

## مقایسه دو الگوی بارش یکنواخت و بلوک تناوبی در ارزیابی سیستم جمع‌آوری رواناب به منظور کنترل سیلاب در مناطق پرتراکم شهری با استفاده از نرم‌افزار ASSA (مطالعه موردی: حوضه چهل بازه گلستان مشهد)

فاطمه قبادی<sup>۱</sup>، سعیدرضا خداشناس<sup>۲\*</sup>، ابوالفضل مساعدی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۱۷

### چکیده

به دلیل افزایش سطوح نفوذ ناپذیر در شهرها، حجم رواناب در زمان بارندگی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد و باعث سرریز شدن کانال‌ها و جوی‌های انتقال‌دهنده رواناب و بروز مشکلات فراوانی در سطح شهر می‌شود. یکی از ورودی‌های اصلی مدل‌های شبیه‌ساز سیلاب در حوضه‌های شهری، الگوی توزیع زمانی بارش است که در حیطه شبیه‌سازی بارش-رواناب کاربرد داشته و مشخصات هیدرولیکی جریان در مجاری انتقال‌دهنده اعم از روباز و سرپوشیده را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. روش‌های متعددی برای تعیین الگوی توزیع زمانی بارش ارائه شده است. در تحقیق حاضر، الگوهای بارش در حوضه چهل بازه گلستان مشهد مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا، از نرم‌افزارهای Arc Map و ASSA جهت مدل‌سازی استفاده شد. حوضه‌بندی صورت گرفته بر مبنای شرایط موجود و در محیط AutoCAD و Arc Map انجام گردید. همچنین، پارامترهای هندسی حوضه از جمله مساحت زیرحوضه‌ها، طول کانال‌ها، شیب و دیگر خصوصیات به کمک Arc Map محاسبه شد. برای توزیع زمانی بارندگی برای بارش طرح، از الگوهای بارش یکنواخت و بلوک تناوبی استفاده شد و برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال کفایت سیستم برای انتقال رواناب بررسی گردید. نتایج نشان داد که الگوی بارش نقش مهمی در میزان رواناب حوضه ایفا می‌کند. روش بلوک تناوبی برای دوره بازگشت ۲ سال به میزان ۳۳ درصد نسبت به الگوی بارش یکنواخت افزایش رواناب را نتیجه داد. همچنین، در روش بلوک تناوبی، زمان اوج هیدروگراف رواناب خروجی حوضه ۲۹ درصد نسبت به روش بارش یکنواخت کاهش پیدا کرد و حجم رواناب خروجی ۱۷ درصد افزایش را نشان داد. به‌طور کلی می‌توان گفت در مناطق شهری با توجه به تنوع در کاربری اراضی و حوضه‌بندی‌های متفاوت، روش بارش یکنواخت به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای هندسی حوضه‌ها، نتایج بهتری در مقایسه با روش بلوک تناوبی ارائه می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی بارش، روش بلوک تناوبی، روش بارش یکنواخت، سیلاب، نرم‌افزار ASSA

### مقدمه

کل رواناب، میزان تغذیه ناشی از بارش، مقدار اوج سیلاب‌ها و کیفیت آب شده است (برومند نسب و جلالوند، ۱۳۹۰). تغییرات طبیعی، در مدت زمان بسیار طولانی صورت می‌گیرد. اما توسعه شهری که توسط بشر ایجاد می‌شود در مدت زمان اندکی، تغییرات وسیعی در محیط طبیعی ایجاد کرده و به دنبال آن تغییرات شدیدی بر سیکل هیدرولوژی طبیعی منطقه تحمیل می‌کند. افزایش سطوح نفوذناپذیر حوضه که ناشی از احداث انواع سازه‌ها بر خاک‌های نفوذپذیر می‌باشد منجر به کاهش توانایی حوضه در جذب بخشی از بارندگی و در نتیجه افزایش حجم کل رواناب‌ها می‌شود (طاهری بهبهانی و بزرگ زاده، ۱۳۷۵). الگوی توزیع زمانی بارش در امر شبیه‌سازی هیدرولوژیک حوضه آبریز کاربرد فراوانی داشته و به عنوان ورودی اساسی در مدل‌های بارش - رواناب به منظور منتج شدن به نتایج دقیق‌تر ضروری

رشد جمعیت، توسعه شهری و صنعتی شدن جوامع تأثیرات نامطلوبی در هیدرولوژی حوضه‌های آبریز می‌گذارد و موجب تشدید سیلاب‌ها، افزایش آلودگی در پایین‌دست، کاهش جریان‌های پایه و همچنین کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌شود. به بیان دیگر، تحولات هیدرولوژیک ناشی از توسعه شهرها و شهرسازی و نحوه تغییر در کاربری اراضی در حوضه‌های شهری منجر به تغییر حجم

۱- کارشناسی ارشد، سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
(\*- نویسنده مسئول: Email: khodashenas@um.ac.ir)

می‌باشد (تلوری و قنبریور، ۱۳۸۲). روش‌های مختلفی جهت تعیین الگوی توزیع زمانی بارش توسط محققین ارائه گردیده است. مطالعاتی نیز در این راستا در سراسر دنیا صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود. صمدیان و حصارلی (۱۳۹۱) با استفاده از مدل STMC شبکه جمع آوری و دفع آب‌های سطحی منطقه اشنویه را مورد بررسی قرار دادند و ابعاد تیپ بهینه برای کانال‌هایی که دچار آب گرفتگی شده بودند را برای منطقه مورد مطالعه ارائه کردند. رستمی خلج و همکاران (۱۳۹۴) مدل SWMM<sup>۱</sup> را به منظور شبیه‌سازی رواناب منطقه شهرک امام علی مشهد مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده ساگازی خوب بین دبی و عمق رواناب شبیه‌سازی شده و مشاهده‌ای بود. رضایی و همکاران (۱۳۹۶) از مدل SWMM جهت ارزیابی سیستم زهکش رواناب منطقه ۹ شهرداری مشهد استفاده کردند و راهکارهایی جهت اصلاح مقاطعی که دچار آب‌گرفتگی شده بودند ارائه نمودند. خانی و مغربی (۱۳۹۶) با استفاده از GIS<sup>۲</sup> اقدام به بررسی رواناب شهر نیشابور برای دو دوره بازگشت ۲ و ۵ سال نموده و مناطق آب‌گرفتگی را شناسایی کردند. همچنین، نقشه پهنه‌بندی سیلاب را جهت اقدامات پیشگیرانه در شرایط اضطراری به شهرداری منطقه ارائه کردند. فیوتزل و همکاران، با استفاده از مدل هیدرولوژیک LISFLOOD-FD و تصاویر ماهواره LIDAR<sup>۳</sup> با قدرت تفکیک زیاد، اقدام به تهیه نقشه سیلاب‌گرفتگی شهر الستر در انگلستان کردند. نتایج نشان داد که با توجه به تفاوت ناگهانی ارتفاع ساختمان‌ها و درختان در نزدیکی خیابان، تخمین دقیق در تصاویر ماهواره‌ای مشکل است. لذا برای افزایش دقت باید از مقاطع عرض خیابان اطلاع داشت تا بتوان نقشه آب‌گرفتگی را با صحت بیشتری فراهم کرد (Fewtrell et al., 2010). کاترین و همکاران به مدل‌سازی سه حوضه با مشخصات فیزیکی متفاوت به مساحت ۱/۳ تا ۱/۹ کیلومتر مربع با استفاده از SWMM در تگزاس پرداختند. در این پژوهش، به بررسی سه تیپ منطقه بصورت ۱- منطقه مسکونی بسیار قدیمی که پیش از تنظیم قوانین کنترل سیلاب توسعه پیدا کرده است، ۲- منطقه مسکونی قدیمی که بعد از قوانین کنترل سیلاب توسعه یافته است و همچنین مناطق مسکونی توسعه یافته جدید پرداختند. نتایج مدل‌سازی آن‌ها نشان داد که مشخصه‌های کمی شبکه زهکشی منطقه با سن توسعه تغییر پیدا می‌کند و مشخصه‌های کیفی شبکه زهکشی منطقه با نوع و شیوه توسعه، تغییر پیدا می‌کند (Katherine et al., 2010). میلر و همکاران ضمن بررسی منطقه‌ای در انگلستان به این نتیجه رسیدند که مناطقی با سیستم زهکشی مصنوعی در مقابل مناطق کمتر توسعه یافته راندمان بالاتری دارند و قادر به کنترل رواناب و کاهش اوج سیلاب به میزان بیشتری هستند

می‌باشد (Miller et al., 2014). جین و همکاران، به کمک مدل SWMM به تخمین پارامترهای زیرحوضه‌ها برای مدیریت سیلاب شهری پرداختند. شبیه‌سازی مدل بارش - رواناب برای بارشی به مدت سه روز نشان داد که میانگین ضریب رواناب برای زیرحوضه‌های شهری (توسعه یافته) که به طور مستقیم به شبکه زهکشی متصل هستند ۰/۹۲ است؛ در صورتی که این ضریب برای زیرحوضه‌های شهری که به طور مستقیم به سیستم زهکشی متصل نیستند ۰/۸۸ را نتیجه می‌دهد (Jain et al., 2015). وانگ و همکاران با استفاده از SWMM مقادیر کمی و کیفی جریان رواناب در پاسخ به تغییر اقلیم و شهرسازی در دو شهر کاملاً توسعه یافته را شبیه‌سازی کردند. نتیجه مدل‌سازی نشان داد که مقادیر کمی و کیفی جریان رواناب نسبت به شهرسازی حساسیت بیشتری نشان می‌دهد و این پارامتر نسبت به تغییر اقلیم تأثیرگذارتر است (Wang et al., 2017). در سال‌های اخیر، با افزایش روند رو به رشد توسعه و گسترش شهرها و افزایش درصد مناطق نفوذناپذیر، سیلاب شهری به یکی از مهم‌ترین عناوین در آبخیزداری شهری تبدیل گشته و پژوهش‌های متعددی در تمام دنیا در این زمینه مهم در حال انجام است. در شهر مشهد، حوضه‌های آبریز آب و برق و اقبال شرقی در مبحث سیلاب شهری به دفعات مورد بررسی قرار گرفته‌اند اما حوضه آبریز چهل‌بازه در مشهد جزو مناطقی است که به مدل‌سازی سیلاب شهری در آن پرداخته نشده است. از این رو، در این پژوهش، به مدل‌سازی سیلاب شهری با استفاده از نرم افزار ASSA<sup>۴</sup> با استفاده از الگوهای بارش یکنواخت و بلوک تناوبی پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول ۵۹ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و میانگین ارتفاع حدود ۹۷۰ متر در قسمت مرکزی استان خراسان رضوی قرار دارد. این شهر دارای اقلیم سرد و خشک و با متوسط بارندگی سالانه ۲۳۳/۸ میلی‌متر می‌باشد (پورتال اداره کل هواشناسی خراسان رضوی، ۱۳۹۷). شهر مشهد با وسعت ۲۲۰ کیلومتر مربع، ۲۱ مسیل (کال) را در خود جای داده و کانال‌های اصلی هدایت آب‌های سطحی هم در آن بالغ بر ۳۰ مورد است. محدوده مورد مطالعه در تحقیق حاضر حوضه کال چهل‌بازه گلستان نام دارد که در تقسیم‌بندی شهری جزو منطقه ۱۰ شهرداری مشهد محسوب می‌شود (شکل ۱). این منطقه که حد واسط بین کشف‌رود و ارتفاعات جنوبی است از شمال-غرب به بلوار میثاق، از شمال-شرق به جاده قدیم قوچان و از جنوب به بزرگراه امام علی

1- Storm Water Management Model

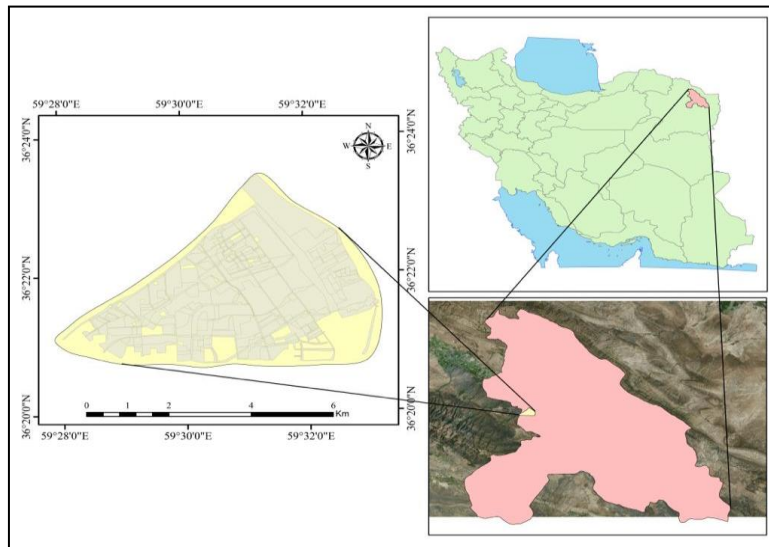
2- Geographic Information System

3- Light Detection And Ranging

4- Autodesk Storm and Sanitary Analysis

کال نادری و قره‌خان) نقش فاضلابروهایی را دارند که به دلیل حساسیت‌های بهداشتی به وجود آمده برخی از آن‌ها (دو مسیل آخر) به شکل سرپوشیده درآمده‌اند. مسیل چهل‌بازه با نقش غربی- شرقی به دلیل اتصال ورودی آن به حوضه آبریز بنگلستان از استثنایایی به شمار می‌رود که نقش فاضلابرو به خود نگرفته است.

منتهی می‌شود. مسیل چهل‌بازه در این منطقه قرار گرفته است که در جهت غرب به شرق از منطقه قاسم آباد عبور می‌کند. این کال (مسیل) که محل عبور سیلاب‌های ارتفاعات طرقله، وکیل آباد و اطراف آن است و قاسم آباد را به یک پهنه سیلابی تبدیل کرده است، در پایین‌دست حوضه آبریز بند گلستان قرار دارد. مسیرهایی که دارای روند غربی- شرقی در شهر بوده‌اند (آب و برق، اقبال جنوبی،



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

محسوب می‌شود. در این روش، امکان محاسبه هیدروگراف در مسیل‌ها و شبکه‌های آب‌های سطحی به صورت جریان آزاد و تحت فشار وجود دارد. مدل EPA SWMM هیدروگراف ناشی از بارندگی در سطح زیرحوضه‌ها را تعیین کرده و آن را به صورت مخزن غیرخطی در زیرحوضه‌های کوچک و کانال‌ها روند یابی می‌کند (خانی و مغربی، ۱۳۹۶). به منظور شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی از مدل بارش-رواناب برای مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی استفاده شده است. همچنین، به منظور روندیابی جریان، مدل موج دینامیکی به واسطه دقت بالا انتخاب شد. از معادله مانینگ برای بیان رابطه بین نرخ تغییرات دبی، سطح مقطع، شعاع هیدرولیکی و شیب در تمام آبگذرها استفاده می‌شود. معادلات حاکم بر جریان متغیر تدریجی و غیر دائمی در آبگذرهای مدل EPA SWMM معادلات بقای جرم و مومنوم (معادلات سنت و نانت) است که در روابط ۱ و ۲ ارائه شده است.

$$\partial A / \partial t + \partial Q / \partial x = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + g.A.S_f + g.A.h_L = 0 \quad (2)$$

جهت مدل‌سازی و تحلیل پدیده آب‌گرفتگی وجود دو نوع

اطلاعات پایه‌ای، ضروری است. نوع اول توسط Arc

#### معرفی نرم افزار ASSA

مدل ASSA یک بسته مدل‌سازی پیشرفته، قدرتمند و جامع برای تحلیل و طراحی سیستم‌های زهکشی و رواناب شهری است. به منظور ارزیابی کیفیت سیستم جمع‌آوری رواناب در مطالعه حاضر از مدل هیدرولوژیک EPA SWMM<sup>1</sup> در این نرم افزار استفاده شده است.

#### معرفی مدل EPA SWMM

مدل EPA SWMM توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا برای پیش‌بینی کیفیت آب رودخانه و به منظور شبیه‌سازی پدیده‌های کمی و کیفی مرتبط با سیلاب طی سال‌های ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۱ تهیه گردید. در این نرم‌افزار، با استفاده از اطلاعات هواشناسی (مانند بارش، میزان تبخیر و ...)، مشخصات فیزیکی حوضه آبریز و زهکش‌های حوضه، هیدروگراف خروجی از حوضه شبیه‌سازی می‌شود. EPA SWMM یکی از پیشرفته‌ترین روش‌ها جهت تحلیل مربوط به برآورد سیلاب و آبدی کانال‌های مستقل و مختلط (سطحی و زیرزمینی)

1- Environmental Protection Agency Storm Water Management Model

برای منطقه مورد مطالعه به صورت زیر خواهد بود:

$$f = 40 + (150 - 40)^{-0.025t} \quad (۴)$$

#### ذخیره چالابی

آن قسمت از باران که در گودال‌های کوچک و گودی‌های سطح زمین تجمع پیدا می‌کند، ذخیره چالابی نامیده می‌شود (برومند نسب، ۱۳۸۱). با توجه به اینکه مقادیر مشخصی برای این پارامتر در دسترس نیست و هیچ‌گونه بررسی در سطح مشهد در این باره صورت نگرفته است، از مقادیر توصیه شده توسط ASCE استفاده شده است. برای سطوح قابل نفوذ، ذخیره چالابی ۲ میلی‌متر و برای سطوح غیرقابل نفوذ، این مقدار ۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده است (ASCE, 2000).

#### زمان تمرکز

انتخاب روش مناسب برای محاسبه زمان تمرکز به عوامل زیادی از جمله شرایط فیزیوگرافی منطقه، وسعت حوضه مورد مطالعه، اقلیم و داده‌های در دسترس بستگی دارد. در این مطالعه از روش کریپچ<sup>۱</sup>، کربای، و برانزی- ویلیامز برای محاسبه زمان تمرکز حوضه‌ها استفاده شده است و در نهایت با قضاوت مهندسی و حذف مقادیر پرت، مقادیر محاسبه شده از روش کریپچ به واقعیت نزدیک‌تر و در نتیجه از این مقادیر برای ادامه روند محاسبات استفاده شده است.

#### منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی بارندگی

شدت بارش، نسبت بین تغییرات ارتفاع بارش به تغییرات زمان می‌باشد. در تعیین ابعاد بسیاری از سازه‌ها مانند سرریز سدها، کانال-های فاضلاب شهری، پل‌ها، کارهای مهندسی رودخانه و آبخیزداری، متناسب بودن طراحی آن‌ها با شدت سیلابی که باید از آن‌ها عبور کند، دارای بیشترین اهمیت است که آن نیز به نوبه خود متناسب با شدت بارش در نظر گرفته شده است. نشریه ۳-۱۱۸ (۱۳۷۱) برای انتخاب دوره بازگشت طراحی توصیه‌هایی نموده است که برای مناطق مختلف با توجه به توجیه اقتصادی، هزینه‌های لازم نسبت به منافع حاصله برای درجات حفاظت مختلف انجام شود. این نشریه به منظور مدل‌سازی سیلاب شهری برای مناطقی از شهرها که خسارت ناشی از سیلاب در آن‌ها زیاد است، مانند مناطقی که شیب کم و ساختمان‌های آسیب‌پذیر دارند، دوره بازگشت ۲ تا ۵ سال را توصیه می‌کند. در پژوهش حاضر، به منظور مدل‌سازی مخازن ذخیره‌ای از دوره بازگشت ۲۵ سال استفاده شده است. روش‌های متداول محاسبه منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی علاوه بر طولانی‌تر بودن، دارای تعداد پارامترهای زیادی می‌باشد که این خود باعث کاهش اعتمادپذیری این منحنی‌ها می‌شود (آقاجانی و کرمی، ۱۳۹۴). در محاسبه شدت

Map و AutoCAD آماده‌سازی می‌گردد که شامل کاربری اراضی، آبراه‌ها و پارسل‌های منطقه مورد مطالعه و نوع دوم مربوط به اطلاعات هیدرولوژی شامل الگوهای بارش طرح و منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی می‌باشد.

#### ضریب زبری کانال‌ها و زیرحوضه‌ها

ضریب زبری در مطالعات سیلاب شهری فاکتوری حساس و حائز اهمیت می‌باشد. تعیین این ضریب در مناطق توسعه نیافته با کاربری‌ها متفاوت کاری دشوار است. اما در مناطق شهری، از عوامل توسعه‌یافتگی، می‌توان به یکسان بودن جنس کانال‌ها اشاره کرد. کانال‌های شهری عموماً از جنس بتن ساخته می‌شوند و در تحقیق حاضر ضریب زبری کانال‌ها ۰/۰۱۵ لحاظ شده است. جریان سطحی نیز که از سطح حوضه عبور می‌کند بسته به جنس حوضه، زبری‌های متفاوتی را شامل می‌شود (طاهری بهبهانی و بزرگ زاده، ۱۳۷۵). در تحقیق حاضر، برای حوضه‌های شهری از جنس آسفالت، ضریب ۰/۰۲ در نظر گرفته شده است (Matthew, 2010).

#### معادله نفوذ مورد استفاده

در این مطالعه از معادله نفوذ هورتون جهت شبیه‌سازی فرآیند نفوذ استفاده شد که در معادله ۳ ارائه شده است. پارامترهای معادله نفوذ به مقادیر متعددی از جمله رطوبت اولیه خاک، نوع خاک و نوع پوشش گیاهی وابسته است که این پارامترها در مناطق مختلف تحت رطوبت‌های اولیه متفاوت به کمک آزمایش‌های نفوذ بدست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۹). به دلیل نبود شرایط مناسب برای انجام آزمایش‌های نفوذ، می‌توان با توجه به شرایط ژئوتکنیک خاک منطقه از مقادیر توصیه شده توسط مدل SWMM 5 استفاده کرد. مقادیر ضرایب نفوذ معادله هورتون در جدول ۱ نشان داده شده است. رابطه ۳ بیانگر رابطه هورتون می‌باشد.

$$f = f_{\infty} + (f_0 - f_{\infty})^{-\alpha t} \quad (۳)$$

در این معادله  $f$  سرعت نفوذ به داخل خاک (میلی‌متر بر ساعت)،  $f_{\infty}$  سرعت نفوذ نهایی خاک (میلی‌متر بر ساعت)،  $f_0$  حداکثر سرعت نفوذ (میلی‌متر بر ساعت)  $t$  زمان از شروع بارش (ثانیه) و  $\alpha$  ثابت کاهش سرعت نفوذ می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر ضرایب نفوذ معادله هورتون (James et al., 2010)

| مقدار | پارامترهای معادله نفوذ هورتون                       |
|-------|---|
| ۱۵۰   | سرعت نفوذ حداقل $f_{\infty}$ ، (mm/h)               |
| ۴۰    | سرعت نفوذ حداکثر $f_0$ ، (mm/h)                     |
| ۰/۰۲۵ | ثابت کاهش سرعت نفوذ $\alpha$ ، (Sec <sup>-1</sup> ) |

با جایگذاری مقادیر فوق‌الذکر در معادله هورتون، این معادله

اینکه الگوی بارش و نحوه توزیع آن دست‌آویز بسیاری از پارامترها بوده و به عنوان یکی از فرآیندهایی است که درگیر پیش‌بینی غیر قطعی می‌باشد، از این رو، برای مقایسه دبی‌های خروجی و نگرش به عملکرد هر یک از توزیع‌های بارندگی می‌توان از الگوهای مختلف استفاده نمود. در تحقیق حاضر در روش بارش یکنواخت در ابتدا زمان تمرکز تمامی زیرحوضه‌ها به کمک رابطه کریپچ محاسبه گردید که شامل زمان ۵ تا ۳۵ دقیقه می‌باشد. سپس زمان تمرکزها به ۷ دسته زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۴۰ دقیقه دسته‌بندی شد و بر اساس روابط قهرمان برای شهر مشهد، برای دسته زمان‌های تمرکز ذکر شده، مقادیر شدت‌های بارش برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال محاسبه و سپس مقادیر بارش‌ها که به طور نمونه برای دوره بازگشت ۲ سال در جدول ۲ نشان داده شده است محاسبه گردید. سپس برای هر زمان، با توجه به روش بارش یکنواخت، کارت‌های بارش تشکیل و هر کارت بارش تحت عنوان یک باران سنج به مدل اختصاص داده شد (۷ باران سنج به مدل اختصاص داده شد). در جدول ۳، به طور نمونه، مقادیر الگوی بارش به روش بارش یکنواخت برای دوره بازگشت ۲ سال نشان داده شده است.

#### الگوی بلوک تناوبی

این روش، از روابط شدت-مدت- فراوانی استفاده می‌کند. هیئت‌گراف بارندگی که با این روش به وجود می‌آید عمق بارش را در  $n$  بازه زمانی به مدت زمان  $\Delta t$  (کل بارش  $T_d = n\Delta t$  می‌باشد) مشخص می‌کند. بعد از انتخاب دوره بازگشت طراحی برای هر یک از مدت زمان‌ها، شدت بارندگی از روی رابطه شدت-مدت- فراوانی قرائت می‌شود. سپس، عمق بارش متناظر آن با ضرب مدت زمان در شدت بارش، به دست می‌آید. با کم کردن مقادیر عمق بارش‌های متوالی از هم، میزان بارش برای هر یک از واحدهای زمانی به دست می‌آید.

بارندگی، هرچه زمان بارش کوتاه‌تر باشد شدت بارندگی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، هرچه دوره بازگشت یک رگبار طولانی‌تر باشد شدت آن نیز بیشتر خواهد بود. منحنی شدت-مدت- دوره بازگشت نشان می‌دهد که تعداد بی‌شماری از رخداد‌های بارندگی با مدت و شدت متوسط مختلف می‌توانند دوره‌های بازگشت یکسان داشته باشند. در این پژوهش، از منحنی‌های شدت-مدت- دوره بازگشت استخراج شده توسط قهرمان برای شهر مشهد استفاده شده است (Ghahraman, 2006).

#### الگوهای بارش

الگوی توزیع زمانی بارش در امر شبیه‌سازی هیدرولوژیک حوضه‌های آبخیز کاربرد فراوانی داشته و به عنوان یک ورودی اساسی در مدل‌های بارش- رواناب به منظور دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر ضروری می‌باشد. روش‌های مختلفی جهت تعیین الگوی توزیع زمانی بارش توسط محققین ارائه گردیده است. روش‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته شامل الگوی بارش با توزیع یکنواخت با دسته‌بندی زمان‌های تمرکز هر زیرحوضه و استفاده از الگوی بلوک تناوبی است. بر اساس نشریه ۳-۱۱۸، ارزیابی کفایت سیستم جمع-آوری رواناب سطحی برای دو دوره بازگشت ۲ و ۵ سال انجام گرفته است.

#### الگوی بارش با توزیع یکنواخت

در این روش، زمان تمرکز هر یک از حوضه‌ها را به‌دست آورده و با توجه به تعداد زیرحوضه‌ها، زمان تمرکز را دسته‌بندی نموده و به هر حوضه بیشترین زمان تمرکز حاکم را وارد نموده و یک توزیع یکنواخت به هر یک از زیرحوضه‌ها اختصاص داده می‌شود. با توجه به شرایط حاکم بر اقلیم مشهد و نمودارهای موجود شدت-مدت- فراوانی، شدت بارندگی برای دوره بازگشت مربوطه محاسبه شده و توزیع زمانی بارش که مبنی بر روش توزیع یکنواخت است به‌دست می‌آید و از این توزیع به عنوان الگوی بارش استفاده می‌شود. از جهت

جدول ۲- توزیع یکنواخت بارش برای دوره بازگشت ۲ سال

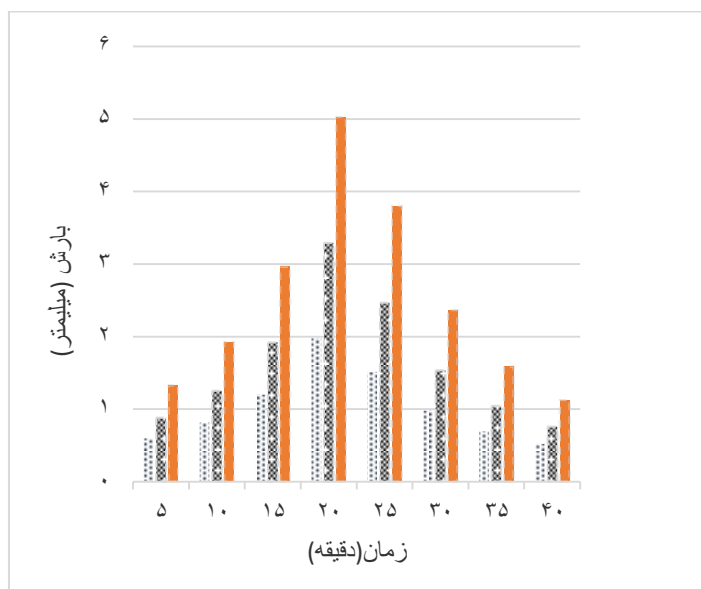
| زمان تمرکز (دقیقه) | شدت بارش (میلی متر بر دقیقه) | بارش (میلی متر) | الگوی بارش (میلی متر) |
|--------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|
| ۵                  | ۰/۳۹                         | ۱/۹۷            | ۱/۹۷                  |
| ۱۰                 | ۰/۳۵                         | ۳/۴۹            | ۱/۷۴                  |
| ۱۵                 | ۰/۳۱                         | ۴/۶۹            | ۱/۵۶                  |
| ۲۰                 | ۰/۲۸                         | ۵/۶۷            | ۱/۴۲                  |
| ۲۵                 | ۰/۲۶                         | ۶/۴۹            | ۱/۳۰                  |
| ۳۰                 | ۰/۲۴                         | ۷/۱۸            | ۱/۲۰                  |
| ۴۰                 | ۰/۲۱                         | ۸/۳۰            | ۱/۰۴                  |

جدول ۳- توزیع یکنواخت بارش با توجه به زمان تمرکزهای زیرحوضه‌ها برای دوره بازگشت ۲ سال

| زمان تمرکز ۵ دقیقه |               | زمان تمرکز ۱۰ دقیقه |               | زمان تمرکز ۱۵ دقیقه |               | زمان تمرکز ۲۰ دقیقه |               | زمان تمرکز ۲۵ دقیقه |               | زمان تمرکز ۳۰ دقیقه |               | زمان تمرکز ۴۰ دقیقه |               |
|--------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| زمان               | بارش میلی متر | زمان                | بارش میلی متر | زمان                | بارش میلی متر | زمان                | بارش میلی متر | زمان                | بارش میلی متر | زمان                | بارش میلی متر | زمان                | بارش میلی متر |
| ۰:۰۰               | ۰             | ۰:۰۰                | ۰             | ۰:۰۰                | ۰             | ۰:۰۰                | ۰             | ۰:۰۰                | ۰             | ۰:۰۰                | ۰             | ۰:۰۰                | ۰             |
| ۰:۰۵               | ۱/۹۷          | ۰:۰۵                | ۱/۰۷۴         | ۰:۰۵                | ۱/۵۶          | ۰:۰۵                | ۱/۴۲          | ۰:۰۵                | ۱/۳۰          | ۰:۰۵                | ۱/۲۰          | ۰:۰۵                | ۱/۰۴          |
| ۰:۱۰               | ۰             | ۰:۱۰                | ۱/۰۷۴         | ۰:۱۰                | ۱/۵۶          | ۰:۱۰                | ۱/۴۲          | ۰:۱۰                | ۱/۳۰          | ۰:۱۰                | ۱/۲۰          | ۰:۱۰                | ۱/۰۴          |
| ۰:۱۵               | ۰             | ۰:۱۵                | ۰             | ۰:۱۵                | ۱/۵۶          | ۰:۱۵                | ۱/۴۲          | ۰:۱۵                | ۱/۳۰          | ۰:۱۵                | ۱/۲۰          | ۰:۱۵                | ۱/۰۴          |
| ۰:۲۰               | ۰             | ۰:۲۰                | ۰             | ۰:۲۰                | ۰             | ۰:۲۰                | ۱/۴۲          | ۰:۲۰                | ۱/۳۰          | ۰:۲۰                | ۱/۲۰          | ۰:۲۰                | ۱/۰۴          |
| ۰:۲۵               | ۰             | ۰:۲۵                | ۰             | ۰:۲۵                | ۰             | ۰:۲۵                | ۰             | ۰:۲۵                | ۱/۳۰          | ۰:۲۵                | ۱/۲۰          | ۰:۲۵                | ۱/۰۴          |
| ۰:۳۰               | ۰             | ۰:۳۰                | ۰             | ۰:۳۰                | ۰             | ۰:۳۰                | ۰             | ۰:۳۰                | ۰             | ۰:۳۰                | ۱/۲۰          | ۰:۳۰                | ۱/۰۴          |
| ۰:۳۵               | ۰             | ۰:۳۵                | ۰             | ۰:۳۵                | ۰             | ۰:۳۵                | ۰             | ۰:۳۵                | ۰             | ۰:۳۵                | ۰             | ۰:۳۵                | ۱/۰۴          |
| ۰:۴۰               | ۰             | ۰:۴۰                | ۰             | ۰:۴۰                | ۰             | ۰:۴۰                | ۰             | ۰:۴۰                | ۰             | ۰:۴۰                | ۰             | ۰:۴۰                | ۱/۰۴          |

جدول ۴ - توزیع بارش با الگوی بلوک تناوبی برای دوره بازگشت ۲ سال

| زمان (دقیقه) | شدت بارش (میلی متر بر دقیقه) | بارش (میلی متر) | بارش اضافی (میلی متر) | الگوی بارش (میلی متر) |
|--------------|------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| ۵            | ۰/۳۹                         | ۱/۹۷            | ۱/۹۷                  | ۰/۶۰                  |
| ۱۰           | ۰/۳۵                         | ۳/۴۹            | ۱/۵۲                  | ۰/۸۲                  |
| ۱۵           | ۰/۳۱                         | ۴/۶۹            | ۱/۲۰                  | ۱/۲۰                  |
| ۲۰           | ۰/۲۸                         | ۵/۶۷            | ۰/۹۸                  | ۱/۹۷                  |
| ۲۵           | ۰/۲۶                         | ۶/۴۹            | ۰/۸۲                  | ۱/۵۱                  |
| ۳۰           | ۰/۲۴                         | ۷/۱۸            | ۰/۶۹                  | ۰/۹۸                  |
| ۳۵           | ۰/۲۲                         | ۷/۷۸            | ۰/۶۰                  | ۰/۶۹                  |
| ۴۰           | ۰/۲۱                         | ۸/۳۰            | ۰/۵۲                  | ۰/۵۲                  |



شکل ۲- توزیع بارش با الگوی بلوک تناوبی در دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال

سری و باقی بلوک‌ها به صورت نزولی به ترتیب در راست و چپ بلوک مرکزی قرار گیرند، هیتوگراف بارش طراحی به دست خواهد آمد

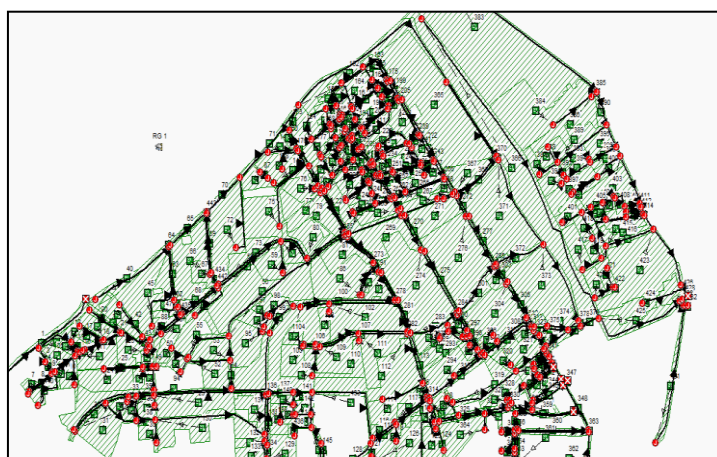
در صورتی که مقادیر بارش به دست آمده داخل یک سری زمانی، طوری با مدت زمان  $\Delta t$  رتبه‌بندی شوند که حداکثر مقدار در مرکز

کانال‌های مذکور و همچنین سرپوشیده بودن این کانال‌ها، دلیل اصلی آبرگرفتنی باشد وجود دارد. با توجه به در دست نبودن نقشه‌های شیب‌بندی دقیق منطقه، شیب کانال‌ها به کمک GIS استخراج شد. در نتیجه، امکان خطای سیستمی در محاسبه شیب امری دور از ذهن نبوده و یکی از دلایل اصلی نشان دادن این مناطق به‌عنوان نقاط آبرگرفته، شیب ناکافی وارده در مدل می‌باشد. چرا که با تغییر کوچک در نقاط ارتفاعی، آبرگرفتنی مناطق رفع می‌شود. همچنین، به دلیل محدودیت در عرض کانال‌های سرپوشیده، با کاهش عرض قابل توجه در این کانال‌ها مواجه هستیم که خود دلیلی بر حساسیت مدل نسبت به این کانال‌ها است. در نتیجه می‌توان ادعان کرد که مدل به پارامتر شیب و سرپوشیده بودن کانال‌ها حساسیت بالایی نشان داده است. رسیدن به نتایج دقیق و صحیح نیازمند در دست داشتن شیب دقیق کانال‌ها است. مطابق شکل‌های ۵ و ۶ برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال در روش بلوک تناوبی، خروجی مدل آبرگرفتنی‌های متعددی را در سطح حوضه نتیجه داد. در این روش، علاوه بر کانال‌های سرپوشیده، سایر کانال‌ها حتی با وجود ابعاد مناسب به لحاظ هندسی، دچار آبرگرفتنی شدند. با بررسی میدانی صورت گرفته، عدم کفایت روش بلوک تناوبی در ارزیابی رواناب در مناطق شهری کاملاً واضح بود. عدم توجه به پارامترهای هندسی حوضه‌ها از قبیل عرض حوضه، مساحت حوضه و طول کانال اصلی تخلیه‌کننده حوضه از جمله موارد در نظر گرفته نشده در روش بلوک تناوبی می‌باشد که باعث کاهش کارایی این روش در ارزیابی کفایت سیستم زهکشی در مناطق شهری می‌شود.

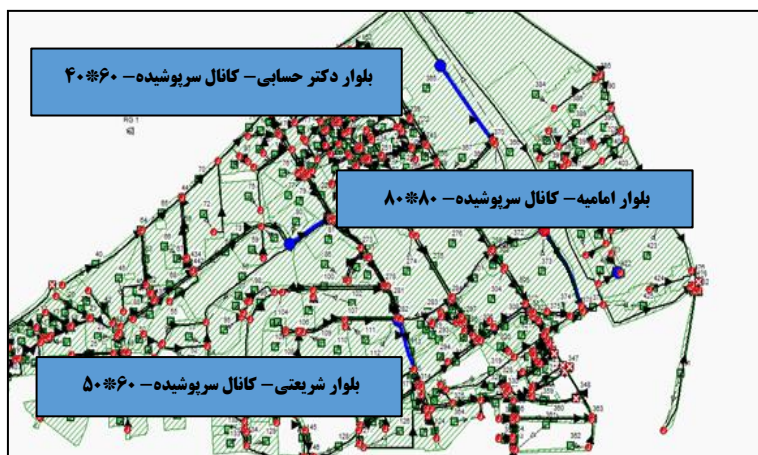
(Brown et al., 2009). هیتوگراف بارشی که به این صورت به دست آمده است بیانگر رویداد بارشی با دوره بازگشت مشخص و مدت زمان بارش  $T_d$  و یا هر مدت زمان بارشی که کوچکتر از  $T_d$  است می‌باشد. در جدول ۴، به طور نمونه، مقادیر الگوی بارش به روش بلوک تناوبی برای دوره بازگشت ۲ سال نشان داده شده است. همچنین، شکل ۲ توزیع بارش با الگوی بلوک تناوبی را نشان می‌دهد.

## نتایج و بحث

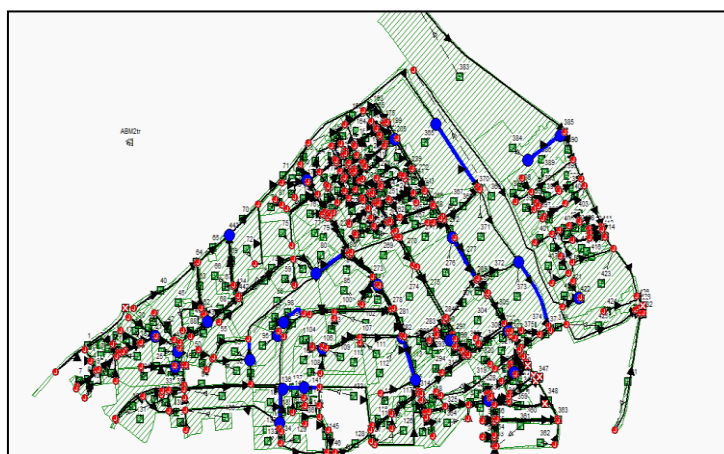
تحلیل آبرگرفتنی با استفاده از ASSA پس از ورود تمامی اطلاعات مورد نیاز جهت مدل‌سازی حوضه آبریز از قبیل مجرای اصلی، گره‌ها، زیرحوضه‌ها و مشخصات آن‌ها، تعیین بارش طرح و نیز تعیین روش انجام محاسبات هیدرولوژیک، با استفاده از GIS و ASSA نقشه تحلیل آبرگرفتنی و شناسایی مناطق چالاب به منظور تشخیص مناطق مستعد آبرگرفتنی تهیه شد. با توجه به بازدید میدانی و وضعیت موجود، کانال‌ها برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال مورد تحلیل قرار گرفتند که نتایج در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شده است. نقاط آبی رنگ در شکل‌ها، نشان‌دهنده وقوع آبرگرفتنی در کانال‌ها است. مطابق شکل ۳، کانال‌ها برای دوره بازگشت ۲ سال با استفاده از الگوی بارش یکنواخت از کفایت لازم برخوردار بوده و هیچگونه آبرگرفتنی در مدل‌سازی رخ نداد. برای دوره بازگشت ۵ سال، در مناطقی که در شکل ۴ نشان داده شده است، مدل مناطق دچار آبرگرفتنی را شناسایی کرد. به کمک بازدید میدانی به عمل آمده از منطقه و پرس‌وجو از اهالی، مشخص شد که تاکنون آبرگرفتنی در این مناطق مشاهده نشده است. بنابراین، احتمال اینکه شیب کم



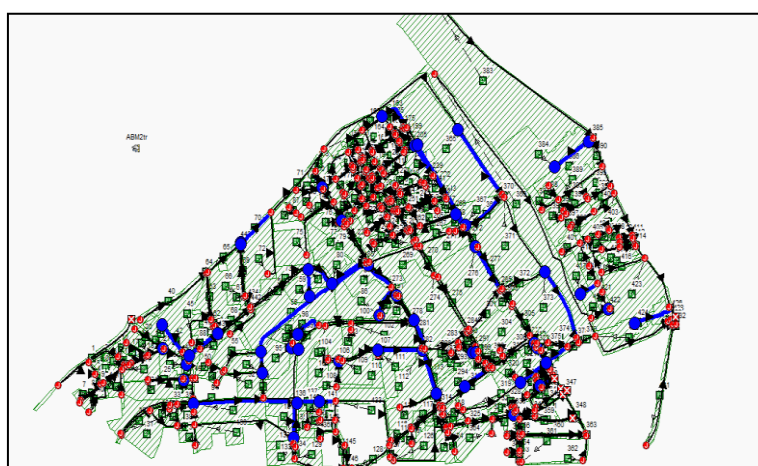
شکل ۳- نقشه آبرگرفتنی کانال‌ها با دوره بازگشت ۲ سال و الگوی بارش یکنواخت



شکل ۴- نقشه آبگرفتنی کانال‌ها با دوره بازگشت ۵ سال و الگوی بارش یکنواخت



شکل ۵- نقشه آبگرفتنی کانال‌ها با دوره بازگشت ۲ سال و الگوی بلوک تناوبی



شکل ۶- نقشه آبگرفتنی کانال‌ها با دوره بازگشت ۵ سال و الگوی بلوک تناوبی

که خود ناشی از وقوع رگبارهای شدید در سطح شهر است، اتفاق می‌افتد. در این وضعیت، خیابان‌ها و پیاده‌روها و خانه‌های واقع در اراضی کم ارتفاع و نقاط گود بزرگراه‌ها غرقاب می‌شوند. شناسایی

شناسایی مناطق چالاب با استفاده از GIS  
آب‌گرفتنی بر اثر لبریز شدن شبکه مرکب جمع‌آوری آب و  
فاضلاب و عدم ظرفیت مناسب هیدرولیکی آن و دفع آب‌های سطحی

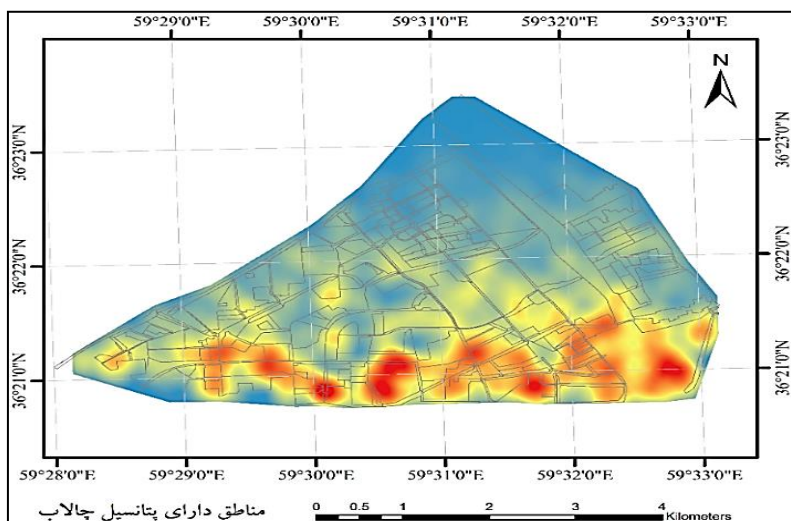


مورد توجه قرار گیرند.

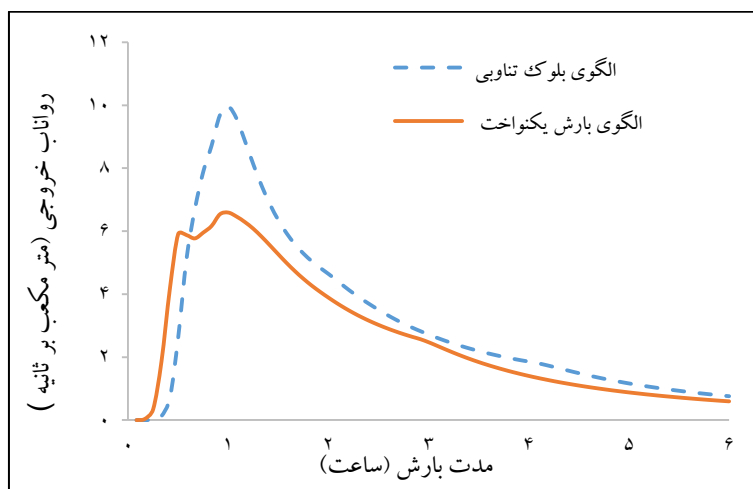
### مقایسه رواناب ایجاد شده بر اساس الگوی بارش یکنواخت و بلوک تناوبی

با توجه به دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال، مقادیر رواناب در خروجی حوضه بر اساس بارش طرح به روش‌های بلوک تناوبی و بارش یکنواخت برآورد گردید که در شکل‌های ۸ و ۹ مشخص می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار رواناب در خروجی حوضه با استفاده از الگوی بارش یکنواخت برای دوره بازگشت ۲ سال برابر ۷/۱۴ متر مکعب بر ثانیه و بر اساس الگوی بلوک تناوبی برابر ۹/۴۹ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد و منجر به افزایش ۳۲ درصد در میزان دبی خروجی حوضه و همچنین کاهش ۲۷ درصد در زمان اوج حوضه شده است.

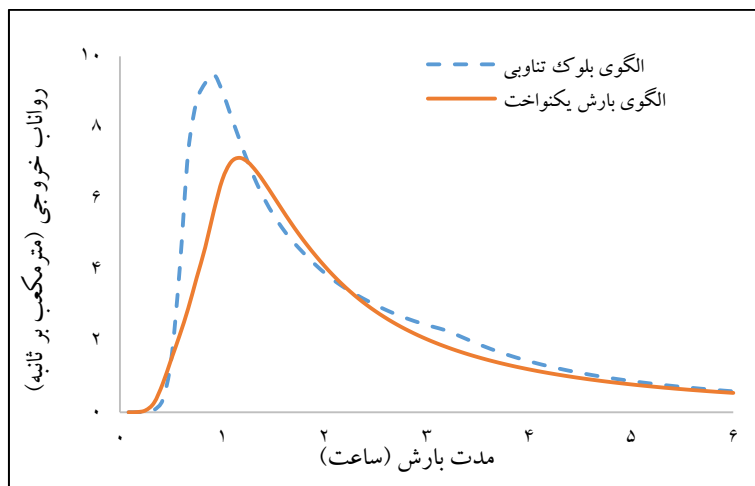
مناطق دارای خطر سیل‌گرفتگی می‌تواند کمک شایانی جهت برنامه‌ریزی و کاهش خطرات ناشی از این پدیده طبیعی نماید. به عنوان مثال، در مواقع رخداد بارندگی، سازمان‌های متولی امر، که عموماً شهرداری‌ها هستند، با توجه به در دست داشتن نقشه اهمیت مناطق سیل‌خیز می‌توانند قبل از وقوع بارندگی تصمیمات لازم را جهت استقرار نیروهای انسانی در محل دچار آب‌گرفتگی اتخاذ نمایند. با استفاده از نقشه DEM منطقه مورد مطالعه در افزونه Arc Hydro، اقدام به پر کردن چالاب‌های سطحی و شناسایی مناطق دارای پتانسیل بالای آب‌گرفتگی شد. با توجه به شکل ۶ مشخص می‌گردد که قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه نسبت به قسمت‌های دیگر، به دلیل شیب منطقه، بیشتر در معرض آب‌گرفتگی قرار می‌گیرند. همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، مناطق آبی‌رنگ بدون هیچ آب‌گرفتگی هستند و مناطقی که به رنگ قرمز و زرد نشان داده شده‌اند همان مناطق مستعد چالاب هستند که باید



شکل ۷- نقشه مناطق دارای پتانسیل آب‌گرفتگی



شکل ۸- مقایسه هیدروگراف رواناب بر اساس الگوهای بارش یکنواخت و بلوک تناوبی برای دوره بازگشت ۵ سال

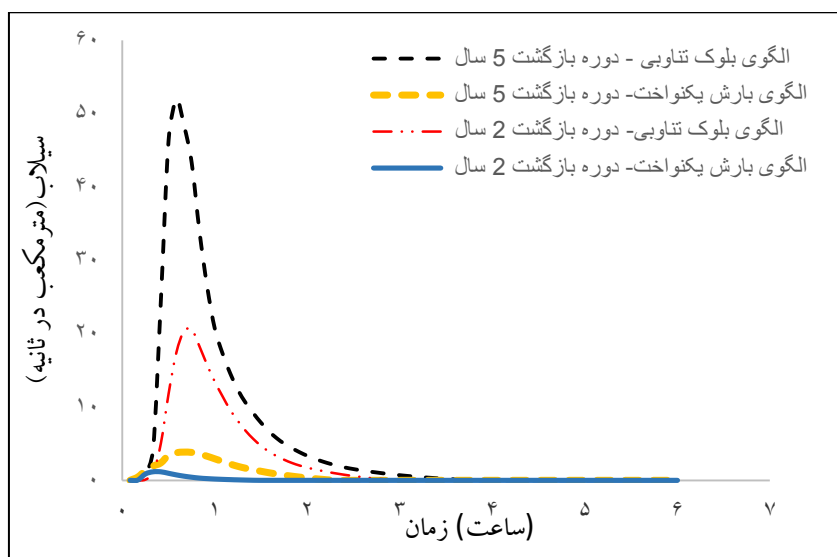


شکل ۹ - مقایسه هیدروگراف رواناب بر اساس الگوهای بارش یکنواخت و بلوک تناوبی برای دوره بازگشت ۲ سال

حوضه حاصل می‌شود. در نتیجه هرچه مقدار سیلاب حوضه افزایش پیدا می‌کند رواناب خروجی کاهش می‌یابد. همان طور که از شواهد پیداست، با افزایش ساخت و سازها در منطقه و به دنبال آن افزایش سطوح نفوذناپذیر، کارایی شبکه زهکشی در مناطق شهری کم شده است که با یافته‌های بهاتاچاریا همخوانی دارد (Bhattacharya, 2010). همچنین نتایج حاکی از کارایی مناسب نرم‌افزار ASSA در مدل‌سازی رواناب شهری می‌باشد که با یافته‌های مغربی و خانی (۱۳۹۶) مطابقت دارد.

### مقایسه سیلاب ایجاد شده بر اساس الگوی بارش یکنواخت و بلوک تناوبی

افزایش دوره بازگشت بارش طرح باعث افزایش شدت و مقدار بارش می‌شود. مقدار سیلاب کل حوضه که به دلیل افزایش دوره بازگشت، باعث انسداد کانال‌ها و ایجاد چالاب در سطح شهر می‌شود در شکل ۱۰ نشان داده شده است. افزایش دوره بازگشت و به دنبال آن افزایش مقدار بارش باعث آب‌گرفتگی برخی مقاطع گشته و خود دلیل کاهش رواناب نقطه خروجی و افزایش سیلاب حوضه می‌باشد. مقادیر سیلاب حوضه از جمع تمامی مقادیر ابگرفتگی‌ها در سطح



شکل ۱۰ - مقایسه هیدروگراف سیلاب حوضه بر اساس الگوهای بلوک تناوبی و بارش یکنواخت برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال

الگوی توزیع زمانی بارش می‌باشد. زمان وقوع اوج شدت بارندگی در طول زمان بارش، بر شکل هیدروگراف و همچنین زمان وقوع اوج دبی رواناب سطحی تأثیر می‌گذارد. در پارامترهای ورودی بخش

### نتیجه‌گیری

سیلاب‌های ناشی از بارندگی در حوضه‌های شهری متأثر از

کیفیت رواناب در حوضه شهری. دانشگاه شهید چمران اهواز. برومند نسب، س. ۱۳۸۰. هیدرولوژی رگبار در حوضه‌های شهری. تألیف: عثمان اکان، دانشگاه شهید چمران اهواز.

تلوری، ع.، قنبرپور، م.، غیائی، ن.، عباسی، ع.، عرب خدری، م. ۱۳۸۱. بررسی ویژگی‌های باران در رابطه با روش‌های برآورد سیلاب در ایران. جلد دوم الگوی توزیع زمانی بارش. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

رستمی خلج، م.، خلیقی، ش.، سیگارودی، مهدوی، م.، سلاجقه، ع. ۱۳۹۴. واسنجی و ارزیابی مدل SWMM به منظور شبیه‌سازی رواناب شهری (مطالعه موردی شهرک امام علی ع شهر مشهد)، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۸، شماره ۲، صفحه ۴۸۷-۴۹۸.

رضایی، ف.، بهره مند، ع.ر.، بردی شیخ، و.، دستورانی، م.ت. ۱۳۹۶. نقاط آب‌گرفتنی و طراحی ابعاد بهینه کانال‌های منطقه ۹ شهرداری مشهد توسط مدل SWMM. دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران. شهرکرد. دانشگاه شهرکرد. انجمن هیدرولوژی ایران.

صمدیان، م.، حصاری، ب. ۱۳۹۱. ارزیابی وضع موجود و شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی با استفاده از مدل هیدرولیکی STMC مطالعه موردی: شهر اشنویه. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران. ارومیه. انجمن هیدرولیک ایران. دانشگاه ارومیه.

طاهری بهبهانی، م.ط.، بزرگ زاده، م. ۱۳۷۵. سیلاب‌های شهری. چاپ اول. انتشارات علمی و فرهنگی.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سی‌ام، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.

خانی، س.، فغفور مغربی، م. ۱۳۹۶. مقایسه برآورد دبی طراحی رواناب براساس مدل‌های SWMM و HEC-HMS با استفاده از نرم‌افزار ASSA (منطقه مورد مطالعه: مسیل اقبال شرقی)، شانزدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک. اردبیل.

مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری. ۱۳۷۱. انتشارات سازمان برنامه و بودجه، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، وزارت نیرو، نشریه ۱۱۸.

American Society of Civil Engineers (ASCE). 2000. National Storm Water Best Management Practices (BMP) Database. Prepared by the Urban Water Resources Research Council of ASCE for the US EPA. Office of Science and Technology. Washington D.C.

Brown, S., Stein, S., Warner, J. 2009. Urban

مربوط به کانال‌ها در نرم افزار ASSA، ضریب زبری مانینگ بسیار حساس و تأثیرگذار بوده که در این پژوهش از ضریب ۰/۱۵ استفاده گردیده است و این مقدار برای زیرحوضه‌ها ۰/۰۲ لحاظ گردیده است. هرچه مقدار ضریب مانینگ برای کانال‌های انتقال دهنده بیشتر شود، مقاومت در برابر جریان بیشتر شده و در نتیجه آب‌گرفتنی‌های بیشتری رخ خواهد داد. با توجه به مقایسه صورت گرفته بر اساس الگوهای بارش اعمال شده بر حوضه، رواناب ایجاد شده در خروجی حوضه با الگوی بارش یکنواخت برای دوره بازگشت ۲ سال برابر ۷/۱۴ متر مکعب بر ثانیه و با استفاده از الگوی بلوک تناوبی برابر ۹/۴۹ متر مکعب بر ثانیه برآورد گردید که نسبت به الگوی بارش یکنواخت به میزان ۳۳٪ افزایش یافته است. در مناطق پر تراکم شهری، با توجه به ارزش زمین و محدودیت در فضای قابل دسترس و هزینه‌های اجرایی، روش بارش یکنواخت به‌عنوان الگوی بهینه بارش انتخاب می‌شود. در تحقیق حاضر، با توجه به منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی برای دوره بازگشت ۲ سال در روش بارش یکنواخت، می‌توان چنین نتیجه گرفت که شبکه زهکشی حاکم بر منطقه بدون هیچ آب‌گرفتنی سیلاب را از خود عبور می‌دهد. برای دوره بازگشت ۵ سال، تعداد کمی از کانال‌های انتقال‌دهنده دچار پس‌زدگی رواناب می‌شوند. اما در روش بلوک تناوبی برای دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال، آب‌گرفتنی‌های زیادی در سطح حوضه در کانال‌های انتقال دهنده رخ داد که طبق بررسی‌های میدانی به عمل آمده در آن مناطق، امکان آب‌گرفتنی وجود نداشته و ناکارآمدی روش بلوک تناوبی در مناطق شهری را نتیجه می‌دهد. همچنین، طبق بررسی‌های میدانی صورت گرفته از منطقه مورد مطالعه می‌توان چنین نتیجه گرفت که اکثر مشکلات آب‌گرفتنی در این منطقه به دلیل شیب ناکافی کانال‌های جمع‌آوری رواناب می‌باشد. با گسترش شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی که به دنبال تغییر اقلیم شاهد آن هستیم، استفاده از سیستم‌های کنترل سیل و سناریوهای مدیریتی کارآمد در شهرها ضرورت پیدا می‌کند. همچنین، نقشه پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل چالاب که با استفاده از GIS تهیه شده است، در مواقع قبل از رخداد بارش تأثیر به‌سزایی در خدمت‌رسانی سازمان‌های متولی امر، از جمله شهرداری‌ها داشته، و مناطق مستعد آب‌گرفتنی را در اولویت دستور کار قرار می‌دهد.

## منابع

آقاجانی، ن.، کرمی، ح. ۱۳۹۴. استخراج منحنی‌های IDF از داده‌های روزانه بارش مطالعه موردی ایستگاه سینوپتیک مشهد. دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران. دانشگاه تبریز. دانشکده مهندسی عمران.

برومند نسب، س.، جلالوند، ج. ۱۳۹۰. هیدرولوژی، هیدرولیک و

- Matthew, G.S. 2010. Low impact development modeling to manage urban storm water runoff and restore predevelopment site hydrology. MSc. Colorado State University. Fort Collins. Colorado.
- Miller, J D., Kim, H., Kjeldsen, T.R., Packman, J., Grebby, S., Dearden, R. 2014. Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover. *Journal of Hydrology*. 515: 59-70.
- Bhattacharya, N. 2010. Flood risk assessment in Barcelona, France, The Netherlands, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation Enscheda (ITC).
- Wang, M., Zhang, D.Q., Su, J., Trzcinski, A.P., Dong, J.W., Tan, S.K. 2017. Future Scenarios Modeling of Urban Storm Water Management Response to Impacts of Climate Change and Urbanization. *Journal of Clean Soil Air Water*. 45(10).
- drainage design manual. Hydraulic Engineering Circular No. 22.
- Fewtrell, T.J., Duncan, A., Sampson, C.C., Neal, J.C., Bates, P.D. 2011. Benchmarking urban flood models of varying complexity and scale using high resolution terrestrial LIDAR data. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36, 7-8: 281-291.
- Ghahraman, B. 2006 .A General Dimensionless Rainfall Depth-Duration-Frequency Relationship. *Iran Agric. Res.*, 14(2): 217-235.
- Jain Gaurav, V., Agrawal, R., Bhanderi, R.J., Jayaprasad, P., Patel, J.N., Agnihotri, P.G., Samtani, B.M. 2015. Estimation of Sub-Catchment Area Parameters for Storm Water Management Model (SWMM) Using Geo-Informatics. *Geocarto International*. 31(4):1-28
- Katherine, L., Smith, J.A., Baeck, M.L., Miller, A.J. 2010. Analyses of Urban Drainage Network Structure and Its Impact on Hydrologic Response. *Journal of the American Water Resources Association*. 46(5): 932-943

## A Comparison of Uniform Rainfall Method and Alternative Block Method in Assessing Runoff Collecting System in order to Control Flood in urban Areas with ASSA Software (case study: Chehel Bazeh Golestan Basin)

F. Ghobadi<sup>1</sup>, S. Khodashenas<sup>2\*</sup>, A. Mosaedi<sup>3</sup>  
Received: Jun.06, 2019 Accepted: Apr.06, 2019

### Abstract

Due to an increase in impermeable areas in cities, the runoff volume increases dramatically, causing overflow of runoff and frequent problems in the city. In the present study, the 10th district of the municipality of Mashhad that is known as Chehel Bazeh Golestan was evaluated. In this regard, Arc Map and ASSA software were used for modeling. The basin was modelled according to the existing conditions by using AutoCAD and Arc Map. The geometric parameters of the basin including area of the sub-basins, length of the canals, slope and other characteristics were calculated by using Arc Map. For rainfall distribution, uniform rainfall pattern and alternative block method were used. For the return period of 2 and 5 years, the adequacy of system for runoff was investigated. Results showed that rainfall pattern plays an important role in the basin runoff. The alternative block method for the return period of 2 years, resulted in 33% increase in runoff relative to the uniform rainfall method. In the alternative block method, the outflow runoff of the basin was 29% more than the uniform rainfall method, and the outflow volume increased by 17%. In general, in urban areas due to variation in land use and different basins, uniform rainfall method, due to consideration of geometric parameters of basins, offers better results than alternative block method.

**Keywords:** ASSA Software, Alternative block method, Rainfall pattern, Runoff, Uniform rainfall method

1- M.Sc. in Water Structures, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(\*- Corresponding Author Email: khodashenas@um.ac.ir)