

ارزیابی تأثیر توسعه کالبدی شهر بر سیستم های هیدروژئومورفولوژی کلان شهر تهران مطالعه موردی: حوزه آبریز دربند

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۴/۱۲

پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۷/۱۲

DOI: 10.29252/geores.33.3.185

چکیده

مقدمه: توسعه شهرنشینی و تبدیل مناطق روستایی به شهرها با تغییرات کاربری اراضی و فشار بر سیستم های طبیعی همراه است. یکی از سیستم های طبیعی، رودخانه ها هستند که در نواحی شهری تحت تأثیر فعالیت های انسان قرار می گیرند.

اهداف: هدف تحقیق حاضر شبیه سازی و برآورد تغییرات پارامترهای هیدرولوژیکی شامل میزان تولید رواناب سطحی، دبی رودخانه، نفوذپذیری و میزان تبخیر و تعرق می باشد.

مواد و روش ها: این پژوهش، با استفاده از مدل نیمه توزیعی SWAT در دو مقطع گذشته بیست سال گذشته (۱۹۹۸) و حال حاضر (۲۰۱۸) در حوزه آبریز دربند صورت گرفته است. هم چنین در این تحقیق برای واسنجی مدل از الگوریتم SUFI2 استفاده شده است.

نتیجه گیری: نتایج تحقیق نشان می دهد بعد از بهینه سازی پارامترهای مورد استفاده در SWAT-CUP، مقدار ضریب نش-ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین (R2) سال ۱۹۹۸ در مرحله واسنجی به ترتیب معادل ۰/۳۴ و ۰/۴۳ می باشد برای دوره اعتبارسنجی مقدار ضریب نش-ساتکلیف و ضریب تعیین به ترتیب برابر با ۰/۳۰ و ۰/۳۹ می باشد. همچنین، مدل SWAT-CUP در وضعیت موجود حوزه دربند - گلابدره برای سال ۲۰۱۸ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج هیدروگراف های مشاهداتی و شبیه سازی شده و مقادیر ارزیابی کار آبی مدل در ادامه ارائه شده است. مقدار ضریب نش-ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین (R2)، به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۴۶ در دوره واسنجی، ۰/۳۳ و ۰/۳۹ در دوره اعتبارسنجی برآورد شده است. طبق نتایج ارزیابی کارایی مدل بر اساس ضریب نش-ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین (R2)، نشان از توانایی مدل SWAT در شبیه سازی رواناب حوضه دارد. هم چنین نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می دهد تغییرات کاربری در محدوده مورد مطالعه باعث تغییر در مقادیر CN، رواناب سطحی و تبخیر و تعرق در سطح کاربری ها در بازه زمانی ۲۰ ساله شده است.

واژگان کلیدی: حوزه آبریز دربند، شماره منحنی (CN)، واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU)، مدل نیمه توزیعی SUFI2، SWAT.

مقدمه

رشد سریع شهرنشینی در طی سال های اخیر موجب گسترش شهرها مناطق مختلف جهان خصوصاً کشورهای در حال توسعه شده است. این رشد سریع تغییراتی زیادی را به همراه داشته و به تبع آن سیستم های رودخانه را تحت تأثیر قرار داده است. شهرسازی

به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر سیستم های رودخانه ای تأثیر می گذارد (Hossein zadeh & Esmaeli, 2015). افزایش و گسترش شهرنشینی می تواند بر هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و اکولوژی سیستم های رودخانه در مناطق شهری تأثیر بگذارد. از جنبه ژئومورفولوژیکی، شهرنشینی و گسترش آن بر مقدار رواناب و رسوب اثر گذاشته و نتیجه آن واکنش کانال به این تغییرات است (Chin, O'Dowd, & Gregory, 2013). توسعه شهرنشینی و تبدیل مناطق روستایی به شهرها با تغییرات کاربری اراضی و فشار بر سیستم های رودخانه همراه است (Hardison, O'Driscoll, DeLoatch, Howard, & Brinson, 2009). در توان بخشی و احیاء رودهایی که در محدوده های شهری قرار گرفته اند عوامل مختلفی شامل هیدرولوژی، مورفولوژی، اکولوژی، سیاست، جامعه و اقتصاد نقش دارند که تلفیق آنها می تواند در برنامه ریزی و تصمیم گیری مدیران تأثیرگذار باشد (Findlay & Taylor, 2006). در شرایط محیطی مختلف، سیستم های رودخانه بسیار پیچیده بوده و به همین علت علوم مختلف از جمله ژئومورفولوژی، این سیستم ها را از جنبه های مختلف مورد بحث و بررسی قرار داده اند (Najafi, 2015). ژئومورفولوژیست ها، رودخانه ها را به عنوان یکی از فرآیندهای مؤثر در تغییر شکل چشم اندازها و لندفرم های زمین در مقیاس های مختلف (حوضه، کانال و بازه) مطالعه می کنند. به همین علت تاکنون مطالعات زیادی از جنبه های مختلف (طبقه بندی رود، ژئومتری کانال، هیدرولیک جریان) در خصوص رودخانه ها انجام گرفته است (Zamanzadeh, Yamani, & Bani Safar, 2013).

یکی از سیستم های طبیعی، رودخانه ها هستند که در نواحی شهری تحت تأثیر فعالیت های انسان قرار می گیرند لذا، نقش انسان در تغییر مجرای رودخانه غیرقابل اجتناب است (Booth et al., 2004). از طرف دیگر، بررسی و شناخت ویژگی های هیدرومورفولوژیکی حوضه ها حائز اهمیت می باشد (Ghanavati, Safari, Karam, Najafi, & Jahandar, 2016). ویژگی های هیدروژئومورفولوژیکی حوضه شامل چرخه آب اعم از میزان تبخیر و تعرق، ضریب نفوذ CN، رواناب و دبی و غیره می باشد. بدین صورت که توسعه شهرنشینی در ابتدا منجر به حمل رسوب و افزایش رسوب گذاری در مجرا شده و افزایش رواناب نیز منجر به افزایش فرسایش و بزرگ شدن مجرا می شود (Chin, 2006). هم چنین گسترش شهرها در حوضه آبریز، به دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر، منجر به افزایش حجم رواناب و سیلاب، کاهش زمان تمرکز، افزایش دبی حداکثر لحظه ای و تغییر کیفیت سیلاب می گردد. صابری (۱۳۷۴)، به مطالعه اثرات تغییرات ناشی از شهرسازی در مسیل های شمال تهران به منظور ارائه روش های کنترل و مدیریت سیلاب پرداخته است. که در نهایت به ارائه توصیه هایی در جهت کاهش خسارات ناشی از سیل در تهران مبادرت گردیده است (Saber, 1995). حسین زاده و جهادی (۱۳۸۶)، اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب های شهری را مطالعه کرده اند و نتایج نشان داده اند گسترش فیزیکی باعث تشدید شرایط سیل خیزی در این شهر و آسیب پذیری بخش های وسیعی از بافت آن شده است (Hossein Zadeh & Jahadi Toroghi, 2007).

آقا بیگی و لسانی (۱۳۸۷)، به بررسی گسترش شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره ای و تأثیر این گسترش بر رواناب سطحی شهر پرداختند و در این مطالعه با بررسی و تفسیر تصاویر ماهواره ای نتایج نشان دادند که سطوح نفوذپذیر دشت، دامنه های کم شیب، حاشیه های رودخانه ها و اراضی کشاورزی به آسفالت خیابان و ساختمان های شهری تغییر فرم داده و به عبارت دیگر سطوح نفوذپذیر به سطوحی کاملاً غیرقابل نفوذ تبدیل شده اند (Agha Beigi & Lesani, 2008). حسینی و همکاران (۱۳۹۳) بررسی و برآورد جریان های زیرزمینی حوضه گل گل با استفاده از مدل سوات را انجام داده اند. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان داده اند با توجه به سهم جریان های سطحی و زیرسطحی از کل بارش پتانسیل مناسب برای برنامه ریزان حوضه به منظور اجرای برنامه های مدیریتی به حساب می آید (Hosseini & Mokarian, 2014). احمدآبادی و همکاران (۱۳۹۵)، به تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی حوضه آبریز عنبران چای با استفاده از مدل سوات پرداخته اند. که نتایج نشان می دهد مدل سوات به خوبی توانسته فرایندهای چرخه هیدرولوژیکی را شبیه سازی نماید و اطلاعات ارزشمندی برای مطالعات ژئومورفولوژیکی ارائه نماید (Ahmad Abadi, Kiani, & Ghafoorpoor Anbaran, 2017). لین و

همکاران (۲۰۰۸) به بررسی تغییرات و شبیه‌سازی کاربری اراضی و تأثیر آن بر هیدرولوژی و رواناب سطحی شهر با استفاده از مدل‌های رشد شهری و مدل‌های هیدرولوژیکی در حوضه آبریز پائوچیا در تایوان پرداختند. نتایج نشان از افزایش ۲۲ درصدی رواناب ناشی از رشد شهر می‌دهند (Lin, Lin, Wang, & Hong, 2008).

هاریسون و همکاران (۲۰۰۹)، اثرات کاربری اراضی شهری را بر کانال‌های رودخانه‌ای و تغییرات سطح آب زیرزمینی در رودخانه کارولینای شمالی بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که با افزایش مساحت سطوح نفوذناپذیر شهری رواناب ناشی از رگبار هم افزایش یافته و درجه فروسایبی کانال رود افزایش و سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است (Hardison et al., 2009). حسینی (۲۰۱۲)، در تحقیقی تأثیرات تغییر کاربری بر روی بیلان آبی و رسوبات معلق در حوزه آبخیز طالقان را مورد پژوهش قرارداد. ایشان در واسنجی مدل از دو مدل برنامه SUFI2 و Parasol به منظور برآورد بیلان آبی استفاده نمود. نتایج تحقیق به خوبی میزان تبخیر و تعرق و رواناب را در بالادست و پایین‌دست حوزه نشان داده است (Hosseini et al., 2012). رویال (۲۰۱۳)، اثرات کاربری اراضی بر هیدروژئومورفولوژی حوزه‌های آبخیز کوچک را بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد تغییرات کاربری اراضی باعث کاهش ظرفیت نفوذ، افزایش رواناب، تولید رسوب بیشتر و افزایش جریانات طوفانی در حوزه‌های آبریز خصوصاً حوزه‌های کوچک‌تر می‌گردد (Royall, 2013).

ناوراتیل و همکاران (۲۰۱۳)، با بررسی‌های میدانی، تعدیل‌های هیدروژئومورفیک رودخانه‌های کوچک را قبل از رشد شهری در حوضه آبریز یزرون فرانسه تحلیل نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که رودخانه‌های شهری بزرگ‌شدگی متفاوتی را تجربه نموده‌اند. هم‌چنین تعدیل‌های ایجادشده در کانال رود به صورت محلی بوده و برخی از بازه‌ها از شدت تغییر بیشتری برخوردار بوده است (Navratil, Breil, Schmitt, Grosprêtre, & Albert, 2013).

کریستین و بیگس (۲۰۱۵)، اثرات منطقه‌ای شهرنشینی بر روی هندسه جریان کانال‌ها را مورد مطالعه قرار داده‌اند. منحنی هندسی هیدرولیک منطقه‌ای نشان می‌دهد که شهرنشینی در توسعه اکثریت کانال‌ها نقش داشته اما شدت توسعه به طور گسترده‌ای متفاوت است (Taniguchi & Biggs, 2015).

جووف و همکاران (۲۰۱۵)، هیدروژئومورفولوژی شهری و سندروم ۱ جریان‌های شهری را مطالعه کرده‌اند. در واقع این پژوهش بررسی ادبیات سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ در ارتباط با هیدروژئومورفولوژی می‌باشد. جهت انجام کار ۵ ناحیه تحقیقاتی را که می‌توانند هیدروژئومورفولوژی شهری را گزارش دهند، شناسایی و راهکارهایی ارائه داده‌اند که میزان حجم رواناب رودخانه‌های شهری را کاهش تا تأثیر آن بر ژئومورفولوژی جریان را تقلیل دهند (Vietz, Walsh, & Fletcher, 2015).

حوضه آبریز دربند مهم‌ترین حوضه واقع در شمال تهران می‌باشد که بخش مهمی از رواناب جاری شده به طرف تهران از این حوضه سرچشمه می‌گیرد. احداث مساکن و سازه‌های خطی (بزرگراه‌ها، خیابان‌ها و غیره) ناشی از توسعه شهر تأثیرات مهم بر ژئومورفولوژی سیستم رودخانه‌ها در این محدوده‌ها داشته و دارد. در واقع استقرار مساکن و سازه‌ها در واحدهای ژئومورفولوژی حوزه رودخانه دربند که از ثبات مورفودینامیکی برخوردار نیستند، بدون مطالعات و برنامه‌ریزی اثرات سویی را در برهم زدن تعادل سیستم‌های ژئومورفیک دارند. از این رو در این مطالعه با توجه به واکنش‌های آبراه‌ای دربند و رودخانه‌های فرعی آن و تغییرات ایجادشده روی سیستم‌های رودخانه‌ای نسبت به شناسایی اثرات طرح‌های توسعه کالبدی توسعه شهر در قالب عوامل جغرافیایی پرداخته شده است. بدین منظور مشخص کردن ویژگی‌های موجود و بررسی تأثیر عملیات ساختمانی و تأثیر آن‌ها روی سیستم‌های رودخانه‌ای و برنامه‌ریزی برای پروژه‌ها در حدی که حداقل اثرات منفی را بر محیط داشته باشند از اهمیت خاصی برخوردار است. بنابراین در این پژوهش سعی شده تا پارامترهای هیدروژئولوژیکی مانند رواناب، تبخیر و تعرق و

میزان نفوذپذیری از طریق مدل فیزیکی و نیمه توزیعی سوات (مدل ارزیابی آب و خاک) با در نظر گرفتن توسعه کالبدی شهر در حوزه آبریز دربند کلان شهر تهران در دو مقطع حال حاضر (۲۰۱۸) و دوره ۲۰ سال قبل شبیه سازی و برآورد شود.

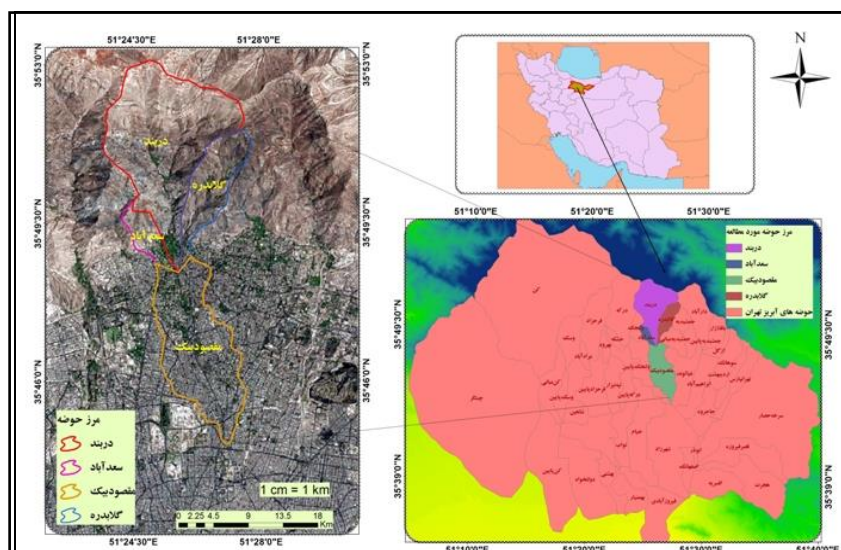
قابل ذکر است اکثر مطالعات انجام شده در این زمینه به صورت کیفی و در یک بخش از چرخه آب صورت گرفته است اما در پژوهش حاضر تمامی فرایندهای چرخه آب متأثر از توسعه شهری کمی سازی شده اند، و همچنین از دیگر نقاط قوت این پژوهش استفاده از مدل نیمه توزیعی سوات که در انتهای آن کالیبراسیون و ارزیابی دقت به طور کامل صورت انجام شده است.

محدوده مورد مطالعه

حوضه آبخیز دربند- گلابدره در شمال شهر تهران در مختصات عرض جغرافیایی $35^{\circ}38'25''$ الی $35^{\circ}53'20''$ و طول جغرافیایی $51^{\circ}23'30''$ الی $51^{\circ}28'$ واقع شده است. این حوضه آبخیز در شیب های جنوبی البرز مرکزی در محدوده بخش مرکزی شهرستان شمیرانات استان تهران در فاصله بین لواسانات و کن قرار گرفته است. عرصه منابع طبیعی مشرف بر شمال تهران و در حوضه آبریزهای رودخانه جعفرآباد، گلابدره و دربند واقع شده است. حوضه مورد مطالعه یکی از حوضه های کوهستانی است و قله توچال با ارتفاع ۲۹۵۷ متر در آن واقع است. حداقل ارتفاع حوضه ۱۳۲۰ متر در جنوب و حداکثر ارتفاع نیز ۳۹۳۸ متر در شمال حوضه است (A Detailed Plan of the Tehran 1 Region, 2007). با توجه به رشد سریع جمعیت تهران به ویژه در منطقه ا شهرداری و تغییرات کاربری زمین ناشی از آن، رودخانه های شهری این منطقه از جمله رودخانه دربند، به دلیل نیاز انسان به فضای زیست در معرض آسیب و تجاوز به حریم بوده است.

جدول ۱- مشخصات فیزوگرافی حوضه مورد مطالعه

مشخصات حوضه	مساحت (KM)	محیط (KM)	طول حوضه (KM)	طول آبراهه اصلی (KM)	شیب حوضه (درصد)	حداقل ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)
دربند	۲۳/۱	۲۳/۶۷	۸/۸	۷/۲	۵۹/۶۰	۱۳۲۰	۳۹۳۸



شکل ۱- موقعیت نسبی حوضه دربند- گلابدره

مواد و روش

در این پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای، تجربی و توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. همچنین، جهت دستیابی به اهداف تحقیق از ابزارهایی مانند نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر (DEM)، کاربری اراضی، نقشه خاک و داده‌های هواشناسی از قبیل بارش، حداقل و حداکثر دما، تابش خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی که به صورت اطلاعات روزانه برای دو دوره حال حاضر و ۲۰ سال گذشته استفاده شده است. میزان تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تکنیک سنجش از دور، نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی در محیط نرم‌افزاری ENVI طی یک‌روند بیست‌ساله (۱۹۹۸-۲۰۱۸) استخراج گردید. در نهایت در این پژوهش از مدل SWAT که یک مدل فیزیکی و نیمه توزیعی می‌باشد بهره گرفته شده است.

مدل SWAT یک مدل جامع در مقیاس حوضه‌ای می‌باشد که توسط سرویس تحقیقاتی کشاورزی آمریکا (USDA-ARS) ارائه شده است (Haji Hosseini, Haji Hosseini, Morid, & Delavar, 2015). این مدل، برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مدیریتی متفاوت بر جریان، رسوب، مواد مغذی و بیلان مواد شیمیایی در حوضه‌هایی با خاک، کاربری اراضی مختلف (تغییر کاربری) برای دوره‌های زمانی طولانی توسعه داده شده است (Verbeeten & Barendregt, 2007). در این مدل به‌جای آن که از معادلات رگرسیونی جهت توصیف رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی استفاده نماید، اطلاعات ویژه‌ای راجع به هوا، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و پوشش اراضی در حوضه آبریز دریافت می‌کند. این مدل به صورت یک الحاقی نرم‌افزار GIS می‌باشد و از قابلیت‌های آن بهره می‌گیرد. در این مدل فیزیک حرکت آب و رسوب، رشد گیاه، چرخه عناصر و جهت شبیه‌سازی به صورت پیوسته در نظر گرفته می‌شود. این مدل حوضه آبریز را به زیرحوضه‌های آبریز تقسیم می‌کند که با هر کدام به عنوان یک واحد مجزا رفتار می‌کند. همچنین زیرحوضه‌ها به بخش‌های پاسخ هیدرولوژی (HRU) ۱ تقسیم می‌شوند که بخش‌هایی از زیرحوضه‌ها با پوشش‌ها، مدیریت و خصوصیات خاک می‌باشد. این مدل از روش عدد منحنی اصلاح شده ۲ یا روش نفوذ گرین-امپت ۳ جهت محاسبه حجم رواناب سطحی برای هر پاسخ هیدرولوژی استفاده می‌کند.

(HRUS) بر اساس نقاط متقاطع لایه‌های رستری یا وکتوری مربوط به کاربری‌های زمین، انواع خاک‌ها، زمین‌شناسی و زیرحوضه‌ها فراهم می‌آیند. از نقشه‌های خطی مربوط به نهر آب‌ها و شبکه‌های زهکشی رودخانه‌ها نیز می‌توان برای ایجاد (HRUS) استفاده کرد (Lagacherie, Rabotin, Colin, Moussa, & Voltz, 2010).

مدل SWAT در شبیه‌سازی چرخه هیدرولوژی از معادله توازن هیدرولوژیک (برای هر HRU) زیر رابطه (۱) استفاده می‌کند (Goodarzi, Zahabiyou, Massah Bavani, & Kamal, 2012).

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^n (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (6)$$

در این رابطه، SW_t مقدار نهایی آب خاک (mm)، SW_o مقدار اولیه آب خاک در روز (mm)، R_{day} بارش روزانه، Q_{surf} رواناب سطحی، E_a تبخیر و تعرق واقعی، W_{seep} آبی که از پروفیل خاک به منطقه غیراشباع وارد می‌شود و Q_{gw} جریان آب زیرزمینی خروجی به رودخانه برحسب میلی‌متر می‌باشد (Mengistu, 2009).

یافته‌های پژوهش

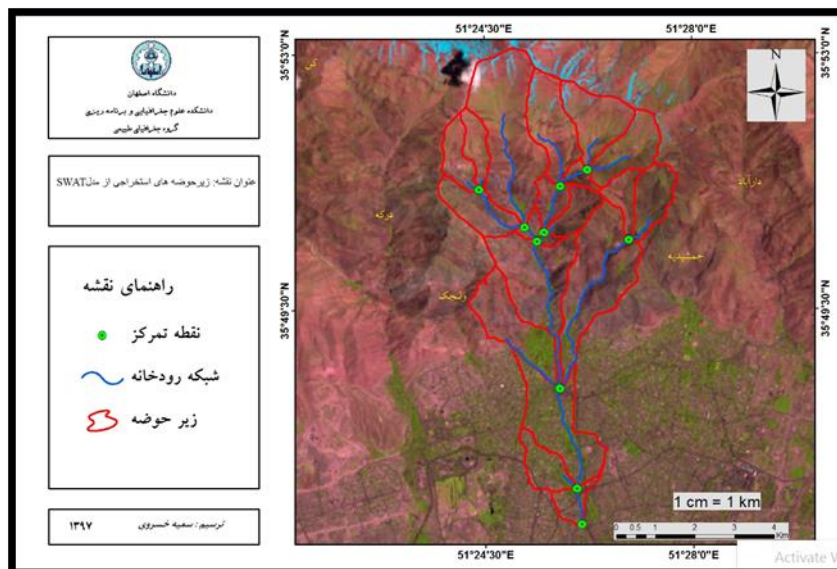
جهت استخراج خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز در بند-گلابدره از مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر استفاده شده است. این اطلاعات شامل محدوده حوضه آبریز، زیرحوضه، نقاط تمرکز و خصوصیات فیزیکی حوضه آبریز

¹ - Hydrologic Response Unit

² - soil Conservation Service

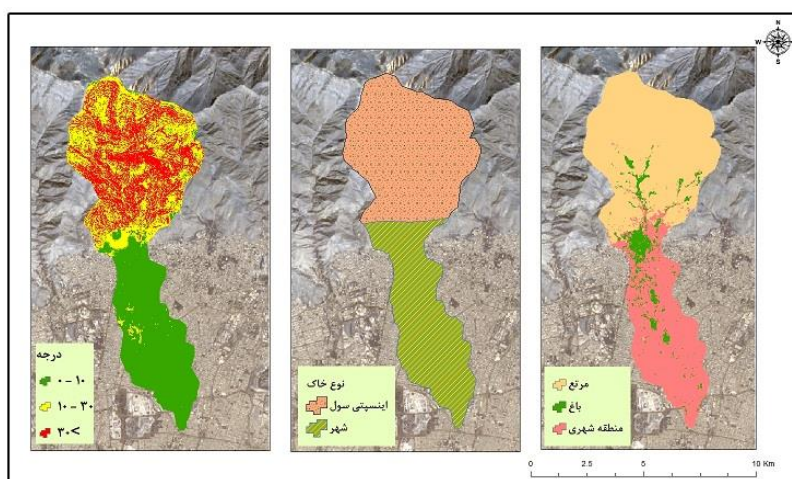
³ -Green and Ampt

می باشد. در مرحله اول، با استفاده از داده توپوگرافی، حوضه آبریز دربند- گلابدره به ۲۱ زیرحوضه مطالعاتی تقسیم بندی شده است. سپس زیرحوضه ها بر اساس داده های خاک، شیب و کاربری اراضی به واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) تقسیم می شوند (شکل شماره ۲).

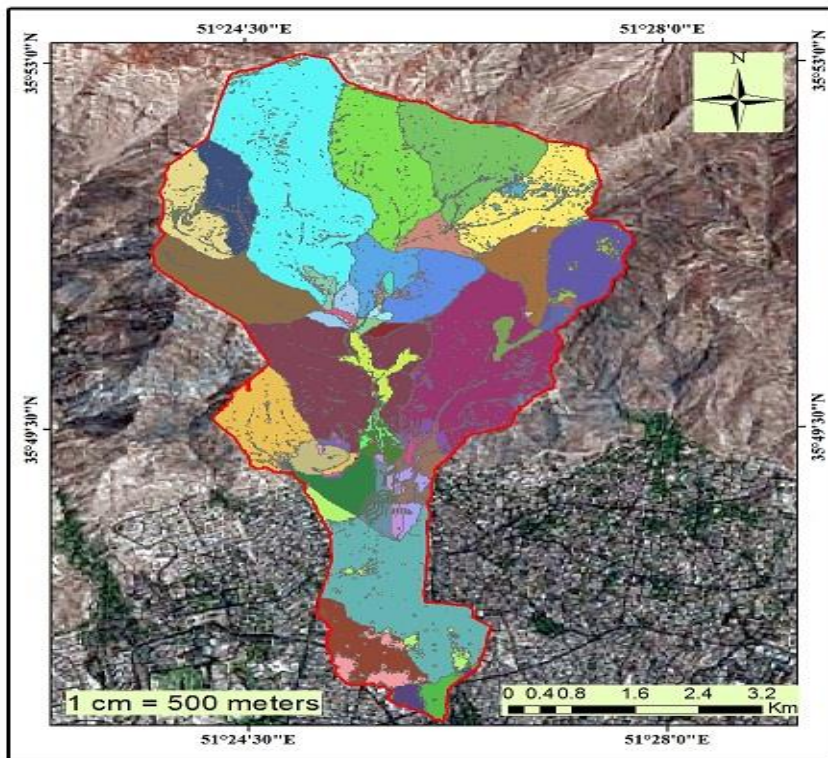


شکل ۲- زیرحوضه ها و شبکه جریان به همراه نقاط تمرکز حوضه آبریز دربند- گلابدره، استخراج از Arc SWAT

واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی، واحدهای مطالعاتی جهت شبیه سازی فرآیند بارش - رواناب در مدل Arc Swat به کار گرفته می شود این واحدهای کاری از تلفیق و هم پوشانی سه لایه شامل کاربری اراضی، شیب و نوع خاک منطقه حاصل می گردد. در این مطالعه سه طبقه شیب برای حوضه آبریز دربند تعریف شد که شامل ۱۰ تا ۲۰ درصد، ۲۰ تا ۳۰ درصد و بیش از ۳۰ درصد می باشند (شکل ۳). این طبقات شیب نه تنها به تفکیک مکانی بهتر حوضه کمک می کنند، بلکه برای تشخیص موقعیت مکانی واحدهای واکنش هیدرولوژیکی نیز مناسب هستند. در حوضه آبریز دربند - گلابدره با توجه به لایه کاربری اراضی، خاک و شیب، تعداد ۵۱ واحد پاسخ هیدرولوژیکی استخراج شده است (شکل ۴).

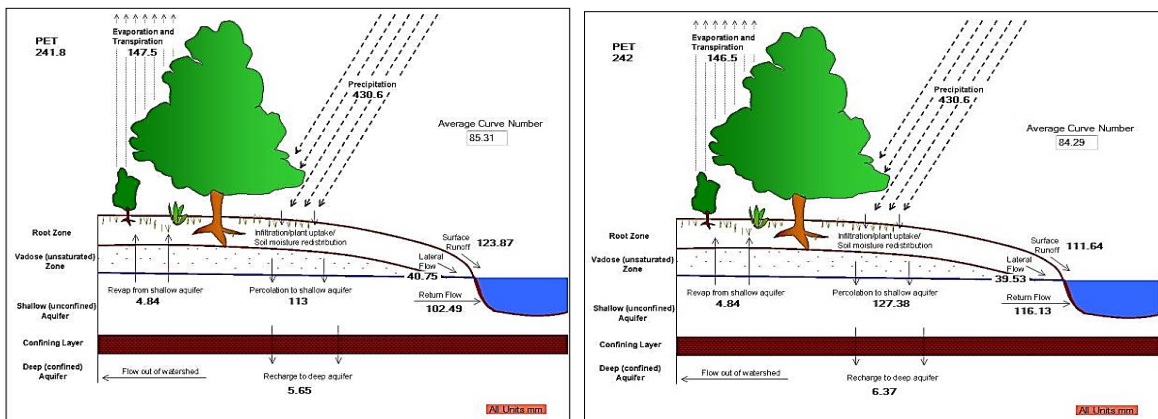


شکل ۳- نوع کاربری زمین، خاک و شیب حوضه دربند- گلابدره



شکل ۴- نقشه HRU استخراجی توسط مدل ARC SWAT

در مرحله بعد به منظور شبیه‌سازی فرآیند بارش - رواناب بعد از استخراج واحدهای مطالعاتی، داده‌های روزانه آب و هواشناسی به مدل معرفی می‌شود این اطلاعات آب و هواشناسی شامل بارش، دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خورشیدی می‌باشد. در این پژوهش از داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شمال تهران بر اساس دوره آماری ۲۱ ساله از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۸ مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد نتایج مدل به صورت شما تیکی به دست می‌آید که اطلاعاتی از قبیل میزان بارش، تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل، شماره منحنی، جریان برگشتی و نفوذ به لایه‌های عمیق و سطحی زمین را ارائه می‌دهد (شکل ۵).



تحلیل شماتیک فرآیند بارش - رواناب سال ۲۰۱۸

تحلیل شماتیک فرآیند بارش - رواناب سال ۱۹۹۸

شکل ۵- تحلیل شماتیک فرآیند بارش - رواناب حوضه دربند- گلابدره سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸

بخش چرخه هیدرولوژیکی

عناصر مهم چرخه هیدرولوژیکی را بارندگی، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، نفوذ و جریانهای زیرقشری تشکیل می دهند. بیلان آبی با توجه به پارامترهای ورودی برای حوضه در دو مقطع حال حاضر (۲۰۱۸) و ۲۰ سال گذشته (۱۹۹۸) برآورد شد (جداول ۲ و ۳).

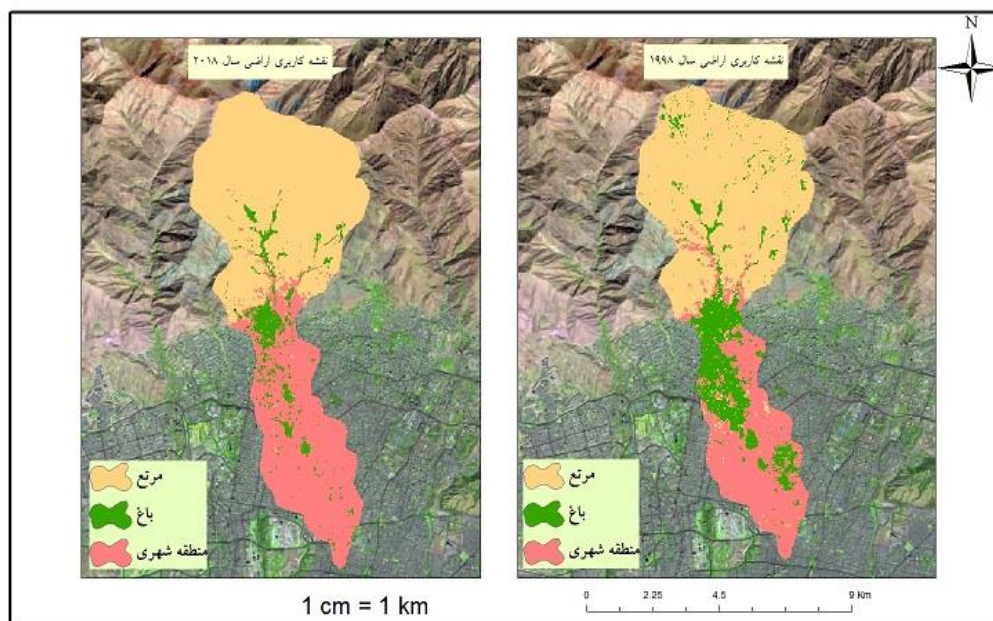
جدول ۲-نسبت بیلان آبی سال ۱۹۹۸

جریان رودخانه/بارش	جریان پایه/ جریان کل	رواناب سطحی/ جریان کل	تبخیر و تعرق/ بارش
۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۷۲	۰/۸۹

جدول ۳- نسبت بیلان آبی سال ۲۰۱۸

جریان رودخانه/بارش	جریان پایه/ جریان کل	رواناب سطحی/ جریان کل	تبخیر و تعرق/ بارش
۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۷۸	۰/۸۵

جداول ۴ و ۵ مقادیر پارامترهای هیدرولوژیکی را به تفکیک نوع کاربری اراضی شکل ۵ و ۶ در محدوده مورد مطالعه برای دو مقطع گذشته و حال نشان می دهد. بر اساس نقشه کاربری اراضی طی روند بیست ساله تغییراتی در گسترش فضای کالبدی شهری صورت گرفته است، در وضعیت حال حاضر در اثر گسترده گی مناطق شهری تا خط ارتفاعی ۱۸۰۰ متر از سطح دریا، از میزان تراکم پوشش گیاهی کاسته شده است. تغییرات مذکور به تدریج در نوع گروه هیدرولوژیکی خاک و به تبع در میزان نفوذپذیری و رواناب تأثیر گذار خواهد بود (نقشه ۵).



شکل ۶- کاربری اراضی حوضه آبریز دربند - گلابدره برای دوره قبل (۱۹۹۸) و وضع موجود (۲۰۱۸)

جدول ۴- مقادیر پارامترهای هیدرولوژیکی به تفکیک نوع کاربری اراضی سال ۱۹۹۸

نوع کاربری	CN(شماره منحنی)	رواناب سطحی mm	تبخیر و تعرق (از سطح کاربری) (mm)
مرتع	۷۴	۱۲/۳۷	۱۳۹/۶۰
باغات	۷۰,۵	۲۳/۶۷	۱۲۸/۹۳
منطقه شهری	۷۹	۱۴/۹۷	۱۴۱/۷۶

جدول ۵- مقادیر پارامترهای هیدرولوژیکی به تفکیک نوع کاربری اراضی سال ۲۰۱۸

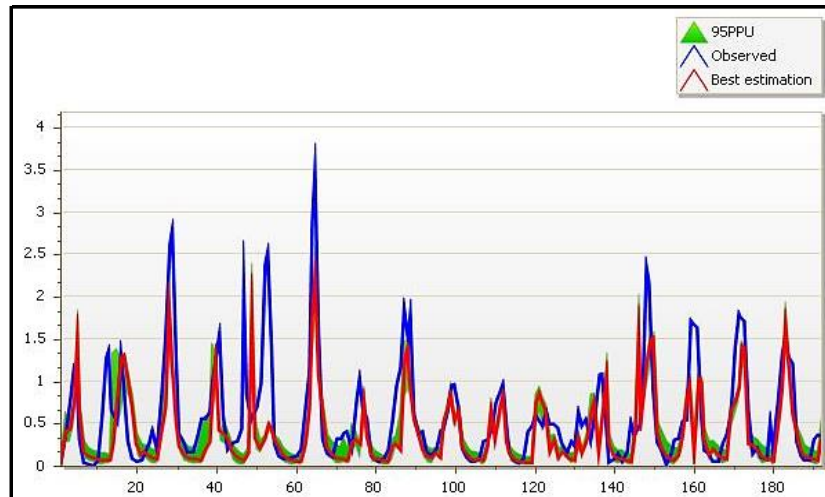
نوع کاربری	CN(شماره منحنی)	رواناب سطحی mm	(تبخیر و تعرق) (mm)
مرتع	۸۳	۱۳/۳	۱۳۷
باغات	۷۷,۵	۳۴	۱۲۳
منطقه شهری	۹۶	۴۰	۱۱۹/۰۲

ارزیابی دقت

در پژوهش حاضر، داده‌های اندازه‌گیری شده دبی روزانه در طول سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ میلادی در ایستگاه هیدرومتری مقصود بیک مورد استفاده قرار گرفت. دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ میلادی جهت واسنجی و آمار دبی سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ برای اعتبارسنجی مدل در نظر گرفته شد. برای متعادل شدن مدل با شرایط محیطی دو سال ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹ به‌عنوان warm up مدل اختصاص یافت. مدل SWAT دارای پارامترهای متعددی است که شبیه‌سازی آن به تغییرات برخی از پارامترها حساسیت بیشتری دارد. این مرحله از محاسبات با استفاده از نرم‌افزار SWAT-CUP و الگوریتم SUFI2 اجرا شد (Abbaspour, 2007). در الگوریتم SUFI2 با انجام چهار تکرار که هر کدام ۵۰۰ شبیه‌سازی بود واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT در دو مرحله برای دوره قبل (سال ۱۹۹۸) و دوره وضع موجود (۲۰۱۸) انجام شده است. در مرحله اول، پارامترهایی که بیشترین تأثیر را در نتایج شبیه‌سازی داشتند، انتخاب و مقادیر بهینه آن‌ها حاصل گردید سپس بر اساس مقدار ضریب نش - ساتکلیف و ضریب تعیین، بهترین نتایج جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل صورت گرفت.

جدول ۶- مقادیر پارامترهای تعیین شده برای واسنجی، حداقل، حداکثر و بهینه مقادیر حوضه در بند-گلابدره دوره قبل (سال ۱۹۹۸)

ترتیب حساسیت	نام پارامتر	حداقل مقادیر	حداکثر مقادیر	مقادیر بهینه
۱	R_CN2.mgt	-۰.۰۲۰۵۷۶	۰.۲۶۹۰۴۴	۰.۱۳۹۱۹۸
۲	R_SOL_AWC(..).sol	-۱.۵۸۸۰۱۰	-۰.۷۲۵۱۶۲	-۱.۵۷۵۰۶۷
۳	R_SOL_K(..).sol	-۰.۲۴۹۰۵۵	۰.۳۶۹۱۸۷	۰.۱۶۰۰۱۵
۴	R_SOL_BD(..).sol	۰.۶۴۴۲۳۹	۱.۲۵۵۳۳۱	۰.۸۱۸۴۰۰
۵	V_ALPHA_BF.gw	۰.۱۱۴۹۷۱	۰.۶۱۲۶۷۹	۰.۵۲۰۶۰۳
۶	V_GW_DELAY.gw	۱۸۲.۰۰۴۲۲۷	۲۷۱.۷۲۹۲۴۸	۲۶۵.۲۹۸۹۵۰
۷	V_GWQMN.gw	۱۲۲۸.۴۱۴۴۲۹	۲۲۸۸.۵۰۴۳۹۵	۲۱۱۰.۰۵۵۹۰۸
۸	V_GW_REVAP.gw	-۰.۱۱۰۱۶۶	-۰.۰۱۹۳۵۴	-۰.۰۳۴۰۳۵
۹	V_REVAPMN.gw	۱۱۰.۲۱۹۰۷۸	۲۴۷.۰۷۰۰۰۷	۲۴۳.۶۴۸۷۲۷
۱۰	V_RCHRG_DP.gw	۰.۸۱۷۹۷۷	۱.۲۱۹۸۴۵	۱.۱۶۴۲۵۳
۱۱	V_ESCO.hru	۰.۸۷۲۵۰۲	۱.۰۳۷۸۵۲	۱.۰۱۹۳۸۸
۱۲	V_EPCO.hru	۰.۸۷۰۰۹۶	۱.۰۵۱۴۰۸	۰.۹۲۶۰۰۱
۱۳	V_CH_N2.rte	-۰.۱۲۶۸۳۸	۰.۰۵۵۵۶۴	-۰.۱۲۲۲۷۸
۱۴	V_CH_K2.rte	۲۰.۶۹۵۵۰۷	۷۱.۲۵۷۳۷۰	۴۰.۳۳۰۳۶۴
۱۵	V_SLSUBBSN.hru	۰.۰۰۴۹۹۵	۰.۱۱۴۲۹۵	۰.۱۱۳۷۴۸
۱۶	V_SMTMP.bsn	-۳.۱۲۵۴۱۴	۰.۶۹۴۶۹۸	-۰.۳۳۰۳۶۵
۱۷	V_SMTMP.bsn	۶.۰۲۱۴۲۹	۱۲.۳۴۵۰۶۵	۱۰.۴۳۷۴۳۵
۱۸	V_SMFMX.bsn	-۰.۵۷۶۴۲۷	۴.۱۳۸۵۲۱	۰.۵۱۵۸۶۹
۱۹	V_SMFMN.bsn	۰.۴۳۶۵۴۶	۴.۸۶۴۸۹۸	۱.۳۵۹۱۱۹
۲۰	V_TIMP.bsn	۰.۶۴۳۱۱۵	۰.۹۶۲۲۷۹	۰.۸۲۶۶۳۴
۲۱	V_ALPHA_BNK.rte	۰.۰۸۴۸۵۵	۰.۵۳۷۹۱۳	۰.۱۳۲۴۲۶



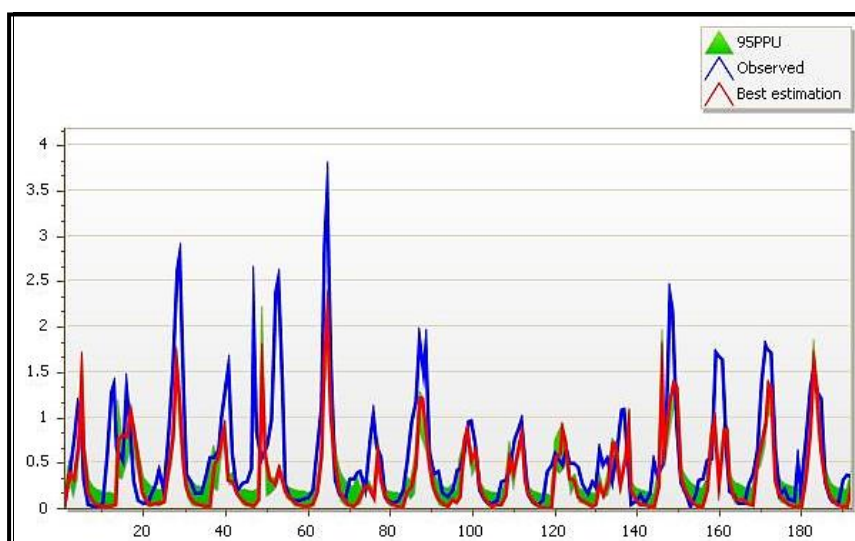
شکل ۷- نتایج هیدرو گراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی بر پایه زمانی ماهانه، حوضه دربند- گلابدره سال ۱۹۹۸

بعد از بهینه‌سازی پارامترهای مورداستفاده در SWAT- CUP، مقدار ضریب نش- ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین (R2) سال ۱۹۹۸ در مرحله واسنجی به ترتیب معادل ۰/۳۴ و ۰/۴۳ می‌باشد برای دوره اعتبارسنجی مقدار ضریب نش- ساتکلیف و ضریب تعیین به ترتیب برابر با ۰/۳۰ و ۰/۳۹ می‌باشد. همچنین، مدل SWAT- CUP در وضعیت موجود حوضه دربند - گلابدره برای سال ۲۰۱۸ موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. نتایج هیدرو گراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و مقادیر ارزیابی کارایی مدل در ادامه ارائه شده است. مقدار ضریب نش -ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین (R2)، به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۴۶ در دوره واسنجی، و ۰/۳۳ و ۰/۳۹ در دوره اعتبارسنجی برآورد شده است. طبق نتایج ارزیابی کارایی مدل بر اساس ضریب نش -ساتکلیف (NS) و ضریب تعیین (R2)، نشان از توانایی مدل swat در شبیه‌سازی رواناب حوضه دارد.

جدول ۷-مقادیر پارامترهای تعیین شده برای واسنجی، حداقل، حداکثر و بهینه مقادیر حوضه دربند- گلابدره وضع موجود (سال ۲۰۱۸)

مقادیر بهینه	حداکثر مقادیر	حداقل مقادیر	نام پارامتر	ترتیب حساسیت
۸۵.۷۲۰۱۹۲	۸۶.۱۷۷۳۳۰	۸۳.۹۸۳۰۷۰	A_CN2.mgt	۱
-۲.۲۲۲۲۲۴	-۱.۴۸۹۸۸۱	-۲.۵۵۳۸۱۷	R_SOL_AWC(..).sol	۲
۱.۴۹۶۵۱۶	۱.۵۱۸۴۵۷	۰.۹۹۱۸۶۵	R_SOL_K(..).sol	۳
۰.۹۹۸۳۸۷	۱.۴۵۱۸۲۵	۰.۹۱۹۴۱۳	R_SOL_BD(..).sol	۴
۰.۹۳۶۶۸۹	۱.۰۵۵۵۹۷	۰.۸۰۵۲۶۵	V_ALPHA_BF.gw	۵
۴۵۱.۹۸۹۰۱۴	۵۶۹.۸۵۰۵۸۶	۳۴۳.۹۱۷۸۷۷	V_GW_DELAY.gw	۶
۲۵۲۰.۴۰۵۵۱۸	۲۶۰۴.۳۳۱۵۴۳	۱۷۵۰.۸۴۵۵۸۱	V_GWQMN.gw	۷
-۰.۲۵۸۴۸۰	-۰.۰۶۰۱۲۱	-۰.۲۶۰۸۲۱	V_GW_REVAP.gw	۸
۱۴۲.۵۸۷۵۲۴	۱۵۷.۴۵۸۲۰۶	۸۸.۲۹۲۲۴۴	V_REVAPMN.gw	۹
۱۰.۱۳۱۰۸	۱.۲۰۷۰۰۸	۰.۹۶۱۰۴۶	V_RCHRG_DP.gw	۱۰

ترتیب حساسیت	نام پارامتر	حداقل مقادیر	حداکثر مقادیر	مقادیر بهینه
۱۱	V_ESCO.hru	۰.۵۰۵۶۶۶	۰.۶۱۶۹۷۴	۰.۵۸۱۵۴۱
۱۲	V_EPCO.hru	۰.۶۲۴۳۵۳	۰.۷۲۵۳۵۱	۰.۶۷۴۰۱۰
۱۳	V_CH_N2.rte	-۰.۰۵۲۷۰۷	۰.۰۲۶۷۱۳	-۰.۰۱۳۹۲۴
۱۴	V_CH_K2.rte	۴۶.۶۹۳۴۲۸	۹۲.۱۶۳۲۶۱	۸۰.۱۱۳۷۵۴
۱۵	V_SLSUBBSN.hru	۰.۱۲۱۵۴۸	۰.۱۸۷۰۱۸	۰.۱۴۵۶۶۳
۱۶	V_SMTMP.bsn	-۰.۴۸۲۵۶۷	۴.۱۲۱۹۸۱	۳.۴۰۸۲۷۶
۱۷	V_SMTMP.bsn	-۸.۰۶۷۹۳۷	-۴.۷۰۹۶۷۸	-۷.۱۴۴۴۱۶
۱۸	V_SMFMX.bsn	۲.۸۴۱۴۴۱	۶.۷۱۱۲۸۳	۳.۸۹۲۷۴۸
۱۹	V_SMFMN.bsn	-۱.۷۱۰۱۹۳	۲.۰۷۸۶۶۱	۰.۵۳۱۵۴۶
۲۰	V_TIMP.bsn	۰.۵۷۴۹۷۵	۰.۹۳۰۷۸۷	۰.۷۹۶۱۷۱
۲۱	V_ALPHA_BNK.rte	۰.۰۰۰۰۰۰	۰.۱۴۰۳۷۷	۰.۰۸۶۳۳۲



شکل ۸- نتایج هیدروگراف های مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره واسنجی بر پایه زمانی ماهانه، حوضه دربند- گلابدره سال ۲۰۱۸

بحث

فعالیت های کاربری بشر به طور بنیادی تغییر هیدروژئومورفوزی رودخانه ها را به دنبال دارد. در دوران اخیر، فعالیت های انسانی به خصوص شهرنشینی بیشتر از هر عامل دیگر حتی تغییرات آب و هوایی مورفولوژی رودخانه ها را تغییر داده است. تغییر کاربری ها سبب افزایش رواناب، سیلاب و رسوب گذاری می شود و این افزایش می تواند به شدت مخاطرات ناشی از رودخانه ها را افزایش دهد. همچنین، توسعه شهرها، به دلیل افزایش سطوح نفوذناپذیر، منجر به افزایش حجم رواناب و سیلاب، کاهش زمان تمرکز، افزایش دبی حداکثر لحظه ای و تغییر کیفیت سیلاب می گردد.



در محدوده مورد مطالعه، تنوع و گوناگونی ساخت‌وساز و ساختارهای شهری، وجود موقعیت‌های مناسب و بافت‌های خاص در نواحی مختلف موجب شده است که فعالیت‌های مربوط به ساخت‌وساز در این نواحی وسعت گرفته و شهر بشدت به آن سمت توسعه بیابد و هم‌چنین سرمایه‌گذاران بیشتری به احداث پروژه‌های مختلف ساختمانی اقدام کنند که خود پیامدهای بسیاری بر روی تغییرات سیستم‌های ژئومورفیک از جمله سیستم‌های رودخانه‌ای را به دنبال دارد.

از طرف دیگر در ژئومورفولوژی ما با فرایندها سروکار داریم و در این تغییرات خواسته‌ایم تأثیرات هیدروژئومورفولوژی را بررسی کنیم و قبل از آن چرخه آب است که تأثیر زیادی در فرایندهای مختلف خصوصاً فرایندهای جریان‌ی دارد. در نتیجه از آن‌جهت که اثربخش‌های مختلف چرخه آب را بررسی کنیم نیازمند کمی بودن آن‌ها هستیم و می‌بایست به سمت مدل‌هایی حرکتی کنیم که پایه فیزیکی دارند. سپس اثرات تغییرات پارامترها را در فرایندها و لندفرم‌ها می‌توان ملاحظه کرد. از این منظر مدل SWAT که یک مدل نیمه توزیعی بر پایه فیزیکی است انتخاب و با استفاده از این مدل فرایندهای چرخه آب را می‌توان کمی کرد.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج حاصل از شبیه‌سازی فرآیند بارش - رواناب، میانگین بارش در حوضه آبریز دربند - گلابدره بر اساس داده هواشناسی ایستگاه شمال تهران، برابر با $430/6$ میلی‌متر می‌باشد که از این مقدار بارش در دوره قبل $146/5$ میلی‌متر و در سال 2018 ، به میزان $147/5$ میلی‌متر به صورت تبخیر و تعرق واقعی از سطح زمین و گیاه حوضه آبریز از دسترس خارج می‌گردد. میانگین شماره منحنی (CN) که نشان‌دهنده میزان نگهداشت آب بر روی حوضه آبریز می‌باشد در فرآیند شبیه‌سازی، این مقدار در سال 1998 برابر با $84/29$ و سال 2018 این مقدار به $85/31$ افزایش داشته است. این افزایش در نتیجه توسعه کالبد شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر شهری در حوضه آبریز دربند - گلابدره اتفاق افتاده است و شرایط هیدرولوژیکی خاک و کاربری زمین دستخوش تغییرات شده است. در نتیجه این امر، کاهش نفوذپذیری و افزایش میزان رواناب سطحی را در حوضه دربند - گلابدره در پی داشته است. میزان رواناب سطحی در دوره قبل (1998)، $111/64$ میلی‌متر و در حال حاضر (2018) این مقدار به $123/87$ میلی‌متر افزایش یافته است.

هم‌چنین میزان جریان بازگشتی به حوضه آبریز، نفوذ به آبخوان‌های سطحی و عمیق نیز روند کاهشی و منفی را به همراه داشته است که در نتیجه افزایش سطوح نفوذناپذیر شهری، بیشتر بارش‌های حوضه آبریز به صورت رواناب سطحی جاری می‌گردد و مقدار نفوذ را کاهش یافته است. هم‌چنین، توسعه کالبدی شهر در حوضه آبریز دربند از بیست سال گذشته (1998) تاکنون (2018)، تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در خصوصیات هیدرولوژیکی و در نهایت در ویژگی‌های هیدروژئومورفولوژیکی حوضه داشته است. محدوده مورد مطالعه دارای سه نوع کاربری مرتع، باغات و منطقه شهری می‌باشد که در هر یک از این کاربری‌ها میزان رواناب سطحی، نفوذپذیری و تبخیر و تعرق متفاوت می‌باشد.

به دلیل شرایط ذکر شده در ابتدای بحث محدوده مورد مطالعه نسبت به سه دهه گذشته پرتراکم و به سمت کاربری‌های باغات و بخشی از کاربری‌های مرتعی حرکت کرده‌اند و به دنبال آن تغییر کاربری اتفاق افتاده است. مقدار شماره منحنی CN به علت تغییرات تراکم شهری و تغییرات کاربری در دوره زمانی 20 ساله (از سال 1998 تا 2018) از مقدار 79 در منطقه شهری به 96 ، 74 در مرتع به 83 و $70/5$ در محدوده باغات به $77/5$ تغییر یافته است. نتایج نشان می‌دهد مقدار CN از گذشته تاکنون بیشتر شده است که به معنای این می‌باشد که میزان نفوذپذیری کاهش یافته است. از طرف دیگر تغییرات در مقدار CN بر روی مقدار رواناب سطحی تأثیر مستقیم می‌گذارد. به این ترتیب که در محدوده مورد مطالعه از بیست سال گذشته تاکنون به ترتیب مقدار رواناب در کاربری‌های مختلف بدین گونه است: مقدار رواناب کاربری مرتع $12/37$ به $13/3$ ، کاربری باغات

۲۳،۶۷ به ۳۴ و کاربری منطقه شهری از ۱۴،۹۷ به ۴۰ تغییر یافته‌اند. همان‌طور که ملاحظه شد با کاهش نفوذپذیری میزان رواناب سطحی بشدت افزایش یافت که خود در محدوده مورد مطالعه مخاطرات جدی را به دنبال دارد. هم‌چنین شاخص تبخیر و تعرق هم بشدت تحت تأثیر می‌باشد بدین‌صورت که از ۱۹۹۸ تاکنون ۲۰۱۸، میزان تبخیر و تعرق از سطح کاربری در کاربری مرتع ۱۳۹،۶۰ به ۱۳۷، کاربری باغات از ۱۲۸،۹۳ به ۱۲۳ و در کاربری مناطق شهری از ۱۴۱،۷۶ به ۱۱۹،۰۲ تغییر یافته است که نشان می‌دهد میزان تبخیر و تعرق نسبت به گذشته به دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی در محدوده و تغییرات کاربری کاهش داشته است.

مدل SWAT بکار گرفته شده در این تحقیق و ارزیابی دقت خیلی مهم می‌باشد و از آن نظر که می‌خواهد داده شبیه‌سازی شده را بر اساس پارامترهایی مثل رواناب با داده‌های واقعی منطبق کند در نتیجه پارامترهای مختلفی که درگیر این چرخه هستند را مورد واسنجی و اعتبار سنجی قرارداد. در گذشته ۲۰۰۶ امانی و همکاران در پژوهشی شبیه‌سازی جریان در دو زیرحوضه ماهی دشت و سنجایی از زیرحوضه‌های رودخانه کارون را با استفاده از مدل سوات در دو مرحله واسنجی و اعتبار سنجی انجام دادند که نتایج حاکی از کارایی مناسب مدل در حوضه مذکور بود. که واسنجی مدل مقدار ضریب R^2 شبیه‌سازی جریان ماهانه دو حوضه به ترتیب ۸۹ و ۸۱ درصد و اعتبار سنجی آن به ترتیب ۹۰ و ۸۷ درصد نشان داد (Amani, Tajrish, & Abrishamchi 2006). هم‌چنین پژوهشی دیگر در سال ۲۰۰۹ توسط Alansi و همکاران اعتبارسنجی مدل سوات برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان آبراه‌های در مالزی را انجام داده‌اند. که در آن نتایج شبیه‌سازی در مرحله واسنجی برای پایه زمانی ماهانه با استفاده از ضرایب کارایی R^2 و نش- ساتکایف به ترتیب ۶۵٪ و ۶۲٪ و در مرحله اعتبارسنجی ۹۳٪ و ۹۲٪ به دست آمد. در نهایت می‌بایست خاطر نشان کرد مدل سوات در تحقیق آن‌ها توانست به‌خوبی در تشخیص زیرحوضه‌های دارای شرایط بحرانی مورد استفاده قرار گیرد (Alansi, Amin, Abdul Halim, Shafri, & Aimrun, 2009).

سهم نویسندگان: سمیه خسروی (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی (۶۰٪)، مژگان انتظاری (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی (۲۰٪)، علی احمدآبادی (نویسنده سوم)، پژوهشگر کمکی (۱۰٪)، سید موسی پور موسوی (نویسنده چهارم)، پژوهشگر کمکی (۱۰٪)

منابع و مآخذ

- A Detailed Plan of the Tehran 1 Region. (2007). *Department of Management and Planning of Tehran Urban Development Plans, Ministry of Housing and Urban Development* Retrieved from Tehran Municipality. (Persian)
- Abbaspour, K. C. (2007). User manual for SWAT-CUP, SWAT calibration and uncertainty analysis programs. *Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, Switzerland* .
- Agha Beigi, M., & Lesani, M. (2008). *Runoff analysis of the city of Mashhad using the interpretation of satellite images and the proposed methods for controlling and reducing urban runoff*. Paper presented at the First National Engineering Conference of Consumers, Mashhad, Mashhad municipality. (Persian)
- Ahmad Abadi, A., Kiani, T., & Ghafoorpoor Anbaran, P. (2017). The effects of watershed management practices in Hydro-geomorphological characteristics in Anbaranchay watershed. *The Journal of Spatial Planning*, 21(2), 35-55. (Persian)
- Alansi, A., Amin, M., Abdul Halim, G., Shafri, H., & Aimrun, W. (2009). Validation of SWAT model for stream flow simulation and forecasting in Upper Bernam humid tropical river basin, Malaysia. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 6(6), 7581-7609. [DOI:10.5194/hessd-6-7581-2009]
- Amani, N., Tajrish, M., & Abrishamchi, A. (2006). *Simulation of stream flow by applying SWAT model and GIS*. Paper presented at the Seventh International Conference on River Engineering, Ahvaz, Shahid Chamran University. (Persian)

- Booth, D. B., Karr, J. R., Schauman, S., Konrad, C. P., Morley, S. A., Larson, M. G., & Burges, S. J. (2004). Reviving urban streams: Land use, hydrology, biology, and human behavior. *Journal of the American Water Resources Association*, 40(5), 1351-1364. [DOI:10.1111/j.1752-1688.2004.tb01591.x]
- Chin, A. (2006). Urban transformation of river landscapes in a global context. *Geomorphology*, 79(3), 460-487. [DOI:10.1016/j.geomorph.2006.06.033]
- Chin, A., O'Dowd, A. P., & Gregory, K. J. (2013). 9.39 urbanization and river channels. In J. F. Shroder (Ed.), *Treatise on Geomorphology* (pp. 809-827). San Diego: Academic Press.
- Findlay, S. J., & Taylor, M. P. (2006). Why rehabilitate urban river systems? *Area*, 38(3), 312-325.
- Ghanavati, E., Safari, A., Karam, A., Najafi, E., & Jahandar, G. (2016). Hydrogeomorphological characteristics of Tehran metropolitan watersheds. *Journal of Hydrogeomorphology*, 2(6), 33-54. (Persian)
- Goodarzi, M. R., Zahabiyoun, B., Massah Bavani, A. R., & Kamal, A. R. (2012). Performance comparison of three hydrological models SWAT, IHACRES and SIMHYD for the runoff simulation of Gharehou basin. *Journal of Water and Irrigation Management (Journal of Agriculture)*, 2(1), 25-40. [DOI:10.22059/JWIM.2012.25090]. (Persian)
- Haji Hosseini, H. R., Haji Hosseini, M. R., Morid, S., & Delavar, M. (2015). Hydrological simulation of the upper hiran transboundary catchment using SWAT model. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 19(72), 255-268. [DOI:10.18869/acadpub.jstnar.19.72.22]. (Persian)
- Hardison, E. C., O'Driscoll, M. A., DeLoatch, J. P., Howard, R. J., & Brinson, M. M. (2009). Urban land use, channel incision, and water table decline along coastal plain streams, North Carolina. *Journal of the American Water Resources Association*, 45(4), 1032-1046. [DOI: 10.1111/j.1752-1688.2009.00345.x]
- Hosseini zadeh, M., & Esmaeli, R. (2015). *River geomorphology* (First ed.). Tehran: Shahid Beheshti University. (Persian)
- Hosseini Zadeh, R., & Jahadi Toroghi, M. (2007). The effects of urbanization on the natural drainage patterns and the increase of urban floods: Case study Metropolis of Mashhad-Iran. *Geographic Research*, 39(61), 145-159. (Persian)
- Hosseini, M., Ghafouri, A. M., Amin, M. S. M., Tabatabaei, M. R., Goodarzi, M., & Abde Kolahchi, A. (2012). Effects of land use changes on water balance in Taleghan catchment, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(5), 1161-1174.
- Hosseini, M., & Mokarian, Z. (2014). Estimation of ground water runoff by SWAT model in Golgol catchment. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 8(1), 80-92. [DOI:10.22092/IJWMSE.2016.105976]. (Persian)
- Lagacherie, P., Rabotin, M., Colin, F., Moussa, R., & Voltz, M. (2010). Geo-MHYDAS: A landscape discretization tool for distributed hydrological modeling of cultivated areas. *Computers & Geosciences*, 36(8), 1021-1032. [DOI:10.1016/j.cageo.2009.12.005]
- Lin, Y.-P., Lin, Y.-B., Wang, Y.-T., & Hong, N.-M. (2008). Monitoring and predicting land-use changes and the hydrology of the urbanized Paochiao watershed in Taiwan using remote sensing data, urban growth models and a hydrological model. *Sensors*, 8(2), 658-680. [DOI:10.3390/s8020658]
- Mengistu, K. T. (2009). Watershed hydrological responses to changes in land use and land cover, and management practises at Hare Watershed, Ethiopia, engineering and machine engineering, University Siegen. Retrieved from <http://dokumentix.uni-siegen.de/opus/volltexte/2009/420/>
- Najafi, E. (2015). *Geomorphologic modeling of bridges in urban areas (case study: Tehran metropolis)*. (PhD Thesis), Kharazmi University. (Persian)
- Navratil, O., Breil, P., Schmitt, L., Grosprêtre, L., & Albert, M. B. (2013). Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (Yzeron River basin, France). *Journal of Hydrology*, 485, 24-36. [DOI:10.1016/j.jhydrol.2012.01.036]
- Royall, D. (2013). 13.3 Land-Use Impacts on the Hydrogeomorphology of small watersheds. In J. F. Shroder (Ed.), *Treatise on Geomorphology* (pp. 28-47). San Diego: Academic Press.
- Saberi, A. (1995). *Investigating the effects of urban development changes in northern Tehran to provide methods for controlling and managing flood*. (Master's Thesis), Tarbiat Modares University. (Persian)
- Taniguchi, K. T., & Biggs, T. W. (2015). Regional impacts of urbanization on stream channel geometry: A case study in semiarid southern California. *Geomorphology*, 248, 228-236. [DOI:10.1016/j.geomorph.2015.07.038]

- Verbeeten, E., & Barendregt, A. (2007). *The impacts of climate change on hydrological services provided by dry forest ecosystems in West Africa*. Paper presented at the 4th International SWAT Conference, Netherlands .
- Vietz, G. J., Walsh, C. J., & Fletcher, T. D. (2015). Urban hydrogeomorphology and the urban stream syndrome: Treating the symptoms and causes of geomorphic change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 40(3), 480-492 .
- Zamanzadeh, S. M., Yamani, M., & Bani Safar, M. (2013). *Erosion of the bed and river bank due to the harvesting of river materials. Case study: Zaringal river, Golestan Province*. Paper presented at the Second International Conference on Environmental Risks, Tehran, Kharazmi University. (Persian)