Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره دوازده، اسفند ماه ۹۹

# ارزیابی اثرات توسعه شهری بر رواناب با استفاده از مدل SWMM

## (مطالعه موردی: استان قم)

**مرضیه ناصح‌پور[1*]**

Marziyeh.nasehpour69@gmail.com

**حسین خزیمه‌نژاد[2]**

**الهام فروتن[3]**

**تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۱** **تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۲۴**

**چکیده**

**زمینه و هدف:** در یک حوزه آبخیز طبیعی بیشتر سطح زمین نفوذپذیر و به وسیله پوشش گیاهی پوشیده شده است، به همین جهت مقدار زیادی از بارش از راه گیرش گیاهی، نفوذ در خاک و تبخیر و تعرق از دست می‌رود. اما در یک حوزه آبخیز شهری به دلیل شهر-سازی، سطح نفوذناپذیر حوضه افزایش می‌یابد که افزایش حجم رواناب و دبی اوج، فرسایش کف و کناره‌های کانال‌های پایین دست و کاهش سطح آب زیرزمینی و تخریب کیفیت آب را به دنبال دارد. هدف از این تحقیق، کاربرد شبیه‌سازی SWMM برای برآورد ارتفاع رواناب و همچنین هیدروگراف رواناب و بررسی اثرات تغییرات پوشش اراضی و موقعیت پوشزش اراضی و ابزارهای توسعه کم اثر بر پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شهری با استفاده از مدل مورد نظر می‌باشد.

**روش بررسی:** برای انجام این تحقیق اجرای مدل SWMM در یکی از مناطق شهری شهر قم مد نظر قرار گرفت. حوضه مورد مطالعه با وسعتی معادل ۲۵۶ هکتار در بخش شمال غربی قم واقع شده است.

**یافته‌ها:** در این تحقیق نتیجه‌گیری شد که در دو زیرحوضه دو و شش افزایش ۷۰ و ۴۰ درصدی سطوح نفوذناپذیر موجب افزایش ۳۰ درصد در مقدار رواناب می‌شود. همچنین افزایش ۱۰ درصد سطح نفوذناپذیر در حوضه آبخیز بالادست و پایین دست حوضه به ترتیب موجب افزایش ۶/۵۱ و ۶/۸۷ درصد افزایش در دبی اوج می‌شود. که بیانگر آن است که موقعیت مکانی سطح نفوذناپذیر تأثیر اندکی بر میزان رواناب دارد. استفاده از ابزار ذخیره‌ای نیز تأثیر چشمگیری بر کاهش میزان رواناب شهری داشته است.

۱- کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب ، دانشگاه بیرجند، بیرجند. *(مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند

۳- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

**بحث و نتیجه گیری:** نتایج حاصل از مدل SWMM در برآورد رواناب شهری بیان می‌دارد که به منظور مدیریت بهینه رواناب در مناطق خشک بایستی اثرات میزان و موقعیت کاربری اراضی بر میزان رواناب شهری و همچنین استفاده از ابزارهای ذخیره باران در این مناطق مدنظرقرارگیرد.

**واژه‌های کلیدی:** توسعه شهری، رواناب، SWMM، قم.

www.SID.ir

Archive of SID

*J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.12, March, 2021*

# Evaluation of Urban Development Impacts on Runoff Using SWMM Model (Case Study: Qom Province)

**Marziyeh Nasehpour[1]***

*Marziyeh.nasehpour69@gmail.com*

**Hossein Khozeymehnezhad[2]**

**Elham Forootan[3]**

Admission Date:October 16, 2019 Date Received: May 22, 2019

**Abstract**

**Background and Objective:** In a natural watershed, most of the surface is impervious and covered with vegetation, so a large amount of precipitation is lost through plant interception, infiltration into soil and evapotranspiration. However, in an urban watershed due to urbanization, impervious surface of the watershed increases, which tends to increase the volume of runoff and peak discharge, the erosion of the bed and the edges in the downward of canals, and decrease in water level as well as degradation of water quality. The purpose of this research is to apply SWMM simulation for estimating runoff and runoff hydrograph and the effects of land cover changes and low impact development tools on hydrologic response of urban watersheds.

**Method**: In this research, implementation of SWMM model in one of the urban areas of Qom was considered. The study area is 256 hectares in northwestern part of Qom.

**Findings**: In this study, it was concluded that in sub watershed of 2 and 6, the increase of 70% and 40% in impervious surfaces resulted in 30% increase in runoff volume. Also, 10% increase in impervious area of upstream and downstream of watershed tends to 6/51% and 6/87% increase in peak discharge volume, respectively. The use of storage devices has also had a significant impact on reducing urban runoff.

**Discussion and Conclusion**: The results of SWMM model in urban runoff estimation indicate that in order to properly manage runoff in arid areas, the status and location effects of land use on urban runoff rate as well as the use of rain storage tools in these areas should be considered.

**Keywords:** Urban Development, Runoff, SWMM, Qom.

1- M.Sc. Department of Water Science and Engineering, Birjand University, Birjand. *( Corresponding Author)
2- Associate professor Department of Sciences and Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand.
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Thran,Iran

www.SID.ir

**مقدمه**

تغییرکاربری اراضی درحوزه آبخیز شهری تأثیرات نامطلوبی را بر رودخانه ها و آب‌های ورودی دیگر دارد. سیستم‌های زهکشی در این مناطق به دلیل کنش و واکنش فعالیت‌های انسان و چرخه طبیعی به وجود می‌آیند و این اندر کنش دو مشکل خارج ساختن آب از چرخه طبیعی برای تأمین نیازهای زندگی انسان و پوشاندن زمین به وسیله سطوحی نفوذناپذیر که باعث خروج آب باران از سیستم زهکشی طبیعی محلی می‌شود را ایجاد می‌نماید. در واقع می‌توان گفت که این کنش و واکنش خود باعث به وجود آمدن دو نوع آب می‌شود که نیاز به زهکشی دارد، نوع اول فاضلاب می‌باشد. که شامل مواد غیر محلول، ذرات ریز و درشت حاصل از سرویس‌های بهداشتی، شستن مواد و ظروف، صنعت و سایر موارد می‌باشد. نوع دوم رواناب‌های سطحی هستند که آب حاصل از باران و یا هر نوع ریزش جوی می‌باشند که بایستی به درستی مدیریت گردند تا خطرات ناشی از سیل گرفتگی کاهش یابد، زیرا شهری شدن و افزایش سطوح نفوذناپذیری همچون بام ساختمان‌ها، سطوح خیابان‌ها و پارکینگ‌ها و امثال آن که همانند مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک عمل می‌نمایند و همچنین حذف پوشش گیاهی سبب می‌شود که بخش بیشتری از هر بارندگی به رواناب‌های سطحی تبدیل شود و این رواناب‌ها با سرعت بیشتری به سمت خروجی حرکت نمایند که موجب فرسایش کناری و رسوبگذاری در پایین دست و افزایش دبی پیک و کاهش تغذیه آب زیرزمینی و جریانات پایه می‌گردد(۱). شهرسازی و توسعه شهرها و تبدیل مناطق بایر به اراضی شهری (احداث ساختمان، خیابان و تأسیسات دیگر) امکان و فرصت نفوذ آب باران به درون زمین را به شدت کاهش می‌دهد و در نتیجه رواناب با حجم و سرعت بیشتر به سمت جوی‌ها و آبراهه‌ها سرازیر می‌گردد و این شرایط به نوبه خود ، تشدید قدرت فرسایش جریان آب و افزایش بار آلاینده در رواناب را به دنبال دارد(۲). از متداول‌ترین نرم افزارهای مورد استفاده SWMM می‌باشد که با استفاده از آن می‌توان اثرات تغییرات موقعیت و میزان فضای سبز شهری و همچنین ابزارهای توسعه کم اثر را بر روی حجم و ارتفاع رواناب خروجی بررسی نمود. برآورد ویژگی‌های جریان از اقدامات لازم به منظورمدیریت سیلاب و رواناب شهری است. از انواع روش‌های توسعه کم اثر، روش شبکه‌های ذخیره آب باران است که نوعی رویکرد نوین مدیریت رواناب تلقی می‌شود(۳). در این زمینه تحقیقات متعددی انجام شده است. به عنوان نمونه صوفی (۱۳۸۵) (۴) در پژوهشی به این نتیجه رسید که توسعه شهری و تخریب پوشش گیاهی در غرب شهر شیراز باعث کاهش ۵۰ درصدی در زمان تأخیر حوضه آبخیز شده است. این روش‌ها بهترین سازه-های مدیریتی با توجه به شرایط حاکم بر ایران است و با راندمان قابل قبولی( در صورت تلفیق این سازه‌ها می‌توان میزان رواناب را تا ۹۰ درصد تعدیل بخشید) کار کنترل و هدایت آب-های سطحی را انجام می‌دهد (۵). رستمی و همکاران (۱۳۹۱) (۶) با استفاده از مدل SWMM تأثیر تغییر کاربری اراضی بر میزان رواناب خروجی در حوزه آبخیزی واقع در شهر اراک را مورد بررسی قرار دادند بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق، نتایج نشان داد تغییر کاربری اراضی در حوزه آبریز، منجر به افزایش حجم رواناب و کاهش زمان تا اوج می گردد که دلیل این امر تغییر کاربری اراضی و افزایش ۸۶/۵۹٪ در سطوح نفوذناپذیر حوضه نسبت به شرایط قبل از توسعه می‌باشد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۶) (۷) در مطالعه‌ای مدل‌سازی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی با استفاده از ابزارهای سلول نگهداشت ذخیره، بشکه باران، بام سبز، جوی باغچه و اعمال سناریوهای مختلف بارشی در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله در شهر سنندج را با استفاده از نرم افزار SWMM انجام دادند. از مهمترین نتایج این پژوهش می‌توان به تغییر شکل هیدروگراف، کاهش ۵۰ درصدی زمان تمرکز و کاهش ۳۵ تا ۵۰ درصدی دبی اوج با استفاده از روش‌های توسعه کم اثر در شهر سنندج اشاره کرد. اسپی و همکاران (۱۹۶۶) (۸) در تحقیق خود اثر تغییر کاربری اراضی بر روی زمان تأخیر را مطالعه نمودند و به این نتیجه رسیدند که تغییر کاربری اراضی و شهر نشینی باعث شده که زمان اوج کاهش و دبی سیلاب افزایش پیدا کند. سی برن (۱۹۶۹) (۹) روی اثرتغییر کاربری اراضی بر مدت زمان سیلاب تحقیق نموده و به این نتیجه

www.SID.ir

Archive of SID

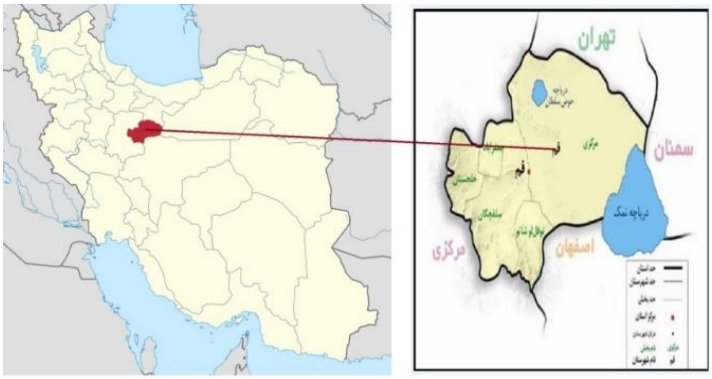


رسیدند که با تغییر کاربری اراضی و توسعه شهرنشینی دبی سیلاب افزایش می‌یابد. کافمن و همکاران (۲۰۰۰) (۱۰) ابزار توسعه کم اثر را برای اولین بار در مریلند آمریکا اعمال نموده و این ابزار را راهکاری برای مقابله با اثرات منفی شهرنشینی از جمله کاهش سطوح نفوذناپذیر مطرح نمودند و از مهمترین نتایج آن می‌توان به کاهش چشمگیر دبی اوج اشاره کرد. جلگ و همکاران (۲۰۰۷) (۱۱) از مدل SWMM برای مدیریت رواناب شهری در قبل و بعد از توسعه شهر استفاده کردند که نتایج مطالعه آنها در چهار منطقه نشان داد که این مدل می‌تواند خطاهایی از قبیل دبی اوج کوچک‌تر و زمان تا اوج طولانی‌تر برای شرایط بعد از توسعه را برطرف کند و آثار هیدرولوژیکی توسعه شهری را به خوبی ارزیابی کند. سین و همکاران، (۲۰۱۴) (۱۲) با تقسیم بندی کلی ابزارهای توسعه کم اثر به دو دسته ابزار نفوذ و ذخیره‌ای به تأثیر این روش در کاهش عدد شماره منحنی پرداخته‌اند و از مهمترین نتایج آن‌ها کاهش ۲۰ درصد حجم رواناب پس از استفاده از این ابزارها بوده است.

در این تحقیق کاربرد شبیه‌سازی SWMM برای برآورد ارتفاع رواناب و همچنین هیدروگراف رواناب و همچنین بررسی اثرات تغییرات پوشش اراضی و ابزارهای توسعه کم اثر بر پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شهری با استفاده از مدل SWMM مد نظر قرار گرفته است.

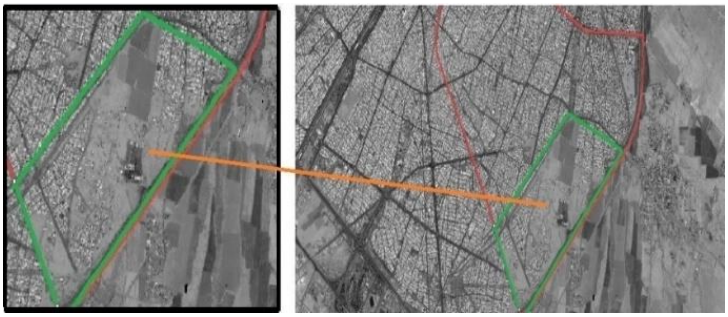
### موقعیت جغرافیایی و منطقه‌ای استان قم

استان قم با وسعتی معادل ۱۱۲۴۰ کیلومتر مربع در مرکز کشور واقع شده و مرکز آن شهر قم است. مطابق شکل۱ استان قم از شمال به استان تهران و از غرب به استان مرکزی و از شرق به اصفهان و از جنوب به استان اصفهان محدود است. مطابق شکل ۲ حوضه مورد بررسی در بخش شمال‌غربی قم در منطقه غربی قرار دارد. حوضه از جنوب به خیابان شاه ابراهیم، از شرق به ۳۰متری شیرازی (مسیر دکلها) از غرب و شمال‌غرب به کمربندی غربی قم و از شمال‌شرق به راه‌آهن محدود می‌شود (گزارشات مطالعاتی شهرداری قم، ۱۳۷۹) (۱۳).




**شکل۱- موقعیت جغرافیایی استان قم**

Figure 1. Geographic location of Qom Province



**شکل۲- تصویر هوایی حوضه مورد مطالعه**

Figure 2. Aerial image of the study watershed

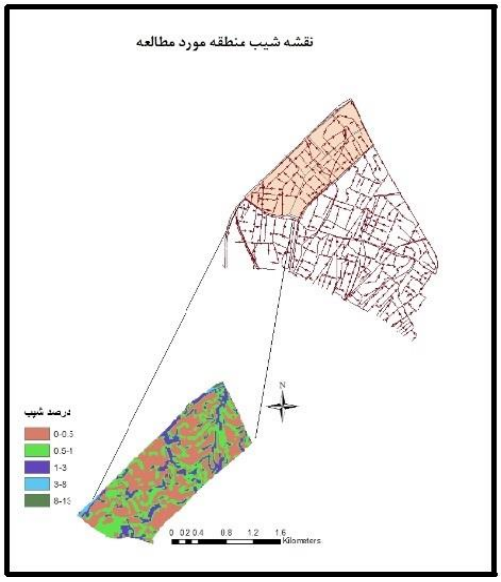
www.SID.ir

Arch

## روش تحقیق

### شبیه‌ساز SWMM

در این تحقیق از مدل SWMM استفاده شده است. در این مدل هر حوزه آبخیز به حوزه‌های آبخیز کوچک‌تر تقسیم می‌شود و سطح هر زیر حوضه به عنوان مخزن غیرخطی عمل می‌نماید و جریان ورودی از بارش و زیرحوضه‌های بالادست نشأت می‌گیرد. به منظور اجرای مدل SWMM ابتدا منطقه مورد مطالعه با توجه به نقشه شبکه زهکشی و نقشه کاربری اراضی ۱:۲۰۰۰ به تعدادی زیر حوضه تفکیک گردیده است و سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی دارای مقیاس ۱:۲۰۰۰ نقشه شیب (شکل۳ ) حوزه آبخیز تهیه گردیده و همینطور مشخصات زیر حوضه‌ها که شامل مساحت، شیب، عرض، ذخیره چالابی برای سطوح نفوذپذیر و سطوح نفوذناپذیر، ضریب مانینگ برای سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر در مدل وارد می‌گردد.




**شکل۳- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه**

Figure 3. The Slope map of the studied area

### وارد کردن مشخصات ایستگاه باران سنجی، باران، شبکه زهکشی در محیط SWMM

در این پژوهش مشخصات ایستگاه باران‌سنجی، باران اعم از مقدار، شدت و یا بارش تجمعی، واحد بارش و همچنین مشخصات شبکه زهکشی همچون مشخصات مورد نیاز زیر حوضه‌ها (مشخصات طول و عرض جغرافیایی، مساحت، عرض، شیب، درصد سطح نفوذ ناپذیر، مدل نفوذ پذیری) مشخصات مورد نیاز گره‌ها (حداکثر عمق در گره مورد نظر، ارتفاع گره، طول آبگذر، زبری آبگذر، شکل هندسی آبگذر) و نیز مشخصات محل‌های تقاطع (ارتفاع محل تقاطع نسبت به زمین، عمق اولیه آب در ابتدای شبیه‌سازی، جریان ورودی، حداکثر عمق محل تقاطع) در مدل وارد گردید. در هر زیر حوضه درصد سطح نفوذ ناپذیر را تغییر داده و درصد افزایش رواناب در حوضه مشخص شد. سپس برای بررسی تأثیر موقعیت مکانی اراضی نفوذناپذیر بر رواناب خروجی افزایش سطح نفوذناپذیر در مناطق بالادست و پایین دست مورد بررسی قرار گرفت. در قسمت سوم پژوهش، فرض شده است که از شبکه‌های جمع‌آوری آب باران (ابزارهای ذخیره‌ای) برای زیر حوضه یک استفاده شده است. همچنین در این پژوهش، مطابق جدول۲ از بارش با دوره بازگشت ۱۰ ساله که توسط سازمان آب منطقه‌ای محاسبه شده، استفاده شده است و مقدار رواناب با استفاده از مدل برآورد شد (۱۴).

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۲- مقدار بارش با دوره بازگشت ۱۰ساله در ایستگاه باران سنجی سالاریه**

Table2. The amount of precipitation With 10 year return period at salarieh rain gauge station

| مقدار بارش(میلی‌متر) | زمان بارش(ساعت: دقیقه) |
|---|---|
| ۴۰ | ۰۳:۰۵ |
| ۲۷ | ۰۳:۱۰ |
| ۲۱ | ۰۳:۱۵ |
| ۱۸ | ۰۳:۲۰ |
| ۱۶ | ۰۳:۲۵ |
| ۱۴ | ۰۳:۳۰ |
| ۱۳ | ۰۳:۳۵ |
| ۱۲ | ۰۳:۴۰ |
| ۱۱ | ۰۳:۴۵ |
| ۱۰ | ۰۳:۵۰ |
| ۱۰ | ۰۳:۵۵ |
| ۱۰ | ۴:۰۰ |
| ۹ | ۴:۰۵ |

**یافته‌ها**

**تأثیر پوشش اراضی بر میزان رواناب شهری**

در مدل SWMM، در هر زیر حوضه درصد سطح نفوذ ناپذیر تغییر داده شد و درصد افزایش رواناب مطابق جدول ۳ نسبت به حالت اولیه مدل به دست آمد.

**جدول۳- مقادیر درصد افزایش رواناب با افزایش سطح نفوذ ناپذیر**

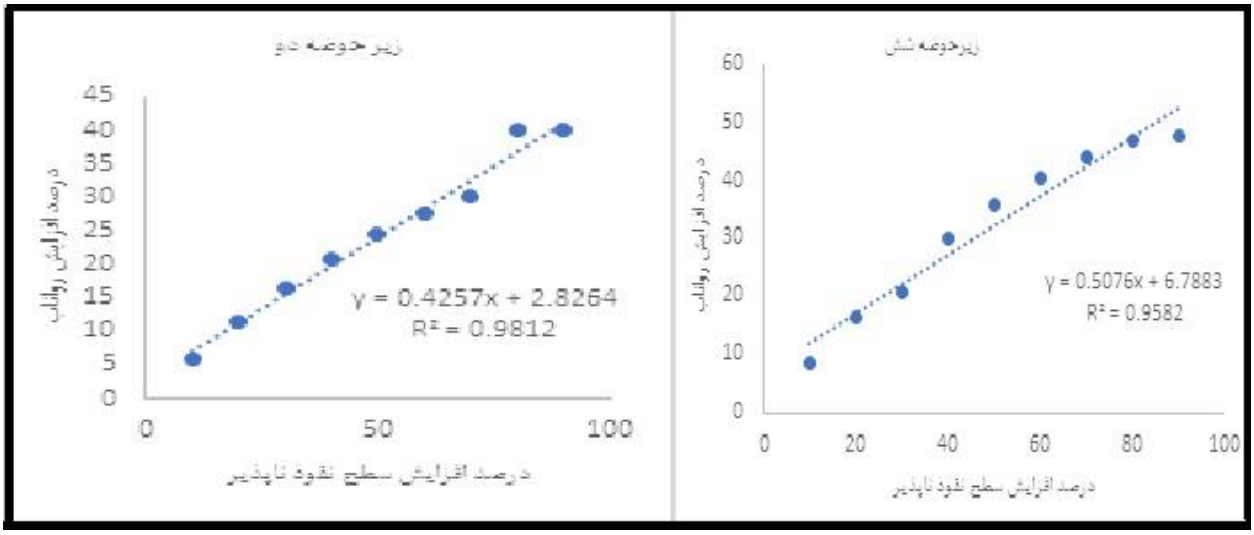
Table 3. Runoff increase percentage values with increase in impervious surface

| زیر حوضه‌ها | ۱ | ۲ | ۶ | ۷ | ۸ |
|---|---|---|---|---|---|
| مقدار سطح نفوذناپذیر در شرایط اولیه حوضه | ۶۰ | ۲۵ | ۱۵ | ۹۰ | ۹۰ |
| مقدار رواناب در شرایط اولیه حوضه | ۱۳/۸۷ | ۱۲/۴۲ | ۱۰/۹۲ | ۱۶/۱۷ | ۱۶/۰۷ |
| درصد افزایش رواناب با افزایش ده درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | ۵/۱۹ | ۶/۰۳ | ۸/۵۱ | ۱/۶۶ | ۱/۶۱ |
| درصد افزایش رواناب با افزایش بیست درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | ۱۱/۸۹ | ۱۱/۵۱ | ۱۶/۳ | ۱/۶۶ | ۱/۶۸ |
| درصد افزایش رواناب با افزایش سی درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | ۱۳/۶۲ | ۱۶/۵ | ۲۰/۶۹ | - | - |
| درصد افزایش رواناب با افزایش چهل درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت | ۱۶/۵۸ | ۲۰/۷۷ | ۳۰ | - | - |

www.SID.ir

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| اولیه حوزه | | | | | |
| درصد افزایش رواناب با افزایش پنجاه درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | - | ۲۴/۴۷ | ۳۵/۵۳ | - | ۱/۶۱ |
| درصد افزایش رواناب با افزایش شصت درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | - | ۲۷/۶۱ | ۴۰/۲ | - | ۱/۶۸ |
| درصد افزایش رواناب با افزایش هفتاد درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | - | ۳۰/۱۱ | ۴۳/۸۶ | - | ۱/۶۸ |
| درصد افزایش رواناب با افزایش هشتاد درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | - | ۴۰ | ۴۶/۷ | - | - |
| درصد افزایش رواناب با افزایش نود درصدی سطح نفوذ ناپذیر نسبت به حالت اولیه حوزه | - | - | ۴۷/۷۱ | - | - |

در جدول۳ مشاهده می‌شود به عنوان مثال، در زیر حوضه شش افزایش۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ ،۹۰ درصد سطح نفوذ ناپذیر به ترتیب موجب ۳۵/۵۳، ۴۰/۲، ۴۳/۸۶، ۴۶/۷، ۴۷/۷۱ درصد در افزایش رواناب شهری شده است. و نیز در زیر حوزه دو افزایش ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصدی سطح نفوذناپذیر موجب درصد افزایش رواناب به ترتیب ۳۰/۱۱، ۴۰ و ۴۰ درحوضه می‌شود. و لذا نتیجه گیری می‌شود که در زیرحوضه‌های دو و شش افزایش ۷۰ و ۴۰ درصدی سطوح نفوذناپذیر موجب افزایش ۳۰ درصد در مقدار رواناب می‌شود.




**شکل ۴- رابطه درصد افزایش رواناب و افزایش سطح نفوذ ناپذیر در زیر حوضه دو و شش**

Figure 4. The relationship between the percentage of runoff increase and the impervious surface increase in the sub-watershed two and six

در شکل ۴ رابطه درصد افزایش رواناب و افزایش سطح نفوذناپذیر در زیر حوضه دو و شش دیده می‌شود. همان‌طورکه در شکل ۴ مشخص است ضرایب تبیین روابط رگرسیونی بالاتر از ۰/۹ می‌باشد که بیانگر آن است که بین درصد سطح نفوذناپذیر و رواناب درحوضه های مورد نظر رابطه رگرسیونی قابل قبولی برقرار است.

www.SID.ir

Archive of SID


**تأثیر در موقعیت مکانی بر میزان رواناب شهری**

**جدول۴- مقادیر دبی اوج و زمان تا اوج با تغییر سطح نفوذناپذیر در منطقه بالادست و پایین دست**

Table4. Amounts of peak and time to peak discharge with impervious surface changes in upstream and downstream

| | |
|---|---|
| زمان تا اوج در حالت اولیه (دقیقه) | ۳۰ |
| دبی اوج در حالت اولیه (متر مکعب بر ثانیه) | ۸/۴۴ |
| زمان تا اوج با ۱۰ درصد افزایش سطح نفوذ ناپذیر | ۳۰ |
| دبی اوج با ۱۰ درصد افزایش سطح نفوذناپذیر منطقه بالادست (متر مکعب بر ثانیه) | ۸/۹۹ |
| زمان تا اوج با ۱۰ درصد افزایش سطح نفوذ ناپذیر | ۳۰ |
| دبی اوج با ۱۰ درصد افزایش سطح نفوذناپذیر منطقه پایین دست (متر مکعب بر ثانیه) | ۹/۰۲ |

نتایج نشان می‌دهد با ۱۰ درصد افزایش سطح نفوذ ناپذیر در زیر حوزه های آبخیز بالادست افزایش ۶/۵۱ درصد در دبی اوج رواناب رخ می‌دهد و افزایش ده درصدی سطح نفوذ ناپذیر در حوضه های آبخیز پایین دست موجب ۶/۸۷ درصد افزایش در میزان دبی اوج رواناب شده است که نزدیکی دو مقدار بیانگر آن است که موقعیت مکانی سطح نفوذناپذیر تاثیر اندکی بر میزان رواناب دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد زمان تا اوج ثابت بوده و تغییری نداشته است.

**تأثیر استفاده از ابزار توسعه کم اثر بر میزان رواناب شهری**

مقایسه مقدار رواناب اولیه و مقدار روانابی که پس از در نظر گرفتن بشکه‌های باران در پشت بام ساختمان‌های زیر حوضه یک، در جدول ۵ نشان می‌دهد مقدار رواناب از ۱۳/۸۷ میلی-متر به مقدار ۸/۷۱ میلی‌متر رسیده که بیانگر کاهش ۳۷/۲۰ درصد در مقدار رواناب می‌باشد. لذا استفاده از بشکه‌های باران در مدیریت رواناب و استفاده بهینه از منابع آب باران تأثیر چشمگیری برکاهش میزان رواناب خروجی دارد.

**جدول۵- مقدار رواناب پس از استفاده از ابزار ذخیره‌ای**

Table5. The amount of runoff after using the storage tool

| زیر حوضه‌ها | ۵ | ۱۲ | ۱۳ |
|---|---|---|---|
| مقدار اولیه رواناب | ۱۳/۸۷ | ۱۳/۸۷ | ۱۳/۸۷ |
| مقدار رواناب پس از استفاده از بشکه باران | ۸/۷۱ | ۸/۷۱ | ۸/۷۱ |

**بحث و نتیجه گیری**

با تبدیل حوزه‌های آبخیز غیر شهری به شهری، تغییر در کاربری اراضی از حالت طبیعی( جنگلی، مرتعی و کشاورزی) به حالت‌های مصنوعی و دست ساخته بشر، محیط‌های بسیار پیچیده‌ای از نظر زیست محیطی تحت عنوان آبخیزهای شهری را به وجود می‌آورد، در یک حوزه آبخیز طبیعی بیشتر سطح زمین نفوذپذیر می‌باشد که به وسیله پوشش گیاهی پوشیده شده است، به همین جهت مقدار زیادی از بارش از راه گیرش گیاهی، نفوذ در خاک و تبخیر و تعرق از دست می‌رود، اما در یک حوزه آبخیز شهری به دلیل شهرسازی، سطح نفوذناپذیر حوضه افزایش می‌یابد که برای کم نمودن خسارت و تأثیرات

www.SID.ir

زیست محیطی یاد شده بالا، انجام عملیات کنترل رواناب شهری بسیار ضروری است (۵). در این پژوهش سه فرضیه مورد بررسی قرار گرفت، فرضیه اول بررسی تغییرات پوشش اراضی می‌باشد به این منظور سطح نفوذ ناپذیر حوضه در زیر حوضه‌های منطقه از ۱۰ تا ۹۰ درصد افزایش داده شد. نتایج این پژوهش بیانگر آن است در زیر حوضه دو، درصد افزایش سطح نفوذناپذیر ۶۳/۸۸ موجب ۳۰ درصد افزایش در مقدار رواناب شهری می‌شود و در مقادیر ۷۰، ۸۰، ۹۰ درصدی سطح نفوذناپذیر درصد افزایش رواناب به ترتیب برابر ۳۰/۱۱، ۴۰، ۴۰ می‌شود. نتایج این پژوهش که مبین افزایش میزان رواناب با افزایش سطح نفوذناپذیر می‌باشد، توسط تحقیقات رستمی و اسپی و سی برن نیز تأیید شده است (۶ و ۸ و ۹). در این پژوهش تغییرات در موقعیت مکانی فضای سبز شهری بر روی میزان رواناب خروجی نیز بررسی شد که نتایج نشان داد ۱۰ درصد افزایش سطح نفوذناپذیر در زیر حوزه آبخیز بالادست منجر به افزایش ۶/۵۱ درصد در دبی اوج رواناب می‌شود و این در حالی است که افزایش ۱۰ درصدی سطح نفوذناپذیر در حوضه پایین دست موجب ۶/۸۷ درصد افزایش در میزان دبی اوج رواناب می‌شود. نزدیکی دو مقدار بیانگر آن است که موقعیت مکانی تغییر کاربری اراضی تاثیر چشمگیری برمیزان رواناب ندارد. همچنین نتایج نشان داد با تغییر سطح نفوذناپذیر زمان تا اوج هیدروگراف رواناب تغییری نمی‌نماید و حال نتایج تحقیقات اسپی و سی برن و رستمی و بهرامی و صوفی (۸ و ۹ و ۶ و ۷ و ۴ ) تغییر در زمان تا اوج هیدروگراف را نشان می‌دهد. دلیل این تفاوت در کم بودن شیب در حوزه‌های آبخیز منطقه مورد مطالعه است. در نهایت در نظر گرفتن ابزار ذخیره‌ای در حوضه یک مقدار رواناب را از ۱۳/۸۷ میلی‌متر به مقدار ۸/۷۱ میلی‌متر کاهش داد که این نتیجه بیانگر آن است که مقدار رواناب در حوضه ۳۷/۲۰ درصد کاهش یافته است. بنابراین استفاده از ابزارهای توسعه کم اثر همچون بشکه‌های باران تأثیر چشمگیری برکاهش میزان رواناب خروجی دارد. نتایج تحقیقات سین و همکاران در سال ۲۰۱۴ (۱۲) نیز مؤید نتایج این تحقیق می‌باشد. نتایج حاصل از مدل SWMM در برآورد رواناب شهری بیان می‌دارد که به منظور مدیریت بهینه رواناب در مناطق خشک بایستی اثرات میزان و موقعیت کاربری اراضی بر میزان رواناب شهری و همچنین استفاده از ابزارهای ذخیره باران در این مناطق مدنظر قرارگیرد و با کمک این مدل می‌توان مکان‌های مناسب برای جمع‌آوری آب باران و نصب بشکه‌ها را نیز مشخص نمود.

**تشکر و قدردانی**

بدین وسیله از دانشگاه بیرجند و دانشگاه پیام نور مرکز قم، شهرداری شهر قم که امکان انجام این تحقیق را فراهم نمودند کمال تشکر و قدردانی دارم.

**Reference**

1. Taheri Behbaani, M.T., Bozorgzadeh, M., 1996. Urban Floods. ranian Center for Urban Planning and Architecture, page 536. (In Persian)
2. Dongquan, Z., Jining, C., Haozheng, W., Qingyuan, T., Shangbing, C., and Zheng, S., 2009. GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic watershed-discretization approach: a case study in Macau, Environmental Earth Sciences, 59(2), 465.
3. Abi Aad, M. P., Suidan, M. T., and Shuster, W. D., 2009. Modeling techniques of best management practices: Rain barrels and rain gardens using EPA SWMM-5. Journal of Hydrologic Engineering, 15(6), 434-443.
4. Sufi, M., 2006. Investigating the Factors Affecting Urban Flood Generation and Its Control Strategies, First National Conference on Oil Engineering, Mashhad, www.civilica.com. (In Persian)
5. Soltani, K., Soleymani Babersad, H and Ramezani Pourdastjerdi, F., 2014. New Approaches to Architecture and

www.SID.ir

Archive of SID


Urban Development in Low Impact Development, First National Conference on Civil Engineering and Sustainable Development, Tehran. (In Persian)

6. Rostami Khalaj, M., Khalighi, Sh., Mahdavi, M., and Salajeghe, A., 2015. Calibration and Evaluation of SWMM Model for Simulating Urban Runoff (Case Study: Imam Ali Township of Mashhad), Iranian Journal of Natural Resources, Volume 7, Number 1, Page 15-1. (In Persian)
7. Bahrami, J., Faroghi, F., Hosseyni, S.A., and Rafiei, D., 2016. The Influence of Influence Tools and Low-Expansion Reservoirs on Sanandaj Urban Runoff Management, Journal of Water and Wastewater, Volume 28, Number 5, pp. 124- 118. (In Persian)
8. Espey Jr, W. H., Morgan, C. W., and Masch, F. D., 1966. Study of some effects of urbanization on storm runoff from a small watershed Texas Water Development Board.
9. Seaburn, G. E., 1969. *Effects of urban development on direct runoff to East Meadow Brook, Nassau County, Long Island, New York*. US Government Printing Office.
10. Coffman, L., Clar, M., and Weinstein, N., 2000. Low impact development management strategies for wet weather flow (WWF) control. In Building Partnerships (pp. 1-7).
11. Jang, S., Cho, M., Yoon, J., Yoon, Y., Kim, S., Kim, G., and Aksoy, H., 2007. Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. Desalination, 212(1-3), 344-356.
12. Sin, J., Jun, C., Zhu, J. H., and Yoo, C., 2014. Evaluation of flood runoff reduction effect of LID (Low Impact Development) based on the decrease in CN: case studies from Gimcheon Pyeonghwa district, Korea. Procedia Engineering, 70, 1531-1538.
13. Unnamed, 2000. Municipality Studies Reports, Qom. (In Persian)

www.SID.ir