نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال دهم- شماره ۳۳- تابستان ۱۳۹۵

Vol. 10, No. 33, Summer 2016

بررسی اثر توسعه شهری بر تغییرات حجم رواناب با استفاده از مدل بارش- رواناب SWMM (مطالعه موردی: آبخیز شهری زنجان)

فاطمه عینلو[۱]، علی سلاجقه[۲]، آرش ملکیان[۳] و محسن احدنژاد[۴]

چکیده:

تمرکز جمعیت بشری در مناطق شهری با توسعه شهرها و تغییر چهره طبیعی زمین سبب افزایش سطوح نفوذناپذیر و تغییر چرخه هیدرولوژی شده است. به منظور بررسی اثر توسعه شهری بر حجم رواناب ورودی به شبکه جمع‌آوری رواناب شهر زنجان، روند توسعه شهری با استفاده از تصاویر TM ماهواره لندست در نرم‌افزارهای IDRISI Selva و ArcGIS 9.3 پردازش شد. و نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۳٤، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ تهیه گردید. آنالیز رفتار هیدرولوژیکی و هیدرولیکی اثر توسعه شهری بر حجم رواناب، با استفاده از مدل بارش- رواناب SWMM انجام شد. با واسنجی مدل بر اساس وقایع بارش- رواناب مشاهداتی، نتایج واسنجی و صحت سنجی مدل، درستی شبیه سازی‌ها را تائید کرد. روند توسعه شهری نشان می‌دهد مساحت محدوده‌های شهری در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۳٤ به ترتیب با ۲۲/۵۹ و ۹۲۳/۸۸ درصد و سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ با ۵٤۳/۰٦ درصد افزایش همراه هستند. نتایج مدل SWMM نشان می‌دهد توسعه شهری و تبدیل اراضی به سطوح نفوذناپذیر سبب افزایش حجم رواناب شده به‌طوری که میانگین حجم رواناب در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۳٤ به ترتیب ٦٤/٤٥ و ٦۹۸/۵۸ درصد و در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤، ۳۷٦/۹۱ درصد افزایش یافته است.

کلید واژه‌ها: تغییر کاربری، توسعه شهری، حجم رواناب، آبخیز شهری زنجان، مدل SWMM

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران و نویسنده مسئول: fatemeeinlo@ut.ac.ir
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
٤- دانشیار دانشکده علوم انسانی دانشگاه زنجان

مقدمه

تمرکز جمعیت بشری در مناطق شهری، سبب توسعه شهرها و تغییر چهره طبیعی زمین شده است که فرآیندهای اکوسیستمی را تحت تاثیر قرار داده، به نحوی که فراگیرترین اثر آن، افزایش سطوح نفوذناپذیر در حوزه‌های آبخیز شهری است که هیدرولوژی و ژئومرفولوژی زیستگاه‌ها را دستخوش تغییر کرده [۱۱] و تعادل آبی طبیعی را بهم می‌زند و سبب کاهش نفوذپذیری، افزایش رواناب و کاهش زمان تمرکز و غیره شده که نهایتا منجر به شکل‌گیری دبی‌های پیک بالاتر و حتی حجیم‌تر برای بارش‌های کوتاه مدت یا حتی با شدت کم خواهد شد. با گسترش سطوح نفوذناپذیر در مناطق شهری، مشکلاتی مانند آبگرفتگی معابر و سیلاب‌های شهری، کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، آلودگی منابع آبی و غیره افزایش یافته است. لذا ضروری است که در مناطق شهری، یک شبکه زهکشی مناسب طراحی شود که طراحی آن و مدیریت منابع آب، نیازمند درک کاملی از فرآیندهای زهکشی و توجه به ابزار محاسباتی برای تعیین متغیرهای حالت، از قبیل کمیت و کیفیت رواناب در هر نقطه‌ای از سیستم جمع‌آوری رواناب شهری است. بنابراین برای شهرهای در حال توسعه لازم است که مشخص شود با توجه به روند رو به رشد و توسعه آنها، متعاقب آن چه تغییراتی در چرخه هیدرولوژی حاصل می‌شود تا نوع و میزان تغییرات را تخمین زده و برای برنامه‌ریزی و مدیریت این موضوعات اندیشیده شود. چراکه آگاهی از سیستم‌های جمع‌آوری رواناب‌های شهری سبب راهنمایی در برنامه‌ریزی، تحلیل و طراحی، مدیریت و خدمت برای توسعه دستورالعمل‌ها می‌شود [٤]. مطالعات مختلفی در ارتباط با اثر توسعه شهری بر تولید رواناب توسط محققین ارائه شده است. دهو و همکاران [۱۰]، در ارزیابی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر سیلاب در حوزه آبخیز میوز، به این نتیجه رسیدند توسعه سطوح نفوذناپذیر با کاهش ظرفیت رطوبت پیشین خاک، حجم رواناب را به میزان ٤/۰٦ درصد افزایش داده است. نتایج تحقیق خالد و همکاران [۱۷]، در بررسی اثرات رشد شهری بر خطرات سیل در شهر مکه نشان می‌دهد که افزایش ۱۹۷ درصدی سطوح شهری منجر به افزایش ۲٤۸ درصدی حجم سیلاب شده است. هونگ و پاسیرانا [۱٤]، در بررسی اثر شهری شدن بر آینده سیلاب‌های شهر کنسو در ویتنام دریافتند افزایش رواناب ناشی از توسعه مناطق غیرقابل نفوذ شهری به طور قابل توجهی خطر سیل را افزایش می‌دهد. مطالعه اثر سطوح غیرقابل نفوذ و توسعه شهری بر تولید رواناب در حوزه حاجی قوشان

توسط غلامی و همکاران [۱۲]، نشان می‌دهد به دلیل توسعه شهری در طی ٤٠ سال گذشته، تولید رواناب افزایش یافته است. الکساکیس و همکاران [۳]، در ارزیابی اثر تغییر کاربری بر هیدرولوژی سیلاب با استفاده از GIS و سنجش از دور در حوزه آبخیز ییالیاس در قبرس به این نتیجه رسیدند که به دلیل گسترش پراکندگی مراکز شهری، رواناب نسبت به سال‌های گذشته روند افزایشی داشته است. میکوویتس و همکاران [۲۰]، در بررسی اثر توسعه شهری بر منابع آبی با مدل SWMM دریافتند افزایش موثر سطوح نفوذناپذیر سبب افزایش دو برابری حجم سیلاب می‌شود. نتایج جیمز و همکاران [۱۵]، در بررسی تغییرات رواناب ناشی از تحول شرایط روستایی به نیمه شهری در انگلستان نشان می‌دهد در حوضه‌ای که زهکشی رواناب مصنوعی وجود دارد نسبت به حوضه‌ای که شهر تحول کمتری دارد پاسخ هیدرولوژیکی قوی‌تری به رواناب پدید آمده است. تحقیق در مورد هیدرولوژی رگبار در حوضه‌های شهری توسط برومند نسب [۲]، نشان می‌دهد توسعه مناطق شهری موجب افزایش حجم رواناب خواهد شد. نتایج مطالعه برزگر [۷]، در حوزه آبخیز بیرجند نیز نشان می‌دهد با افزایش سطوح نفوذناپذیر شهری، میزان دبی اوج سیلاب و حجم رواناب ٤٧/٤٤ درصد افزایش داشته است. افشاری آزاد [۱]، در برآورد رواناب سطحی شهر رشت به این نتیجه رسید که نفوذناپذیری سطح حوضه‌های شهری و تغییراتی که در اثر توسعه شهر به وجود می‌آید مانند از بین بردن پوشش گیاهی، تراکم خاک و ایجاد سیستم جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی به مقدار زیادی از نفوذ آب در خاک می‌کاهد. طاهری [۲۳]، در بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری بر عکس‌العمل هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز طرقبه و دهبار بیان می‌کند که مقادیر ارتفاع، ضریب رواناب و دبی پیک در حوزه طرقبه که رشد شهری بیشتری داشته است بیشتر از حوزه دهبار است. جان‌زاده [١٦]، با استفاده از مدل SWAT در حوزه آبخیز یلفان به بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر دبی پرداخت و نتایج نشان داد تغییر کاربری اراضی منجر به افزایش مقدار رواناب سطحی در حدود ۱۷ درصد شده است. بنابراین برای مدیریت رواناب‌های شهری و طراحی مناسب سیستم‌های جمع‌آوری آن و کنترل سیلاب‌های شهری و آبگرفتگی معابر ضروری است که مسئولان، آگاهی لازم در مورد افزایش دبی و حجم رواناب ناشی از گسترش سطوح نفوذناپذیر شهری داشته باشند و بر اساس آن برای شرایط فعلی و آینده برنامه‌ریزی انجام شود. این گونه تحقیقات در مناطق شهری کشور ما کمتر انجام شده و لازم است این مطالعات انجام شود تا پیش نیازهای مدیریتی فراهم شود. حوزه آبخیز شهری زنجان، توسعه شهری زیادی را در دهه‌های اخیر تجربه کرده و آب‌گرفتگی معابر و سطوح شهری در آن مشاهده می‌شود [۲۵]. هدف از تحقیق حاضر نیز کمّی سازی اثر توسعه شهری بر میزان حجم رواناب می‌باشد که کمتر در تحقیقات دیگر به آن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

حوزه آبخیز شهری زنجان در استان زنجان و در عرض جغرافیایی بین ″۲۰ ″٤٢ °٣٦ تا″٢٦ ″٣٨ °٣٦ شمالی و طول جغرافیایی″٢٩ ″٢٦ °٤٨ تا ″٠٢ ″٣٥ °٤٨ شرقی واقع شده است. مساحت تقریبی مورد تحقیق، پس از حذف بخش‌های فاقد شبکه جمع‌آوری رواناب و باغ‌های حاشیه رودخانه زنجانرود در پائین دست شهر، ۳۹ کیلومترمربع می‌باشد. به دلیل احداث سد خاکی گاوازنگ در بالادست شهر در سال ۱۳۷۹ و عدم اتصال شبکه جمع‌آوری رواناب شهری به اراضی کوهستانی، اجازه ورود جریان بالادست به شهر داده نمی‌شود(شکل ۱).

تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

به منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی برای سه گام زمانی، در سال ١٣٣٤ عکس‌های هوایی و برای سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ تصاویر ماهواره‌ای مورد پردازش و اصلاح قرار گرفتند. لذا عملیات پیش پردازش مشتمل بر اصلاحات هندسی، اتمسفری و رادیومتریک بر روی آنها در نرم‌افزار سنجش از دور IDRISI Selva انجام شده است. از تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر برای تولید نقشه کاربری اراضی استفاده شده و با به کار بردن نقاط کنترل عکس‌های هوایی سال ١٣٣٤، تصاویر سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ از نظر هندسی تصحیح شدند. جهت تعیین کاربری اراضی برای سه گام زمانی، با توجه به اطلاعات حاصل از عملیات میدانی و تفسیر چشمی تصاویر، کلاسه‌های کاربری شامل محدوده‌های شهری، اراضی مرتعی متراکم و تخریب شده، فضاهای سبز شهری، اراضی کشاورزی و راه‌های ارتباطی اصلی شناسایی شد. نقشه‌های کاربری تهیه شده در شکل ۲، ۳ و ٤ آمده است.

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی

روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از رابطه

$$\frac{B-A}{A}*100=\%Increase \qquad (۱)$$

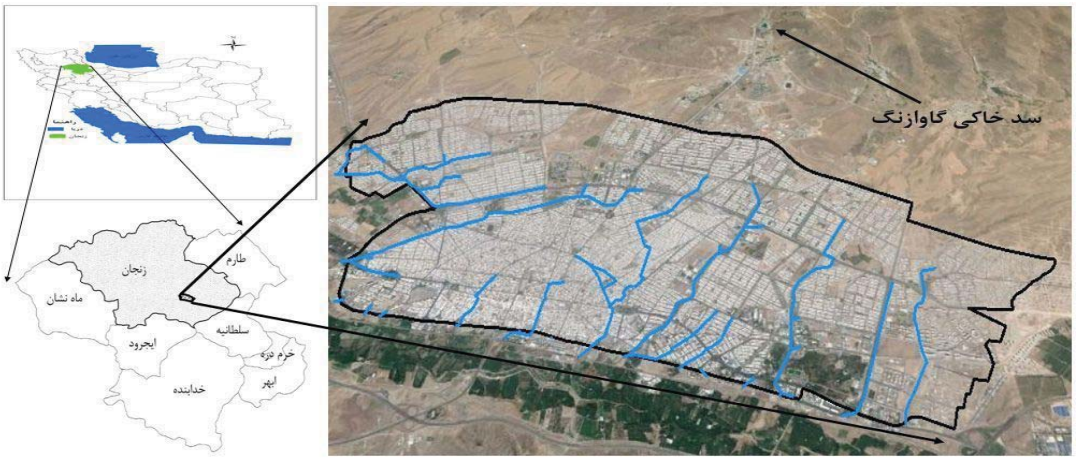
تعیین می‌شود. در این رابطه؛ A: مساحت کاربری برای قبل از توسعه و B: مساحت کاربری برای بعد از توسعه می‌باشد که در مورد بررسی تغییرات حجم جریان نیز می‌توان از آن استفاده نمود [۲۲].

توصیف مدل SWMM[1]

مدل SWMM یا مدل مدیریت بارش-رواناب، توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا ارائه شده و با شبیه‌سازی هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و کیفیت آب، برای اداره کردن شبکه‌هایی با ابعاد نامحدود، مدلسازی اجزای خاص مانند واحدهای تصفیه یا ذخیره‌سازی، مقسم‌ها، پمپ‌ها، انواع سرریز و روزنه و غیره در طراحی‌های شهری به کار می‌رود [۲۱].

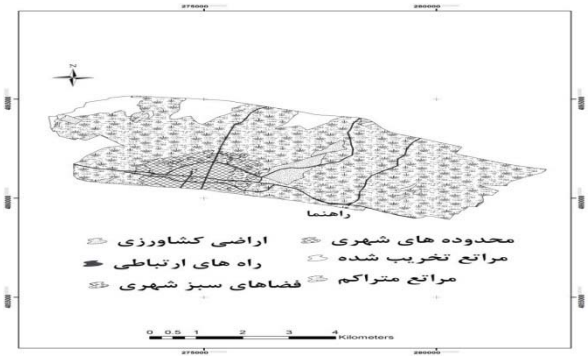
اجرای مدل SWMM

1- Stormwater Management Model



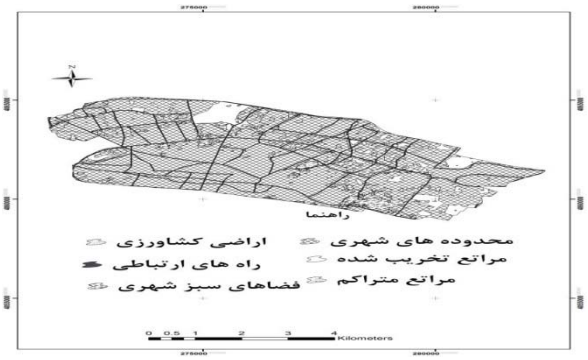
شکل ۱- موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در ایران و استان زنجان

Figure 1. Location of the study area in the Iran and Zanjan Province



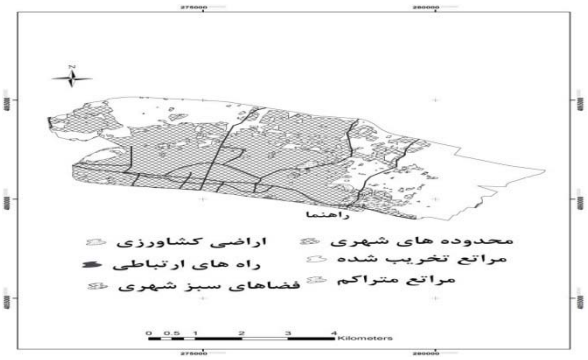
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی آبخیز شهری زنجان(سال ۱۳۳٤)

Figure 2. Land use map of Zanjan City Watershed (1956)



شکل٤- نقشه کاربری اراضی آبخیز شهری زنجان(سال ۱۳۹۱)

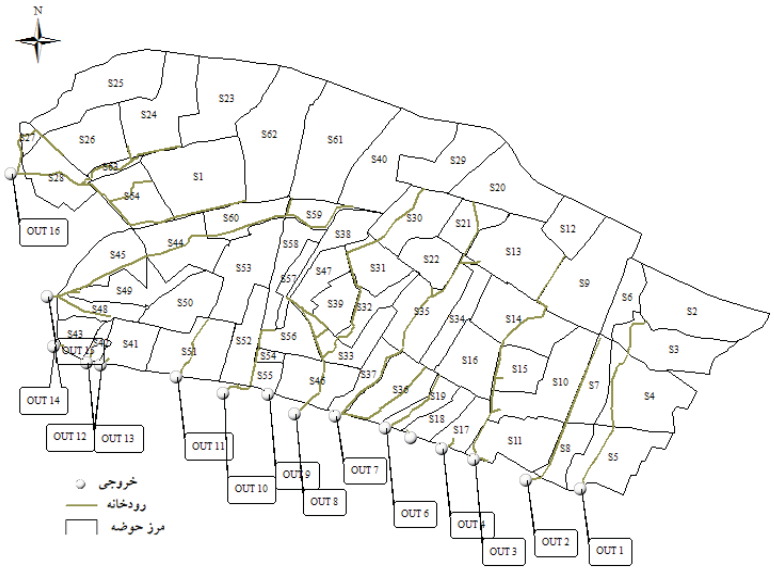
Figure 4. Land use map of Zanjan City Watershed (2012)



شکل۳- نقشه کاربری اراضی آبخیز شهری زنجان(سال ۱۳۷۹)

Figure 3. Land use map of Zanjan City Watershed(2000)

برای بررسی اثر توسعه شهری و تغییر کاربری بر حجم رواناب بایستی برخی پارامترها از نقشه‌های کاربری اراضی سه گام زمانی بدست آیند چون کاربری اراضی میزان گیرش، نفوذپذیری، نحوه توزیع آب درون خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع و تا حدودی ضریب زبری سطح را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق، بیشتر بر نفوذپذیری متمرکز شده و فرض بر این است که دینامیک کاربری اراضی مشاهده شده، ضریب زبری را تغییر نمی‌دهد [۹]. و بر پارامترهایی مانند قابلیت نفوذ سطحی، میزان نفوذپذیری و ذخیره سطحی خاک اثرگذار است و نقش همه این فاکتورها در قالب شماره منحنی، درصد مناطق نفوذناپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر



شکل۵- واحدهای هیدرولوژیک و شبکه رواناب شهری زنجان

Figure 5. Hydrologic units and urban drainage system of Zanjan City

با ذخیره سطحی صفر لحاظ گردیده است. زیرا اطلاعات آنها برای سه دوره زمانی در دسترس است و مهمترین پارامترهایی هستند که نماینده اثر تغییر کاربری و توسعه شهری بر تولید رواناب می‌باشند. بسیاری از تغییرات محدود کننده مانند ویژگی‌های هندسی(تراکم، عمق و شکل کانال) شبکه جمع‌آوری رواناب شهری که اطلاعات آنها در زمان‌های گذشته در دسترس نیست صرفه‌نظر شد و از نظر هندسی شبکه جمع‌آوری رواناب در سال ۱۳۹۱ به صورت یکسان برای هر سه دوره زمانی در نظر گرفته شد. واردسازی داده‌ها شامل چندین بخش است که در ابتدا محدوده مورد مطالعه به واحدهای هیدرولوژیک تقسیم بندی می‌شود. سپس اطلاعات گره‌ها و کانال‌ها وارد مدل گردیده و در نهایت خصوصیات فیزیکی و مورفولوژیکی سیستم وارد مدل می‌شوند.

تعیین واحدهای هیدرولوژیک

مرز حوضه و واحدهای هیدرولوژیک با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی، توپوگرافی با مقیاس یک دو هزار، بلوک‌های ساختمانی، جهت جریان در کانال‌ها و پیمایش زمینی، مبتنی بر اطلاعات سال ۱۳۹۱ مشخص گردید و در نهایت ٦٤ واحد هیدرولوژیک از یکدیگر تفکیک شدند(شکل ۵).

شبکه جمع‌آوری رواناب

شبکه جمع‌آوری رواناب در قالب گره‌ها-کانال‌ها وارد مدل گردید. در هر نقطه‌ای از کانال که تغییراتی از نظر مقطع عرضی، شیب کف، ضریب زبری، ابعاد و ... اتفاق افتاده یک گره جدید تعریف شده است. تهیه این اطلاعات بر اساس یک نقشه پایه توپوگرافی و پیمایش زمینی انجام شده تا ویژگی‌های شبکه جمع‌آوری رواناب اندازه‌گیری و وارد مدل شود.

پارامترهای مدل

پارامترهای مورد نیاز واحدهای هیدرولوژیک برای اجرای مدل شامل مساحت، شیب میانگین، عرض میانگین مستطیل معادل، درصد مناطق نفوذناپذیر، ضریب زبری مانینگ برای سطوح نفوذناپذیر و نفوذپذیر و کانال‌ها، ارتفاع نفوذپذیری و ذخیره برای سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر و شماره منحنی می‌باشد. محاسبه مساحت، محیط و درصد مناطق نفوذناپذیر برای هر واحد هیدرولوژیک با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 انجام شد. شیب میانگین برای هر واحد با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع که از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس یک دو هزارم تهیه شده بدست آمد. برای محاسبه پارامتر عرض مستطیل معادل از روش مهدوی [۱۸] استفاده گردید. در برآورد پارامترهای کلی مدل از جداول استانداردی که در دستورالعمل مدل آورده شده استفاده گردید [۱۳]. پارامتر ضریب زبری برای سطوح مختلف [۱۹] و کانال‌های مختلف [٦] از جدول استاندارد استخراج گردیده است. مقادیر ارتفاع ذخیره در مناطق نفوذناپذیر و نفوذپذیر بر اساس جدول استاندارد تعیین گردیدند [۵]. شماره منحنی میانگین وزنی هر واحد هیدرولوژیک نیز بر اساس گروه‌های هیدرولوژیک خاک و کاربری از جداول استاندارد استخراج شده است [۱۸، ۸ و ۲]. مقادیر محاسبه شده این پارامتر و درصد مناطق نفوذناپذیر برای برخی از واحدهای هیدرولوژیک در سه گام زمانی در جدول ۱ آورده شده است.

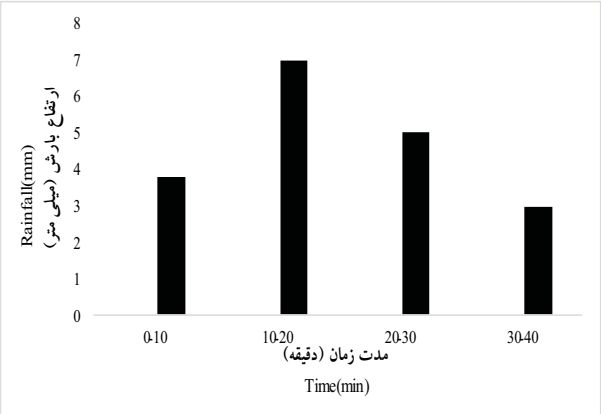
هیتوگراف‌های بارش ورودی به مدل، بر اساس منحنی‌های شدت-

مدت- فراوانی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک زنجان تهیه شده است. با توجه به اینکه شدیدترین سیلاب از بارانی ناشی می‌شود که تداوم آن برابر زمان تمرکز حوزه آبخیز باشد و زمان تمرکز یک پارامتر فیزیکی بوده و مقدار آن برای هر حوضه متفاوت است لذا بایستی زمان تمرکز برای هر کدام از واحدهای هیدرولوژیک محاسبه شود. بنابراین جهت برآورد زمان تمرکز واقعی، روش سرعت که در آن زمان تمرکز متشکل از سه زمان جریان ورقه‌ای، جریان جویچه‌ای و جریان درون کانال اصلی می‌باشد استفاده شده و جهت تسهیل در محاسبه، نرم‌افزار win-TR55، مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس روش صحرایی مبتنی بر اندازه‌گیری زمان پیمایش آب با استفاده از جسم شناور، صحت نتایج آن تائید شده است. نهایتاً بارش طرح با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله با تداومی برابر زمان تمرکز واحدهای هیدرولوژیک با استفاده از منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی و روش بلوک متناوب محاسبه شد[۸]. برای نمونه هیتوگراف بارش با دوره بازگشت ۵۰ ساله با تداوم زمانی ٤٠ دقیقه در شکل ٦ آورده شده است.

به منظور واسنجی مدل از مقادیر ارائه شده در جدول استاندارد استفاده گردید [٢٤]. بر اساس اندازه‌گیری دو واقعه بارش- رواناب در تاریخ‌های ۱۳۹۲/۰۸/۲۵ و ۱۳۹۳/۰۱/۲۱ واسنجی مدل انجام شده و واقعه بارش-رواناب تاریخ ۱۳۹۳/۰۱/۲۹ برای صحت سنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت با اجرای مدل برای سه گام زمانی، میزان تولید رواناب تعیین شد، تا تغییرات پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبخیز شهری نسبت به توسعه شهر و تغییر کاربری بررسی شود.

نتایج

نقشه‌های کاربری اراضی در سه گام زمانی، جزو اطلاعات پایه این تحقیق هستند که بر اساس آنها سه پارامتر اصلی اثرگذار بر فرآیند



شکل ٦- هیتوگراف رگبار طراحی با تداوم چهل دقیقه و دوره بازگشت ۵۰ سال

Figure 6. Hyetograph of design storm with 40-min duration storm and 50-yr return period

جدول ۱- شماره منحنی و درصد مناطق نفوذناپذیر برخی از واحدهای هیدرولوژیک حوزه آبخیز شهری زنجان در سال‌های مختلف

Table 1. Curve number and percentage of impervious surfaces some of hydrologic units of Zanjan City Watershed in different years

واحد هیدرولوژیک	مقدار شماره منحنی(CN)			درصد مناطق نفوذناپذیر		
unit Hydrologic	Curve Number (CN)			Percentage of impervious surfaces		
	2012	2000	1956	2012	2000	1956
S1	95	94	77	99	81	0
S2	95	94	80	81	0	0
S3	94	91	75	97	0	0
S4	94	91	74	86	0.04	0.1
S5	93	91	74	57	3	0.9

بارش- رواناب از قبیل شماره منحنی، درصد مناطق نفوذناپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر با ذخیره سطحی صفر استخراج می‌شوند و با توجه به اینکه مناطق مسکونی، خیابان‌ها و کوچه‌های آسفالته، درون محدوده‌های شهری قرار دارند بنابراین در کلاس کاربری محدوده شهری قرار داده شده‌اند و با توجه به عایق و نفوذناپذیر بودن سطوح ساختمان‌ها و خیابان‌های آسفالته، برای این محدوده‌ها میانگین شماره منحنی در نظر گرفته شده است. مقادیر عددی روند تغییرات کاربری اراضی در جدول ۲ آورده شده است. جهت بررسی اثر روند تغییرات کاربری بر حجم رواناب در خروجی‌های مختلف، بایستی شماره منحنی و درصد مناطق نفوذناپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر با ذخیره سطحی صفر را برای سال‌های مختلف و در دوره بازگشت‌های مختلف وارد مدل نموده و میزان حجم رواناب تولیدی برآورد شده را مشخص نمائیم. برای این منظور واحدهای هیدرولوژیک از نظر تغییر کاربری و توسعه شهری در دوره بازگشت‌های مختلف و طی سال‌های مختلف بررسی شدند. با توجه به حجم زیاد محاسبات، به بررسی تغییرات حجم رواناب در خروجی‌های اصلی که ۱۶ مورد می‌باشند اکتفا شده و محاسبات در تک تک واحدهای هیدرولوژیک ارائه نشده است. نتایج اجرای مدل برای این بخش در جداول ۳ تا ۱۰ آورده شده است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که محدوده‌های شهری در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۷۹، ۲۲/۵۹ درصد و نسبت به سال ۱۳۳٤، ۹۲۳/۸۸ درصد افزایش داشته است. همچنین محدوده‌های شهری در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤، با ۵٤۳/۰٦ درصد افزایش همراه بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

فرایند توسعه شهری با افزایش سطوح نفوذناپذیر سبب تغییر ساز و کار حوزه آبخیز طبیعی شده است و این موضوع سبب تغییر قابل توجهی در هیدرولوژی حوزه آبخیز در قالب سیلاب‌های شدید شده است، لذا با افزایش میزان تولید رواناب، مناطق شهری می‌بایست به یک سیستم کارآمد جمع‌آوری رواناب مجهز شوند. بنابراین بسیار مهم است که اثرات توسعه شهری حوزه آبخیز بر تولید رواناب

جدول ۲- روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز شهری زنجان در سال‌های مختلف

Table 2. Trend of land use changes of Zanjan City Watershed in different year

سال	نام کاربری		مساحت (هکتار)	درصد مساحت	درصد تغییرات Percentage of change	
					نسبت به سال ۱۳۳٤	نسبت به سال ۱۳۷۹
Year	Land use		Area	Percentage of area	Compared to2000	Compared to1956
سال ۱۳۹۱ (2012)	مراتع متراکم	Dense rangeland	17.09	0.44	-69.51	-99.42
	مراتع تخریب شده	Degraded rangeland	317.78	8.24	-80.28	3.78
	محدوده شهری	Urban area	3193.28	82.82	22.59	923.88
	راه‌های ارتباطی	Roads	211.53	5.49	197.31	274.7
	فضای سبز	Green space	115.86	3	5.21	66.44
	کشاورزی	Agriculture	0	0	0	-100
سال ۱۳۷۹ (2000)	مراتع متراکم	Dense rangeland	56.06	1.48	-	-98.09
	مراتع تخریب شده	Degraded rangeland	1611.61	41.80	-	426.36
	محدوده شهری	Urban area	2005.57	52.02	-	543.06
	راه‌های ارتباطی	Roads	71.15	1.85	-	26.05
	فضای سبز	Green space	110.12	2.86	-	58.19
	کشاورزی	Agriculture	$39m^2$	0	-	-100
سال ۱۳۳٤ (1956)	مراتع متراکم	Dense rangeland	2933.33	76.08	-	-
	مراتع تخریب شده	Degraded rangeland	306.18	7.94	-	-
	محدوده شهری	Urban area	311.88	8.09	-	-
	راه‌های ارتباطی	Roads	56.45	1.46	-	-
	فضای سبز	Green space	69.61	1.81	-	-
	کشاورزی	Agriculture	178.06	4.62	-	-

جدول ۳- حجم رواناب تولیدی حوزه آبخیز شهری زنجان بر اساس کاربری اراضی در سال ۱۳۹۱

Table 3. Runoff volume of Zanjan City Watershed based on land use map in 2012

خروجی	حجم رواناب سال ۱۳۹۱ در دوره بازگشت‌های مختلف(۱۰^۶ لیتر)				
Outlet	Runoff volume 2012 in different return periods(10^6 Liter)				
	2	5	10	20	50
OUT1	0.111	0.215	0.728	1.655	2.850
OUT2	0.062	0.119	0.292	0.5	0.787
OUT3	0.349	0.141	2.005	3.231	4.785
OUT4	0.018	0.011	0.094	0.163	0.251
OUT5	0.027	0.007	0.125	0.215	0.330
OUT6	0.076	0.017	0.363	0.628	0.967
OUT7	0.207	0.039	1.721	3.130	4.933
OUT8	0.396	0.059	2	3.400	5.192
OUT9	0.008	0.005	0.022	0.028	0.055
OUT10	0.185	0.054	1.208	1.798	2.543
OUT11	0.215	0.079	1.396	2.029	2.846
OUT12	0.040	0.014	0.186	0.318	0.486
OUT13	0.013	0.014	0.051	0.088	0.135
OUT14	0.025	0.021	0.120	0.203	0.308
OUT15	0.573	0.114	3.644	5.630	8.171
OUT16	0.846	0.404	5.877	8.479	11.797

جدول ٤- حجم رواناب تولیدی حوزه آبخیز شهری زنجان بر اساس نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۷۹

Table 4. Runoff volume of Zanjan City Watershed based on land use map in 2000

خروجی	حجم رواناب سال ۱۳۷۹ در دوره بازگشت‌های مختلف(۱۰^۶ لیتر)				
Outlet	Runoff volume 2000 in different return periods(10^6 Liter)				
	2	5	10	20	50
OUT1	0.001	0.002	0.009	0.018	0.029
OUT2	0.004	0.008	0.031	0.056	0.089
OUT3	0.042	0.804	0.284	0.510	0.806
OUT4	0.013	0.024	0.071	0.124	0.193
OUT5	0.025	0.049	0.121	0.208	0.319
OUT6	0.036	0.069	0.184	0.324	0.502
OUT7	0.103	0.326	1.178	2.221	3.55
OUT8	0.355	0.756	1.826	3.114	4.764
OUT9	0.008	0.016	0.022	0.028	0.055
OUT10	0.182	0.590	1.191	1.773	2.508
OUT11	0.209	0.747	1.364	1.986	2.788
OUT12	0.032	0.060	0.156	0.269	0.414
OUT13	0.009	0.014	0.038	0.067	0.103
OUT14	0.022	0.041	0.107	0.182	0.278
OUT15	0.445	1.441	2.980	4.611	6.699
OUT16	0.321	1.237	2.488	3.680	5.198

کمّی سازی شود تا بررسی‌های لازم جهت امکان بازگردانی و حفظ جریان و شرایط، مشابه قبل از توسعه، در حوزه آبخیز شهری برای مدیریت یکپارچه رواناب شهری حاصل شود. مدلسازی هیدرولوژی شهری با تاکید بر اثرات توسعه شهری امروزه توجه اساسی و زیادی یافته است اما کمبود و نبود داده‌های مناسب جهت پایش کمی و کیفی به عنوان یک محدودیت در کالیبره کردن مدل‌ها مد نظر بوده است. با توجه به این موضوع، این تحقیق تلاش دارد که فهم بهتری از اثرات توسعه شهری روی تولید رواناب و هیدرولوژی شهری را از طریق مدلسازی یکسری سناریوها در حوزه آبخیز شهری توسعه یافته زنجان فراهم نماید. این حوضه رشد سریع توسعه شهری را در سال‌های ۱۳۳٤ تا ۱۳۹۱ تجربه کرده است و درصد مناطق نفوذناپذیر به طور چشمگیری افزایش یافته است. به طوری که روند تغییرات کاربری اراضی در گام‌های زمانی ۱۳۳٤، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۱ نشان می‌دهد محدوده‌های شهری در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۳٤ به ترتیب ۲۲/۵۹ و ۹۲۳/۸۸ درصد افزایش داشته است. همچنین محدوده‌های شهری در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤، با ٥٤٣/٠٦ درصد افزایش همراه بوده است. بر اساس این تغییر کاربری و افزایش توسعه محدوده‌های شهری بدون لحاظ کردن سطح راه‌های ارتباطی اصلی، نتایج نشان می‌دهد حجم رواناب تولیدی در دوره بازگشت دو ساله در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ به ترتیب با رشد ۷۹۲/٦۳ و ۷٤/۱۸ درصدی و در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ با افزایش ٤۱۲/٤٦ درصدی همراه بوده است. در دوره بازگشت پنج ساله، حجم رواناب تولیدی در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ به ترتیب با رشد ٦۰۷/۳۰۱ و ۷۰/۱۳ درصدی و در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ با افزایش ۳۱٥/۷٥ درصدی همراه بوده است. در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ به ترتیب افزایش ٦٥٦/٦٥۷ و ٦٤/٥۸ درصدی و در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ افزایش ۳٥۹/۷٤۸ درصدی در حجم رواناب تولیدی با دوره بازگشت ۱۰ ساله مشاهده می‌شود. همچنین در دوره بازگشت ۲۰ ساله، نتایج نشان می‌دهد حجم رواناب در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ به ترتیب با رشد ۷۰٥/۳۱۸ و ٦٤/۲۸ درصدی و در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ با افزایش ۳۹۰/۲۱ درصدی همراه بوده است. بر اساس شبیه سازی حجم رواناب در دوره بازگشت ٥۰ ساله، در

جدول ۵. حجم رواناب تولیدی حوزه آبخیز شهری زنجان بر اساس کاربری اراضی در سال ۱۳۳٤

Table5. Runoff volume of Zanjan City watershed based on land use map in1956

خروجی	حجم رواناب سال ۱۳۳٤ در دوره بازگشت‌های مختلف(۱۰٦ لیتر)				
Outlet	Runoff volume 1956 in different return (Liter 10^6)periods				
	50	20	10	5	2
OUT1	0.010	0.007	0.004	0	0
OUT2	0.008	0.005	0.003	0	0
OUT3	0.083	0.049	0.029	0.006	0.002
OUT4	0.030	0.0190	0.010	0.002	0.002
OUT5	0.001	0.001	0	0	0
OUT6	0.011	0.007	0.004	0	0
OUT7	0.024	0.014	0.008	0.001	0
OUT8	0.616	0.391	0.216	0.065	0.034
OUT9	0.040	0.020	0.016	0.011	0.006
OUT10	1.620	1.150	0.776	0.380	0.107
OUT11	1.908	1.342	0.902	0.474	0.127
OUT12	0.010	0.006	0.003	0	0
OUT13	0	0	0	0	0
OUT14	0	0	0	0	0
OUT15	1.208	0.889	0.643	0.370	0.074
OUT16	0.019	0.012	0.008	0.003	0

جدول ٦- مقایسه حجم رواناب در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤

Table 6. Runoff volume 2000 compared to 1956

خروجی	حجم رواناب سال ۱۳۷۹ در دوره بازگشت‌ها مختلف(۱۰٦ لیتر) نسبت به سال ۱۳۳٤				
Outlet	Runoff volume 2000 compared to 1956 in different return periods(10^6 Liter)				
	50	20	10	5	2
OUT1	190	157.14	125	100	100
OUT2	1012.5	1020	933.33	100	100
OUT3	3.61	940.81	879.31	1300	2000
OUT4	543.33	4.20	610	1100	550
OUT5	31800	20700	100	100	100
OUT6	4463.63	452.57	4500	100	100
OUT7	14691.66	15764.28	14625	32500	100
OUT8	673.37	696.41	745.37	1063.07	944.1
OUT9	3437.5	40	37.5	45.45	33.33
OUT10	54.81	54.17	53.47	55.26	70.09
OUT11	46.12	47.98	51.21	57.59	64.56
OUT12	4040	4383.33	5100	100	100
OUT13	100	100	100	100	100
OUT14	100	100	100	100	100
OUT15	454.55	418.67	363.45	289.45	501.3
OUT16	27257.89	30566.66	31000	41133.33	100

جدول ۷- مقایسه حجم رواناب در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۳٤

Table7. Runoff volume 2012 compared to 1956

خروجی	حجم رواناب سال ۱۳۹۱ در دوره بازگشت‌ها مختلف (۱۰٦لیتر) نسبت به سال ۱۳۳٤				
Outlet	Runoff volume 2012 in different return periods(10^6 Liter) compared to1956				
	50	20	10	5	2
OUT1	28400	23542.9	18100	100	100
OUT2	9737.5	9900	9633.3	100	100
OUT3	5665.06	6493.88	6813.8	2250	17350
OUT4	736.66	757.89	840	450	38.46
OUT5	32900	21400	100	100	100
OUT6	8690.90	7750	8975	100	100
OUT7	20454.2	22257.1	21412	3800	100
OUT8	742.85	769.56	825.92	9.23	1064
OUT9	37.5	40	37.5	54.54	33.33
OUT10	56.97	56.34	56.39	85.78	72.89
OUT11	49.16	51.19	76.54	83.33	69.29
OUT12	4760	5200	6100	100	100
OUT13	100	100	100	100	100
OUT14	100	100	100	100	100
OUT15	576.40	533.29	466.71	69.18	674.32
OUT16	61989.47	70558.33	73362.5	13366.66	100

جدول ۸- مقایسه حجم رواناب در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۷۹

Table 8. Runoff volume 2012 compared to 2000

خروجی	حجم رواناب سال ۱۳۹۱ در دوره بازگشت‌ها مختلف (۱۰٦لیتر) نسبت به سال ۱۳۷۹				
Outlet	Runoff volume 2012 in different return periods(10^6 Liter) compared to 2000				
	50	20	10	5	2
OUT1	9727.58	9094.44	7988.88	10650	11000
OUT2	784.26	792.85	841.93	1387.5	1450
OUT3	4.93	533.52	605.98	67.85	730.95
OUT4	30.05	31.45	32.39	54.16	57.14
OUT5	3.44	3.36	3.30	85.71	8
OUT6	92.62	93.82	97.28	75.36	111.11
OUT7	38.95	40.92	46.09	88.03	73.78
OUT8	8.98	9.18	9.52	91.87	11.54
OUT9	0	0	0	68.75	0
OUT10	1.39	1.41	1.42	90.84	1.64
OUT11	2.08	2.16	2.34	89.42	90.43
OUT12	17.39	18.21	19.23	76.66	25
OUT13	31.06	31.34	31.34	0	177.77
OUT14	10.79	10.32	11.53	48.78	13.63
OUT15	21.97	11.53	22.09	92.08	28.76
OUT16	126.95	130.40	130.40	67.34	36.23

جدول ۹. حجم رواناب تولیدی در سال‌ها و دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه آبخیز شهری زنجان

Table .9 Runoff volume of Zanjan City Watershed in different years and return periods

سال	حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف(10^6 لیتر) Runoff volume in different return periods (10^6liter)				
year	2	5	10	20	50
1391	3.151	9.294	19.832	31.496	46.437
1379	1.809	5.463	12.050	19.172	28.3
1334	0.353	1.314	2.621	3.911	5.588

سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ به ترتیب رشد ۷۳۱ و ٦٤/۰۸ درصدی و در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ افزایش ٤۰٦/٤ درصدی به چشم می‌خورد. نتیجه‌گیری نهایی تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش و توسعه کاربری محدوده‌های شهری میزان رواناب از نظر حجم رواناب در شهر زنجان روند افزایشی داشته است. به طور کلی با افزایش ۹۲۳/۸۸ و ۲۲/۵۹ درصدی محدوده‌های شهری در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ و افزایش ٥٤۳/۰٦ درصدی محدوده‌های شهری در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ سبب شده است که میزان حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف روند افزایشی داشته باشد. میانگین حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف ۲، ٥، ۱۰، ۲۰ و ٥۰ ساله در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال‌های ۱۳۳٤ و ۱۳۷۹ به ترتیب با افزایش ٦۹۸/٥۸ و ٦۷/٤٥ درصدی همراه بوده است. تغییرات میانگین حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف در سال ۱۳۷۹ نسبت به سال ۱۳۳٤ با افزایش ۳۷٦/۹۱ درصدی همراه بوده است که افزایش حجم رواناب در اثر توسعه شهری با نتایج دهو و همکاران [۱۰]، خالد و همکاران [۱۷]، الکساکیس و همکاران [۳]، برومند نسب [۲]، برزگر [۷]، طاهری [۲۳] و جان زاده [۱٦] همخوانی، هماهنگی و توافق دارد. لذا با مشخص شدن نقش گسترش سطوح نفوذناپذیر در تولید رواناب، به صورت کمّی، مدیران در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها بایستی دقت لازم را به عمل آورند تا فرصت‌های موجود که می‌توان رواناب‌های تولیدی را مدیریت و کنترل نمود و از آن برای طراحی منظرهای شهری در قالب حوضچه‌ها، آبشارها، دریاچه‌های مصنوعی، آبیاری فضاهای سبز و جنگلکاری‌های شهری و ... استفاده نمود به تهدید تبدیل نشود که در آن سیل‌گیری و آبگرفتگی معابر و سطوح شهری یا مناظر نازیبای نامطبوع در محل خروجی کانال‌های شهری مشاهده می‌شود. همچنین در این تحقیق، کارایی مدل SWMM در برآورد رواناب در مناطق شهری تائید شده است که با نتایج مشابه در این زمینه مطابقت دارد بنابراین می‌توان آنرا به عنوان ابزاری کمکی در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در طراحی شبکه‌های جمع‌آوری رواناب شهری مورد استفاده قرار داد.

جدول ۱۰- روند تغییرات حجم رواناب در سال‌ها و دوره بازگشت‌های مختلف در حوزه آبخیز شهری زنجان

Table 10. Trend of runoff volume of Zanjan City Watershed in different years and return periods

سال	حجم رواناب در دوره بازگشت‌های مختلف(10^6 لیتر) Runoff volume in different return periods (liter 10^6)					
	year	2	5	10	20	50
۱۳۹۱ نسبت به ۱۳۷۹	2012 compared to 2000	74.2	70.1	64.58	64.28	64.08
۱۳۹۱ نسبت به ۱۳۳۴	2012 compared to 1956	792.6	607	656.65	705.3	731
۱۳۷۹ نسبت به ۱۳۳۴	2000 compared to 1956	412.5	316	359.74	390.2	406.4

منابع

1- Afshari A. M. and Porki H. 2012. Estimate the surface runoff of Rasht City (Case Study: Gholipour martyr Street to the ice Square) Journal of Geographic-space, 37, 121-140. (In Persian)

2- Akan, A.O. 1993. Urban Stormwater Hydrology, a Guide to Engineering Calculations, Bromandnasab S. Shahid Chamran University of Ahvaz Press, Ahavz, 328pp.

3- Alexakis D. D., Grillakis M. G., Koutroulis A. G., Agapiou A., Themistocleous K., Tsanis I. K., Michaelides S., Pashiardis S., Demetriou C., Aristeidou K., Retalis A., Tymvios F., and Hadjimitsis D. G. GIS and remote sensing techniques for the assessment of land use change impact on flood hydrology: the case study of Yialias basin in Cyprus. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 413–426, 2014.

4- Artina, S., Calenda G., Calomino F., Cao C., Loggia G. La, Modica C., Paoletti A., Papiri S., Rasulo G. and Veltri P. 1997. Sistemi di fognatura. Manuale di Progettazione (in Italian). ISBN 88-203-2442-3, Hoepli S.p.A. Milan, Italy.

order to study the urban runoff (Case Study: Part of Tehran City), M.Sc. thesis, Natural Resources Faculty, Malayer University. (In Persian)

17- Khaled A. Al-GH, Ramze A. E, Meraj N. M and Gomaa M. D. 2012. Impacts of urban growth on floods hazards in Makkah city, Saudi Arabia. International journal of Water Resources and Environmental Engineering Vol.4 (2), pp.23-34.

18- Mahdavi, M. 2005. Applied Hydrology, 2nd Volume, University of Tehran Press.

19- McCuen, R. et al. 1996, Hydrology, FHWA-SA-96-067, Federal Highway Administration, Washington, DC

20- Mikovits C., Rauch W., Kleidorfer M., 2014. Dynamics in urban development, population growth and their influences on urban water infrastructure, 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013, Procedia Engineering 70- 1147 – 1156.

21- Rossman A.L. 2009, Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, Water Supply and Water Resources Division National Risk Management Research Laboratory Cincinnati, OH 45268

22- Storm water runoff control requirement, 2011, city of defiance, Engineering Division.

23- Taheri H.M. 2014. Assessment the effects of land use change and urbanization on the hydrologic response of watershed (Case Study: Torghabeh and Dehbar Watersheds), M.Sc. thesis, Natural Resources and Earth Sciences Faculty, Kashan University. (In Persian)

24- Temprano J, Arango O, Cagiao J, Suarez J, Tejero I. 2006. Storm water quality calibration by SWMM: (Case Study: In Northern Spain). Water SA, 2006: 32(1):55–63.

25- Zanjan comprehensive plan. 2009. Roads and Urban Development Department of Zanjan Province, Naghsh Mohit Consulting Engineers.

5- ASCE. 1992. Design & Construction of Urban Storm water Management Systems, New York, NY.

6- ASCE. 1982. Gravity Sanitary Sewer Design and Construction, ASCE Manual of Practice No. 60, New York, NY.

7- Barzegar, S. 2012. The effects of land use changes on the hydrology properties of surface runoff (Case Study: Birjand Watershed), M.Sc. thesis, Natural Resources Faculty, Zabol University. (In Persian)

8- Behbahani, S.M. 2009. Surface Water Hydrology, 2Edition, Tehran University Press, 488 pp.

9- Camorani G, Castellarin A, Brath A. 2005. Effects of land-use changes on the hydrologic response of reclamation systems. Physics and Chemistry of the Earth 30. 561–574.

10- De Hoo. A., Odijk M., Koster. E. and Lucieer, A. 2001. Assessing the Effects of Land Use Changes on Floods in the Meuse and Oder Catchments, Phys. Chem. Earth (B), 26(7-8): 593-599.

11- Faith A. F, Matthew W.D, Mitchell A.H, Terril. A, Michelle A.L, and Kevin D.R. 2005. Effects of Urbanization on the Geomorphology, Habitat, Hydrology, and Fish Index of Biotic Integrity of Streams in the Chicago Area, Illinois and Wisconsin, American Fisheries Society Symposium 47:87–115.

12- Gholami. V., Mohseni Saravi M., and Ahmadi H. 2010 Effects of impervious surfaces and urban development on runoff generation and flood hazard in the Hajighoshan Watershed. Caspian journal of Environmental Sciences vol.8 No.1 pp 1-12.

13- Huber, WC. And Dickinson RE. 1992. Storm water management model user's manual, version 4. Environmental Protection Agency, Georgia. 500 pp.

14- Huong, H.T.L. and Pathirana A. 2013. Urbanization and climate change impacts on future urban flooding in Can Tho city, Vietnam. Hydro l. Earth Syst. Sci. 17,379-394.

15- James D. M, 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.

16- Janzadeh, R. 2014. Water balance models in

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال دهم- شماره ۳۳- تابستان ۱۳۹۵

Vol. 10, No. 33, Summer 2016

مقایسه کارایی مدل شبکه عصبی مصنوعی، سری زمانی و مدل ترکیبی ANN-ARIMA در مدل‌سازی و پیش‌بینی شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) (مطالعه موردی: جنوب استان قزوین)

فاطمه مقصود*[۱]، محمدرضا یزدانی[۲]، محمد رحیمی[۳]، آرش ملکیان[٤]
و علی اصغر ذوالفقاری[٥]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰٦/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۱۸

چکیده

خشکسالی آب زیرزمینی یکی از انواع خشکسالی است که در اثر تغذیه ناکافی مخازن سفره‌های آب زیرزمینی بوجود آمده و شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) به عنوان روشی برای بیان وضعیت سطح آب زیرزمینی محسوب می‌شود. تاکنون روش‌ها و مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی این پدیده ارائه شده است اما از آنجا که انتخاب یک مدل مناسب کار مشکلی می‌باشد می‌توان به جای استفاده از یک مدل؛ ترکیبی از مدل‌های منفرد قابل قبول را مورد استفاده قرار داد تا بتوان به پیش‌بینی مناسبت‌تر و قابل اعتمادتری دست یافت. در این تحقیق پس از محاسبه مقادیر GRI طی دوره آماری(۱۳٦۳-۱۳۹۰) در جنوب استان قزوین و بررسی ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی (بارندگی، دبی، تبخیروتعرق پتانسیل، دما (میانگین، ماکزیمم، مینیمم)) و سیگنال‌های اقلیمی (MEI، SOI، AMM، AMO و PDO)، با استفاده از آزمون گاما در سه ساختار ترکیب ورودی، اقدام به مدل‌سازی با شبکه عصبی مصنوعی گردید. نتایج نشان داد که سیگنال اقلیمی SOI و پارامترهای دمایی دارای بیشترین همبستگی معنی دار با مقادیر GRI می‌باشند. استفاده از پارامترهای هواشناسی نیز سبب بهبود عملکرد شبکه عصبی گردید. همچنین مدل سری‌زمانی ARIMA(1,1,3)(2,0,1) با توجه به معیارهای ارزیابی آکاییک و شوارتز به عنوان مدل منتخب تعیین گردید. در نهایت نیز مدل‌سازی با مدل ترکیبی ANN-ARIMA انجام گرفت که عملکرد بهتری نسبت به دو مدل شبکه عصبی و سری زمانی نشان داد. (R^2=0.94, RMSE= 0.05)

کلید واژه‌ها: شبکه عصبی مصنوعی، سری زمانی، آزمون گاما،SOI،GRI، قزوین.

مقدمه

خشکسالی به عنوان یکی از بلایای طبیعی تهدید کننده‌ی انسان و محیط زیست، هم از نظر فراوانی در رخداد و هم از نظر بزرگی زیان‌های وارده در صدر قرار گرفته است [۱٦]. به طوریکه در دراز مدت موجب خشکسالی آب‌شناسی و آب و زمین شناسی شده و کاهش منابع آب را از طریق خشکیدگی جریان‌های سطحی و زیرزمینی در پی دارد [۳۱]. بطوریکه خشکسالی آب زیرزمینی در اثر تغذیه ناکافی مخازن سفره‌های آب زیرزمینی بوجود آمده و به عبارتی زمان بروز آن هنگامی است که سطح آب زیرزمینی در یک دوره مشخص به زیر سطح نرمال منطقه رفته و منجر به ایجاد شرایط نامطلوب گردد. اگرچه با وجود همه تلاش‌ها و پیشرفت‌های علمی، تاکنون بشر نتوانسته است به علت پیچیدگی حاکم بر انواع خشکسالی، این پدیده را با دقت تمام پیش‌بینی نماید اما به هر حال با مطالعه رفتار بلند مدت هیدرواقلیمی یک منطقه و بکارگیری روش‌ها و مدل‌های آماری و مفهومی مختلف می‌توان تا اندازه‌ای از وضعیت وقوع این پدیده در آینده اطمینان حاصل نمود. در این بین استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی و سری‌های زمانی می تواند در مدل‌سازی آب زیرزمینی کمک زیادی داشته باشد [۳۰]. کاپولا و همکاران با مقایسه دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های عددی در پیش بینی تراز سطح آب زیرزمینی نتیجه گرفتند که مدل شبکه عصبی در مقایسه با مدل‌های عددی نیازی به مشخصه‌های آشکار سیستم فیزیکی و داده‌های فیزیکی نداشته و همچنین دارای قابلیت بالای پیش بینی و آنالیز حساسیت می‌باشد که می‌تواند در استراتژی‌های مربوط به مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی بسیار مناسب باشد[٥]. ملکی نژاد و شرعیاتی، جهت پیش‌بینی نوسانات سطح آب زیرزمینی در دشت مرودشت از مدل‌های سری زمانی و شبکه عصبی مصنوعی استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد که مدل ARIMA(1,1,0)، دارای بهترین برازش بر داده‌ها می‌باشد.

۱*نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس.
پست الکترونیک: F.maghsoud@modares.ac.ir
۲- استادیار، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.
۳- استادیار، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.
٤- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
٥- استادیار، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان.

نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران

Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 10, No. 33, Summer 2016

سال دهم- شماره ۳۳- تابستان ۱۳۹۵

Abstract

Evaluation of Urbanization Effect on Run off Volume by Using Storm water Management Model (Case Study: Zanjan City Watershed)

F. Einloo[1], A. Salajegheh[2], A. Malekian[3] and M. Ahadnejad[4]

Received: 2016/01/30 Accepted: 2016/05/09

The concentration of human population in urban areas with urbanization and changing the face of the earth's natural has caused an increase in impervious surfaces and change in hydrological cycle. To evaluate the effect of urbanization on the runoff volume entering in urban drainage of Zanjan City, the trend of urbanization were processed by using Thematic Mapper images in IDRISI Selva and ArcGIS 9.3 software. Land use maps of the 1956, 2000 and 2012 were prepared. Analysis of hydrological and hydraulic behavior of urban development impact on the volume of runoff was carried out by using Stormwater Management Model (SWMM). Based on model calibration by observation of rainfall-runoff events, the results of calibration and verification have confirmed the accuracy of simulations. The trend of urbanization shows that urban area has been expanded in 2012 compared to 2000 and 1956, 22.59 and 923.88 percent and in 2000 compared to 1956, 543.06 percent, respectively. The results of SWMM model shows that urbanization and convert the land to impervious surfaces have caused an increase in the runoff volume, so that, runoff volume average has increased in 2012 compared to 2000 and 1956 64.45 and 698.58 percent and in 2000 compared to 1956, 376.91 percent, respectively.

Keywords: Land use change, Urbanization, runoff volume, Zanjan City Watershed, SWMM Model

1. (Corresponding Author) M.Sc. Graduate of Watershed Management, Natural Resources Faculty, Tehran University, I.R. Iran, fatemeeinlo@ut.ac.ir
2. Professor, Natural Resources Faculty, Tehran University, I.R. Iran.
3. Associate Professor, Natural Resources Faculty, Tehran University, I.R. Iran.
4. Associate Professor, Humanities Faculty, Zanjan University, Zanjan, I.R. Iran.