# بررسی سیستم ترانشه نفوذ در کنترل سیلاب شهری و مدل سازی آن با استفاده از SWMM (مطالعه موردی شهر بجنورد)

**راضیه ایزانلو[۱] واحدبردی شیخ*[۲]**

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷

## چکیده

در دهه‌های گذشته، توسعه شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر مخاطراتی همچون افزایش حجم و اوج رواناب و افزایش آلودگی آبهای سطحی را به همراه داشته است. شهر بجنورد نیز از نمونه شهرهای متاثر از سیلاب شهری است. در مطالعه پیش رو به بررسی امکانسنجی استفاده از سیستم ترانشه نفوذ در بعضی از نقاط شهر بجنورد و پیش بینی اثرات آن با استفاده از مدل SWMM پرداخته شد. حجم رواناب تولیدی در صورت اعمال سیستم ترانشه نفوذ با کمک مدل SWMM برای دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله محاسبه شد و نتایج برای دو حالت استفاده و عدم استفاده از سیستم ترانشه نفوذ مقایسه شده و میزان کاهش حجم رواناب تولیدی در اثر اجرای سیستم ترانشه نفوذ برآورد گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان کاهش حجم رواناب تولیدی برای بارش با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال به ترتیب برابر ۶/۵۱، ۶/۲۶ و ۶/۱۸ درصد می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** توسعه شهرنشینی، توسعه کم اثر، رواناب شهری، شهر بجنورد، SWMM

## مقدمه

تغییرات کاربری اراضی مرتبط با شهرسازی همانند حذف پوشش گیاهی، جایگزینی مناطق نفوذپذیر با سطوح نفوذناپذیر و تغییرات شرایط زهکشی همواره باعث تغییر در خصوصیات هیدروگراف رواناب سطحی می‌شود (Goonetilleke et al., 2005). تغییرات هیدرولوژی که حوضه‌های شهری معمولا با آن مواجه‌اند شامل افزایش حجم و اوج رواناب و کاهش زمان تا اوج آن می‌باشد (Schneider., 1975). علاوه بر این، توسعه پیوسته مناطق شهری تاثیر عمیقی بر کیفیت رواناب شهری گذاشته است. افزایش رواناب ناشی از افزایش سطوح نفوذناپذیر باعث ایجاد سیل‌خیزی و سیل‌گیری در مناطق شهری و زوال کیفیت آب در بدنه‌های آبی دریافت‌کننده می‌شود (Jia et al., 2013). مدیریت رواناب شهری در مناطق شهری در جهت استفاده از توسعه کم اثر[۲]، سیستم‌های پایدار زهکشی شهری[۳]، طراحی شهری حساس به آب[۴]، اقدامات مدیریتی بهینه[۵]، یا طرح و توسعه کم اثر شهری[۶] در جایی که رواناب شهری در محل تولید آن (منشاء) از طریق نگهداری، نفوذ و تاخیر کنترل می‌شود (کنترل در منشاء)، برای کمی‌سازی اثرات رشد شهری در حال افزایش است (Chahar et al., 2012). توسعه کم اثر، مفهوم نسبتا جدیدی در مدیریت رواناب شهری است. تاکید این نگرش بر کنترل بارش در منبع است، قبل از اینکه منجر به مشکلات کمی و کیفی شود. رواناب حاصل از سیلاب در حوضه‌های شهری موجب بروز مشکلات کمی و کیفی متعددی می‌شود. رویکرد معمول مدیریت اثرات کمی رواناب شهری بکارگیری روش‌های فیزیکی متعددی از قبیل حوضچه‌های نگهداری، تالاب‌ها و روسازی نفوذپذیر

*نویسنده مسئول: واحدبردی شیخ V.sheikh@yahoo.com*

[2] Low Impact Development (LID)
[3] Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)
[4] Water Sensitive Urban Design (WSUD)
[5] Best Management Practice (BMP)
[6] Low Impact Urban Development Design (LIUDD)

جهت نگهداری بخشی از حجم رواناب و تقلیل هیدروگراف رواناب است. هدف اولیه این روش‌ها، تقلید هیدروگراف رواناب بارش قبل از توسعه شهری است که در شرایط مناسب، اثر بخشی این روش‌ها به اثبات رسیده است (Goonetilleke et al., 2005). مطالعات زیادی در زمینه استفاده از این روش‌ها جهت بهبود کمیت و کیفیت سیلاب‌های شهری است (سلطانی، ۱۳۸۸؛ کاویانپور و همکاران، ۱۳۸۹؛ کمالی و همکاران، ۱۳۹۰؛ نیک اندام، ۱۳۹۱؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۳؛ Lewellyn et al., 2015).

از جمله روش‌های توسعه کم اثر، سیستم ترانشه نفوذ می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعاتی بر روی نقش ترانشه‌های نفوذ در کنترل رواناب شهری در کشور برزیل با شبیه سازی پیوسته به مدت ۲ سال، عملکرد خوب دو ترانشه نفوذ در کنترل حجم‌های اضافی رواناب را نشان داد (Borges de Souza et al., 2002). مطالعه بر روی عملکرد ترانشه‌های نفوذ از لحاظ نگهداری جریان و تاثیر آن بر روی حذف آلاینده‌ها در گوتنبرگ آلمان نشان داد که این سیستم‌ها اثرات حذف آلاینده خوب و به احتمال زیاد توانایی نگهداری جریان با عملکرد خوب را دارند (Nilsson & Stigsson, 2012). همچنین با مطالعه بر روی زمان تخلیه رواناب توسط ترانشه نفوذ، استفاده از ترانشه‌های نفوذ در جهت کنترل کمیت و کیفیت رواناب شهری در حوضه‌های شهری کوچک مفید واقع شده است (Chahar et al., 2012).

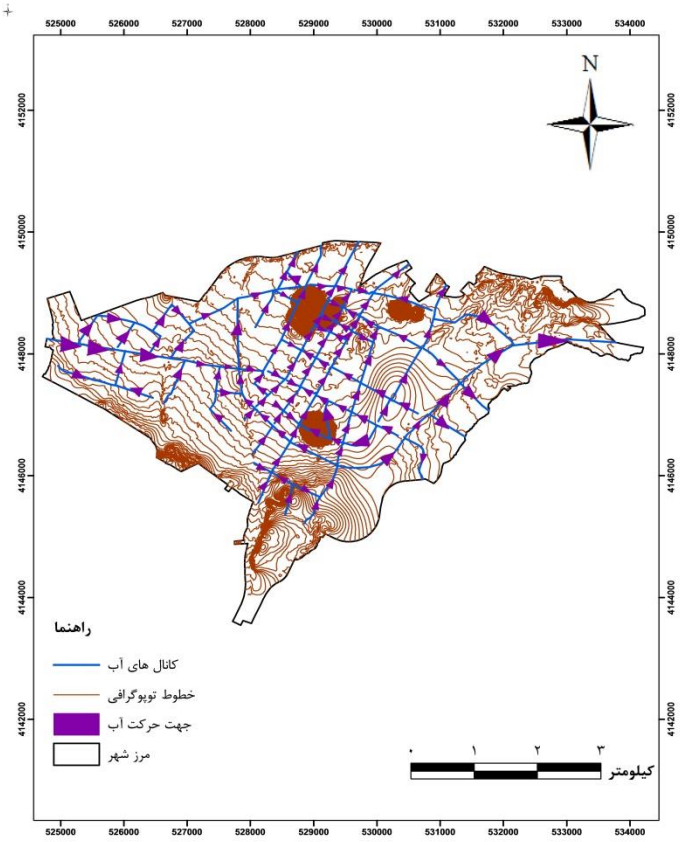
با توجه به پیچیدگی موجود در محیط‌های شهری با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و برقراری رابطه بین فرآیند بارش و رواناب می‌توان در مدت زمان کوتاه‌تر و با هزینه کمتری به شبیه سازی فرآیندهای طبیعی، پیش بینی، برنامه-ریزی و مدیریت آنها پرداخت. مدل SWMM[۷] یک مدل دینامیک شبیه‌سازی بارش رواناب بوده که می‌تواند برای یک واقعه و یا به صورت مداوم کیفیت و کمیت رواناب را برای مناطق شهری شبیه‌سازی نماید.

مطالعات زیادی در زمینه استفاده از مدل SWMM برای شبیه‌سازی رواناب شهری و ارزیابی سیستم‌های شبکه زهکشی شهری انجام شده است و مدل مذکور به عنوان ابزاری موثر برای مدیریت رواناب شهری معرفی شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به بدیعی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، تاج‌بخش و خداشناس (۱۳۸۷)، خلیقی سیگارودی و همکاران (۱۳۹۴)، شریفان و همکاران (۱۳۸۷) اشاره کرد.

در این مقاله به پیش‌بینی نقش ترانشه نفوذ در جهت مدیریت رواناب سطحی شهر بجنورد و مدل‌سازی آن با استفاده از SWMM پرداخته شده است. دلیل انتخاب این منطقه جهت مطالعه، واقع شدن شهر بجنورد در یک گودی کاسه مانند و سرازیر شدن رواناب‌های مناطق اطراف بسمت مرکز شهر و نیاز مبرم آن به اجرای اقدامات مدیریت رواناب سطحی می‌باشد. در شکل (۱) توپوگرافی منطقه شهری به همراه جهت ورودی و خروجی رواناب‌ها بر روی سیستم کانال‌های موجود جمع‌آوری آب سطحی نشان داده شده است.

در مصاحبه‌ای با کارشناسان شهر از اقدامات انجام شده برای مدیریت رواناب شهری در سال‌های اخیر سوال شد. که به مواردی از قبیل پروژه احداث کانال جهت جمع‌آوری آب‌های سطحی میدان دفاع مقدس تا پارک آفرینش، اصلاح جوی‌های سطح شهر با افزایش ابعاد کانال و سر پوشیده نمودن آنها اشاره شد. با توجه به کافی نبودن اقدامات ذکر شده و همچنین محسوس بودن مشکلات ناشی از آبگرفتگی در سطح شهر در این تحقیق سعی شد تا با شناسایی روش‌های نوین مدیریت رواناب سطحی، پیشنهاداتی برای کمک به حل این مشکل ارائه گردد.

[7] Storm Water Management Model




**شکل (۱): نقشه توپوگرافی و سیستم کانالهای جمع آوری آب سطحی شهر بجنورد**

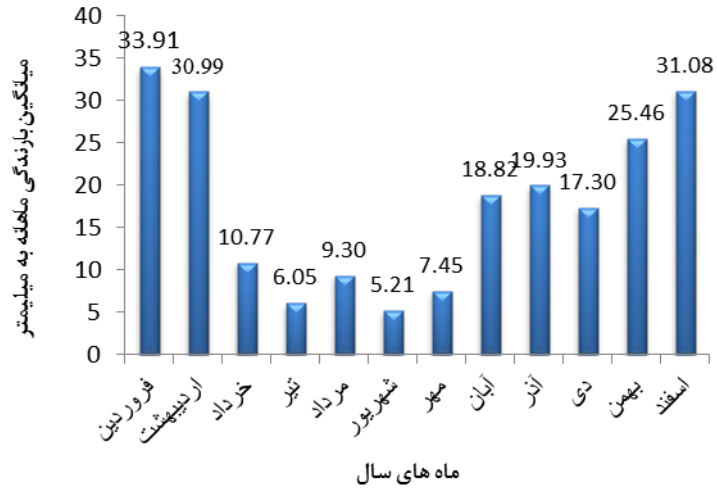
## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه محدوده شهری بجنورد با مساحت بالغ بر ۲۶ کیلومتر مربع می‌باشد و از نظر جغرافیایی بین عرض‌های ″۳۳ ′۲۴ °۳۷ تا ″۱۹ ′۳۵ °۳۷ شمالی و طول‌های ″۲۸ ′۹ °۵۷ تا ″۲۱ ′۲۴ °۵۷ شرقی واقع شده است. در شکل (۲) نقشه ماهواره‌ای شهر بجنورد ارائه شده است.

**شکل (۲): نقشه ماهواره‌ای شهر بجنورد (Google Earth 2018)**

بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهر بجنورد (۱۳۹۳-۱۳۶۴) میانگین بارندگی سالانه در این شهر ۲۱۶/۲۵ میلی‌متر بوده و همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، بیش‌ترین بارندگی در ماه فروردین با میانگین ۳۳/۹۱ میلی‌متر و کمترین بارندگی در ماه شهریور با میانگین ۵/۲۱ میلی‌متر رخ داده است.




**شکل (۳): نمودار توزیع میانگین بارش روزانه شهر بجنورد**

جمعیت شهر بجنورد حدود ۲۰۷ هزار نفر و تعداد خانوار آن حدود ۵۸ هزار می‌باشد. در سال‌های اخیر با توجه به توسعه شهری و مناطق نفوذناپذیر، به دنبال وقوع رگبارهای نسبتا شدید؛ بخش‌های زیادی از شهر دچار آبگرفتگی شدید معابر و بعضی از پاساژهای خرید و فروش می‌شود. شکل (۴) تصاویر مربوط به آب‌گرفتگی شهر بجنورد در اثر بارش شدید باران را نشان می‌دهد.

**شکل (۴): آبگرفتگی در معابر شهر بجنورد**

**روش تحقیق**

در این تحقیق ابتدا منطقه مورد مطالعه در وضعیت فعلی و بدون اعمال روش‌های توسعه کم اثر مورد بررسی قرار گرفت. پس از آن مدل در حالت استفاده از سیستم ترانشه نفوذ اجرا گردید. در نهایت، حجم رواناب خروجی در هر زیر حوضه در هر دو حالت استفاده و عدم استفاده از سیستم ترانشه نفوذ با کمک مدل SWMM برای رگبار یک ساعته در

دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ سال مقایسه گردید. از آنجایی که شبیه سازی اجرای روش‌های توسعه کم اثر در محیط SWMM نیازمند تفکیک زیرحوضه‌ها می‌باشد لذا قبل از اجرای مدل اقدام به طبقه بندی زیر حوضه‌ها گردید.

تعیین دقیق مرز زیر حوضه‌ها با استفاده از نقشه کاربری اراضی منطقه با مقیاس ۱:۲۰۰۰ که در سال ۱۳۹۴ تهیه شده است و پیمایش میدانی در سیستم GIS انجام شد. در نهایت منطقه مورد مطالعه به ۲۶۲ زیر حوضه تقسیم شد. قابل ذکر است که هر زیر حوضه دارای یک گره خروجی بوده که رواناب حاصل از خود را به آن گره منتقل می‌کند و رواناب تولید شده در هر زیر حوضه به گره بالا دست آن اختصاص می‌یابد و تا گره بعدی در پائین دست روندیابی می‌شود.

**معرفی تکنیک ترانشه نفوذ**

ترانشه نفوذ یک اقدام مدیریتی کنترل رواناب حاصل از بارش است که شامل یک ترانشه حفر شده با شیب طولی ملایم است که در کف آن یک لوله مشبک جایگذاری شده و اطراف و روی آن با سنگریزه و گراول پر می‌شود، به گونه‌ای که آب ورودی به این ترانشه طویل و کم عرض در فضای خالی مابین ذرات درشت دانه موقتاً ذخیره شده و به تدریج از کف و دیوارها به درون خاک اطراف ترانشه نفوذ می‌کند و در صورتی که مقدار رواناب زیاد باشد آب در درون لوله مشبک انتقال می‌یابد. به خاطر شکل نسبتا باریک، ترانشه‌های نفوذ می‌توانند در مکان‌های متنوع از جمله در حاشیه جاده‌ها، خیابانها و پیاده‌روها، حاشیه پارکینگ‌های عمومی و مناطق غیر قابل نفوذ سنگفرش شده در مکان‌های توسعه یافته به راحتی استفاده شوند (شکل ۵).

**شکل(۵): ترانشه نفوذ در حاشیه جاده (سمت راست) و پارکینگ (سمت چپ)**

یک ترانشه نفوذ همچنین می‌تواند در یک درختزار ساخته شود و باعث کمک به تغذیه گیاهان موجود گردد (Anonymous, 2006). از مزایای این سیستم‌ها می‌توان به مواردی از قبیل افزایش ظرفیت رطوبت خاک، تغذیه آب‌های زیرزمینی، حفظ جریان پایه، ترکیب با چشم‌اندازهای طبیعی، کاهش حجم رواناب و انتقال آلودگی و جلوگیری از آبگرفتگی معابر شهر اشاره کرد.

این سیستم بهتر است در مناطق احداث کارخانجات، تاسیسات صنعتی، ایستگاه‌های سوخت (پمپ بنزین و گازوئیل)، تاسیسات تولید مواد شیمیایی و اماکن تجاری و صنعتی متروکه[8] استفاده نشوند. چرا که این مناطق تمرکز بالایی از آلاینده‌های قابل حل و فلزات سنگین را دارا می‌باشند (مگر اینکه به طور خاص برای آن هدف طراحی شده باشند). به علاوه استفاده این سیستم‌ها در مناطق با سازندهای زمین شناسی کارستی نیز توصیه نمی‌شود.

این سیستم‌ها می‌توانند یک تنوع گسترده‌ای از مواد سطحی شامل سنگریزه و چمن داشته باشند. در صورتی که سطح ترانشه‌ها در صورت تمایل با پوشش چمنی یا دیگر گیاهان مناسب گیاه کاری شود می‌تواند جذاب باشد و با

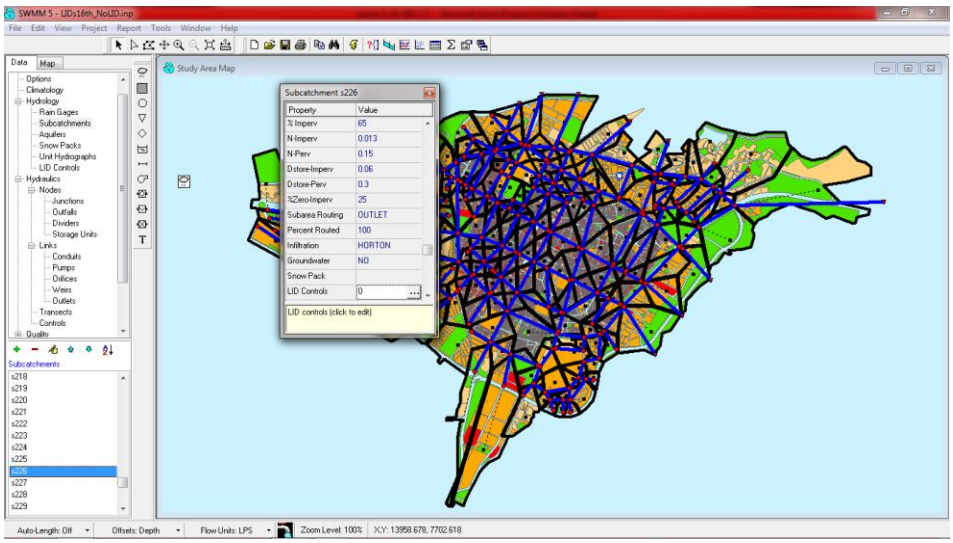
[8] Brownfields

خصوصیات چشم انداز یکپارچه گردد. به علاوه برای افزایش زیبایی می‌توان از سنگ‌های تزئینی برای پوشش سطحی این سیستم‌ها استفاده کرد (شکل ۶).

**شکل (۶): نمونه‌ای از ترانشه نفوذ با سطح چمن‌کاری شده (سمت راست)**
**و پوشیده از سنگ‌های تزئینی (سمت چپ)**

**مدل سازی با استفاده از SWMM**

برای محاسبه حجم رواناب از مدل SWMM استفاده گردید. بعد از وارد کردن مشخصات هر زیر حوضه (شامل مساحت، ضریب زبری روی سطوح نفوذپذیر، نفوذناپذیر، نفوذ و غیره)، مشخصات کانال‌ها (از قبیل طول کانال، ضریب زبری و شکل مقطع کانال مشخص شده)، تعیین مشخصات اتصالات و محل ورود رواناب هر زیر حوضه به سیستم زهکشی رواناب و مشخصات فیزیوگرافی اتصالات (رقوم کف، طول و عرض جغرافیایی و حداکثر عمق اتصال) که از طریق بازدیدهای میدانی، جداول و نقشه‌های موجود و نرم‌افزار Arc Map محاسبه شده‌اند همچنین داده‌های بارش یک ساعته با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه‌ای که از طریق نمودار شدت- مدت- فراوانی تهیه شده برای ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بجنورد بدست آمده است، مدل SWMM در وضعیت فعلی اجرا و حجم رواناب محاسبه شد. در شکل (۷) نمایی از مدل‌سازی وضعیت فعلی شهر بجنورد در نرم‌افزار SWMM ارائه شده است.



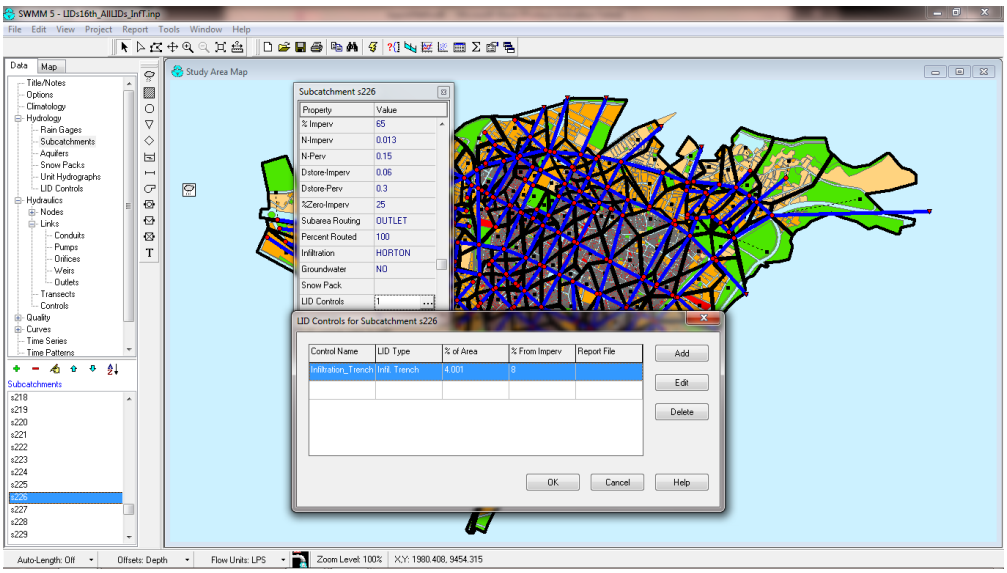

**شکل (۷): نمایی از مدلسازی وضعیت فعلی شهر بجنورد در نرم‌افزار SWMM**

در مرحله دوم سیستم ترانشه نفوذ به همراه مساحت و سایر مشخصات آن روش در زیر حوضه‌های پیشنهادی که مستعد اجرای این روش می‌باشند تعریف گردید. موقعیت اجرایی برای سیستم ترانشه نفوذ با توجه به نقشه کاربری موجود، بازدیدهای میدانی در سطح شهر، نظرخواهی از کارشناسان و طبقه‌بندی منطقه مورد مطالعه به مناطق مسکونی با تراکم بالا، تراکم متوسط، تراکم کم و زمین‌های خالی یا فضای سبز تعیین گردید. در جدول (۱) درصد کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه با توجه به تراکم مناطق مسکونی با استفاده از نقشه‌ها و عکس‌های هوایی همچنین نظرخواهی از کارشناسان شهرداری آورده شده است.

**جدول (۱): درصد کاربری اراضی با توجه به تراکم موجود**

| تراکم / نوع کاربری | زیاد | متوسط | کم |
|---|---|---|---|
| خیابان | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| پیاده رو | ۸ | ۸ | ۸ |
| پشت بام | ۶۰ | ۴۵ | ۳۰ |
| فضای سبز و زمین خالی | ۲۰ | ۳۵ | ۵۰ |

با توجه به اینکه این سیستم در مکان‌هایی از جمله در حاشیه جاده‌ها، خیابان‌ها و پیاده‌روها قابلیت اجرا را دارد و با توجه به محدودیت مکانی اجرای سیستم ترانشه نفوذ در مناطق مسکونی با تراکم زیاد، تنها مناطق مسکونی با تراکم متوسط و تراکم کم را به این سیستم اختصاص دادیم. سناریو مدیریتی مورد ارزیابی شامل اجرای سیستم ترانشه نفوذ در ۵۰ درصد از عرصه‌های مستعد اجرای ترانشه نفوذ (که ۲/۵ درصد از مساحت کل حوضه را در بر می‌گیرد) تعیین و مورد بررسی قرار گرفت. در حقیقت فرض گردید که به دلایل محدودیت‌های گوناگون از جمله مالی، فنی، مالکیتی و زمانی فقط در ۵۰ درصد از مناطق مستعد، این روش اجرا می‌شود. در نهایت میزان حجم رواناب در صورت استفاده از این روش با استفاده از نرم افزار SWMM محاسبه شد. در شکل (۸) اعمال سیستم ترانشه نفوذ در نرم‌افزار SWMM ارائه شده است.




**شکل (۸): اعمال سیستم ترانشه نفوذ در نرم‌افزار SWMM**

## نتایج و بحث

توسعه شهری و تبدیل سطوح نفوذپذیر به سطوح نفوذناپذیر، باعث شده است تا حجم زیادی از بارندگی، فرصت نفوذ در خاک را نداشته باشد؛ در نتیجه با بروز بارش‌های فصلی افزایش حجم رواناب و به دنبال آن آب گرفتگی معابر و خیابان‌ها اتفاق می‌افتد. استفاده از سیستم‌های ترانشه نفوذ می‌تواند به عنوان راهکاری برای کنترل رواناب سطحی ناشی از باران باشد و باعث کاهش حجم رواناب و انتقال آلودگی، تغذیه آب‌های زیرزمینی به میزان قابل توجه، کاهش دبی اوج رواناب و بهبود کیفیت آب با حذف آلاینده‌ها گردد.

با اجرای این سیستم در حوضه مورد مطالعه، حجم رواناب خروجی از حوضه برای بارش با دوره بازگشت‌های مختلف بررسی گردید. در جدول (۲) حجم رواناب و ضریب رواناب در دو حالت قبل و بعد از اجرای این سیستم برای بارش‌های یک ساعته با دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله ارائه شده است.

**جدول (۲): اختلاف حجم و ضریب رواناب برای شرایط موجود و ترانشه نفوذ برای دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله**

| دوره بازگشت | وضعیت | حجم رواناب (متر مکعب) | ضریب رواناب |
|---|---|---|---|
| ۲ساله | وضع موجود | ۱۳۴۸۹۰ | ۰/۶۶ |
| | ترانشه نفوذ | ۱۲۶۱۱۰ | ۰/۶۲ |
| | میزان کاهش | ۸۷۸۰ | ۰/۰۴ |
| | درصد کاهش | ۶/۵۱ | ۶/۵۰ |
| ۵ساله | وضع موجود | ۲۲۴۱۵۰ | ۰/۷۲ |
| | ترانشه نفوذ | ۲۱۰۱۱۰ | ۰/۶۷ |
| | میزان کاهش | ۱۴۰۴۰ | ۰/۰۵ |
| | درصد کاهش | ۶/۲۶ | ۶/۲۹ |
| ۱۰ساله | وضع موجود | ۲۸۵۷۰۰ | ۰/۷۴ |
| | ترانشه نفوذ | ۲۶۸۰۳۰ | ۰/۷۰ |
| | میزان کاهش | ۱۷۶۷۰ | ۰/۰۵ |
| | درصد کاهش | ۶/۱۸ | ۶/۲۰ |

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد کاهش حجم رواناب در حوضه مطالعاتی با اجرای سیستم ترانشه نفوذ، در مقایسه با وضع موجود برای بارش با دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ سال به ترتیب برابر ۶/۵۱، ۶/۲۶ و ۶/۱۸ درصد می‌باشد. به عبارتی با افزایش دوره بازگشت رگبار، میزان تاثیرگذاری روش توسعه کم اثر ترانشه نفوذ اندکی کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه مساحت منطقه‌ای که در آن سیستم ترانشه نفوذ پیش بینی شده است در حدود ۲/۵ درصد کل منطقه می‌باشد میزان کاهش حدود ۶ درصدی در حجم رواناب منطقه قابل ملاحظه می‌باشد. به منظور حصول اطمینان از وجود اختلاف معنی‌دار در حجم رواناب در صورت استفاده و عدم استفاده از سیستم ترانشه نفوذ از آزمون آماری t زوجی استفاده گردید. بدین منظور ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف محاسبه شد. به دلیل اینکه داده‌ها در هر دو وضعیت در سطح معنی‌داری بیشتر از ۰/۰۵ قرار گرفتند و داده‌ها نرمال بودند از آزمون t زوجی جهت تعیین رابطه بین این متغیرها استفاده گردید. جدول (۳) معنی‌داری اختلاف حجم رواناب در دو وضعیت شرایط موجود و استفاده از سیستم ترانشه نفوذ در دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه

مقدار سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ است می‌توان نتیجه گرفت اختلاف حجم رواناب در دو وضعیت قبل و بعد از اجرای سیستم ترانشه نفوذ در سطح ۵ درصد معنادار است.

**جدول (۳): بررسی معنی داری اختلاف حجم رواناب در دو وضعیت در دوره بازگشت‌های ۲، ۵ و ۱۰ ساله**

| وضعیت | مقدار t | سطح معنی داری |
|---|---|---|
| استفاده و عدم استفاده از سیستم ترانشه نفوذ | -۵/۲۳ | ۰/۰۳۵ |

نتایج عملکرد این سیستم در مطالعات مشابه متفاوت بوده است. به طور مثال در مطالعات دوزالی (۱۳۹۱) که به بررسی اثر روش‌های توسعه کم اثر بر رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM در منطقه ۲۲ در شمال غرب تهران پرداخته است نشان داده شد که اجرای سیستم ترانشه نفوذ می‌تواند باعث کاهش حدود ۱۱ درصدی حجم رواناب و کاهش حدود ۶۰ درصدی آلودگی خروجی از محدوده شمال غرب تهران شود. همچنین در مطالعات لگزیان (۱۳۹۳)، که به شناسایی و اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت رواناب سطحی با در نظر گرفتن پنج معیار اجتماعی، اقتصادی، هیدرولوژیکی، فنی و زیست‌محیطی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره در شهر نیشابور پرداخته شده است، نشان داده شد که استفاده از ترانشه نفوذ در شهر نیشابور ۰/۰۱۵ درصد کاهش حجم رواناب را باعث می‌شود. از جمله دلایل این تفاوت‌ها در مناطق مختلف می‌توان به تفاوت در موقعیت هیدرولوژیکی و فیزیولوژیکی منطقه و اختلاف در سطح و اندازه پیشنهادی این اقدام کنترلی در مطالعات مختلف اشاره کرد.

همان طور که قبلا ذکر شد هدف از این مطالعه، بررسی نقش ترانشه نفوذ در جهت مدیریت رواناب سطحی شهر بجنورد و مدل سازی آن با استفاده از SWMM می‌باشد. استفاده از مدل SWMM با کاهش هزینه عملیات میدانی و به ویژه کاهش زمان مورد نیاز برای تحلیل مسائل می‌تواند جزء راهکارهای مناسب به منظور مدیریت صحیح منابع آب و سایر منابع طبیعی قلمداد گردد. علاوه بر این، با استفاده از این ابزار این امکان برای پژوهشگران و مدیران اجرایی به وجود می‌آید تا اثرات سناریوهای مختلف مدیریتی را قبل از اجرای آنها پیش‌بینی نموده و با تحلیل نتایج بهترین تصمیم را اتخاذ نمایند. این قابلیت از هدررفت اعتبارات و زمان جلوگیری می‌کند.

شایان ذکر است هیچ گونه ایستگاهی جهت اندازه‌گیری رواناب در داخل شهر وجود نداشت. همچنین نمونه برداری از رواناب شهری به دلیل فراهم نبودن شرایط اندازه‌گیری میدانی و عدم تمرکز تمام شبکه زهکشی شهری به یک خروجی معین، امکان اندازه‌گیری میدانی در زمان وقوع رواناب نیز وجود نداشت. بنابراین انجام آزمون‌های واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWMM میسر نبود و از مقادیر پیش فرض مدل برای پارامترهای ضریب زبری سطوح مختلف و ارتفاع ذخیره در مناطق نفوذپذیر و مناطق نفوذ ناپذیر استفاده گردید. این در حالی است که با انجام آزمون واسنجی و تعیین مقدار بهینه پارامترهای مذکور، امکان سنجش عدم قطعیت مدل فراهم می‌شد.

اجرای این سیستم در مناطق مختلف شهر بجنورد می‌تواند تاثیر زیادی در کاهش آبگرفتگی معابر این شهر داشته باشد. استفاده از این سیستم با کاهش درصد نفوذناپذیری شهر و دریافت رواناب ایجاد شده از مناطق و محله‌های شهری تولید رواناب را کاهش می‌دهد و نهایتا باعث کاهش حجم رواناب خروجی شهر می‌گردد. در مجموع از ۱۳۴ هزار متر مکعب حجم رواناب ایجاد شده در مدت بارش با دوره بازگشت ۲ سال در حدود ۸ هزار و ۷۰۰ متر مکعب آن توسط اقدام پیشنهادی مهار و یا به داخل زمین نفوذ داده می‌شود که این مقدار معادل ۶/۵ درصد از کل رواناب تولیدی می‌باشد.

## نتیجه گیری

مشکلات مربوط به مدیریت رواناب شهری ناشی از دو عامل اصلی افزایش حجم رواناب در مناطق نفوذ ناپذیر و افزایش غلظت آلاینده‌های موجود در رواناب سطحی می‌باشد. با توجه به افزایش روزافزون جوامع انسانی از یک سو و محدود بودن منابع آبی از سوی دیگر در این تحقیق استفاده از سیستم‌های ترانشه نفوذ به عنوان راهکاری برای کنترل سیلاب شهر بجنورد معرفی گردید. به این منظور پس از مرزبندی منطقه مورد مطالعه به ۲۶۲ زیر حوضه و تعیین خصوصیات فیزیکی هر زیر حوضه با کمک سیستم GIS و Google Earth به محاسبه حجم رواناب خروجی با کمک مدل SWMM در دو حالت استفاده و عدم استفاده از سیستم ترانشه نفوذ پرداخته شد. با مقایسه حجم رواناب خروجی به این نتیجه رسیدیم که این سیستم برای بارش با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال به ترتیب برابر ۶/۵۱، ۶/۲۶ و ۶/۱۸ درصد باعث کاهش حجم رواناب نسبت به وضعیت موجود می‌گردد. با توجه به این مسئله که این حجم به طور مستقیم از سطح شهر و خیابان‌ها گرفته می‌شود؛ بنابراین می‌توان انتظار داشت که تأثیر قابل توجهی در کاهش آبگرفتگی معابر شهر بجنورد و کمک به حفظ ظرفیت کانال‌های زهکشی و سرریز نشدن آنها داشته باشد. علاوه بر این، اجرای این روش می‌تواند باعث تغذیه آبخوان‌ها و توسعه فضای سبز شود که دارای اهمیت بسزایی می‌باشد.

## منابع


۱- بدیعی زاده، س.، ع. بهره‌مند، ا.ا. دهقانی و ن. نورا (۱۳۹۴). مدیریت سیلاب شهری از طریق شبیه سازی رواناب سطحی با استفاده از مدل SWMM در شهر گرگان، استان گلستان. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۲(۴): ۱۷۰-۱۵۵.

۲- تاج‌بخش، م. و س. خداشناس (۱۳۸۷). بازنگری سیستم جمع آوری رواناب شهری توسط شبیه‌سازی، مطالعه موردی: حوضه اقبال شرقی، مشهد. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. ۲۳ لغایت ۲۵ مهر ماه. تبریز. ایران. ۱۱ص.

۳- حیدری، ه.، م. کاویانپور اصفهانی و م. پورحسن زارع (۱۳۹۳). بررسی تاثیر بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری آب باران در مناطق با اقلیم گرم و خشک، جهت مصارف آبیاری فضای سبز خانگی. پانزدهمین کنفرانس دانشجویان عمران سراسر کشور . ۱۱ لغایت ۱۳ شهریورماه. ارومیه. ایران. ۱۰ ص.

۴- خلیقی سیگارودی، ش.، م. رستمی خلج، م. مهدوی و ع. سلاجقه (۱۳۹۴). واسنجی و ارزیابی مدل SWMM به منظور شبیه سازی رواناب شهری، مطالعه موردی: شهرک امام علی (ع) شهر مشهد. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۸(۳): ۴۹۸-۴۸۷.

۵- دوزالی، ا. (۱۳۹۱). بررسی روش‌های توسعه کم اثر بر رواناب شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۹۱ ص.

۶- سلطانی، م. (۱۳۸۸). مدلسازی کیفی نهرهای درون شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست عمران، دانشگاه صنعتی شریف. ۱۷۳ص.

۷- شریفان، ر.، ا. روشن و م.م. اوجی (۱۳۸۷). کاربرد مدل SWMM در طراحی و ارزیابی شبکه‌های جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی شهری. هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران. ۲۱ لغایت ۲۳ آبان ماه. تهران. ایران. ۷ص.

۸- کاویانپور، م.، ا. مقیمی و س. قریشی (۱۳۸۹). تعیین اثرات کاربرد روش توسعه کم اثر ( Low Impact Development) در کاهش سیلاب‌های شهری و شبکه جمع‌آوری آبهای سطحی شهر تهران. اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری. ۱ لغایت ۲ مرداد ماه. تهران. ایران. ۹ص.

۹- کمالی، ب.، س.ج. موسوی، ع. اردشی، و ر. مکنون (۱۳۹۰). ارزیابی بهترین راهکارهای مدیریتی در بهبود کمیت سیلاب‌های شهری. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران. ۱۰ص.

۱۰- لگزیان، ر. (۱۳۹۳). شناسایی و اولویت‌بندی سناریوهای مدیریت رواناب سطحی با استفاده از روش تصمیم-گیری چند معیاره در شهر نیشابور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۷۲ص.

۱۱- نیک‌اندام، م.ح. (۱۳۹۱). مدیریت آب‌های سطحی شهری با استفاده از روش‌های سازگار با اکولوژی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۲۸ص.

12- Borges de Souza V., Goldenfum J. and Barraud S. *(2002). An Experimental and Numerical Study of Infiltration Trenches in Urban Runoff Control*. Ninth International Conference on Urban Drainage, Lloyd Center Doubletree Hotel, Portland Oregon, United States: *1-10.*

13- Chahar B., Graillot D. and Gaur S. *(2012). Storm-Water Management through Infiltration Trenches*, Irrigation and Drainage Engineering Journal, *138(3): 274-281.*

14- Goonetilleke A., Thomas E., Ginn S. and Gillbert D. *(2005). Understanding the role of land use in urban stormwater quality management*, Environmental Management Journal. 74(1): 31-42.

15- Jia H., Yao H., Tang Y., Yu S.L., Zhen J.X. and Lu Y. *(2013). Development of a multi-criteria index ranking system for urban runoff best management practices (BMPs) selection*, Environmental Monitoring and Assessment Journal, *185(9): 7915–7933.*

16- Lewellyn C., Quetti K., Wadzuk B. and Traver R. *(2015). An Extremely Undersized Infiltration Trench 10 Years Later*. International Low Impact Development Conference, Houston, Texas: *133-141*.

17- Nilsson E. and Stigsson A. *(2012). Pollutant Removal Efficiencies and Flow Detention of Infiltration Trenches*, Master of Science Thesis in the Master's Programme Geo and Water Engineering, An Investigation of an Infiltration Trench in Kungsbacka. 95p.

18- Schneider W.J. *(1975). Aspects of hydrological effects of urbanization*. Hydraulic Division Journal, *101(HY5): 449-468.*

# Feasibility Study and Modeling with SWMM of Infiltration Trench System in Urban Flood Control, a Case Study in Bojnord, Iran

**Raziye Izanloo[1], Vahedberdi Sheikh[2]**
Email: V.sheikh@yahoo.com
1- Graduate, MSc of Watershed Management, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources
2- Associate Professor, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources

Received: 2017/06
Accepted: 2017/09

**Abstract**

In the past decades, urban development and the increase of impervious surfaces have caused an increase in the volume and peak discharge of runoff along with an increase in its pollution. Bojnord is one of the cities affected by flooding. This study is an attempt to analyze the feasibility of using the infiltration trench system in some parts of Bojnord and predict its effects using SWMM. Runoff generation volume was calculated with return periods of 2, 5 and 10 years using SWMM. Then, the results were compared with two conditions using and not using infiltration the trench system and the reduced runoff generation volume was analyzed in the case using the infiltration trench system. The results of this study indicated that the reduced runoff generation volume with return periods of 2, 5 and 10 years are equal to 6.51, 6.26, and 6.18%, respectively.

**Keywords**: Urban development, Low impact development, Urban runoff, Bojnord, SWMM