



دانشگاه گواران

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## ارزیابی و آنالیز حساسیت کمیت رواناب و سیستم زهکشی در حوضه شهری ساحلی (مطالعه موردی: شهر ساحلی بندرعباس)

\*مریم حیدرزاده<sup>۱</sup>، احمد نوحه‌گر<sup>۲</sup>، آرش ملکیان<sup>۳</sup> و اسدالله خورانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران،

<sup>۲</sup> دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، <sup>۳</sup> دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه هرمزگان

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۲۵

### چکیده

**سابقه و هدف:** حجم رواناب، دبی اوج و کاهش مقدار نفوذپذیری می‌شود. افزایش سطوح نفوذناپذیر سبب کاهش نفوذ جریان‌های زیرسطحی و جریان پایه و یا جریان هوای خشک در هر دو کانال طبیعی و بتنی می‌گردد. در منطقه شهری بندرعباس به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری یا هر پایگاهی برای اندازه‌گیری و ثبت دبی سیلاب، تعیین دبی سیلاب و بررسی مشخصات آن اهمیت به‌سزایی دارد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی وضعیت سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی بخشی از شهر با استفاده از مدل SWMM است. ضمن بررسی دبی سیلاب شهری، نقاط ضعف شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر و پارامترهای حساس در مدل نیز تعیین می‌گردد.

**مواد و روش‌ها:** در ابتدا برای شبیه‌سازی رواناب و مشخص نمودن نقاط حساس به آب‌گرفتگی از مدل SWMM استفاده شد. از شاخص‌های ناش- ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) برای واسنجی و اعتبارسنجی دبی سیلاب مدل در پنج واقعه بارندگی در تاریخ‌های ۱۳۹۲/۱۰/۳۰، ۱۳۹۲/۱۲/۲۳، ۱۳۹۲/۱۰/۱۷، ۱۳۹۴/۱۰/۴ و ۱۳۹۴/۱۰/۱۳ استفاده شد. عمق و سرعت رواناب در خروجی منطقه مورد به کمک دستگاه مولینه اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین نقاط حساس به آب‌گرفتگی شهر بندرعباس از روش اندازه‌گیری صحرائی و به کمک اشل اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی آنالیز حساسیت مدل، نه پارامتر مؤثر در مدل با استفاده از ضریب ناش- ساتکلیف (NS) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از پژوهش نشان داد به‌ترتیب حساس‌ترین پارامترها براساس ضریب NS شامل درصد اراضی نفوذناپذیر، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، عرض معادل، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، مساحت زیرحوضه، شیب زیرحوضه، درصد مناطق بدون ذخیره سطحی، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر و ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذپذیر می‌باشد. یافته‌های به‌دست آمده از واسنجی مدل (به‌ترتیب واسنجی میانگین ضریب NS ۰/۷۵ و ضریب  $R^2$  بین ۰/۸۳) نشان داد انطباق خوبی با داده‌های مشاهداتی دارد. نتایج اعتبارسنجی (میانگین ضریب NS ۰/۷۹ و ضریب  $R^2$  بین ۰/۹۲) بیانگر دقت بالای مدل برای این منطقه می‌باشد و مشخص شد علت آب‌گرفتگی در

\* مسئول مکاتبه: [m.heydarzade88@yahoo.com](mailto:m.heydarzade88@yahoo.com)

بعضی نقاط به دلیل نبود ظرفیت کافی آبگذرها است همچنین در بعضی نقاط با وجود ظرفیت کافی کانال که مدل نیز آن را تأیید می‌کند آب‌گرفتگی وجود دارد، دلیل آن مربوط به انباشت زباله در این کانال‌ها است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج ارزیابی مدل SWMM نشان داد انطباق خوبی بین دبی رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای وجود دارد. با توجه به توانایی مدل در شبیه‌سازی رواناب هر زیرحوضه و تعیین نقاط حساس، استفاده از این مدل در مناطق شهری فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب است. البته باید مدل حتماً واسنجی گردد. بنابراین می‌توان از این مدل‌ها برای پیش‌بینی خطر آب‌گرفتگی، طراحی و برآورد مقدار و هزینه زهکشی، مدیریت حوضه‌های ساحلی شهری و اولویت‌بندی مناطق برای رفع مشکل آب‌گرفتگی استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** رگبار، رواناب شهری، بندرعباس، مدل SWMM، آب‌گرفتگی کانال

### مقدمه

شهرنشینی معمولاً با افزایش سطوح نفوذناپذیر سبب افزایش رواناب سطحی و کاهش زمان تمرکز، همچنین تولید هیدروگراف‌هایی با پیک بالا و بحران‌هایی اقتصادی همراه است (۸، ۲۴ و ۲۶). در یک چشم‌انداز جهانی افزایش تعداد سیلاب‌های شهری بسیار مشهود است و انتظار می‌رود مشکل جاری شدن سیل شهری در آینده نیز افزایش یابد. یکی از دلایل آشکار این پدیده در بسیاری از بخش‌های جهان، کافی نبودن ظرفیت سیستم‌های فاضلاب و زهکش‌ها با توجه به افزایش نرخ شهرنشینی است (۶۶). فقدان ایستگاه‌های اندازه‌گیری رواناب در حوضه‌ها، متخصصان را وادار به استفاده از روش‌های تجربی برای ارزیابی اجزا مختلف بارش که منجر به رواناب می‌گردد، نموده است (۳۳). حوضه‌های آبخیز شهری شامل شبکه پیچیده‌ای از سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر، لوله‌های زهکشی، ناودان‌ها و مخازن ذخیره هستند که از زهکش‌های روباز تا شبکه‌های زهکشی پیچیده را شامل می‌گردد و بدیهی است که هر گونه اقدامی در این زمینه نیازمند برآورد دقیق مقدار رواناب است. بیش‌تر حوضه‌های آبخیز شهری فاقد ایستگاه هیدرومتری و آمار رواناب هستند، از این‌رو تعیین پاسخ هیدرولوژیکی حوضه

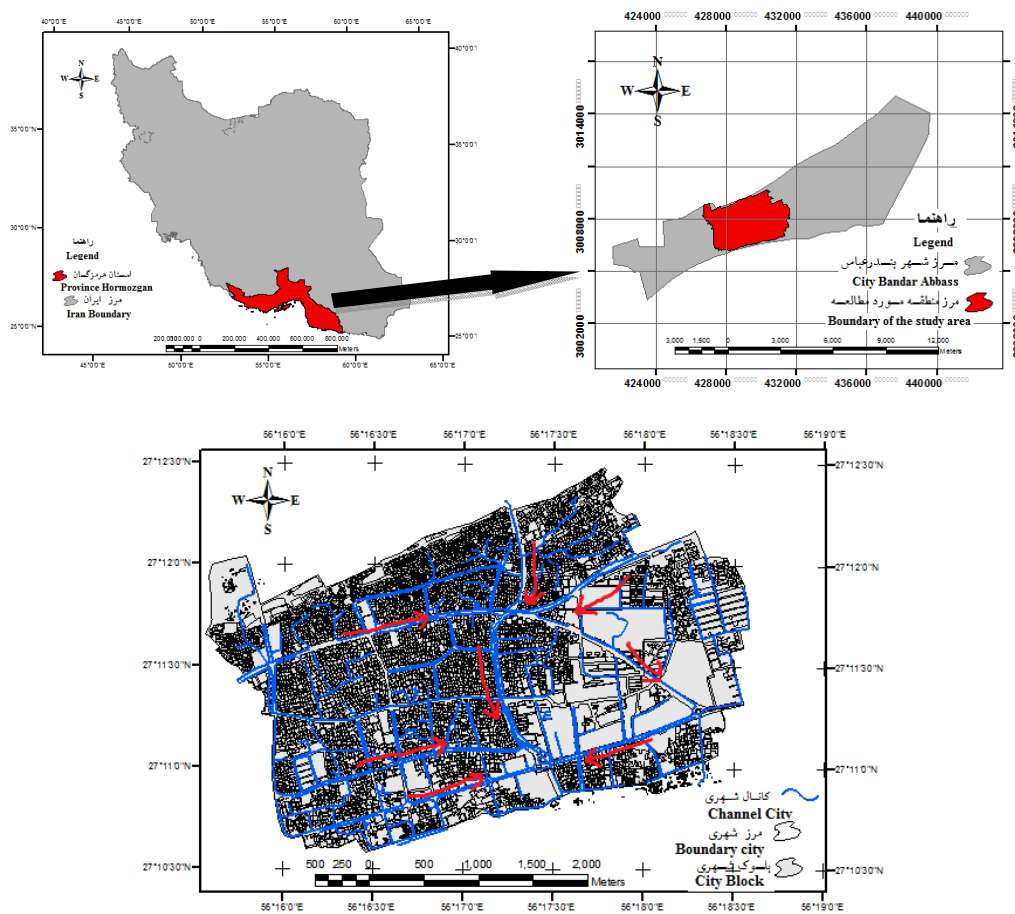
آبخیز شهری با توجه به پیچیدگی سیستم زهکشی امری ضروری است. در این راستا مدل‌های مدیریت رواناب شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های مدیریت رواناب شهری به‌عنوان ابزاری مفید در برنامه‌ریزی، طراحی و توسعه شهری به‌شمار می‌روند (۴۰). مدل مدیریت رواناب EPA-SWMM، یک مدل دینامیکی بارش- رواناب است که برای شبیه‌سازی کیفیت و کمیت وقایع منفرد یا پیوسته رواناب شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل به‌طور گسترده برای برنامه‌ریزی، تجزیه و تحلیل و طراحی مربوط به سیستم‌های زهکشی در مناطق شهری استفاده می‌شود (۴۳). مطالعات زیادی برای درک فرایند اساسی کمیت و کیفیت رواناب شهری انجام شده است. نمونه‌ای از مطالعات مرتبط اخیر شامل خصوصیات رواناب با اولین پیک ارزیابی محدودیت‌های هیدرولوژیکی معمول در مدیریت رواناب شهری (۵)، شناسایی دیدگاه‌های غالب در آینده رواناب شهری (۹)، مدیریت رگبارهای شهری (۴۸)؛ شبیه‌سازی سیلاب شهری با استفاده از مدل SWMM (۲۱)؛ استفاده از مدل SWMM برای تجزیه و تحلیل نفوذ آب و حفظ سقف‌های سبز و سطوح نفوذپذیر تحت انواع بارش‌های مختلف (۴۷) صورت می‌پذیرد. تعیین کارایی شبکه زهکشی سطحی

به دلیل طغیان خورهای بندرعباس ناشی از بارندگی و ورود گل و لای از بالا دست و عدم توانایی عبور سیل از کانال‌های موجود خسارات جانی و مالی فراوانی را بر جای گذاشت. مطلب دیگر این‌که در منطقه شهری بندرعباس به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری یا هر پایگاهی برای اندازه‌گیری و ثبت دبی سیلاب، تعیین دبی سیلاب و بررسی مشخصات آن اهمیت به‌سزایی دارد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی وضعیت سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی بخشی از شهر بندرعباس با استفاده از مدل SWMM می‌باشد. که در نتیجه آن بررسی دبی سیلاب شهری و نقاط ضعف شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر مشخص می‌شود. علاوه بر این، پارامترهای حساس در مبحث مدل نیز تعیین و مشخص می‌شوند.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** شهر ساحلی بندرعباس مرکز استان هرمزگان بوده و در جنوب ایران قرار دارد. این شهر به‌صورت نواری ساحلی در شمال تنگه هرمز محل عبور بخشی از رواناب‌های کوه گنو به سمت دریا است که این انتقال در پنج خور گورسوزان، نخل ناخدا، شیلات، طلوع و تل سیاه صورت می‌پذیرد. این خورها نقش زهکش‌های داخل شهر را نیز بر عهده داشته که رواناب سطحی جاری شده در مناطق شهری به داخل آن‌ها تخلیه می‌شود. منطقه مورد مطالعه در مختصات  $27^{\circ} 10' 30''$  تا  $27^{\circ} 12' 30''$  شمالی  $56^{\circ} 15' 30''$  تا  $56^{\circ} 18' 30''$  شرقی شامل بخشی از شهر با مساحت  $0/252$  کیلومتر مربع و  $337$  زیرحوضه است. تغییرات ارتفاع منطقه بین  $1/05$  الی  $44/58$  متر است. نمایی از منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آمده است.

شهر گرگان هنگام رگبارهای سیلابی و در صورت عدم کارایی و کفایت شبکه زهکشی موجود، تعیین ابعاد بهینه آن‌ها جهت تخلیه رواناب سطحی حاصل از رگبارها با استفاده از مدل SWMM انجام گردید (۶). مدل‌سازی ریاضی یک ابزار مفید برای یکپارچه‌سازی اجزای مختلف فرآیندهای رواناب و بررسی پاسخ رواناب به تغییرات کیفیت در منابع مربوطه است. هر دو مدل‌های مکانیکی (مبتنی بر فرآیند) و تجربی (داده‌محور) برای تجزیه و تحلیل رواناب تولیدی و بررسی خصوصیات جابجایی آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۵). آنالیز حساسیت بینش توانمندی در مطالعه نتایج مدل ایجاد می‌کند که در جریان نتیجه‌گیری ناشی از مدل‌سازی هیدرولوژیکی از جمله ریسک خطر یا کاهش خطر مهم خواهد بود (۱۰). برای انجام تحلیل حساسیت مدل به پارامترهای ورودی و تعیین پارامترهای مؤثر در شبیه‌سازی جریان از روش یک پارامتر در هر مرتبه استفاده شد. در این روش در هر مرتبه اجرای مدل یک پارامتر تغییر کرده و بقیه پارامترها ثابت می‌مانند و اثر آن تغییر بر خروجی مدل حساسیت پارامتر را مشخص می‌کند (۴۱ و ۴۵). پارامتری که در دامنه تغییرات خود بیش‌ترین تأثیر را بر خروجی مدل داشت به‌عنوان پارامتر حساس‌تر انتخاب می‌گردد. شاخص‌های آماری که برای ارزیابی عملکرد مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل (۲۵ و ۳۲) ضریب کارایی نش- ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین ( $R^2$ ) است. در این پژوهش منطقه مورد مطالعه یکی از مناطق گرم و خشک ایران است که اقلیم آن تحت تأثیر آب و هوای نیمه‌بیابانی و بیابانی قرار دارد این منطقه به دلیل متأثر بودن از سیستم مانسونی دارای بارش‌هایی با شدت بالا و مدت کوتاه است (۳۰). نمونه بارز بارش‌های سیلابی سال‌های اخیر مربوط به فروردین‌ماه ۱۳۹۳ است که



شکل ۱- نمایی از موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان هرمزگان و در شهر بندرعباس.

Figure 1. View of the position case study in IRAN, province Hormozgan and Bandar Abbas city.

غیرخطی حوضه به بارندگی اضافی است. روندیابی کانالیزه‌شده نیز با مدل موج دینامیک با قابلیت شبیه‌سازی اثرات برگشت و پس‌زدن آب و همچنین انتقال تحت فشار صورت می‌پذیرد (۳ و ۱۱) در مدل، هر زیرحوضه آبریز به شکل یک مخزن غیرخطی فرض می‌شود که در این روش عمق رواناب حاصل از بارش (y) پس از کسر عمق چالاب (yp) و میزان تبخیر و نفوذ محاسبه می‌گردد. در مخزن غیرخطی روابط پیوستگی (رابطه‌های ۱ و ۲) و مانینگ برقرار می‌باشد. این روابط به شرح زیر بسط داده شده‌اند:

$$\frac{dv}{dt} = A \cdot \frac{dy}{dt} = A \cdot i = Q \quad (1)$$

$$V = A \cdot y \quad (2)$$

معرفی مدل SWMM: این مدل پیشرفته توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا به منظور شبیه‌سازی پدیده‌های کمی و کیفی مرتبط با سیلاب‌روهای مختلط و پیچیده طی سال‌های ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۱ تهیه شده و تاکنون چندین بار بازنویسی و به‌نگام شده است. در این مقاله از نسخه شماره ۵ مدل (نوامبر ۲۰۰۴) یاد شده، استفاده شده است. در این مدل سیلاب با روش موج سینماتیک (حل معادله پیوستگی جریان غیردائم و مانینگ) و ترکیب المان‌های جریان روزمینی و کانالیزه شده صورت می‌پذیرد (۴۴). بنابراین دارای مبنای فیزیکی، نگاه توزیعی، امکان بررسی جداگانه نواحی نفوذپذیر و نفوذناپذیر و همچنین قابلیت شبیه‌سازی پاسخ

روکش شده مشخص شد. سپس در هر زیرحوضه مساحت قسمت‌های نفوذناپذیر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS V.10.2 اندازه‌گیری شد. در نهایت مقادیر به‌دست آمده از طریق بازدیدهای میدانی مورد ارزیابی مجدد قرار گرفت. برای تعیین مقادیر چالابی در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر و همچنین تعیین ضریب زبری جریان روی سطحی این مناطق که از ضروریات مدل SWMM می‌باشند از تلفیق اطلاعات میدانی جمع‌آوری شده و نقشه‌های کاربری در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. برای تعیین پارامتر زبری کانال‌ها نیز علاوه بر راهنمای مدل از بازدیدهای میدانی متعدد و بهره‌گیری از نظر کارشناسان مجرب استفاده شد و مقدار این پارامتر در هر کانال بر اساس شرایط همان بازه مشخص، تعیین شد. به‌منظور تعیین حداکثر پتانسیل ذخیره (S) از منحنی بی‌بعد (CN) استفاده شده است. از این‌رو بر اساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک یک شماره منحنی برای انواع مختلف کاربری اراضی در حوضه‌های شهری داده شده است (۳۱ و ۴۷). مشخصات اتصالات و محل ورود رواناب هر زیرحوضه به سیستم زهکشی رواناب، ابعاد و مقطع عرضی ابتدا از طریق بازدید میدانی تعیین و مشخصات فیزیوگرافی اتصالات با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS محاسبه شد. همچنین بعضی از پارامترهای اتصالات مانند رقوم کف، طول و عرض جغرافیایی، حداکثر عمق اتصال و انتقال‌دهنده مانند طول، فاصله از کف، به‌وسیله نرم‌افزار Arc GIS محاسبه شدند. در نهایت در منطقه مورد مطالعه ۳۳۷ زیرحوضه، ۴۹۸ گره و ۴۹۲ کانال مشخص گردید. با توجه به این‌که در شهر بندرعباس ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد به‌منظور اندازه‌گیری میزان رواناب از دستگاه مولینه استفاده شد. از این‌رو قبل از انجام عملیات اندازه‌گیری، با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از مسئولین شهری، مصاحبه حضوری و پیمایش در سطح کل منطقه در زمان بارش‌های قبلی، سرعت

که در آن، V حجم آب در زیر حوضه ( $m^3$ )، hi بارش مازاد (m/s)، A سطح حوضه آبریز ( $m^2$ ). همچنین معادله مانینگ که برای مخزن به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Q = \frac{W}{n} (y - y_p)^{5/3} S^{1/2}$$

که در آن، W پهنای متوسط زیرحوضه آبریز (m)، n ضریب زبری مانینگ زیرحوضه آبریز، yp عمق رواناب (m)، S شیب متوسط زیرحوضه (m/m). از ترکیب رابطه پیوستگی و مانینگ در مخزن غیرخطی (رابطه ۳) یک رابطه دیفرانسیل غیرخطی حاصل می‌شود.

$$\frac{y_2 - y_1}{\Delta t} = \quad (3)$$

$$i - \frac{1.49 W S^{1/2}}{A.n} [y_1 + 0.5 * (y_2 - y_1) - y_p]^{5/3}$$

که در آن،  $\Delta t$  گام زمانی و  $y_1$  عمق در ابتدای گام زمانی است (۴۱).

**داده‌های مورد نیاز مدل:** تعیین مرز حوضه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰، نقشه‌های شهری شامل خیابان‌ها، بلوارها، فضای سبز و ...، بازدیدهای میدانی و نیز با توجه به شیب در نقاط مختلف حوضه انجام شده است. مرز زیرحوضه‌ها بر اساس جهت حرکت جریان آب و شیب زمین مشخص شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات هیدرولوژیکی داده‌ها بر اساس مدل رقومی ارتفاعی (DEM)<sup>۱</sup> با وضوح ۲×۲ متر، در نرم‌افزار ArcGIS V.10.2 استفاده شد. بر اساس DEM شهری، پارامترهای فضایی مانند شیب و جهت محاسبه شد (۴۷). به‌منظور تعیین درصد نفوذپذیری و نفوذناپذیری هر حوضه ابتدا نقشه کاربری اراضی به تفکیک پارک، باغ، باغچه، میدان ورزشی و سطوح

1- Digital Elevation Model (DEM)

مانینگ در مناطق نفوذپذیر و نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی بودند، انتخاب شدند (جدول ۱). دبی اوج سیلاب که مؤثرترین پارامتر در برآورد سیلاب است، به‌عنوان متغیر وابسته در مدل SWMM برای بررسی انتخاب شد. پس از آماده‌سازی داده‌های بارندگی مربوط به ایستگاه سینوپتیک بندرعباس، داده‌های مذکور به همراه سایر اندازه‌گیری‌های انجام شده در منطقه مورد مطالعه به مدل SWMM وارد شد و مقادیر دبی شبیه‌سازی شده به‌دست آمد. سپس مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده مورد مقایسه قرار گرفت.

و ارتفاع رواناب در زمان بارش‌های مختلف در کانال گورسوزان اندازه‌گیری شد. سپس براساس فرمول کالیبراسیون دستگاه، دبی‌های متناظر محاسبه گردید. نمونه‌برداری از رواناب شهری به‌دلیل غیرقابل پیش‌بینی بودن رگبارها و همچنین عدم استفاده از دستگاه‌های ثابت (به‌دلیل کم بودن امنیت) کاری سخت و پرهزینه است (۶). در مجموع در پنج واقعه بارندگی، مقادیر دبی با استفاده از دستگاه مولینه تا زمان اتمام دبی خروجی اندازه‌گیری شد. با توجه به پژوهش‌های گذشته در خصوص پارامترهای مؤثر در شبیه‌سازی جریان حوضه، از بین پارامترهای موجود نه پارامتر که شامل درصد مناطق نفوذناپذیر، شیب، عرض معادل، مساحت زیرحوضه‌ها، ضریب زبری

جدول ۱- مقادیر اولیه و دامنه تغییرات متغیرها برای آنالیز حساسیت مدل SWMM.

Table 1. Initial values and range of variables for analysis of model.

منابع References	مقیاس تغییرات Scale changes	مقادیر اولیه Initial values	پارامتر parameter
4, 48, 28, 39, 41	0.011 – 0.033	0.011	N- مناطق نفوذناپذیر N- impervious
4, 22, 39, 36	0.02 – 0.8	0.19	N- مناطق نفوذپذیر N-pervious
22, 41, 45, 37	5 – 25	25	درصد مناطق نفوذپذیر بدون ذخیره سطحی zero-impervious area/.
4, 22, 38, 48, 41	0.3 – 2.5	1.9	ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر (mm) Dstore-impervious
4, 38, 42, 45	2.5 – 5.1	4.1	ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر (mm) Dstore-pervious
28, 48	30 ±	-	شیب (%) % slope
1, 28	30 ±	-	درصد اراضی نفوذناپذیر % Impervious
38, 28, 45	30 ±	-	عرض معادل (متر) Width(m)
28, 39, 42	30 ±	-	مساحت زیرحوضه (هکتار) sub catchment area(ha)

بعد از شروع بارندگی به کمک مولینه سرعت و توسط اشل ارتفاع رواناب در کانال خروجی اندازه‌گیری گردید. در این مطالعه از پنج واقعه نمونه‌برداری صورت گرفت که سه مورد برای واسنجی و دو مورد برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. ویژگی هر یک از وقایع بارندگی در جدول ۲ آمده است.

هدف از واسنجی حداقل کردن اختلاف بین خروجی پیش‌بینی‌شده و مشاهده شده است و این کار ممکن است به‌وسیله اندازه‌گیری دقیق پارامترها و روش‌های بهینه‌سازی انجام شود (۱۶). برای ارزیابی و واسنجی مدل SWMM رواناب متناظر با هر یک از پنج واقعه بارندگی از خروجی حوضه برداشت شد. طریقه نمونه‌برداری به این صورت بود که ۲۰ دقیقه

جدول ۲- خصوصیات بارش‌های استفاده شده جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWMM.

Table 2. Precipitation characteristics used to calibrate and validate the model.

ارتفاع بارش (میلی‌متر) Rainfall Depth (mm)	مدت تداوم (ساعت) Duration Time (hr)	تاریخ وقوع Date occurrence	ارتفاع بارش (میلی‌متر) Rainfall Depth (mm)	مدت تداوم (ساعت) Duration Time (hr)	تاریخ وقوع Date occurrence
	اعتبارسنجی validation		واسنجی calibration		
24.1	9	1392/10/17	24.5	17	1392/10/30
33.2	2	1394/10/13	111.5	15	1392/12/23
			25.6	10	1394/10/4

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2] * [\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]}} \right]^2 \quad (5)$$

که در آن،  $x_i$  مقدار داده‌های اندازه‌گیری‌شده،  $y_i$  مقادیر شبیه‌سازی‌شده و  $\bar{x}$  میانگین داده‌های اندازه‌گیری  $\bar{y}$  میانگین داده‌های شبیه‌سازی‌شده است.

### نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از آنالیز حساسیت مدل نشان داد که ترتیب پارامترها از حساس‌ترین تا کم‌ترین حساسیت شامل درصد اراضی نفوذناپذیر، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، عرض معادل، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، مساحت زیرحوضه، شیب زیرحوضه، درصد مناطق بدون ذخیره سطحی، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر و ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر می‌باشد. با افزایش میزان

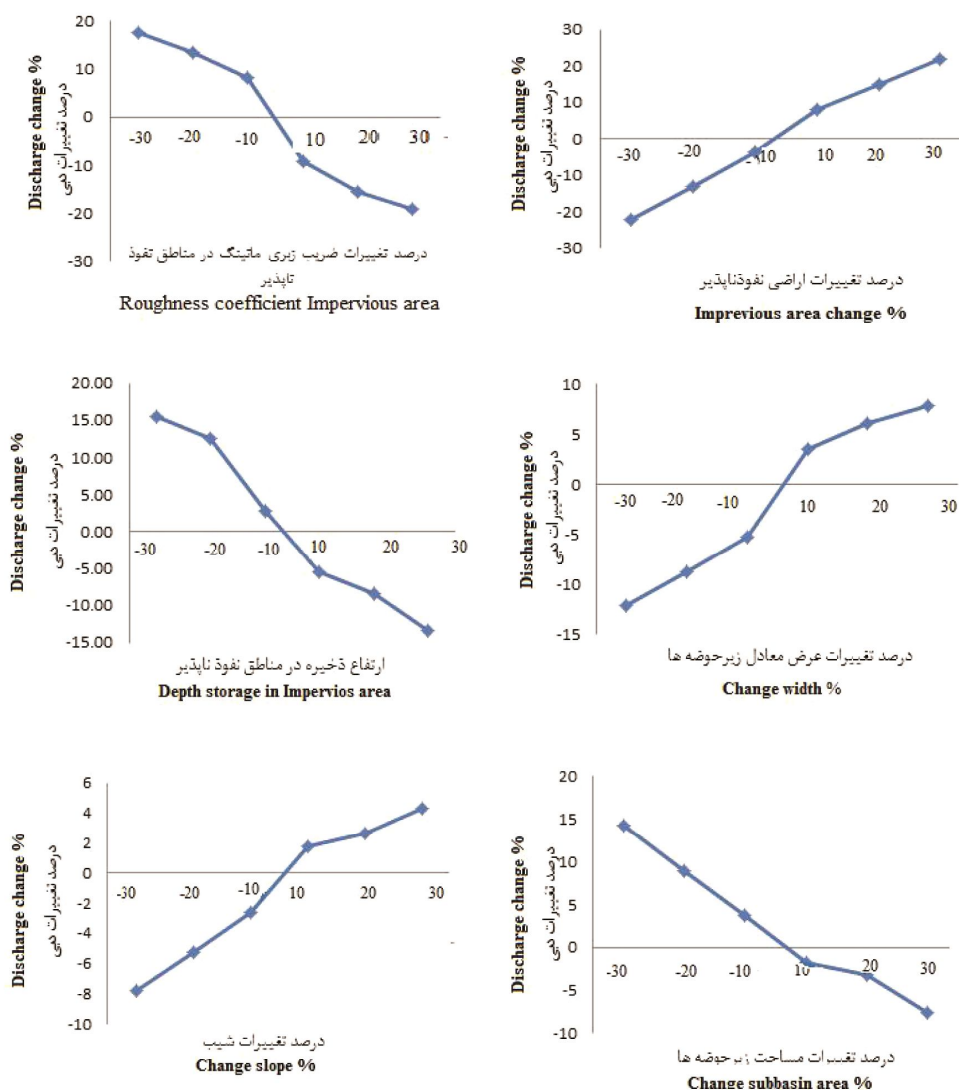
در ادامه میزان تطابق مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی توسط ضریب کارایی نش- ساتکلیف (NS) که وظیفه ارزیابی اجرای صحیح مدل را در امر شبیه‌سازی دبی بر عهده دارد، مورد مقایسه قرار گرفت (رابطه ۴). ضریب کارایی نش- ساتکلیف توسط رابطه زیر مورد محاسبه قرار می‌گیرد:

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \{y_i - x_i\}^2}{\sum_{i=1}^n \{x_i - \bar{x}\}^2} \quad (4)$$

که در آن،  $x_i$  مقدار داده‌های اندازه‌گیری‌شده،  $y_i$  مقادیر شبیه‌سازی‌شده و  $\bar{x}$  میانگین داده‌های اندازه‌گیری‌شده است. یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی کارایی مدل، ضریب تعیین است که نشان‌دهنده قسمتی از تغییرات کل مقادیر مشاهده‌ای است که توسط مقادیر پیش‌بینی‌شده توجیه می‌شود. ضریب تعیین از رابطه زیر (رابطه ۵) محاسبه می‌شود (۲۷).

معکوس دارند و با کاهش آن‌ها، دبی اوج افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال با افزایش و کاهش ۳۰ درصدی مناطق نفوذناپذیر دبی اوج به‌ترتیب افزایش ۲۱/۷۳ درصدی و کاهش ۲۲/۲۲ را نشان داد. از طرفی با افزایش و کاهش ۳۰ درصدی ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر دبی اوج به‌ترتیب به‌میزان ۱۹/۲۵ درصد کاهش و ۱۷/۵۶ درصد افزایش داشته است. نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل و تأثیر آن بر دبی خروجی در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

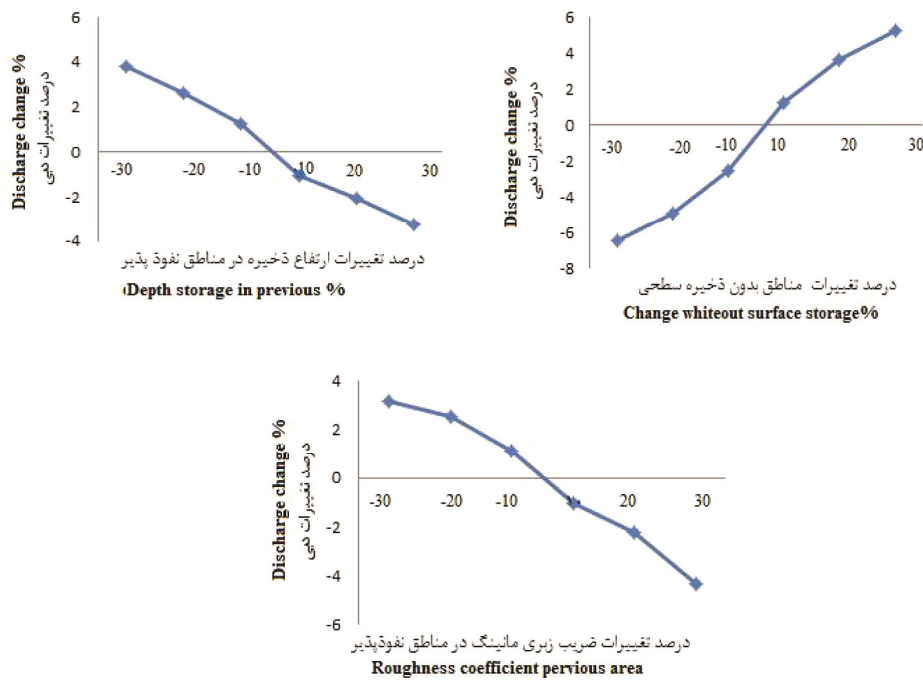
پارامترهای حساس هم‌چون درصد اراضی نفوذناپذیر، عرض معادل، شیب زیرحوضه، درصد مناطق بدون ذخیره سطحی میزان دبی اوج افزایش یافته و این بدین معنی است که این پارامترها با دبی اوج رابطه مستقیم دارند. در صورتی که پارامترهایی با حساسیت کم‌تر هم‌چون مساحت زیرحوضه، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر و ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، با دبی اوج رابطه



شکل ۲- آنالیز حساسیت پارامترهای مدل و تأثیر آن بر دبی.

Figure 2. Sensitivity analysis impact on discharge.





شکل ۳- آنالیز حساسیت پارامترهای مدل و تأثیر آن بر دبی.

Figure 3. Sensitivity analysis impact on discharge.

برای بررسی میزان انطباق بین هیدروگراف شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در مدل بعد از عمل واسنجی استفاده شد. نتایج آماری حاصل از فرآیند قبل و بعد از واسنجی و اعتبارسنجی در جدول ۳ ارائه شده است. هیدروگراف خروجی دبی جریان نمونه‌ای از وقایع واسنجی و اعتبارسنجی در شکل‌های ۴ و ۵ قابل مشاهده است.

بر اساس نتایج آنالیز حساسیت و به ترتیب حساسیت هر یک از پارامترها، در مرحله واسنجی مورد استفاده قرار گرفت سپس میانگین مقادیر واسنجی شده بر اساس دبی جریان وقایع برای مرحله اعتبارسنجی مدل انتخاب گردید. از بین پنج واقعه بارندگی همان‌طور که گفته شد سه واقعه ۱۳۹۲/۱۰/۳۰، ۱۳۹۲/۱۲/۲۳ و ۱۳۹۴/۱۰/۴ برای واسنجی و دو واقعه ۱۳۹۲/۱۰/۱۷ و ۱۳۹۴/۱۰/۱۳

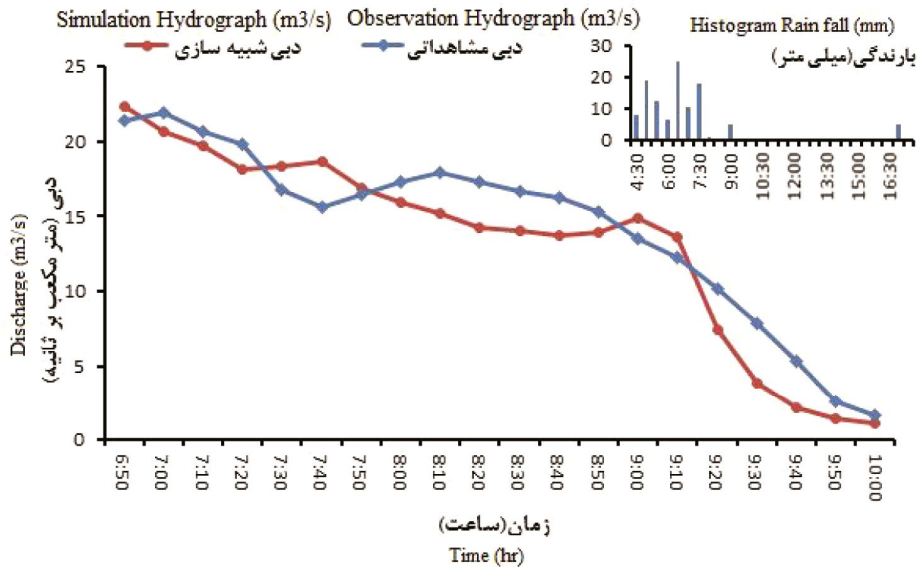
جدول ۳- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWMM در خروجی حوضه.

Table 3. Calibration and validation results of SWMM model output basin.

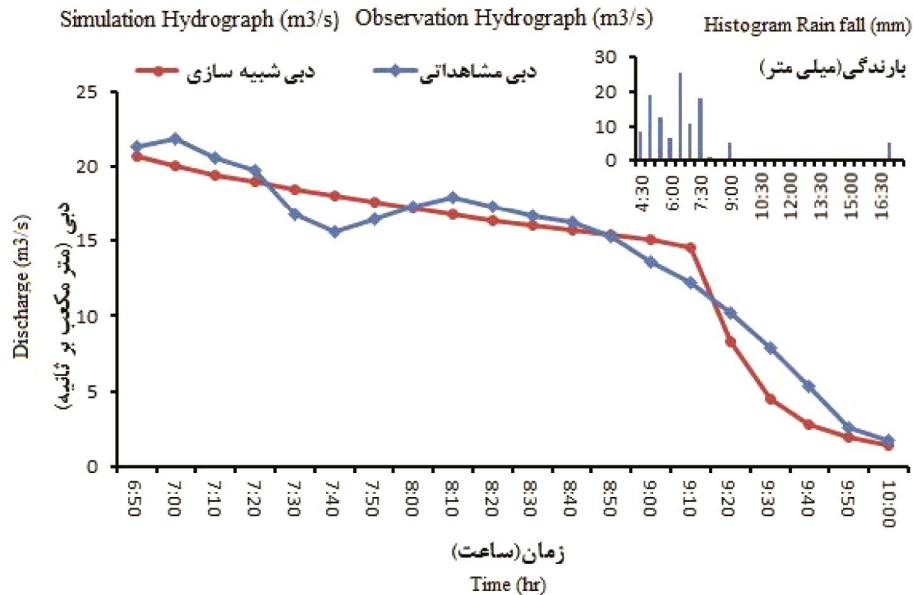
$R^2$	NAS	واسنجی calibration
0.89	0.69	1392/10/30
0.94	0.93	1392/12/23
0.82	0.63	1394/10/4
		اعتبارسنجی validation
0.94	0.76	1392/10/17
0.90	0.83	1394/10/13

اعتبارسنجی مدل برای دو واقعه با حداقل مقادیر NS و  $R^2$  به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۹ کارایی و دقت مدل را تأیید کرد.

نتایج مدل نشان داد شبیه‌سازی دبی در سه واقعه مرحله واسنجی، انطباق خوبی با مقادیر مشاهده‌ای دارد و مقادیر NS و  $R^2$  برای سه واقعه به‌طور متوسط به ترتیب بیش‌تر از ۰/۶ و ۰/۸۲ می‌باشد. نتایج



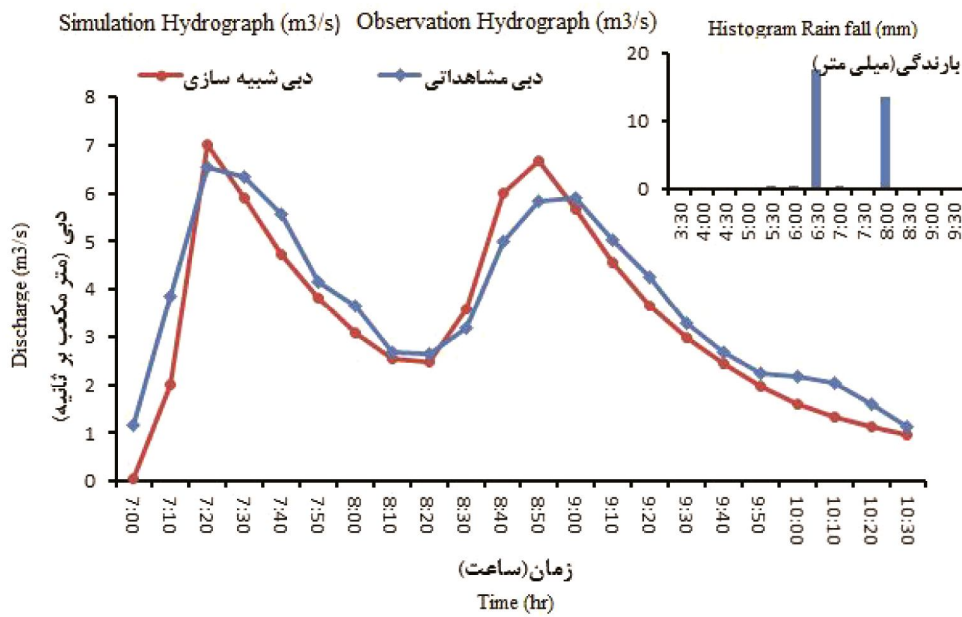
الف



ب

شکل ۴- هیدروگراف شبیه‌سازی و مشاهداتی مورخ ۱۳۹۲/۱۲/۲۳ مربوط به مرحله واسنجی الف: قبل از واسنجی، ب: بعد از واسنجی.

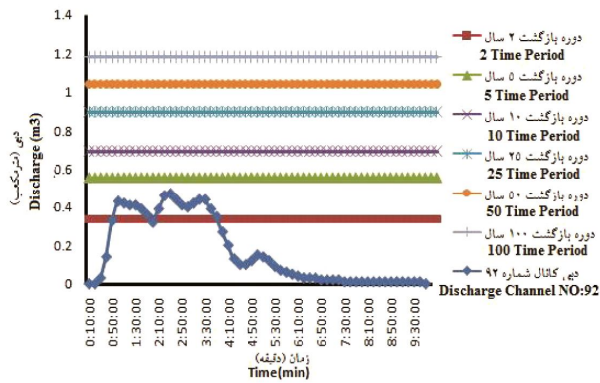
Figure 4. Simulations and observations Hydrograph on 1394/10/4 calibration stage A: before calibration stage; B: after calibration stage.



شکل ۵- هیدروگراف شبیه‌سازی و مشاهداتی مورخ ۱۳۹۴/۱۰/۱۳ مربوط به مرحله اعتبارسنجی.  
 Figure 5. Simulations and observations Hydrograph on 1394/10/13 validation stage.

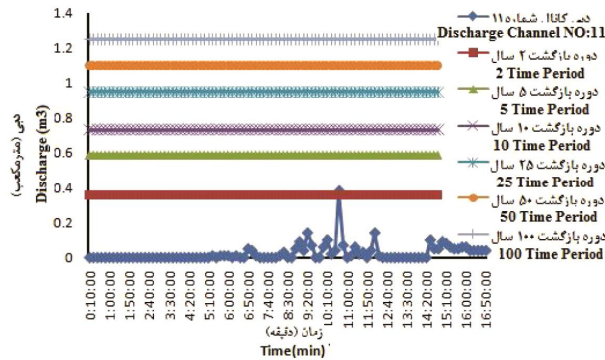
آب‌گرفتنی آن‌ها در طی بازدیدهای میدانی در زمان وقوع بارندگی محرز بوده، کاملاً منطبق با نتایج هیدرولیکی بوده، در واقع کمبود ظرفیت شبکه اصلی در آن کانال‌ها به‌خصوص ورودی خیابان‌های فرعی متصل به خیابان اصلی را نشان می‌دهد. در این مکان‌ها علاوه بر عدم وجود ظرفیت کافی آبگذرها، کمی شیب باعث می‌شود تا آب جاری سرعت و انرژی لازم برای ورود به آبگذر اصلی را نداشته به همین دلیل آب حاصل از بارندگی در ورودی خیابان فرعی جمع شده و مشکلات زیادی را برای رفت‌وآمد عابرین و وسایل نقلیه فراهم کرده است (شکل ۷).

بخش دیگر به‌منظور بررسی کارایی سیستم زهکش شهری موجود در منطقه مورد مطالعه، بارش‌های اندازه‌گیری‌شده در منطقه با بازدیدهای میدانی مقایسه شد و در نهایت میزان آب‌گرفتنی در هر کانال تعیین گردید. با توجه به بررسی‌های میدانی، بخش عمده آب‌گرفتنی‌ها مربوط به نقاط و مکان‌هایی است که هیچگونه مانع ثابت و خاصی که موجب آب‌گرفتنی شود در آن محل وجود ندارد و همچنین محاسبات هیدرولیکی نیز غرقاب‌شدگی آن مکان‌ها را تأیید نمی‌کند، علت اصلی آب‌گرفتنی این مکان‌ها انباشت موقت زباله و ضایعات ساختمانی به‌خصوص در ورودی زیرگذرها که به شکل باکس بوده است (شکل ۶). برخی دیگر از محل‌هایی که



شکل ۶- نمایی از آب‌گرفتگی کانال شماره ۹۲ ناشی از تجمع انباشت زباله.

Figure 6. A view of the flooded channel (92) due to the accumulation of waste.



شکل ۷- نمایی از آب‌گرفتگی و پس زدن آب ناشی از عدم ظرفیت مناسب کانال شماره ۱۱.

Figure 7. View of flooding and water rejection due to lack of capacity channel (11).

میزان اراضی نفوذناپذیر، دبی اوج تا ۶ درصد کاهش می‌یابد. همچنین کاهش ۱۰ درصدی شیب، میزان دبی اوج را تا ۲/۶ درصد کاهش می‌دهد. مقادیر به دست آمده برای ضریب نش- ساتکلیف اگر در بازه  $0.75 < NS < 0.65$  باشد نشان‌دهنده شبیه‌سازی خوب و  $NS > 0.75$  نشان‌دهنده شبیه‌سازی خیلی خوب مدل رواناب است (۱۳، ۱۹ و ۳۵). مقدار ضریب تعیین بین صفر تا یک متغیر است، چنان‌چه همه مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده مساوی باشند مقدار ضریب تعیین برابر یک می‌باشد (۲۷). نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی پنج واقعه بارندگی (ضریب NS بین  $0.63 - 0.93$  و ضریب  $R^2$  بین  $0.82 - 0.94$ ) نشان داد انطباق قابل‌ملاحظه‌ای بین رواناب

## بحث و نتیجه‌گیری

در بین عوامل یادشده بیش‌ترین تأثیر مربوط به پارامترهای درصد اراضی نفوذناپذیر ( $NS=0.73$ )، شیب ( $NS=0.64$ ) و عرض معادل ( $NS=0.54$ ) است. نتایج به دست آمده با یافته‌های (۱، ۲، ۱۵ و ۴۱) مطابقت دارد. فضاهای باز مثل پارک‌ها، زمین‌های بایر و یا هر فضای سبز دیگری، مکان مناسبی برای انتقال سیلاب یک منطقه خاص به آن‌جا می‌باشد و به نظر می‌رسد با تغییرات کوچک هندسی در خیابان‌ها و محله‌ها می‌توان سطح نفوذپذیر منطقه را افزایش داد که در نتیجه آن زبری این مناطق نیز افزایش یافته و میزان دبی اوج این مناطق را به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. به‌عنوان مثال با کاهش ۱۰ درصدی

بندرعباس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شهرهای ساحلی ایران از جنبه‌های اقتصادی، استراتژیکی و توریستی در جنوب ایران و شمال تنگه هرمز قرار دارد. این منطقه به‌دلیل متأثر بودن از سیستم مانسونی دارای بارش‌هایی با شدت بالا و مدت کوتاه است. با توجه به‌وجود این نوع از بارش‌ها در شهر و عدم وجود ایستگاه هیدرومتری یا هر پایگاهی برای اندازه‌گیری و ثبت دبی سیلاب، مدل مدیریت رواناب شهری SWMM به‌همراه اندازه‌گیری‌های صحرائی انجام‌شده توانست براساس نتایج حاصله از آنالیز حساسیت، پارامترهای حساس در مبحث رواناب شهری را در اختیار قرار دهد. مسلماً این اطلاعات می‌تواند در مبحث اصلاح و بهبود شرایط منطقه، نقشه راه اقدامات مناسب اصلاحی از سوی دستگاه‌های مربوطه را تبیین نماید که این نتیجه مطابق با یافته‌های (۶) و (۷) است.

شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌ای وجود دارد و این نشان‌دهنده این است که مدل SWMM دقت مورد نیاز برای شبیه‌سازی رواناب شهری را دارد و می‌توان از این مدل برای طرح‌های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی رواناب شهری در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود که با یافته‌های (۶، ۷، ۱۷، ۱۸، ۳۴، ۴۱ و ۴۵) مطابقت دارد. علاوه بر این می‌توان از نتایج به‌دست آمده در فرآیند واسنجی برای برآورد مقدار بهینه پارامترها و همچنین در مناطقی که از لحاظ همگنی، مشابه منطقه موردنظر هستند، استفاده نمود (۱۲). با توجه به قابلیت‌های مدل SWMM در برآورد رواناب و توانایی مدل در ارائه خروجی‌های متنوع، می‌توان نتیجه گرفت که مدل SWMM انعطاف‌پذیری قابل‌قبولی برای ترکیب با مدل‌های دیگر را دارد (۱۴ و ۲۹) و می‌توان از هیدروگراف جریان در هر بخش به‌عنوان ورودی برای مدل‌های دیگر استفاده نمود (۲۰ و ۲۳). شهر ساحلی

### منابع

1. Abdul-Aziz, O., and Al-Amin, S. 2015. Climate, land use and hydrologic sensitivities of storm water quantity and quality in a complex coastal-urban watershed. *Urban Water J. Pub. online*: 03 Jan 2015.
2. Ahmadian, M. 2012. Urban runoff study using SWMM model in order to reduce the risk of flood (Case study: new city Hashtgerd). M.Sc. Thesis. Islamic Azad University, 150p.
3. Akan, O. 2002. Storm hydrology in urban areas. Boroomand Nasab, S. Ahvaz Univ. Press, 328p.
4. Barco, J., Wong, K.M., Stenstrom, M.K., and ASCE, F. 2008. Automatic Calibration of the U.S. EPA SWMM Model for a Large Urban Catchment. *J. Hydr. Engin. Vol. 134, No. 4, April 1, 2008. ©ASCE, ISSN 0733-9429/2008/4-466-474/\$25.00.*
5. Bach, P.M., McCarthy, D.T., and Deletic, A., 2010. Redefining the storm water first flush phenomenon. *Water Research*. 44: 8. 2487-2498.
6. Badiezadeh, S., Bahremand, A.R., Dehghani, A.A., and Noura, N. 2015. Urban flood management by simulation of surface runoff using SWMM model in Gorgan city, Golestan Province-Iran. *J. Water Soil Cons. Pp: 155-170. http://jwsc.gau.ac.ir.*
7. Badieizade, S., Bahremand, A.R., and Dehghani, A.A. 2016. Calibration and Evaluation of the Hydrologic- Hydraulic Model SWMM to Simulate Runoff (Case study: Gorgan). *J. Water. Manage. Res. Pp: 1-10.*
8. Braud, I., Fletcher, T.D., and Andrieu, H. 2013. Hydrology of Peri-Urban catchments: processes and modeling. *J. Hydrol.* 485: 1-4.
9. Burns, M.J., Fletcher, T.D., Walsh, C.J., Ladson, A.R., and Hatt, B.E. 2012. Hydrologic shortcomings of conventional urban storm water management and opportunities for reform. *Landscape and Urban Planning.* 105: 3. 230-240.

10. Beven, K., Pappenberger, F., and Ratto, M. 2008. Multi – Method global sensitivity analysis of flood in undation models. *Advances in Water Resources*. Pp: 1-14.
11. Chow, V.T. 1988. *Applied Hydrology*. Mc Graw-Hill, 569p.
12. Choi, K.S., and Ball, J. 2002. Parameter estimation for urban runoff modeling, *Urban Water* 4: 31-41.
13. De Almeida, I.K., Almeida, A.K., Steffen, J.L., and Sobrinho, T.A. 2016. Model for Estimating the Time of Concentration in Watersheds. *Water Resour Manage*. DOI 10.1007/s11269-016-1383-x.
14. Dongquan, Z., Jining, C., Haozheng, W., Qingyuan, T., Shangbing, C., and Zheng, S. 2009. GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchment-discretization approach, (Case study in Macau). *Environ. Earth Sci*. 59: 465-472.
15. Dalir, A. 2009. Simulated rainfall at the time of the sewerage network using the integrated MIKE SWMM and Arc view model (Case study: part of sewerage network Mashhad city). M.Sc. Thesis. Ferdowsi University, 195p.
16. Geberemariam, T.K. 2015. Urban Drainage Infrastructure Design Model Calibration and Output Uncertainty Minimization, Are Model Users Pursuing Accuracy and Model Calibration? *Inter. J. Sci. Engin. Res. (IJSER)*. 3: 11. 2347-3878.
17. Khalghi, A. 2010. Simulation of Flow Hydrograph Using SWMM Model and Predict the Effects of Watershed Management Practices in Dry River Shiraz. The Master Sheet, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 128p.
18. Lei, J., Yangbo, C., and Huanyu, W. 2015. Urban flood simulation based on the SWMM model. *Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources*. IAHS Publ. 368p.
19. Li, C., Wang, Xiong, J.Z., and Chen, P. 2014. Sensitivity Analysis for Urban Drainage Modeling Using Mutual Information. *Entropy*. 16:5738-5752. doi: 10.3390/e16115738.
20. Lin, S.S., Hsieh, S.H., Kuo, J.T., Liao, Y.P., and Chen, Y.C. 2006. Integrating legacy components into a software system for storm sewer simulation. *Environmental Modeling & Software*. 21: 1129-1140.
21. Mentens, J., Raes, D., and Hermy, M. 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape Urban Plan*. 77: 217-226.
22. Mays, L.W. 2011. *Water Resources Engineering*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
23. Mosbahi, M., Benabdallah, S., and Boussema, M.R. 2014. Sensitivity analysis of a GIS-based model: A case study of a large semi-arid catchment. *Earth Sci Inform*. DOI 10.1007/s12145-014-0176-0.
24. Moriasi, D.N., Arnold, J., Van Liew, M.W., Binger, R.L., Harmel, R.D., and Veith, T. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Trans. Am. Soc. Agric. Biol. Eng*. 50: 3. 885-900.
25. Massachusetts Department of Conservation and Recreation (MA DCR). 2010. Effectiveness of environmentally sensitive site design and low-impact development on storm water runoff patterns at part ridge berry place LID subdivision in Ipswich, ma. Geosyntec consultants. 289 Great Road, Suite 105, Acton, Massachusetts 01720.
26. Moafie, A. 2012. The optimized design based on the characteristics of each watershed flood Return (Case study: west Tehran flooding return). M.Sc. Thesis. Tehran University, 127p.
27. Nohegar, A., and Yamani, M. 2006. The coastal Geomorphology of East Hormoz Strait Whit Focus on Wind Erosion. Hormozgan University press, 250p.
28. Natural Resources Conservation Service (NRCS). 2008. *National Engineering Handbook*. Part 630, Hydrology; U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
29. Palanisamy, B., and Chui, T.F.M. 2015. Rehabilitation of concrete canals in urban catchments using low impact development techniques. *J. Hydrol*. 523: 309-319.
30. Petroselli, A., Grimaldi, S., and Romano, N. 2013. Curve-Number/Green-Ampt Mixed Procedure for Net Rainfall Estimation: A Case Study of the Mignone Watershed, IT. *Procedia Environmental Sciences*. 19: 113-121.

31. Phillips, B.C., Yu, S., Thompson, G.R., and Silva, N. 2005. 1D and 2D Modeling of urban drainage systems using XP-SWMM and TUFLOW, 10<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/Denmark, 21-26 August 2005, 8p.
32. Pluntke, T., Pluntke, D., and Bernhofer, C. 2014. Reducing uncertainty in hydrological modeling in a data sparse region. *Environ Earth Sci.* 72: 4801-4816.
33. Pyke, C., Warren, M.P., Johnson, T., James, Jr., LaGro, J.Jr., Scharfenberg, J., Groth, P., Freed, R., Scheoer, W., and Main, E. 2011. Assessment of low impact development for managing storm water with changing precipitation due to climate change. *Landscape Urban Plan.* 103: 166-173.
34. Qin, H.P., Li, Z.X., and Fu, G. 2013. The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics. *J. Environ. Manage.* 129: 577-585.
35. Rosa, D.J., Clausen, J.C., and Dietz, M.E. 2015. Calibration and Verification of SWMM for Low Impact Development. *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*. 1-12. DOI: 10.1111/jawr.12272.
36. Shen, J., and Zhang, Q. 2014. Parameter Estimation Method for SWMM under the Condition of Incomplete Information Based on GIS and RS. *EJGE*. Pp: 6095-6108.
37. Salajegheh, A., Forootan, E., Mahdavi, M., Ahmadi, A., Sharifi, F., and Malek Mohammadi, B. 2012. Runoff Estimation in Urban Watersheds by Analytical Models (Case study: The Part of District No.22 of Tehran City). *Water and wastewater*. Pp: 47-56.
38. Shahbazi, A. 2011. Urban storm water management to reduce the risks of using SWMM model (Case study: Mahdasht city). M.Sc. Thesis. Tehran University. 158p.
39. Rossman, L.A. 2010. Storm Water Management Model User's Manual, Version 5.0. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency.
40. Rossman, L.A. 2009. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0. EPA/600/R-05/040, National Risk Management Research Laboratory. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
41. Rossman, L.A. 2005. Storm Water Management Model user manual. National Risk Management Research Laboratory, Office of Research & Development United States Environmental Protection Agency.
42. Rostami Khalaj, M., Mahdavi, M., Khalighi Sigarodi, Sh., and Salajeghe, A. 2012. Sensitivity Analysis of Variables Affecting on Urban Flooding Using SWMM Model. *J. Water. Manage. Res.* Pp: 81-91.
43. Szöllösi-Nagy, A., and Zevenbergen, C. 2004. Urban Flood Management. Taylor & Francis Publishers, London (UK).
44. Soil Conservation Service (SCS). 1972. *National Engineering Handbook*, Section 4, Hydrology; U.S. Department of Agriculture, Washington D.C.
45. Tikkanen, H. 2013. Hydrological modeling of a large urban catchment using a stormwater management model (SWMM). M.Sc. Thesis. Aalto University, 165p.
46. Wu, J.B., Guo, K.Z., Wang, M.X., and Xu, B. 2011. Research and extraction of the hydrological characteristics based on GIS and DEM. *Proceedings of the 2011 IEEE 2<sup>nd</sup> International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering*. Wuhan, Pp: 371-374.
47. Winz, I., Brierley, G., and Trowsdale, S. 2011. Dominant perspectives and the shape of urban storm water futures. *Urban Water J.* 8: 6. 337-349.
48. Zoppou, C. 2001. Review of urban storm water models, *Environmental Modeling & Software*. 16: 195-231.



## **Assessment and Sensitivity analysis quantity of runoff and drainage system in coastal urban area (Case study: Bandar Abbas coastal city)**

**\*M. Heydarzadeh<sup>1</sup>, A. Nohegar<sup>2</sup>, A. Malekian<sup>3</sup> and A. Khurani<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Watershed Management Science and Engineering, University of Hormozgan,  
<sup>2</sup>Professor, Faculty of Environmental, University of Tehran, <sup>3</sup>Associate Prof., Faculty of Natural Resources,  
University of Tehran, <sup>4</sup>Associate Prof., Dept. of Geography, University of Hormozgan

Received: 11/03/2016; Accepted: 08/16/2017

### **Abstract**

**Background and Objectives:** In urban catchment because of developed conditions, the amount of impervious area increases which tends to increase runoff volume, peak discharge rate and decrease of infiltration volume. Increase in impervious surfaces to reduce the influence on subsurface flow and base flow or flow of dry air is both concrete and natural channel. In Bandar Abbas city measured and recorded flood in the region is particularly important because of the lack of hydrometric station or any base to measure and record flood. The main objective of the study was evaluate the status of surface water collection system is part of Bandar Abbas city by SWMM model. Addition to investigating flood, weaknesses identified in the network to collect surface runoff Moreover, the critical parameters in the model were determined.

**Materials and Methods:** In the first for runoff simulation and to determine sensitive point flooded was used of SWMM Model. The coefficient of determination ( $R^2$ ) and Nash Sutcliffe (NS) for calibration and validation the model were used in five events 2014/01/19; 2015/03/11; 2015/12/25; 2014/01/07 and 2016/01/03. Depth and velocity measured in outlet basin by current meter gauging. Also to determine sensitive point flooded of Bandar Abbas city used of way measured field with help Eshel. In order to sensitivity analysis were evaluated nine effective parameters in the model using Nash-Sutcliffe (NS).

**Results:** The results showed that the most sensitive Respectively parameters based on the coefficient NS impervious present area, Roughness coefficient impervious area, width, Storage the depth of impervious areas, sub basin areas, slope percent, Storage areas percent without surface, Storage the depth of pervious areas and Roughness coefficient pervious area. The results obtained from model calibration (respectively calibration average coefficient NS 0.75 and coefficient  $R^2$  between 0.83) showed good agreement with the observed data. Validation results (mean coefficient NS 0.79 and coefficient  $R^2$  between 0.92) showed high accuracy for this area. It was found flooding in some areas was due to lack of adequate capacity conduit. However In some places model confirms that sufficient channel capacities, There were flooding due to the blockage Rubbish is in these places.

**Conclusion:** The results evaluate showed discharge runoff simulation and estimated SWMM model has a good compliance (adapt ate). According to the ability of each sub-basin runoff simulation model and determine the critical points of this model is suitable to be used in city areas without Hydrometrics station. But the model must be calibrated. So we can use this model to predict the risk of flooding, design and estimate the amount and cost of drainage, urban coastal watershed management and prioritizing fixing the problem areas to be flooded.

**Keywords:** Storm, Urban runoff, Bandar Abbass, SWMM model, Channel flooded

---

\* Corresponding Author; Email: m.heydarzade88@yahoo.com