۲۰	–	۰/۶
دشت سرهای لخت و پوشیده	۱۳۷/۱	۲۳/۸	۲	۰/۰۵	۱۴
مخروط افکنه‌های قدیم و جدید	۱۳۷/۴	۲۳/۶	۲	۰/۹۷۵	۱۰۴/۴
دشت تراکمی	۲۵۱/۶۸	۴۳/۶	کمتر از ۱	۲۸/۰۷۵	۱۰۹/۷
جمع کل	۵۷۶/۶	۱۰۰	–	۲۹/۱	۲۲۸/۷

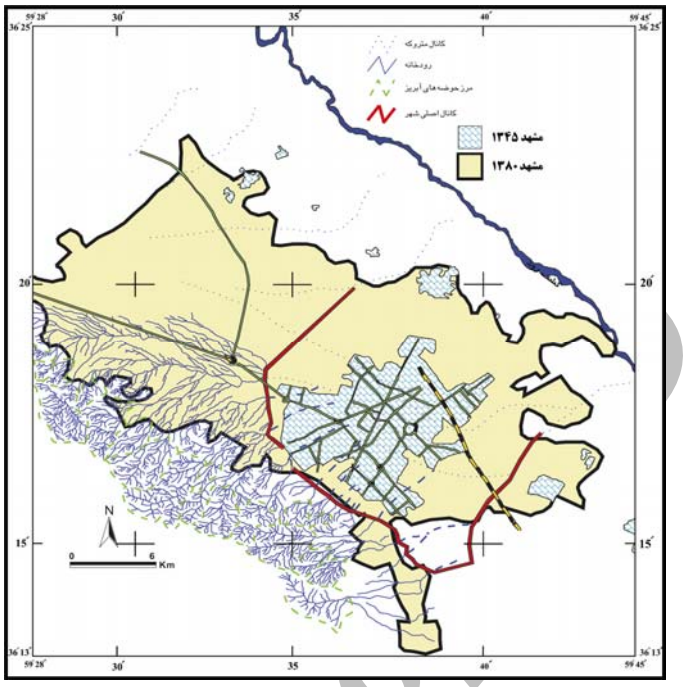
تغییر الگوی زهکشی طبیعی

علاوه بر مسیرهای اصلی خشکرودها که در بافت قدیمی شهر یعنی در واحد ژئومرفولوژی دشت تراکمی محو گردیده، در قلمرو مخروط‌افکنه‌های آبرفتی و دشت‌سرها، گسترش شهر تعداد ۲۷۷ کانال فرعی به طول حدود ۱۴۰ کیلومتر را از بین برده و تعداد ۴۳ کانال اصلی به طول ۸۲/۹ کیلومتر را مسدود و یا به شدت تغییر داده است (جدول ۴). کانال‌های فرعی شامل شبکه‌های شعاعی و هرزآب‌های گیسوئی روی مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌سرها بوده و کانال‌های اصلی دربرگیرنده کانال‌های خروجی ازکوهستان و کانال‌های نسبتاً عریض خود مخروط‌افکنه‌ها و دشت‌سرها بوده است. کانال‌های اصلی نوع اول از همان ابتدای ورود به بافت شهری دچار محدودیت فضا، تغییرمسیر و حتی انسداد و تلفیق با یکدیگر شده‌اند که در نهایت به ۸ کانال اصلی سیستم زهکشی شهری پیوند می‌خورند. سایر کانال‌های طبیعی اصلی به سرنوشت کانال‌های فرعی اولیه دچار شده‌اند. عناصر زهکشی شهری خیابان‌ها، جوی‌ها و آب گذرهای حاشیه معابر بعلاوه ۸ کانال یاد شده که نهایتاً به ۴ زهکش مهمتر شهری تبدیل می‌شوند را شامل می‌شود. ساختار طراحی شهری و به تبع آن سیستم زهکشی شهری در مناطق گسترش یافته تطابق چندانی با الگوی زهکشی طبیعی ندارد و لذا در مورد زهکش‌های فرعی مصنوعی، مهمترین تأثیر آب‌گرفتگی‌های محلی در بسیاری از

Archive of SID

www.SID.ir

خیابانهای غربی ـ شرقی و حتی شمال جنوبی در قاعده و پهلوی مخروط‌افکنه است.



شکل ۵ شبکه زهکشی حوزه های شهری منتهی به شهر مشهد

براساس سطح پوشش هر کانال اصلی شهری می‌توان بخشی از شهر به مساحت حدود ۷۵ کیلومتر مربع را که با مشکل جدی هجوم سیلاب‌های دوره‌ای یا طغیان مواجه است، به ۸ حوضه جدید طبیعی ـ شهری به شرح جدول ۴ تقسیم و تغییرات بار آمده در هر حوضه را مورد بررسی قرار داد. بخشی از بافت به وسعت ۶۰ کیلومتر مربع که بر روی مخروط‌افکنه بزرگ رودخانه گلستان توسعه یافته به عنوان یک منطقه جداگانه به علت احداث بند گلستان و اصلاح مسیر رودخانه در پایین دست سد با مشکلات کمتری مواجه بوده و لذا در جدول۴ آورده نشده است.

همانطور که از جدول استنباط می‌شود، تغییرات به بار آمده در الگوی زهکشی طبیعی عمدتاً از نوع منفی بوده و برنامه خاصی در ابتدا برای کنترل سیلاب و یا هدایت آن وجود نداشته که بدین ترتیب سیستم جایگزین شده با مشکلات جدی مواجه است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ تغییرات حاصل از شهرنشینی بر الگوی زهکشی طبیعی

شماره حوضه	مساحت Km^2			کانال‌های اصلی حذف شده یا محدود شده		کانال‌های فرعی حذف شده		تغییرات مثبت یا منفی ایجاد شده در مسیر کانال‌های اصلی طبیعی	مقطع کانال اصلی شهری m^2
	کل	طبیعی	شهری	تعداد	طول	تعداد	طول		
Nu1	۱۴/۲	۵	۹/۲	۵	۱۲	۳۲	۱۷/۶	تغییر مسیر، انسداد مسیر، ساختمان سازی در بستر، خاکریزی و کاهش عرض، وجود موانع مصنوعی در مسیر	متغیر از ۲ تا ۹ متر مربع
Nu2	۸/۰۴	۰/۴۲	۷/۶۲	۴	۱۱/۱۳	۶۹	۲۹/۲	ساختمان سازی در مسیر، اصلاح مسیر، احداث کانال پوشیده	۵
Nu3	۱۲/۲۶	۷/۳۹	۴/۸۷	۷	۱۶/۱۱	۲۱	۱۵/۶	اصلاح مسیر، انحراف غیر اصولی، تلفیق کانال‌ها، احداث کانال پوشیده، خاکریزی و کاهش عرض، ساختمان سازی در بستر	۶
Nu4	۶/۸	–	۶/۸	۵	۸	۵۰	۳۱/۶	انحراف غیر اصولی، ایجاد موانع مصنوعی در مسیر، ساختمان سازی دربستر	۳
Nu5	۹/۴	۶/۳۸	۳/۰۲	۶	۱۱	۳۵	۱۳/۵	انحراف غیر اصولی و حذف بستر اصلی، ایجاد کانال ها و کاهش عرض	۶
Nu6	۱۲/۲	۵/۷	۶/۵	۷	۱۰/۶	۴۷	۲۲/۴	ایجاد موانع مصنوعی در بستر، حذف بستر اصلی و تغییر مسیر غیر اصولی، احداث کانال سرپوشیده، خاکریزی و کاهش عرض، ساختمان سازی در بستر	۴
Nu7	۳/۵۲	۱/۳۱	۲/۲۱	۳	۲/۴	۱۳	۶	تلفیق کانال‌ها با هم، انحراف مسیر غیر اصولی، احداث کانال سرپوشیده	۴
Nu8	۸/۵۴	۵/۸۳	۲/۷۱	۶	۱۱/۷	۱۰	۴/۸	تغییر مسیر، تلفیق کانال‌ها با هم، احداث کانال سرپوشیده ساختمان سازی درمسیر	۶
جمع کل	۷۴/۹۶	۳۲/۰۳	۴۲/۹۳	۲۷۷	۱۴۰/۷	۴۳	۸۲/۹	–	–

Archive of SID

ضعف شبکه زهکشی شهری

ساختار طراحی شهری و به تبع آن سیستم زهکشی شهری تطابق چندانی با الگوی زهکشی طبیعی ندارد، چرا که در طرح‌های توسعه، خشکرودها بعنوان یکی از مهمترین چشم‌اندازها از بافت شهر حذف شده و کانال‌های کم ظرفیت جایگزین آن شده‌اند. در اینجا برای روشن شدن ضعف سیستم زهکشی شهری به محاسبه حداکثر دبی احتمالی در هر یک از حوضه‌های آبریز طبیعی – شهری می پردازیم. نتایج حاصله در جدول ۵ ارائه شده است.

www.SID.ir

جدول ۵ محاسبه حداکثر دبی سیلاب در محدوده شهری و کل حوضه‌های آبریز تلفیقی

شماره حوضه	مساحت محدوده شهری به هکتار	ضریب رواناب	حداکثر دبی لحظه‌ای در انتهای کانال اصلی بخش شهری هر حوضه با دوره برگشت‌های مختلف m^3/s						مجموع دبی‌های حداکثر لحظه‌ای هر حوضه m^3/s	
			۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۵۰ ساله	۱۰۰ سال
Nu1	۹۲۰	۰/۵۵	۱۹/۲۶	۳۱/۶	۴۰/۷۶	۵۱/۴۴	۵۹/۴	۶۷/۴۶	۷۳	۸۳
Nu2	۷۶۲	۰/۴۷	۱۶/۶	۲۸/۱	۳۴/۸	۴۴/۸	۵۳/۷	۵۹/۷	۵۷/۱	۱۰۱/۸
Nu3	۴۸۷	۰/۵	۱۲/۸	۲۱	۲۸/۴	۳۵/۸	۴۰/۶	۴۷/۳	۱۰۰	۱۱۹/۶
Nu4	۶۸۰	۰/۴۷	۱۴/۸	۲۵/۱	۳۱/۱	۳۹/۹	۴۷/۹	۵۳/۳	۴۷/۹	۵۳/۳
Nu5	۳۰۲	۰/۴۷	۸/۷	۱۵/۸	۱۹/۷	۲۴/۸	۲۹/۲	۳۲/۷	۷۱/۶	۹۹/۴
Nu6	۶۵۰	۰/۳	۹/۰۴	۱۵/۷	۱۸/۹	۲۴/۴	۲۹/۲	۳۲/۵	۴۵/۱۶	۵۲/۰۱
Nu7	۲۲۱	۰/۴	۵/۴	۹/۸	۱۲/۳	۱۵/۵	۱۸/۲	۲۰/۴	۳۴/۱	۳۹/۹۱
Nu8	۲۷۱	۰/۴۳	۷/۱	۱۲/۹	۱۶/۲	۲۰/۴	۲۳/۹	۲۶/۹	۷۵/۶	۸۹/۷۷

مقایسه سیلاب احتمالی در یک دوره ۵۰ ساله نشان می‌دهد[1] که کانال‌های شهری موجود حتی توان عبورسیلاب‌های شدید را نداشته و تا سال ۱۳۹۰ که سطوح آسفالته در تمام اراضی باقیمانده گسترش یابد، مشکلات ناشی از سیلاب جدی‌تر خواهد شد. هرچند که میزان دبی حداکثر محاسبه شده مربوط به نقطه انتهائی هر کانال است، لیکن حجم زیاد سیلاب همراه رسوب حوضه‌های آبریز و تغییرات فراوان بستر سیلاب، مانع حرکت آزاد آب در کانال‌ها شده و شرایط طغیانی را پدید می‌آورد. یکی از مهمترین تغییرات، تغییرات شدید مقطع کانال‌های اصلی شهری است که بین حداقل ۲ تا حداکثر ۹ متر مربع تغییر می‌نماید. بر اساس محاسبات انجام گرفته کانال‌های با شیب ۱ تا ۲ درصد، حدود ۱۲ متر مکعب و کانال‌های با شیب ۳ درصد و بیشتر حدود ۱۸ تا ۲۴ متر مکعب سیلاب را عبور خواهند داد[2]. با توجه به جدول ۶ که خصوصیات کانال‌های اصلی شهری را در مناطق ۸ گانه ارائه می‌دهد، تمام کانال‌ها در سیلاب‌های شدید مازاد آب خواهند داشت که باعث آب‌گرفتگی کاربری‌های حاشیه کانال می‌شود. این در حالی است که بر مبنای اندازه‌گیری‌های میدانی واز طریق عکس‌های هوائی عرض هیچ یک از کانال‌های اصلی طبیعی قبل از گسترش شهر کمتر از ۲۰ متر نبوده و مازاد آب در شرایط حاضر ناشی از تغییر الگوی زهکشی و بسترهای طبیعی است.

۱ – برای محاسبه سیلاب احتمالی ضریب رواناب در سطوح شهری بین ۰/۳ تا ۰/۵۵ در نظر گرفته شده است. (علیزاده، ۱۳۶۸، ۲۹۲)

۲ – در محاسبات کانال‌ها از فرمول مانینگ تشریح شده در منبع شماره ۳، استفاده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶ خصوصیات کانال‌های زهکشی شهری و ضعف آنها در عبور سیلاب‌های با دوره برگشت ۵ ساله و بیشتر

شماره حوزه	تعداد شاخه کانال		تعداد تغییر مسیر و موانع موجود	مقطع کانال اصلی m^2	طول کانال km			شیب کانال ٪	مازاد دبی در سیلابهای ۵۰ ساله m^3/s
	فرعی	اصلی			خاکی	بتونی	خاکی سر پوشیده		
Nu1	۱	۱	۸	از ۲ تا ۹ متر	۷/۲۵	–	۱	۱ تا ۲ درصد	۶۱
Nu2	–	۱	۲	۵	–	۱	۱/۸۷۵	۳	۳۳/۱
Nu3	۲	۱	۴	۶	۲	۱	۰/۷۵	۳	۷۶
Nu4	۱	۱	۳	۳	۳/۷	–	–	۲	۳۰
Nu5	۱	۱	۵	۶	۰/۳	۱/۴۲۵	۰/۷	۳	۴۷/۶
Nu6	–	۱	۴	۴	۲/۳	–	۱/۶۲۵	۲	۲۷/۲
Nu7	مشترک با Nu6		تمام آبراهه تغییر مسیر دارند	۴	–	–	۰/۶۲۵	۲	۲۲/۱
Nu8	۱	۱	۵	۶	۱	۰/۴	۲/۱۲۵	۴	۵۱/۶

بحث ونتیجه گیری

از مجموع مطالعات انجام شده می‌توان چنین اظهار داشت که طراحی شهری در کلان شهر مشهد از ضعف‌های اساسی برخوردار بوده و گسترش شهر بدون توجه به شرایط محیط طبیعی و با تراکم زیاد در توزیع کاربری‌ها صورت گرفته است. هر چند که تراکم بافت و بی‌توجهی به لندفرمها بیماری بسیاری از شهرهای ایران به شمار می‌رود لیکن در کلان‌شهرها باید در جهت اصلاح خطاهای گذشته، نسبت به تغییرات اساسی در بافت موجود و همچنین بازنگری طرح‌های توسعه در مناطقی که اکنون به زیر ساخت و ساز نرفته گام‌های مؤثری برداشته شود. در این بررسی که صرفاً به اثرات گسترش شهر مشهد بر تشدید شرایط سیل‌خیزی توجه داشتیم می‌توان نتایج بدست آمده را به شرح زیر بیان نمود:

۱- در دهانه خروجی حوضه‌های آبریز A16, A15, A14, A12, A11, A8, A3 مناطقی به وسعت ۳۱۵ هکتار مستقیماً در معرض خطر سیلاب‌های شدید دوره‌ای (با دوره برگشت ۵۰ سال) قرار دارند. رها ساختن بستر رودخانه و باز کردن مسیر آبراهه‌های اصلی تا اتصال به یک شبکه زهکشی اصلی شهری در مناطق یاد شده از مهمترین اقدامات است. علاوه بر آن در داخل حوضه‌های آبریز باید طرحهای آبخیزداری و کنترل سیلاب شامل احداث سازه‌های سبک و عملیات بیولوژیکی به اجراء گذاشته شده و ممنوعیت برداشت سنگ و شن و ماسه و همچنین چرای دام به طور جدی پیگیری و اجرا شود.

۲- مناطق مجاور کانال‌های اصلی شهری به مساحت حدود ۸۰ هکتار در حوضه‌های Nu1، Nu2، Nu3، Nu5، Nu6 و Nu8 در معرض سیلاب‌های شهری قرر دارد که خسارات آن عمدتاً به واحدهای مسکونی و کاربری‌های عمومی است. در این مناطق با توجه به کاهش عرض اغلب کانال‌ها یا انحراف آن از مسیر اصلی براثر خاکریزی و سپس ساختمان‌سازی بروی

Archive of SID

www.SID.ir

آن، ساختمان‌های مذکور از مقاومت کافی برخودار نبوده و در صورت بروز برخی مخاطرات طبیعی دیگر از جمله زلزله با خطر واگرائی خاک و تخریب سریع‌تر روبرو خواهند شد.

۳- حدود ۸۰ کیلومتر مربع از مساحت شهر در قلمرو دشت تراکمی که از شیب کافی برخوردار نیست در معرض آب گرفتگی‌های سطحی است که منجر به کند شدن عبور و مرور در اثنای بارندگی‌های هر ساله است.

۴- علت اصلی افزایش پتانسیل سیل‌خیزی شهر، ضعف طراحی شهری و شبکه زهکشی آن است که بدون توجه به شرایط محیط طبیعی و با تراکم زیاد توزیع کاربری‌ها صورت گرفته است.

۵- در جهت کاهش خسارات سیل و آب‌گرفتگی باید یک طرح جامع کاهش خطر در دستور کار قرار گیرد. در این طرح که یک فعالیت میان رشته ای است باید اقدامات زیر مورد توجه قرار گرفته و به مرحله اجرا در آید:

- اجرای طرح‌های آب‌خیزداری و کنترل سیلاب در داخل حوضه‌های آبریز منتهی به شهر و ممانعت از برداشت منابع سنگ و شن و ماسه و دفع زایدات ساختمانی در مناطق مذکور.
- بازسازی مسیر کانال‌های اصلی طبیعی در داخل بافت شهری و تعیین حریم مشخص برای آنها.
- انطباق اجزاء فرعی شبکه زهکشی شهری با الگوهای طبیعی اولیه.
- کاهش تراکم کاربری‌ها در بافت شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر با کاربری فضای سبز و پارک در بافت موجود.
- تجدید نظر در طراحی سمت توسعه شهر و افزایش سرانه کاربری فضاهای سبز در محدوده های جدید.

منابع

۱ـ جهادی طرقی، مهناز (۱۳۷۸)، تعیین روند تغییرات و دما و بارش شهر مشهد طی دوره (۱۹۹۴ـ۱۹۵۱) فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۵۵ و ۵۴.

۲ـ دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۱)، حوزه معاونت پژوهشی طرح مطالعه اثرات گسترش شهر مشهد در تغییر الگوی زهکشی طبیعی و افزایش خطر سیلابهای شهری ـ مجری طرح سیدرضا حسین‌زاده.

۳ـ رفاهی، حسینقلی، (۱۳۷۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

۴ـ سازمان نیروهای مسلح،(۱۳۶۱)، نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱ منطقه.

۵ـ سازمان نیروهای مسلح، (۱۳۳۷)، عکس‌های هوائی ۶۰۰۰۰: ۱ منطقه سال ۱۳۳۷.

۶ـ سازمان نقشه‌برداری کشور (۱۳۴۵)، عکس‌های ۲۰۰۰۰: ۱منطقه سال ۱۳۴۵.

۷ـ سازمان سنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره‌ای لندست سری TM سال ۲۰۰۲.

۸ـ سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی مشهد مقیاس. ۲۵۰۰۰۰: ۱.

۹ـ سازمان جهاد کشاورزی خراسان (۱۳۸۰)، اداره آبخیزداری، طرح کنترل سیلاب حوضه آبریز شهر مشهد، مجری طرح سیدرضا حسین‌زاده.

۱۰ـ علیزاده، امین، (۱۳۶۸)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۱ـ مهدوی، محمد، (۱۳۷۱)، هیدرولوژی کاربردی جلد دوم، دانشگاه تهران.

12- Christopher w. May, 1999 the Cumulative Effects of Urbanization on Small Streams in the Puget Sound London Ecoragion, Applied physics Laboratory, college of acean and fishery sci ences. University of

Archive of SID

www.SID.ir

Washington
13- Hosseinzadeh. S.R Environmental Crises in Iranian Metropolitan Cities Sustainable City Book 2004. Witpress England.
14- Jahadi toroghy mahnaz, 2004 Expansion of Metropplises and Changes in the Fluvial Systems in Arid Regions Joint Intrntional Geomorphology conference England.
15- Keith smith, 2001. Environmental Hazards by routledge England.
16- White and Greer 2005. The Effects of Watershed Urbanization on the Stream Hydrology and Riparian Vegetation of Lospenasquitos. Greek, California. Landscape and planning Journal, Article in press.

Archive of SID

www.SID.ir