

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶

صفحات: ۲۳۶ - ۲۱۹

## بررسی کفایت سیستم زهکشی موجود در مناطق شهری جهت عبور سیلاب و امکان اصلاح آن به کمک مدل SWMM5 (مطالعه موردی: شهرستان داراب)

سید آرمان هاشمی منفرد<sup>۱\*</sup>، غلامرضا عزیزیان<sup>۲</sup>، پژمان درخشان علمدارلو<sup>۳</sup>، جلیل ریسی پور<sup>۴</sup>

### چکیده

امروزه با گسترش روز افزون شهرنشینی و تبدیل زمین‌های حاشیه شهرها از قبیل باغ‌ها، زمین‌های کشاورزی، زمین‌های بایر به مناطق مسکونی باعث برهم زدن مورفولوژی و خصوصیات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه شده‌اند، که این امر باعث تغییر مسیر جریان طبیعی حرکت آب حاصل از بارندگی و کاهش نفوذپذیری حوضه در نتیجه بروز مشکلاتی از قبیل سیل گردیده است. منطقه مورد مطالعه شهرستان داراب در محدوده استان فارس و در اقلیمی خشک قرار گرفت است و آمارها نشان می‌دهد که باران‌های شدیدی هر از چندگاهی به وقوع می‌پیوندد که میزان رواناب تشکیلی از این بارش‌ها قابل توجه می‌باشد. در تحقیق پیش رو از تکنیک‌های "بهترین راهکار مدیریتی" و "توسعه کم‌اثر" و راهکارهای همچون بشک‌های باران، ترانشه‌های نفوذ، چاه‌های جذبی، کفپوش‌های نفوذپذیر، باغچه‌های زیستی و همچنین استفاده از مخازن نگهداشت استفاده شده است و عملکرد خوبی نشان داده‌اند. با استفاده از اطلاعات موجود از قبیل نقشه‌های کاربری اراضی، توپوگرافی منطقه، و آمار بارندگی و مدلسازی به کمک مدل SWMM5 و پس از اصلاح و به‌کارگیری روش‌های مطرح شده و مقایسه آن با وضعیت موجود جهت باران با دوره بازگشت ده ساله میزان اوج رواناب در زیر حوضه‌ها ۳۱ درصد و حداکثر ارتفاع آب در کانال محل خروجی به نصف تقلیل و میزان نفوذپذیری حوضه ۱۷/۵ درصد نسبت به وضع موجود افزایش داشته است و با احداث ۶ مخزن ذخیره‌سازی میزان ۶۱ هزار متر مکعب آب باران ذخیره‌سازی می‌گردد.

واژگان کلیدی: تکنیک‌های بهترین راهکار مدیریتی و توسعه کم‌اثر، رواناب، سیستم زهکشی، مدل swmm5

Hashemi@eng.usb.ac.ir

<sup>۱</sup>- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول)

G.azizyan@eng.usb.ac.ir

<sup>۲</sup>- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

Pezhmanderakhshan@gmail.com

<sup>۳</sup>- دانشجوی مقطع دکتری عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

Jalil\_civil67@yahoo.com

<sup>۴</sup>- دانش‌آموخته عمران- آب و سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

## مقدمه

در بیشتر کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به علت گسترش شهرها و مناطق نفوذناپذیر و مسیر جریان آب تغییر کرده که باعث به وقوع پیوستن سیل و وارد آمدن خسارات جبران‌ناپذیر بسیاری به شهر و شهروندان گردیده است برای همین منظور سال‌هایی پیش دانشمندان متعددی بر روی این موضوع مطالعاتی انجام داده‌اند تا با استفاده از راهکارهایی بتوانند در جهت جلوگیری از بروز سیل و یا کاهش خسارات احتمالی حاصل از سیلاب اقدام نمایند که در اینجا می‌بایست میزان بارندگی احتمالی و رواناب حاصل از بارندگی مشخص گردد که کارایی هر یک از راهکارها مورد بررسی قرار گیرد که می‌توان از تکنیک‌های "توسعه کم اثر" و "بهترین راهکار مدیریتی" و راهکارهای همچون بشکه‌های باران، ترانشه‌های نفوذ، چاه‌های جذبی، کفپوش‌های نفوذپذیر، باغچه‌های زیستی و همچنین استفاده از مخازن نگهداشت در محل‌های اصلی جهت کنترل آب مازاد به‌عنوان راهکارهای مورد بررسی بر روی منطقه مورد مطالعه مد نظر قرار داد.

با توجه به این که سالانه حدود ۴۰ رخدادهای سیل در ایران به وقوع می‌پیوندد و در سال حداقل یکی از آن‌ها قابل ملاحظه است، توجه به آن، امری غیر قابل اجتناب به نظر می‌رسد. خسارت سیل در چهار دهه ۱۳۷۰-۱۳۳۰ حدود ۱۲۵۰ میلیارد ریال برآورد شده است. که البته این مقدار شامل مجموع خسارت سیلاب در نواحی شهری و غیر شهری است. از مهم‌ترین رخداد‌های سیل شهری در ایران می‌توان به سیل‌های مرداد ماه سال ۱۳۶۶ (سیل گلابدره) و فروردین ماه سال ۱۳۹۱ (سیل مترو) در تهران و آذر ماه سال ۱۳۶۵ در (شهرستان داراب) اشاره کرد که هر یک خسارت‌های زیادی برجا گذاشتند (شرکت مدیریت منابع آب، ۱۳۸۵)، از این‌رو توسعه روش‌های توسعه کم اثر با استفاده از مخازن نگهداشت زیستی و باغچه‌های موضعی و محلی یا باغچه‌های باران‌گیر در اواسط دهه‌ی ۸۰، در ناحیه پرنس جرج کانتی<sup>۱</sup>، مرلند آغاز گردید. با انجام این تحقیق می‌توان به سوالات زیر جواب داد:

۱- در وضعیت موجود، سیستم زهکش سطحی شهر داراب در کدام نواحی ظرفیت حمل سیلاب بالای ۱۰ سال را ندارد؟

۲- چه گزینه‌هایی را می‌توان برای بهبود عملکرد سیستم دفع سیل فعلی با استفاده از روش‌های کنترل سیلاب (بهترین راهکار مدیریتی، توسعه کم اثر، اصلاح کانال و ...) و یا در نظر گرفتن جنبه‌های هیدرولوژیکی، فیزیوگرافی، هیدرولیکی و اقتصادی ارائه کرد؟

در تحقیق صورت گرفته در کشور استرالیا توسط فریر<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) در دو منطقه با شیب زیاد و پتانسیل سیل‌خیزی بالا برای کنترل سیلاب از گزینه حوضچه‌های آبخاری استفاده شد. در این حوضچه‌ها شیوه موجود برای کنترل سیلاب، چرخش آب در یک سری حوضچه‌های طراحی شده در رقوم مختلف و در نتیجه نفوذ و ذخیره آن می‌باشد. نتایج نشان داد که حوضچه‌های فوق مشکل سیلاب را در منطقه مورد مطالعه کاملاً حل می‌نمایند. پنیمان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳) در

<sup>۱</sup>- Prince George County

<sup>۲</sup>- Fryar

<sup>۳</sup>- Penniman, D

تحقیقی در زمینه‌ی مقایسه هزینه‌های دو روش، توسعه‌ی کم‌اثر و سیستم‌های متعارف مدیریت رواناب شهری انجام داده، نتایج بدست آمده حاکی از آن است که هزینه‌های اجرای روش توسعه کم‌اثر نسبت به سیستم‌های متعارف رواناب شهری کمتر بوده و مقدار سرمایه جهت اجرای آن ۲۳۷۸۵۰ تا ۲۹۲۵۰۰۰ دلار می‌باشد.

های فنگ‌جیا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که بر روی تجزیه و تحلیل و برنامه‌ریزی رواناب سطحی با اجرای توسعه کم‌اثر و بهترین راهکار مدیریتی<sup>۲</sup> برای کنترل رواناب شهر پکن، منطقه‌ی مسکونی دهکده المپیک صورت گرفت که در آن از روش‌های توسعه کم‌اثر و بهترین راهکار مدیریتی مانند آسفالت متخلخل و بام سبز و مخازن آب باران به‌عنوان سیستم اصلی کنترل رواناب سطحی استفاده شده است و برای اولین بار سیستم مدیریتی BMPDSS در مناطق مسکونی که این برنامه قابلیت شبیه‌سازی عملکرد بهترین راهکار مدیریتی و بهینه‌سازی و طراحی آن دارد. با استفاده از داده‌های بارندگی ۲۰۰۸ میزان حداکثر جریان و حجم رواناب تحت سه سناریو از چارچوب SWMM-BMPDSS محاسبه شد و سناریو را با هدف کنترل حداکثر رواناب یا حداقل هزینه کل سیستم باهم مقایسه گردید و به‌عنوان راهکار به مدیران شهر پکن پیشنهاد شد. میرابی و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر انتخاب روش تصمیم‌گیری در رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به کمک روش‌های مختلف و مقایسه نتایج آن‌ها با مطالعات پیشین را انجام داد نتایج مطالعات صورت گرفته حاکی از آن است که یک روش را نمی‌توان به‌عنوان راه حل قطعی شناخت و می‌توان از راه حل‌های مختلفی استفاده نمود. علیشاهی طوسی و بوداقپور (۱۳۸۹) در این تحقیق جهت معرفی نرم‌افزار EPA-SWMM و قابلیت‌های شبیه‌سازی بارش - رواناب، محاسبه و طراحی شبکه زهکشی آب‌های سطحی پرداخته است در این تحقیق تلاش می‌شود تا ضمن بررسی ابعاد مختلف داده‌های ورودی به مدل، تحلیل حساسیتی بر روی آن‌ها و تاثیرات آن‌ها بر روی نتایج خروجی ارائه شده، پردازد. همچنین تحقیقات صورت گرفته توسط خدائشاس (۱۳۸۷) در زمینه استفاده از مدل‌های نفوذ رودخانه‌ای جهت برآورد نفوذ در طراحی حوضچه‌های نفوذ سیلاب شهری، نشان داد که هیدروگراف‌های نفوذ به‌دست آمده از این مدل‌ها مشابه هیدروگراف‌های واقعی بوده و مدل‌های فوق در شبیه‌سازی رفتار حوضچه نفوذ نتایج قابل قبولی می‌دهند.

### منطقه مورد مطالعه

شهر داراب واقع در استان فارس و در فاصله ۲۴۰ کیلومتری جنوب شرقی مرکز استان و بین مدار، عرض جغرافیایی ۲۸° ۴۴' ۰۰" تا ۲۸° ۴۵' ۰۰" و طول جغرافیایی ۵۴° ۳۰' ۰۰" تا ۵۴° ۳۵' ۰۰" و با ۱۰۹۸ متر ارتفاع از سطح دریا، که از سمت شرق به استان کرمان و از سمت شمال به شهرستان نیریز و استهبان و از سمت جنوب به شهرستان لارستان و از سمت غرب به زرین دشت و شهرستان فسا منتهی می‌گردد. با توجه به شکل ۱، شهر داراب در منطقه خشک معتدل با متوسط بارندگی سالانه ۲۶۳ میلیمتر قرار گرفته است (مهندسين مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۱).

<sup>۱</sup>- Haifeng Jia

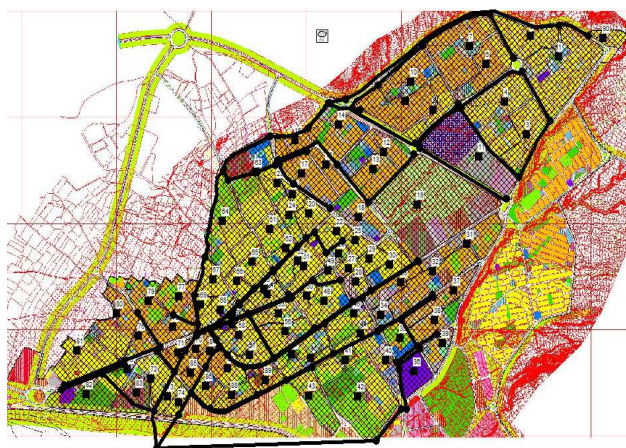
<sup>۲</sup>- BMPs

برای اینکه مدلسازی به واقعیت نزدیک تر باشد می بایست حوضه شهری به زیرحوضه‌هایی تقسیم شوند که شرایط واقعی را تا حد امکان داشته باشد و این شرایط شامل شیب، محل خروج رواناب، نفوذپذیری، زبری و... می باشد با در نظر گرفتن تمام شرایط، شهر داراب به ۸۹ زیر حوضه تقسیم شده است که در شکل ۲ مشخص گردیده شده است. سیستم دفع آب‌های سطحی در حال حاضر به صورت سیستم سنتی با مقاطع و قالب‌های موجود بنا نهاده شده است و شهر داراب از دو رودخانه‌ی خشک به نام‌های رودخانه سوخکیان و تنگ کتویه که شهر را به سه قسمت تقسیم می کند تشکیل شده است و اکثر آب‌های سطحی حاصل از بارندگی به این دو کانال منتهی می گردد که در بعضی از مواقع جواب‌گویی میزان آب تولیدی حاصل از بارندگی نمی باشد پس از بازدید و برداشت میدانی از محل احداث کانال‌های موجود و مشخصات فیزیکی آن مشاهده گردید در چندین نوبت کانال‌ها اصلاح شده است اما با توجه به عدم پشتوانه‌ی تحقیقاتی و علمی مشکل به شکل دیگر نمایان شده است. همچنین در شکل ۳ محل قرارگیری کانال‌های دفع آب‌های سطحی شهر داراب آورده شده است.

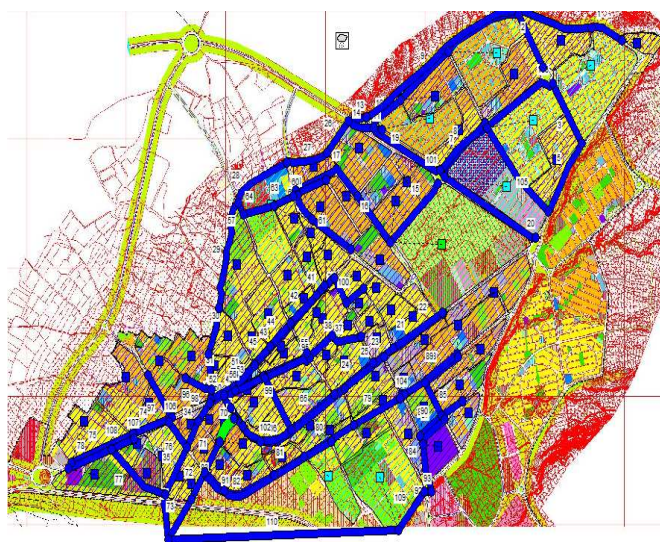


شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و پهنه‌بندی اقلیم شهرستان داراب بر اساس روش دومارتن

منبع: (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۱)



شکل ۲: زیرحوضه‌ها، کانال‌های و محل اتصال آن شهر داراب  
منبع: (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۱)

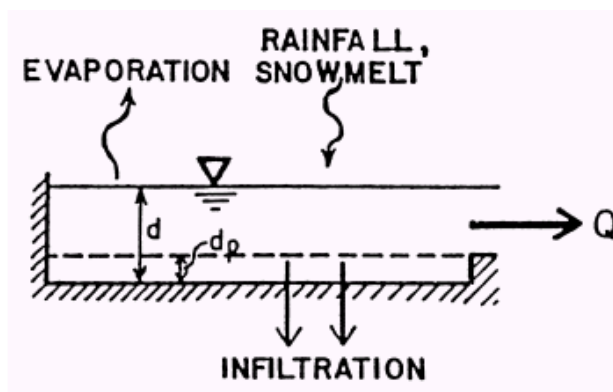


شکل ۳: محل قرارگیری کانال‌های دفع آب‌های سطحی شهر داراب  
منبع: (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۱)

داده‌ها و روش‌ها

الف- رواناب:

دیدگاه مفهومی از روان آب‌های سطحی مورد استفاده توسط SWMM5 در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴: تغییرات سرعت شعاعی نسبت به زمان

منبع: (Storm water Management model users manual version 5, 2004)

رواناب سطحی،  $Q$ ، تنها زمانی رخ می‌دهد که عمق آب،  $d$ ، در "مخزن" بیش از حداکثر ذخیره‌سازی،  $d_p$ ، که در این صورت از خروجی معادله منینگ<sup>۱</sup> داده شده:

$$Q = W \frac{1.49}{n} (d - d_p)^{5/3} s^{1/2} \quad (1)$$

که در آن  $W$  عرض مشخصه زیرحوضه است،  $S$  شیب منطقه،  $n$  مقدار زبری منینگ است ( Storm water Management model users manual version 5, 2004)

#### ب- نفوذپذیری:

نفوذ به فرایند عبور باران از میان سطح زمین و پر کردن خلل و فرج خاک زیرین اطلاق می‌شود. پرفیت نفوذ با گنجایش نفوذپذیری عبارت است از، حداکثر شدتی که آب می‌تواند از خاک عبور کند. اگر شدت باران کمتر از ظرفیت نفوذ باشد شدت نفوذ مساوی شدت باران خواهد بود؛ در غیر این صورت مقدار واقعی شدت نفوذ به اندازه ظرفیت نفوذ می‌باشد.

ظرفیت نفوذ به شرایط سطحی و زیر سطحی خاک و همچنین مقدار آبی که قبلاً در خاک نفوذ کرده است، بستگی دارد. به‌طور کلی ظرفیت نفوذ خاک خشک در ابتدای شروع باران بالا بوده، به‌محض اینکه خاک اشباع شود، این ظرفیت کاهش می‌یابد. در اینجا برای محاسبه‌ی میزان نفوذپذیری در نرم‌افزار SWMM5 از روش‌های زیر معرفی گردیده است.

۱- روش هورتون<sup>۲</sup>

۲- روش گین آمپ<sup>۳</sup>

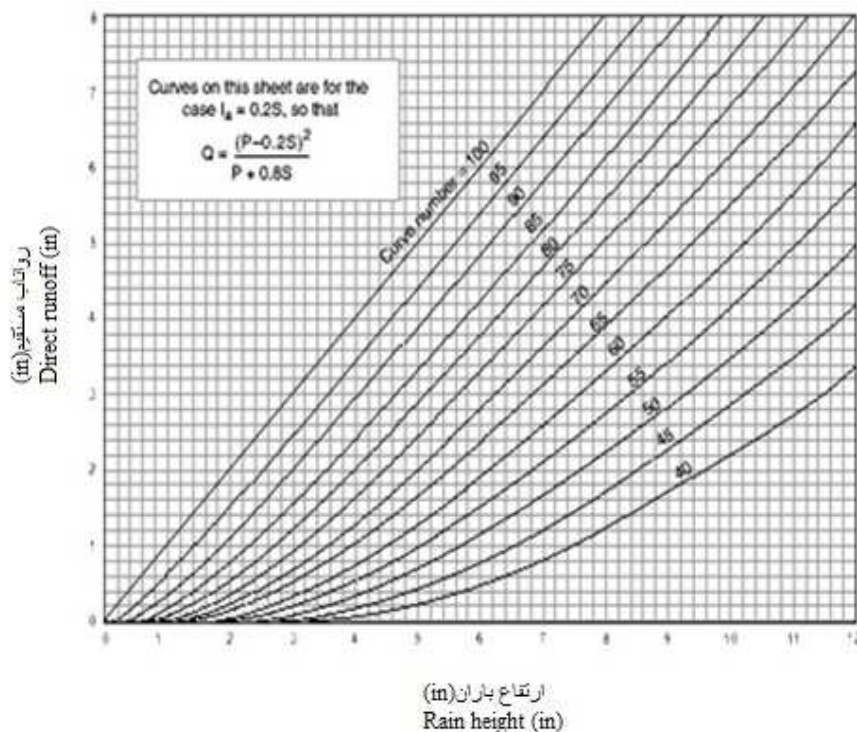
<sup>1</sup>- Equation manning

<sup>2</sup>- Horton

<sup>3</sup>- green ampt

۳- روش شماره منحنی<sup>۱</sup> SCS

در این تحقیق با توجه به اینکه از روش شماره منحنی SCS استفاده شده است تنها به توضیح در این باره بسنده می‌شود. روش شماره منحنی ارائه شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا یک روش تجربی برای جدا کردن تمام تلفات یک باران می‌باشد. در این روش خاک‌ها به چهار گروه به نام‌های A و B و C و D، مانند تقسیم می‌شوند. مقدار براساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، یک شماره منحنی CN برای انواع مختلف کاربری اراضی در حوضه‌های شهری وجود دارد یا می‌توان از گراف شکل ۵ جهت تعیین شماره منحنی استفاده نمود.



شکل ۵: حل گرافیکی معادله شماره منحنی

منبع: (Chio and Ball, 2002)

ج- روندیابی جریان:

روندیابی جریان یک روش ریاضی برای پیش‌بینی تغییرات حجم، سرعت و شکل یک موج سیل در یک کانال به صورت تابعی از زمان می‌باشد که اهمیت زیادی در مهندسی رودخانه، کنترل و کاهش خطرات سیل، حفاظت رودخانه، مدلسازی جریان در مخازن و سرریزها دارد. حل مسئله روندیابی سیلاب بسته به شرایط و اطلاعات موجود از رودخانه می‌تواند به روش‌های هیدرولیکی و هیدرولوژیکی انجام پذیرد. روندیابی جریان به سه صورت زیر می‌باشد:

<sup>1</sup>- curve number

- روندیابی موج پایدار<sup>۱</sup>

- روندیابی موج پویا

- روندیابی موج حرکتی

که در اینجا برای مدلسازی دقیق تر از روش موج حرکتی استفاده شده است و معادلات هیدرولیکی حاکم در نرم افزار SWMM5 معادلات پیوستگی با رابطه های (۲) و (۳) و مومنتم با رابطه های (۴)، (۵)، (۶) و (۷) می باشد که به شرح زیر آمده است (Chio and Ball, 2002).

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (۲)$$

$$V \frac{\partial y}{\partial x} + y \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (۳)$$

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(s_0 - s_f) = 0 \quad (۴)$$

$$g \frac{\partial y}{\partial x} - g(s_0 - s_f) = 0 \quad (۵)$$

$$-g(s_0 - s_f) = 0 \quad (۶)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(s_0 - s_f) = 0 \quad (۷)$$

د- روش شناسی:

در این مطالعه روش هایی که مورد بررسی قرار گرفته ان در جدول ۱ آمده است:

---

<sup>1</sup> - kinematic wave



جدول ۱: روش های مورد استفاده در زهکشی رواناب  
 منبع: (Storm water Management Devices, Design guidelines manual., Second edition)

روش	ردیف
تکنیک های LID <sup>۱</sup>	۱
بشکه های کوچک ذخیره آب باران <sup>۲</sup> در منازل	سیستم مهار و ذخیره آب باران
چاه های جذبی <sup>۳</sup>	
روکش های نفوذپذیر <sup>۴</sup>	
جوی باغچه ها	
مخازن ذخیره یا نگهداشت موقت <sup>۵</sup>	
مخازن ذخیره یا نگهداشت دائمی <sup>۶</sup>	
مخازن نگهداشت دائمی زیستی و باغچه های بارانزاد تالاب های مصنوعی <sup>۷</sup>	

### نتایج و بحث

برای اینکه مدلسازی به واقعیت نزدیک تر باشد می بایست حوضه شهری به زیر حوضه هایی تقسیم شود که شرایط واقعی را تا حد امکان داشته باشد و این شرایط شامل شیب، محل خروج رواناب، نفوذپذیری، زبری و... می باشد با در نظر گرفتن تمام شرایط شهر داراب به ۹۰ زیر حوضه تقسیم شده است.

برای مدلسازی نیاز به اطلاعات و خصوصیات فیزیکی، هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوضه می باشد که هر یک از آنها با استفاده از نقشه های کاربری اراضی و توپوگرافی حوضه، اطلاعات آماری و بازدیدهای میدانی به دست آورده می شود. که هر کدام در میزان رواناب تولیدی تاثیر بسزایی دارا می باشد.

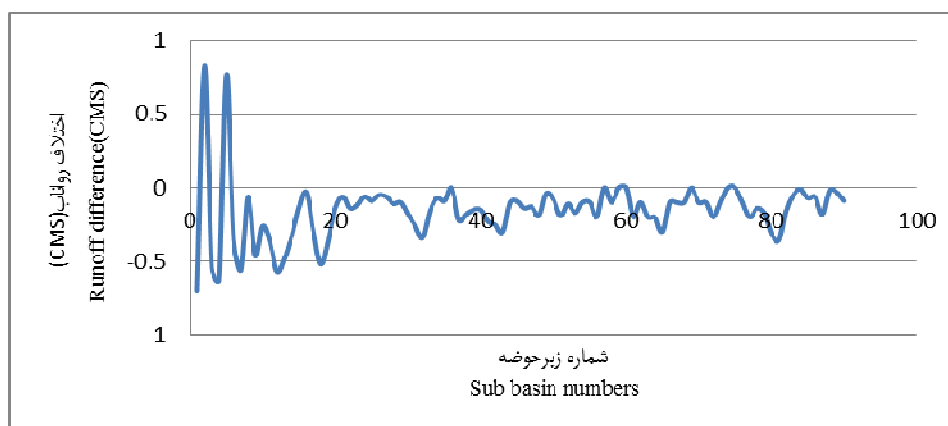
### الف- تغییرات رواناب حوضه پس از اعمال روش های مدیریتی و اصلاح کانال ها

در جدول ۲ تغییرات رواناب برخی از زیرحوضه ها پس از اعمال روش های مدیریتی و اصلاح کانال ها آورده شده است. پس از بررسی نتایج جدول ۱، مشاهده می گردد که ارتفاع رواناب پس از پیاده کردن روش های مطرح شده، در اکثر زیر حوضه ها کاهش قابل قبولی را داشته است. در شکل های ۶ و ۷ به ترتیب میزان اختلاف حداکثر رواناب و نفوذپذیری کل در همه زیر حوضه های آورده شده است.

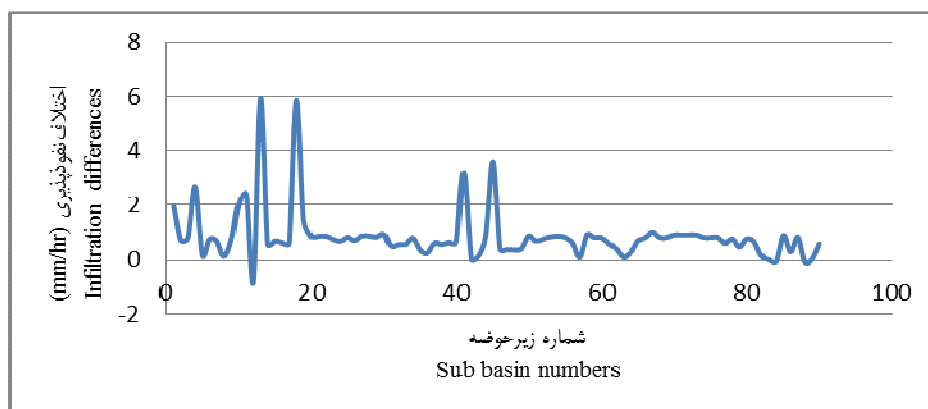
1- Low Impact Development  
 2- Rain Barrel  
 3- Trench Infiltration  
 4- Poros Pavement  
 5- Detention Basin  
 6- Retention pond=RP  
 7- Constructed Wetland

جدول ۲: تغییرات رواناب برخی از زیر حوضه‌ها پس از اعمال روش‌های مدیریتی و اصلاح کانال‌ها

زیر حوضه	وضع موجود		پس از اصلاح	
	نفوذپذیری کل	حداکثر رواناب	نفوذپذیری کل	حداکثر رواناب
۱	۱/۷۴	۲/۱۴	۳/۷	۱/۴۴
۱۵	۰/۴	۰/۴۶	۱/۰۸	۰/۳۲
۳۰	۰/۹۵	۰/۵۹	۱/۸۷	۰/۴۱
۴۵	۵/۳۹	۰/۲۹	۵/۹۸	۰/۲
۶۰	۱	۰/۱	۱/۸	۰/۱
۷۵	۲/۹	۰/۲	۳/۷	۰/۲
۹۰	۳/۳	۰/۲۹	۳/۸۸	۰/۲



شکل ۶: اختلاف حداکثر رواناب در زیر حوضه‌ها قبل و بعد از اصلاح کانال



شکل ۷: اختلاف نفوذپذیری کل در زیر حوضه‌ها قبل و بعد از اصلاح کانال‌ها

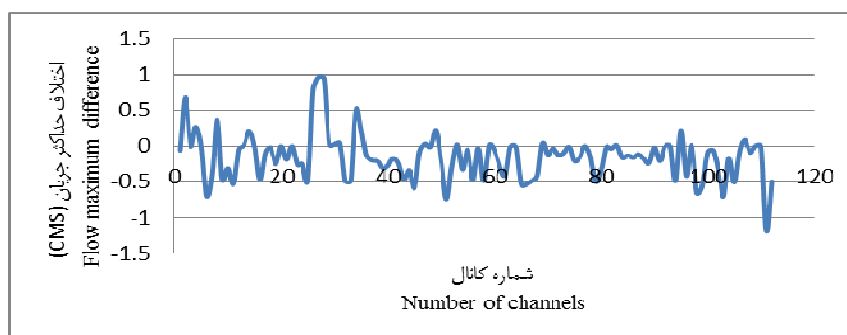
با بررسی بر روی نتایج میزان جریان و عمق، حاصل از قبل و بعد از اجرای طرح طبق جدول ۲ مشاهده می‌شود که در زمان وضع موجود و قبل از اجرای طرح آب تولید در اکثر کانال‌ها نسبت به پس از اجرای طرح کاهش داشته است و نتایج قابل قبولی را به همراه داشته است.

همچنین با توجه به شکل ۶ مشخص می‌شود که میزان رواناب بعد از اصلاح کانال کاهش یافته است زیرا میزان اختلاف مشاهده شده منفی می‌باشد، همچنین با توجه به شکل ۷ میزان نفوذپذیری با توجه به اختلاف مشاهده شده مثبت می‌باشد که نشان از نفوذپذیری بیشتر بعد از اصلاح کانال است.

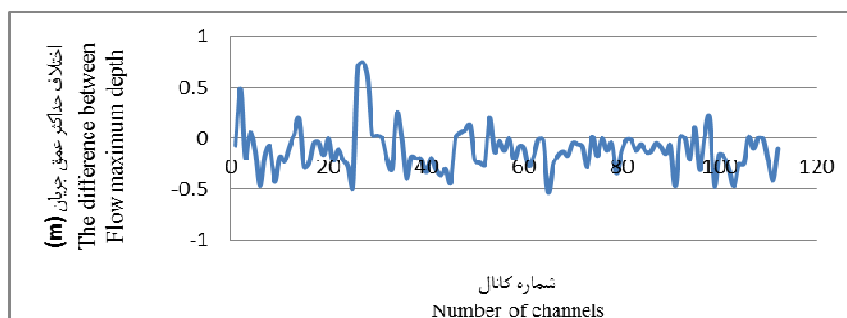
پس از بررسی وضعیت کانال‌ها در زمان وقوع بارندگی طرح ارتفاع آب در بعضی از کانال‌ها بالا آمده که با در نظر گرفتن راهکارهای مدیریتی مطابق با استانداردهای موجود و اصلاح تعدادی از کانال‌ها این بالادگی را کنترل کنترل و از ایجاد آب گرفتگی جلوگیری به عمل آمده است. لازم به ذکر است که جریان در بعضی از کانال‌ها افزایش یافته است که این به دلیل اصلاح کانال‌ها و در نتیجه افزایش انتقال جریان از بالا دست به سمت پایین دست می‌باشد که مزایا و معایبی به همراه دارد که قابل بررسی می‌باشد. در جدول ۳ وضعیت برخی از کانال‌ها پس از بارندگی طرح و پس از اصلاح کانال مشخص شده است.

جدول ۳: وضعیت برخی از کانال‌ها پس از بارندگی طرح

کانال	وضع موجود		پس از اصلاح	
	CMS حداکثر جریان	حداکثر عمق جریان	CMS حداکثر جریان	حداکثر عمق جریان
۱	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۲۲
۱۵	۰/۰	۰/۵	۰/۰	۰/۲۲
۳۰	۰/۲۲	۰/۴۴	۰/۲۴	۰/۴۷
۴۵	۱/۰	۱/۰	۰/۴۱	۰/۵۷
۶۰	۰/۶۷	۰/۷۸	۰/۶۱	۰/۶۹
۷۵	۱/۰۲	۱/۰	۰/۸۱	۰/۸۳
۹۰	۱/۰۱	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۸۷
۱۰۵	۱/۰۳	۱/۰	۰/۵۲	۰/۷۵



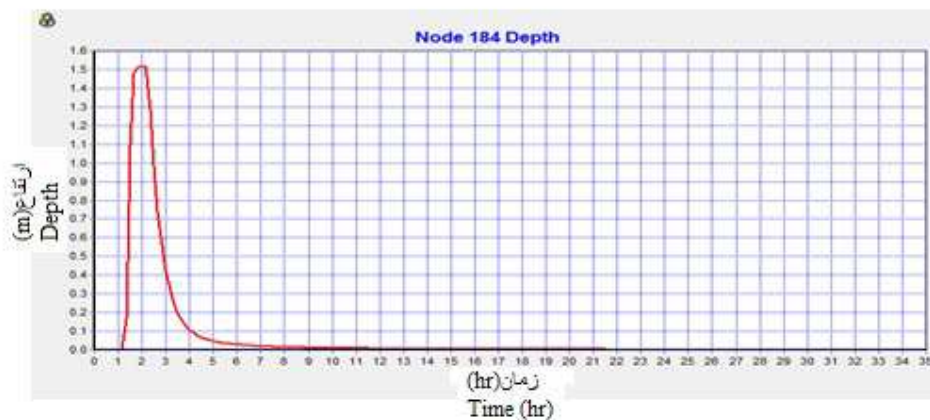
شکل ۸: اختلاف حداکثر جریان در کانال‌ها قبل و بعد از اصلاح کانال



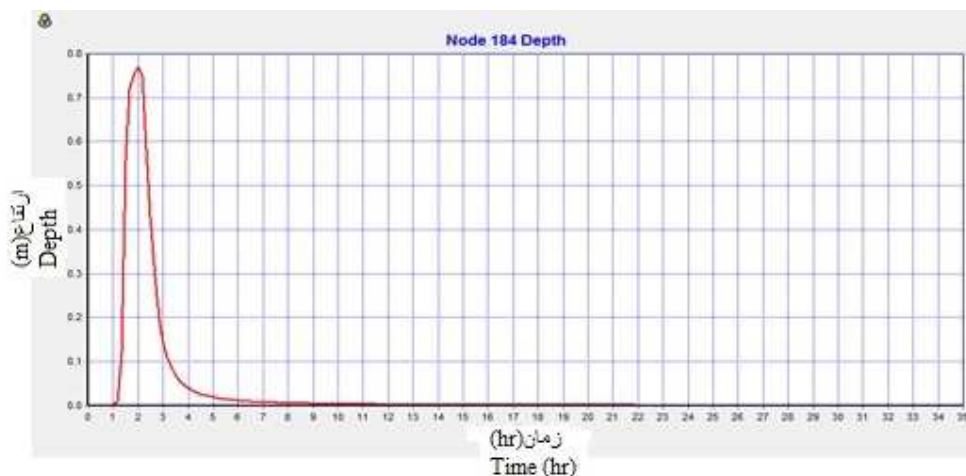
شکل ۹: اختلاف حداکثر عمق در کانال‌ها قبل و بعد از اصلاح کانال

تغییرات ارتفاع آب در خروجی حوضه بر روی نمودار شکل ۱۰ و ۱۱ نشان داده است که با بررسی بر روی شکل ۱۰ مربوط به تغییرات ارتفاع آب محل خروجی حوضه در وضعیت موجود است، حداکثر ارتفاع آب  $1/53$  متر می‌باشد که با توجه به اصلاح حوضه‌ها، شکل ۱۱، حداکثر میزان ارتفاع آب در کانال به  $0/77$  متر کاهش یافته است که نشان می‌دهد.

کاهش ارتفاع آب بر اثر تغییرات حاصل شده در ساختار حوضه‌ها و استفاده از، بهترین روش‌های مدیریتی، روش کمترین اثر جانبی و اصلاح کانال‌ها می‌باشد و لازم به ذکر می‌باشد که زمان خروج آب از حوضه افزایش یافته که رابطه مستقیم با ارتفاع آب در کانال دارد.



شکل ۱۰: تغییرات ارتفاع - زمان، وضعیت موجود



شکل ۱۱: تغییرات ارتفاع - زمان، وضعیت اصلاح شده

### ب- بیلان آبی

پس از باران، آب تولید شده، به اجزای مختلفی تقسیم می‌شود که با توجه به نوع مورفولوژی و هیدرولیک و خصوصیات هیدرولوژیکی و کیلیماتولوژی منطقه نرم‌افزار با توجه به بازه زمانی آن را تعیین می‌کند بر همین اساس برای تعیین میزان تغییرات بیلان آبی به جدول ۴ مراجع کرده و بیلان آبی در دو شرایط قبل از تعمیر و بعد از تعمیر مورد بررسی قرار داده می‌شود.

جدول ۴: بیلان آبی در دو شرایط قبل و بعد از اختصاص روش‌های مدیریت رواناب

	وضع موجود		پس از اجرای طرح	
	مقدار Hectare-m	عمق mm	مقدار Hectare-m	عمق mm
بارندگی	۲۹/۷۳	۲۹/۸۶	۳۰/۲۹۲	۲۹/۸۶
تبخیر	۸/۳۱۷	۸/۳۵۴	۸/۶۶۸	۸/۵۴۵
نفوذپذیری	۵/۶۱۲	۵/۶۳۶	۶/۵۹۸	۸/۵۰۴
رواناب سطحی	۱۵/۸۸۶	۱۵/۹۵۵	۱۰/۶۱۶	۱۰/۴۶۴
ذخیره آب نهایی	۰/۰۰	۰/۰۰	۴/۵۸۳	۴/۵۱۷
خطای همبستگی %	۰/۲۸۴	—	۰/۵۷۰	—

### ج- روندیابی جریان

جریان ورودی و خروجی در شرایط و موقعیت‌های مختلف و روندیابی جریان در حوضه‌های مدل شده، مطابق جدول ۵ بیان شده است که در آن نتایج نهایی هر یک از خصوصیات را در مدل‌سازی بیان کرده است.

جدول ۵: روندیابی جریان قبل و بعد از اختصاص روش‌های مدیریت رواناب

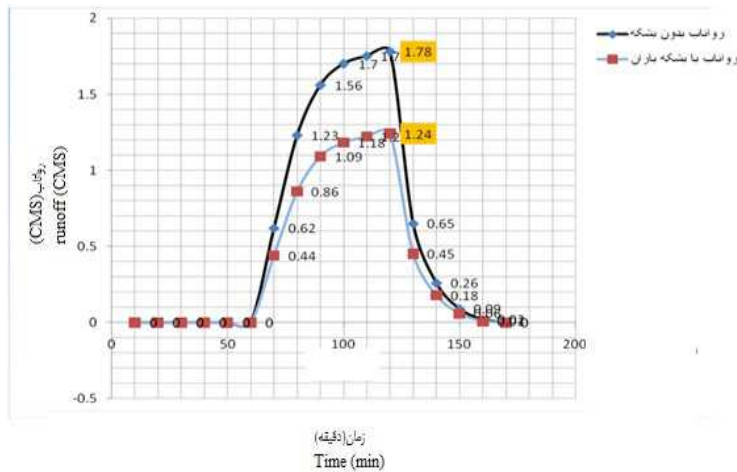
	وضع موجود		پس از اجرای طرح	
	مقدار hectare- m	مقدار 10 <sup>۶</sup> lit	مقدار hectare- m	مقدار 10 <sup>۶</sup> lit
جریان ورودی آب و هوای خشک	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۹/۵۰۱	۶۹۵/۰۱۷
جریان ورودی آب و هوای تر	۱۵/۸۸۶	۱۵۸/۸۶۰	۱۰/۶۱۶	۱۰۶/۱۵۹
خروج جریان خروجی	۷/۸۹	۷۸/۸۹۶	۸/۴۱۵	۸۴/۱۵۴
ورود جریان خروجی	۷/۸۲۹	۷۸/۲۸۹	۶۵/۷۶۴	۶۵۷/۶۴۵
حجم ذخیره اولیه	۰/۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰۱
حجم ذخیره نهایی	۰/۰۰۹	۰/۰۸۶	۶/۱۰۶	۶۱/۰۶
خطای همبستگی %	۱/۰۰۱	—	۳/۷۶	—

### د- مخازن ذخیره آب

برای کنترل جریان و ذخیره قسمتی از آب جهت استفاده مجدد برای مصارف فضای سبز و شست و شو و ... در بعضی از زیر حوضه‌ها مخازنی زیر سطحی را احداث شده است تا مقدمه‌ای برای اجرای طرح‌های بهینه‌سازی و استفاده مجدد از آب باران در شهرک‌های جدید الاحداث برای مصارف گوناگون ایجاد شود و میزان ذخیره‌سازی ۶۱ میلیون لیتر می‌باشد که حاصل احداث ۶ مخزن زیر سطحی است.

ه- تاثیر بشکه‌های باران بر رواناب

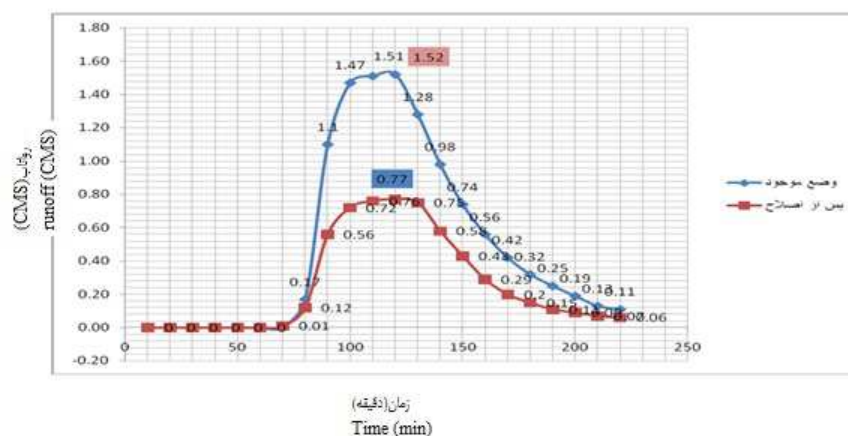
با بررسی صورت گرفته بر روی میزان تاثیرات بشکه‌های باران در میزان رواناب زیر حوضه‌ها مشاهده گردیده است، که در بیشتر حوضه‌ها با توجه به دوره بازگشت ۱۰ ساله باران، تاثیر بسزایی در کاهش رواناب دارد. همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود میزان تغییرات رواناب در یک حوضه به صورت نمونه نمایش داده شده است.



شکل ۱۲: تاثیر بشکه باران در کاهش رواناب

و- تاثیرات اصلاح وضع موجود بر روی جریان خروجی

همانطور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود با بررسی میزان تغییرات ارتفاع آب در محل خروجی حوضه در طول بارندگی با دوره بازگشت ۱۰ ساله که به عنوان بارندگی طرح مطرح بوده مشاهده گردیده که میزان تغییرات ارتفاع آب چشم‌گیر است و کمک بسزایی در کنترل و دفع آب‌های سطحی نموده است.



شکل ۱۳: تاثیرات اصلاح وضع موجود در کاهش ارتفاع جریان خروجی

### یافته‌های تحقیق

تحلیل‌هایی که از فضاهای مربوط به بخش کانال‌ها انجام شده است و همچنین با توجه به تاثیرات اصلاح کانال انجام پذیرفته است موید تغییر در توجه و اهمیت به مقوله مخاطرات طبیعی سیل در الگویی توسعه فیزیکی شهر است. بطوری که با افزایش تعداد شبکه‌های باران در مناطقی از شهر که دارای اهمیت بالاتری از نظر سیل‌گیر بودن و همچنین از نظر فیزیکی دارد می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای ارتفاع ماکسیمم جریان خروجی را کاهش دهد که این یافته از نظر خطرات ناشی از سیل در بخش‌های مسکونی و یا حتی روستایی از اهمیت بالایی برخوردار است.

یافته‌های تحقیق همچنین نشان می‌دهد که با رشد فیزیکی شهر استفاده از مخازن ذخیره می‌تواند کمک بسزایی در ذخیره آب برای قسمت‌های کشاورزی، مصارف شستشو، فضای سبز و ... داشته باشد. همچنین نمودارهای شکل ۱۲ و ۱۳ نمایانگر این است که میزان دبی که از افت ناشی از شبکه‌های باران و اصلاح وضع موجود قابل توجه بوده است و این بدان معناست که مقدار زیادی از رواناب که باعث خطرات جانی و مالی می‌گردد، ذخیره می‌شود.

### نتیجه‌گیری

با بررسی بر روی زیر حوضه‌ها مشاهده گردیده است که تمامی زیر حوضه‌ها بغیر از فضاهای سبز و پارک‌ها احداث شبکه‌های باران و چاه‌های جذبی، در حوضه‌هایی که امکان ایجاد پارک و فضای سبز می‌باشد احداث، روکش‌های نفوذپذیر می‌باشد و با توجه به اهمیت میزان هزینه‌ها امکان احداث نفوذپذیر در محل‌های قدیمی شهر، با توجه به اینکه تمامی پیاده‌روها احداث گردیده است تخریب و احداث مجدد آن مقرون به صرفه نمی‌باشد و صرفاً جهت شهرک‌های جدید الاحداث مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به بررسی ارتفاع رواناب در حالت وضع موجود و پس از اصلاح مشاهده گردید که میزان ارتفاع حداکثر رواناب ۳۱ درصد کاهش داشته است و میزان نفوذپذیری ۱۷/۵ درصد افزایش داشته است که تاثیرات اجرای روش‌های نوین مدیریتی به همراه روش‌های سنتی را مشهود و روشن



می‌سازد. در بارندگی صورت گرفته می‌توان به میزان ۶۱/۰۶۴ میلیون لیتر آب در مخازن ذخیره سازی کرده که معادل ۷/۶ درصد بارش باران می‌باشد. در خصوص عملیاتی بودن بشکه‌های باران می‌توان گفت که آب کل پشت بام که به وسیله ناودان به حیاط و سپس به معابر هدایت می‌شود که در حال حاضر به علت فرهنگ منطقه مورد مطالعه اصلاح توسط مالک با مدیریت شهرداری و آب فاضلاب شهری انجام‌پذیر می‌باشد، در صورتی که ۶۱ درصد از مساحت قطعات بدون در نظر گرفتن معابر را می‌توان در این بشکه‌ها ذخیره کرد و استفاده مجدد نمود، همچنین پس از بررسی بر روی حداکثر ارتفاع آب در محل خروجی حوضه مشاهده گردید که پس از اجرای طرح حداکثر ارتفاع حدود ۱۰۰ درصد تقلیل یافته و به نسبت، زمان خروج آب نیز افزایش یافته است. در آخر نیز می‌توان گفت که با توجه به بررسی تاثیر بشکه‌های باران در میزان رواناب مشاهده گردید که میزان ۳۰ درصد در کاهش رواناب موثر می‌باشد که خود عامل کاهش مخاطره طبیعی از طرف سیلاب به وجود آمده است.

#### منابع

- خداشناس، سعید رضا (۱۳۸۷). کاربرد مدل‌های نفوذ رودخانه‌ای برای شبیه‌سازی نفوذ آب در حوضچه‌های کنترل سیلاب شهری، فصلنامه آب و فاضلاب. شماره ۶۷، ص ۶۶-۷۱.
- شرکت مدیریت منابع آب. (۱۳۸۵). راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب. نشریه شماره ۲۹۶ - الف.
- علیشاهی طوسی، محمدرضا؛ بوداقپور، سیامک (۱۳۸۹). بررسی و تحلیل حساسیت مدل EPA-SWMM در مدل‌سازی حوضه های شهری. دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب، کرمان.
- مهندسین مشاور شهر و خانه. (۱۳۹۱). طرح تفصیلی شهر داراب.
- میرابی، مهرداد؛ فرزید، امیرحسین؛ جعفر طباطبایی، بهرام؛ شریفی، محمدباقر (۱۳۹۳). ارزیابی روش‌های مقابله با سیلاب‌های شهری با استفاده از روش TOPSIS فازی، رودخانه شاهجوب بجنورد، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران. دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، دانشکده مهندسی عمران، بابل.
- Balmforth, D. J. Henderson, R. J. (1988). A Guide to the design of storm Overflow Structures. WRc Report ER304E.
- Bender, M.J. Simonovic, S.P. (2000). A fuzzy compromise approach to water resources planning under uncertainty. Journal of Fuzzy Sets and Systems, 115(1), pp35-44.
- Chen, Z. (2005). Consensus in Group Decision Making under Linguistic Assessments. PhD Thesis, Department of Industrial and Manufacturing, Kansas State University.
- Choi, K-S. Ball, J.(2002). Parameter estimation for urban runoff modeling. Urban Water 4.
- Fryar R. (2001). Use of cascading detention basins in storm water management. Pp. 537-544. Proceedings of the NOVATECH 2002, 4th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. Lyon, France.
- Gomez, E. Lopez, E. C. Fresno, D.C. Bayon, J.R. (2011). Analysis and Contrast of Different Pervious Pavements for Management of Storm-Water in a Parking Area in Northern Spain., Springer.
- Haifing, J. Yuwen, L. Shaw, L. Yu. Yorung, ch. (2012). Planning of LID-BMPs for urban runoff control. the case of Beijing Olympic village, Technology for Sustainable Water Environment Separation and Purification Technology, 140: 112-119.
- Herrera, F. Herrera-Viedma, E. Verdegay, J. L. (1997). Rational Consensus Model in Group Decision Making Using Linguistic Assessments. Journal of Fuzzy Sets and Systems, 88(1): 31-49.
- Penniman g, D. Hostetler, M. Borisova, T. Acomb, G. (2013). Capital cost comparisons between low impact development (LID) and conventional stormwater management designs for collected Florida case studies. Suburban Sustainability, 1(2), Article 1, 1-12.
- Rossmann, L.A. (2008). Storm Water Management Model User's Manual Version 5. CINCINNATI, EPA.
- Storm water Management Devices, Design guidelines manual. Second edition. (2003).
- Storm water Management model users manual version 5. (2004).

- Tavakoli, S. Tajrishy, M. (2012). The Economics of Stormwater BMPs in Tehran, Iran. 9th International Conference on Urban Drainage Modelling., Belgrade.
- Tingsanchali, T.( 2012). urban flood disaster management. procedure Engineering. Vol. 32, pp. 25-37.
- Viessman, J.r. Lewis, G.L. (1996). Introduction to Hydrology, New York, Harper Collins College.
- Xu, Z.S. Chen, J. (2007). An interactive method for fuzzy multiple attribute group decision making. Journal of Information Sciences, 177: 248-263.
- Young, K.D. Kibler, D.F. Benham, B.L. Loganathan, G.V. (2009). Application of the analytical hierarchical process for improved selection of storm-water BMPs. J. Water Res. Plan. Manag., 135 (4), 264-275.

## Investigating of the Existing Urban Drainage Systems for the Passage of Floods and the Possibility of Its Modification Using SWMM5 (Case Study: Darab county)

Seyed Arman Hashemimonfared<sup>\*1</sup>, Gholamreza Aziziyan<sup>2</sup>, Pezhman Derakhshan Alamdarloo<sup>3</sup>, Jalil Raeespoor<sup>4</sup>

Received: 2017-01-06

Accepted: 2017-06-06

### Abstract

Today, with increasing urbanization and changing land border cities such as gardens, agricultural land, Barren land into residential areas, causing damage morphology and physical properties and hydrological basins are, This will redirect the natural flow of the water from rainfall and reduced infiltration basin is a result of problems such as flooding. Darab in Fars province and city in the study area were dry climate is Intense rains occur from time to time that the formation of rainfall runoff is significant BMP and LID are ahead in research techniques and strategies such as rain barrels, infiltration trenches, wells, Absorption, permeable flooring, bio-gardens and the use of storage tanks have been used and have shown good performance. Using information such as maps, land use, topography of the region, and rainfall statistics and modeling to model swmm5 After the reform and the implementation of the proposed method in comparison with the situation in the rain with a return period of ten years the peak runoff in the basin, 31% and maximum water level in the channel output to half the rate of 17.5% compared to current situation has increased infiltration basin In this study, we were able to construct 6 of 61 thousand cubic meters of rainwater storage tank to store it.

**Keywords:** Techniques BMP and LID, Runoff, Drainage system, Model swmm5.

<sup>1\*</sup>- Assistant Professor of Department of Civil Engineering, Faculty of Nikbakht Engineering, University of Sistan and Baluchestan

Hashemi@eng.usb.ac.ir

<sup>2</sup>- Assistant Professor of Department of Civil Engineering, Faculty of Nikbakht Engineering, University of Sistan and Baluchestan

<sup>3</sup>- PhD Student of Civil Engineering - Water and hydraulic structures of Sistan and Baluchestan

<sup>4</sup>- Graduated in Civil Engineering of Sistan and Baluchestan