نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم، شماره ۵۱، زمستان ۹۷

پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز کن بر اساس مدل ریز مقیاس‌نمایی آماری

دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۱۲ **پذیرش نهایی**: ۹۷/۳/۹

صفحات: ۱۱۴-۱۰۳

علی احمدآبادی: استادیار گروه ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱].
ahmadabadi@khu.ac.ir
زهرا صدیقی‌فر: دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
zsedighifar@gmail.com

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که بر اکوسیستم‌های طبیعی و جنبه‌های مختلف زندگی انسان تاثیر دارد. تاثیرات گرمایش جهانی بر بخش هیدرولوژی و چرخه آب در طبیعت بسیار جدی است و شناخت این اثرات بصورت کمی، آمادگی بیشتری برای مقابله با تبعات آن ایجاد می-کند. در تحقیق حاضر بر اساس داده‌های وضع موجود ایستگاه‌های سینوپتیک کرج، مهرآباد و دوشان تپه با کمک مدل Statistic downscaling model(SDSM) به پیش‌بینی دوره آماری ۲۰۴۵-۲۰۱۶ پرداخته شد و در نهایت اثرات تغییر اقلیم بر شرایط هیدرولوژیک حوضه کن با استفاده از مدل Soil and Water Assessment Tools (SWAT) شبیه‌سازی شد. کالیبراسیون مدل سوات بر اساس الگوریتم SUFI-2 انجام شده و مقدار CN مهم‌ترین پارامتر موثر در این زمینه شناسایی شده است. نتایج مطالعه ضمن تایید کارایی هردو مدل SDSM در پیش‌بینی اقلیمی و مدل SWAT در شبیه‌سازی‌های هیدرولوژیکی نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده برای دوره زمانی ۲۰۱۶- ۲۰۴۵ کاهش بارندگی، افزایش دما و کاهش تبخیر و تعرق واقعی محتمل است. میزان جریانات و رواناب سطحی در سطح حوضه مورد مطالعه در دوره مشاهداتی موجود برابر با ۱۰/۵۹ میلی‌متر می‌باشد؛ اما این میزان برای دوره پیش‌بینی شده با توجه به افزایش روند شهرسازی و تغییرات کاربری ها برابر با ۲۷/۲۱ میلی متر برآورد شد. نتایج تحقیق ضمن بیان اهمیت تاثیرات تغییر اقلیم، کاربرد آن‌ها را در بکارگیری مدیریت درست در جهت سازگاری با تغییرات اقلیمی در سیاست‌های آتی مدیریت حوضه کن لازم و ضروری می‌داند.

کلیدواژگان: تغییر اقلیم، SDSM، SWAT، کالیبراسیون، تبخیر و تعرق.

۱. نویسنده مسئول: تهران، خیابان مفتح، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی.تلفن: ۰۹۱۲۴۲۴۰۹۵۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

مقدمه

گرم شدن زمین و تاثیر آن بر چرخه آب مساله‌ای است که امروزه تمام دانشمندان علوم جوی بر روی آن اتفاق نظر دارند. افزایش دمای سطح زمین و تغییرات در الگوهای بارندگی پدیده های غالب در تغییر اقلیم می‌باشد که این دو تقریبا تمام بخش‌های دیگر چرخه آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تغییر اقلیم، تغییر معنادار متوسط داده‌های هواشناسی در یک دوره معین زمانی است. این دوره زمانی معمولا ۱۰ ساله یا بیشتر می‌باشد (ماندر، ۱۹۹۴: ۲۶۲). تمام مدل‌های AOGCMs مانند SDSM, LARS-WGS و غیره افزایش دما در سطح زمین و افزایش شدت بارش و مقدار آن بر اثر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای را در قرن حاضر پیش‌بینی می‌کنند (هملت و همکاران، ۲۰۰۷: ۴۳). یکی از اثرات پدیده تغییر اقلیم، تاثیر بر منابع آب است. شدت و خصوصیات اثرات منفی تغییر اقلیم بر منابع آب از نقطه‌ای به نقطه دیگر متفاوت می‌باشد (مهندسین‌مشاور لار، ۱۳۸۵: ۴۲۵). به عنوان مثال تغییر در خصوصیات جریان که ناشی از تغییر اقلیم است به ویژگی‌های هر حوضه آبریز مرتبط می‌شود به طور خاص، زمین شناسی و شیب سطحی حوضه اولین عوامل کنترل‌کننده زمان و مقدار رواناب در مواجهه با تغییر اقلیم می‌باشند (فیکلین و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۹).

مدل‌های زیادی برای بررسی تغییرات اقلیمی در سطح جهان و همچنین تاثیر آن بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی حوضه آبریز پیشنهاد شده است. اما در این پژوهش با توجه به قابلیت مدل Statistic downscaling model (SDSM) در امر پیش‌بینی‌های اقلیمی و همچنین مدل Soil and water assessment tools (SWAT) با توجه به کاربرد وسیع و موفقیت آمیز آن در ایران و جهان به منظور شبیه‌سازی هیدرولوژی حوضه انتخاب، واسنجی و شبیه‌سازی گردید.

امروزه در سطح ایران و جهان مطالعات متعددی بر روی تاثیرات بالقوه تغییر اقلیم بر منابع آب شامل تاثیر روی کمیت آب، هیدرولوژی و تقاضای آب انجام شده است. با استفاده از داده‌های جهانی موجود در قرن گذشته مشخص شده است که اگر دمای کره زمین به میزان یک درجه افزایش یابد رواناب در مقیاس جهانی ۴ درصد افزایش می‌یابد (جانگ و چنگ، ۲۰۱۱: ۲۷۷). طی تحقیقاتی (دو و همکاران، ۵۸: ۲۰۱۳) اثرات بارش و پوشش گیاهی روی رواناب و تولید رسوب را در حوضه رودخانه جین‌شا مورد بررسی قرار دادند (تن و همکاران، ۲۰۱۲:۱۲۲) به مقایسه عدم قطعیت مدل‌های گردش عمومی جو و مدل‌های بارش رواناب بر نتایج حاصل از تغییر اقلیم بر رواناب در استرالیا پرداختند. نتایج این بررسی عدم قطعیت ناشی از مدل‌های گردش عمومی جو را به مراتب بزرگتر از عدم قطعیت مدل‌های بارش- رواناب نشان داد. (موتیه و همکاران، ۲۰۰۲: ۴۱۹) برای شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم گذشته در حوضه سن‌جاکینتو تگزاس از مدل SWAT استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که افزایش جریان رودخانه می‌تواند سیلابی شدن بیشتر را به همراه داشته باشد این در حالی است که فراوانی جریان‌های نرمال و جریان‌های کمینه کاهش یافته است. (استیل و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۸) تاثیر تغییر اقلیم را بر رواناب برای ۹ حوضه در کشور ایرلند با استفاده از مدل گردش عمومی ECHAM5 و سناریوی انتشار A1B، مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور از مدل مفهومی بارش-رواناب HBV-light برای بررسی وضعیت جریان رودخانه در دوره آتی ۲۰۶۰-۲۰۱۰ استفاده گردید. نتایج در مجموع نشان داد که بارش زمستانه و بارش تابستانه به ترتیب افزایش و کاهش دارند. همچنین میزان رواناب رودخانه تحت تاثیر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

تغییر اقلیم تغییر خواهد کرد. (مالونجکال و همکاران، ۲۰۱۵) با استفاده از مدل Swat رواناب سطحی را برای حوضه آبخیز ماهشگاک شبیه سازی کرد. که این مطالعه نشان داد که swat یک مدل دقیق برای شبیه سازی رواناب سطحی در حوضه‌های کوچک می باشد. (آذری و همکاران، ۱۳۹۰) اثرات تغییر اقلیم برآورد رودخانه و نیاز آبی گیاهان دشت هشتگرد در برنامه‌ریزی منابع آب را مورد بررسی قرار داده است و با در نظر گرفتن عدم قطعیت برای خروجی‌های ۹ مدل گردش عمومی جو نیاز کشاورزی سالانه را برای دوره‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ پیش‌بینی کرده است. (ضرغامی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۴۶) برای پیش‌بینی تاثیر تغییر اقلیم بر جریان رودخانه‌های استان آذربایجان شرقی بر اساس خروجی‌های مدل HADCM3 از مدل LARS-WG، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند، و نتیجه گرفتند جریان رودخانه ها در دوره آتی کاهش خواهد یافت. (سهرابیان و همکاران، ۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر آبدهی حوضه با دخالت مدل هیدرولوژی در حوضه گالیکش استان گلستان به واسنجی مدل بارش-رواناب پرداخته، همچنین با مدل LARS-WG شرایط اقلیمی آینده برای دوره ۲۰۱۰- ۲۰۳۰ نسبت به دوره مشاهداتی ۱۹۸۵- ۲۰۱۰ در دما و بارندگی به ترتیب افزایش و کاهش خواهد داشت. (عارفی اصل و همکاران، ۱۳۹۲) جهت برآورد دبی متوسط روزانه و غلظت رسوب، از مدل swat در آبخیز چهل چای استان گلستان استفاده کردند. نتایج حاکی از این است که مدل swat مدل مدیریتی است که در حوضه مورد نظر کارایی مقبولی داشته و پیشنهاد شده که در بررسی اثر اقدامات مدیریتی در آبخیز چهل چای از آن استفاده شود. (شایگان و همکاران، ۱۳۹۰) جهت شبیه سازی هیدرولوژیک، از مدل نیمه توزیعی- فیزیکی swat در حوضه طالقان با انواع خاک و کاربری های مختلف استفاده کردند. بدین منظور داده‌های آب و هواشناسی و کاربری ارضی و مدل رقومی ارتفاعی منطقه مطابق با استانداردهای مدل تهیه شد و برای تحلیل حساسیت پارامترهای مدل و هم چنین واسنجی و اعتبارسنجی، مورد استفاده قرار گرفت. در مجموع نتایج تحقیق حاکی از آن است که مدل قابلیت بالایی برای پیش‌بینی دبی جریان ماهانه حوضه طالقان دارد. (آذرخشی و همکاران، ۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان اثر تغییرات بارش و کاربری اراضی بر تولید رسوب و رواناب در حوضه آبخیز صنوبر، با کمک داده‌های بارش، دبی و رسوب طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۸ وضعیت خشکسالی با شاخص SPI مشخص شد. نتایج آزمون من-کندال نشان داد که میزان رواناب در این مدت دارای روند منفی معنادار در سطح اعتماد ۹۵ درصد می‌باشد. همچنین مدل سوات در شناسایی اثرات آبخیزداری بر ویژگی‌های هیدروژئومورفولوژیک نیز کارایی دارد (احمدآبادی و همکاران، ۱۳۹۶).

روش تحقیق

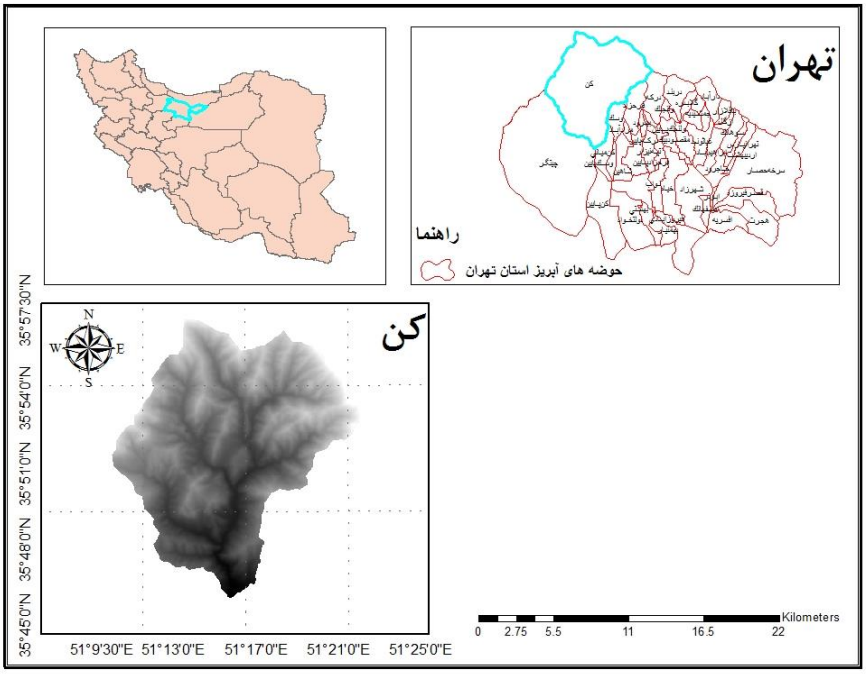
حوضه آبریز کن با مساحتی معادل ۲۲۳۵۰ هکتار و محیطی برابر با ۹۱/۸۶ کیلومتر در بالادست منطقه ۲۲ شهر تهران قرار دارد. شکل (۱). این حوضه حدفاصل ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است. رودخانه کن همچنین مرز شرقی منطقه ۲۲ و مرز غربی منطقه ۵ را تشکیل می دهد. رودخانه کن یک رودخانه دائمی بوده که از به هم پیوستن رودخانه های کشار، رندان، تالون، سنگان، هریاس، و امامزاده داوود تشکیل می گردد و تعدادی آبراهه‌های فصلی نیز به آن افزوده می‌شود. این حوضه آبریز از شمال، شمال غرب و شمال شرق به حوضه آبریز

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

رودخانه کرج، از جنوب غرب به حوضه آبریز چیتگر و از شرق به حوضه آبریز فرحزاد و حصارک محدود می-شود. بلندترین ارتفاع حوضه ۳۸۴۰ متر، کمترین ارتفاع منطقه۱۲۶۰ متر، و ارتفاع متوسط حوضه آبریز کن ۲۴۱۱ متر از سطح دریا و شیب متوسط آن ۴۳/۵ درصد می باشد (بذرافکن، ۱۳۸۸، ۳۶).

جدول (۱). مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه

مساحت منطقه (هکتار)	محیط منطقه (KM)	بلندترین ارتفاع منطقه (M)	کمترین ارتفاع منطقه (M)	ارتفاع متوسط منطقه (M)	شیب متوسط منطقه (درصد)
۲۲۳۵۰	۹۱/۸۶	۳۸۴۰	۱۲۶۰	۲۴۱۱	۴۳/۵

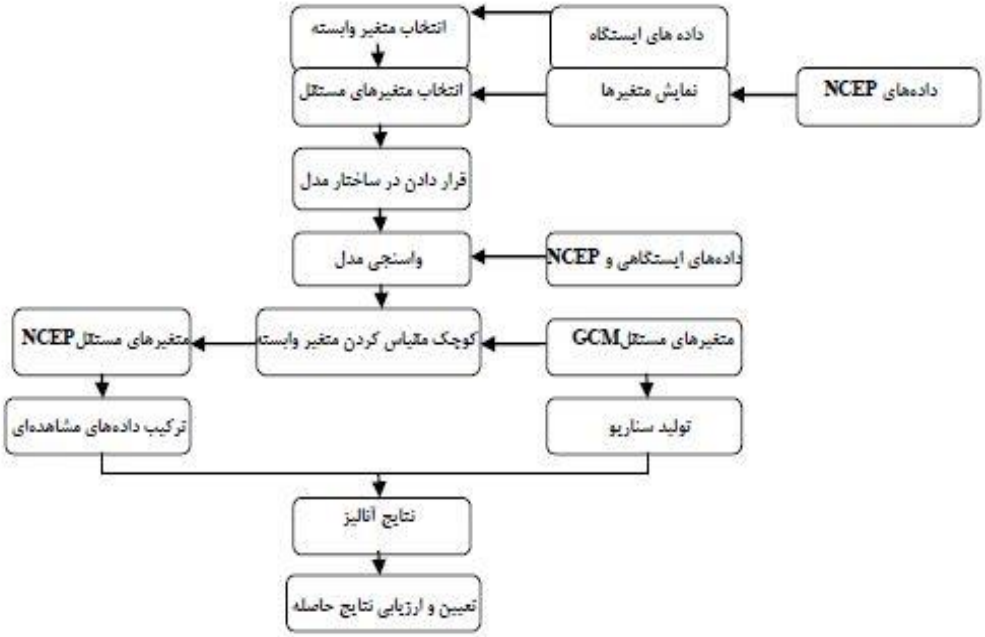


شکل (۱). موقعیت حوضه آبریز کن شمالی در تهران

معرفی مدل (soil and water assessment tools)

بعد از اجرای مدل SDSM و پیش‌بینی متغیرها و گرفتن خروجی‌ها به صورت داده‌های کمی، برای ارزیابی پاسخ هیدرولوژیکی حوضه آبریز در پاسخ به تغییر اقلیم از دو متغیر بارش و دما به عنوان اثرگذارترین عوامل موثر بر رواناب استفاده شده است. شکل (۲).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]



شکل (۲). فرآیند ریزمقیاس سازی و تولید سناریوی اقلیمی مدل SDSM

مدل SWAT یک مدل فیزیکی و نیمه توزیعی است که برای پیش‌بینی اثر تغییر کاربری، تغییر اقلیم و مدیریت‌ها در حوضه‌های آبریز بزرگ و پیچیده توسعه داده شده است. این مدل یک مدل فیزیکی است و به جای آنکه از معادلات رگرسیونی جهت توصیف رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی استفاده نماید اطلاعات ویژه‌ای راجع‌به هوا، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و پوشش ارضی در حوضه آبریز دریافت می‌کند. فرآیند-های فیزیکی مرتبط با حرکت آب، حرکت رسوب، رشد گیاه، چرخه مواد مغذی در این مدل به طور مستقیم از روی پارامترهای ورودی شبیه‌سازی می‌شوند. مزایای این روش آن است که: ۱- حوضه‌های فاقد داده‌های برداشت شده (اطلاعات اندازه‌گیری جریان) نیز قابل شبیه سازی هستند. ۲- تاثیر نسبی اطلاعات ورودی (تغییر در روش‌های مدیریتی، آب و هوا و پوشش گیاهی) بر روی کیفیت آب و دیگر متغیرهای مورد نظر قابل کمّی کردن می‌باشند. مدل SWAT از پارامترهای ورودی آسان و قابل دسترس استفاده می‌کند و از نظر محاسباتی بسیار کارآمد است. شبیه سازی بزرگ و پیچیده، با استراتژی‌های مختلف مدیریتی بدون صرف زمان و هزینه زیادی در آن قابل اجرا است. کاربر را قادر به مطالعه بلند مدت تاثیرات می‌کند. دراین مدل زیر حوضه‌ها به بخش‌های پاسخ هیدرولوژی (HRU) تقسیم می‌شوند (ذهبیون و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۴).

(HRUs) بر اساس نقاط متقاطع لایه‌های رستری یا وکتوری مربوط به کاربری‌های زمین، انواع خاک‌ها، زمین شناسی و زیر حوضه‌ها فراهم می‌آیند. همچنین از نقشه‌های خطی مربوط به نهر آب‌ها و شبکه‌های زهکشی رودخانه‌ها نیز می‌توان برای ایجاد (HRUs) استفاده کرد (لاگاچری و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۳۲)، که بخش‌هایی از زیر حوضه‌ها با پوشش‌ها، مدیریت و خصوصیات خاک می‌باشد. برای هر HRU از رابطه (۱) محاسبات در مدل Swat انجام می‌گیرد (ذهبیون و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۴).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

رابطه (۱):

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t} \left(R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}\right)_i$$

SW_t= مقدار نهایی آب خاک (mm)

SW_0= مقدار اولیه آب خاک در روز i ام (mm)

t = زمان (روزانه)

R_{day}= مقدار بارش در روز i ام (mm)

Q_{surf}= مقدار رواناب سطحی در روز i ام (mm)

E_a= مقدار تبخیر و تعرق در روز i ام (mm)

W_{seep}= مقدار آب ورودی از زون غیر اشباع در نیمرخ خاک در روز i ام (mm)

Q_{gw}= مقدار جریان بازگشتی در روز i ام (mm) می باشد.

این مدل هم چنین از روش عدد منحنی اصلاح شده یا روش نفوذ گرین- آمپت جهت محاسبه حجم رواناب سطحی برای پاسخ هیدرولوژیکی استفاده می‌کند (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۰).

اطلاعات ورودی و آماده سازی مدل

اطلاعات و داده‌های مورد نیاز جهت اجرای مدل SWAT شامل: نقشه مدل رقومی ارتفاعی(DEM)، نقشه 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 می‌باشد. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۳۰ متر استفاده شده است. طبق نقشه کاربری اراضی برای حوضه سه نوع کاربری قابل تشخیص می‌باشد شامل کاربری مراتع (خوب، فقیر)، باغ، شهری. همچنین این منطقه از دو نوع خاک رخنمون سنگی و شهری تشکیل شده است.

سپس اطلاعات پیش‌بینی شده بارندگی و دما های کمینه و بیشینه در مدل SDSM برای دوره ۲۰۱۶ تا ۲۰۴۵ در SWAT وارد گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه و تهیه فایل های ورودی، مراحل اجرای مدل به شرح زیر است:

۱.وارد کردن مدل رقومی ارتفاعی و تعیین زیر حوضه‌ها و مشخصات فیزیکی از قبیل مساحت، طول آبراهه اصلی و غیره،

۲.وارد کردن نقشه کاربری، خاک و اطلاعات شیب و تولید واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی براساس اطلاعات مورد نظر؛

۳.معرفی داده‌های هواشناسی به صورت روزانه؛

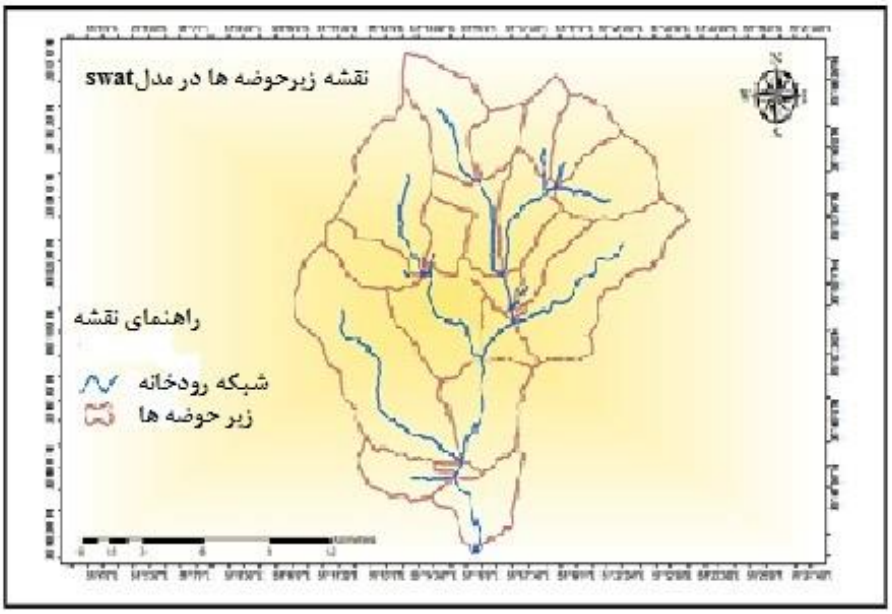
۴.استخراج پارامترهای هیدرولوژیکی؛

۵.کالیبراسیون مدل سوات بر اساس الگوریتم SUFI-2

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

نتایج

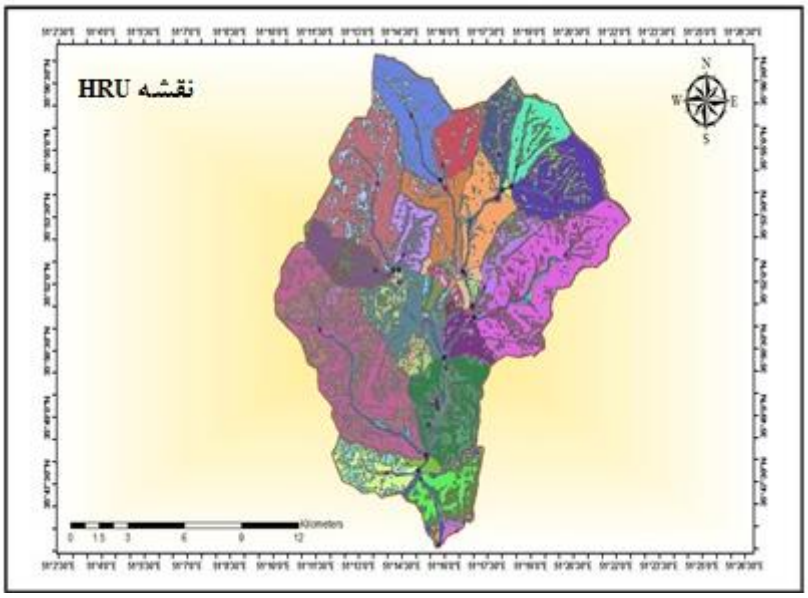
در این پژوهش با استفاده از DEM (مدل رقومی ارتفاعی) ۱۲,۵ متری پالسار در مدل ARC SWAT زیر حوضه‌ها و آبراهه‌ها برای هر حوضه به طور مستقل مشخص شد. بر این اساس، تعداد ۲۲ زیر حوضه برای حوضه آبریز کن حاصل شد. شکل (۳).



شکل (۳). نقشه زیرحوضه های استخراج شده از مدل SWAT

گام بعدی در مدل‌سازی، معرفی لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز برای تشکیل واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) به مدل ARC SAWT می‌باشد. این لایه‌ها عبارتند از: نقشه کاربری ارضی، نقشه خاک، نقشه شیب. در این مطالعه، سه طبقه شیب برای حوضه آبریز تعریف شد که شامل ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، و بیش از ۴۰ می‌باشند. کاربری ارضی منطقه که شامل سه نوع کاربری ارضی باغ، انواع مراتع و شهری می‌باشد نیز به مدل معرفی شد. در نهایت با تلفیق سه لایه نقشه خاک، شیب و کاربری ارضی، واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی برای حوضه مورد مطالعه استخراج شد. شکل (۴).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

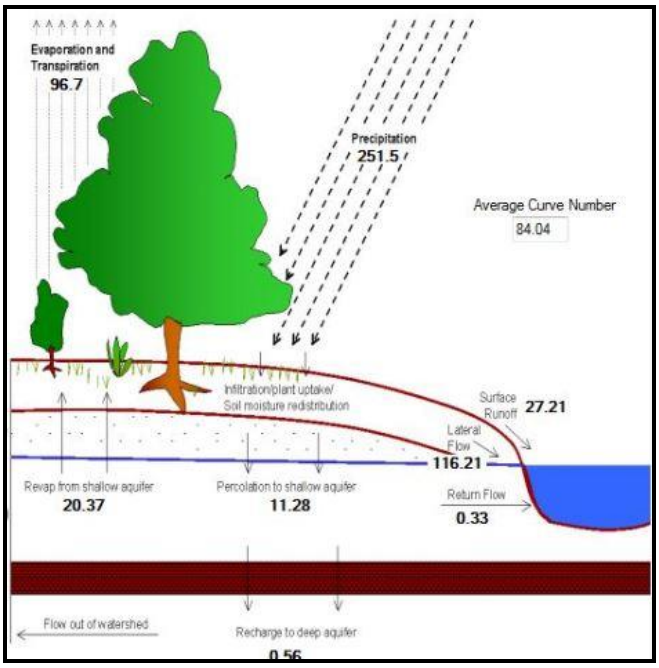


شکل (۴). نقشه HRU استخراج شده از مدل SWAT

در مرحله بعد پارامترهای هواشناسی شامل بارش، حداقل و حداکثردما، رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خورشیدی به صورت روزانه تعریف شد. در این پژوهش از داده‌های هواشناسی۳۰ سال آماری سه ایستگاه سینوپتیک کرج، دوشان تپه و مهرآباد استفاده شده که توسط مدل SDSM از قبل برای سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۴۵ بر اساس داده‌های خام موجود پیش‌بینی شده بود. بعد از وارد کردن پارامترها، مدل اجرا شده و نتایج مدلARC SWAT پس از کالیبراسیون و بدست آمدن دقت قابل قبول (R^2=.51 & NS=.44) و بر اساس مقدار دبی رودخانه کن در ایستگاه سولقان به شرح ذیل است.

بخش چرخه هیدرولوژیکی: عناصر مهم چرخه هیدرولوژیکی را بارندگی، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، نفوذ و جریان‌های زیر قشری تشکیل می‌دهد. بیلان آبی با توجه به پارامترهای ورودی برای حوضه در دو دوره داده-های هواشناسی موجود و داده‌های پیش‌بینی شده ۲۰۱۶- ۲۰۴۵ برآورد شد. نتایج چرخه هیدرولوژیکی شبیه سازی شده توسط مدلSWAT نشان می‌دهد که متوسط بارندگی در دوره موجود ۵۴۵ میلی‌متر و در دوره پیش‌بینی شده این میزان به ۲۵۱ میلی‌متر کاهش پیدا کرده است. میزان رواناب سطحی در سطح حوضه مورد مطالعه در دوره پیش‌بینی شده بیشتر از دوره مشاهداتی موجود است. قابل ذکر است که میزان تبخیر و تعرق برای دوره دوره پیش بینی شده نسبت به مشاهداتی تغییرات قابل توجهی را داشته و به طور چشمگیری کاهش پیدا کرده است. نتایج بصورت شماتیکی برای دوره پیش بینی در شکل (۵) ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]



شکل (۵). تحلیل شماتیک مدل soil and water assessment tools برای دوره پیش بینی شده ۲۰۴۵-۲۰۱۶

همچنین پارامترهای هیدرولوژیکی در ماه‌های مختلف سال توسط مدل swat در دو دوره مشاهداتی و پیش-بینی شده برآورد شده است که این مقادیر برای دوره پیش بینی در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲). جدول پارامترهای هیدرولوژیکی/ دوره پیش بینی شده

ماه میلادی	مقدار بارش (mm)	رواناب سطحی (mm)	تبخیر و تعرق واقعی (mm)	تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)
۱	۲۸/۴۷	۱/۸۲	۹/۵۸	۳۴/۳۹
۲	۳۱/۱۷	۳/۲۱	۱۱/۷۹	۳۷/۲۶
۳	۴۰/۹۵	۷/۹۹	۱۶/۷۰	۷۸/۴۹
۴	۳۱/۸۰	۳/۵۵	۱۶/۱۶	۱۰۴/۱۶
۵	۳۴/۸۵	۴/۰۳	۱۵/۵۱	۱۲۴
۶	۵/۹۹	۰/۰۱	۶/۰۸	۱۶۹/۸۲
۷	۳/۳۹	۰	۱/۴۵	۲۰۶/۱۵
۸	۱/۷۲	۰	۱/۱۹	۲۰۱/۴۴
۹	۰/۵۶	۰	۰/۳۳	۱۵۷/۷۲
۱۰	۸/۹۵	۱/۰۲	۲/۲۶	۱۱۷/۰۵
۱۱	۲۳/۰۹	۱/۳۰	۶/۵۹	۶۹/۴۶
۱۲	۴۰/۱۳	۴/۲۷	۸/۹۶	۴۱/۵۶

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

رسوب و فرسایش

فرسایش خاک و تولید بار رسوب در حوضه‌های آبخیز، امروزه به یکی از معضلات مهم زیست محیطی تبدیل شده است و بنابراین، جلوگیری از بروز آن‌ها از مهمترین عوامل برای حفاظت منابع طبیعی به شمار می‌رود. افزایش هدر رفت منابع خاک در حوضه های آبخیز، چالشی مداوم است که با افزایش جمعیت و فشار وارد بر منابع طبیعی و کشت و کارهای ناپایدار در خاک ها و اراضی شیب‌دار موجب کاهش تولید در اراضی و همچنین، کاهش روز به روز نسبت اراضی به جمعیت ساکن، باعث فشار بیشتر بر اراضی و منابع طبیعی شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میزان فرسایش رودخانه‌ای در حال حاضر بیشتر از دوره پیش‌بینی شده می‌باشد. در حوضه آبریز کن بر اساس خروجی مدل SWAT در دوره حاضر با توجه به شدت بارندگی‌ها رواناب حاصل از بارندگی بیشتر و در نتیجه تولید رسوبات رودخانه‌ای بیشتر می‌باشد. اما در دوره پیش‌بینی شده بدلیل کاهش بارندگی‌ها رواناب کمتری ایجاد می‌سود و در نتیجه تولید رسوبات رودخانه‌ای کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر وضعیت هیدروژئومورفولوژیکی حوضه آبریز کن در تهران انجام شد. بدین منظور در ابتدا بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدل، پارامترهای دمایی شامل دمای کمینه و بیشینه و همچنین بارندگی توسط مدل Statistic downscaling model(SDSM) برای دوره (۲۰۱۶- ۲۰۴۵) میلادی توسط داده‌های NCEP همچنین سناریوهای A2 و B2 مدل HADCM3 در سه ایستگاه سینوپتیک کرج، دوشان تپه و مهرآباد شبیه‌سازی شده و با داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصله از این مدل کاهش بارندگی و افزایش دما برای دوره پیش بینی شده را نشان می داد. همچنین مدل soil and water assessment tools (swat) با توجه به کاربرد وسیع و موفقیت آمیز آن در ایران و جهان به منظور شبیه-سازی هیدرولوژی حوضه انتخاب، واسنجی و اعتبار سنجی گردید. نتایج مطالعه نشان داد، که در شرایط اقلیمی آینده برای دوره زمانی ۲۰۱۶- ۲۰۴۵ کاهش بارندگی و افزایش دما را خواهیم داشت. متوسط بارندگی در دوره موجود ۵۴۵ میلی‌متر و در دوره پیش‌بینی شده این میزان به ۲۵۱ میلی متر کاهش پیدا می‌کند.

میزان رواناب سطحی در سطح حوضه مورد مطالعه در دوره پیش‌بینی شده بیشتر از دوره مشاهداتی موجود است. میزان تبخیر و تعرق برای دوره دوره پیش‌بینی شده نسبت به مشاهداتی تغییرات قابل توجهی را داشته و به طور چشمگیری کاهش پیدا کرده است. همچنین جریانات زیرقشری از ۲۸/۱ به ۱۱/۲۸ کاهش پیدا می کند. در حوضه آبریز کن بر اساس خروجی مدل SWAT در دوره حاضر با توجه به شدت بارندگی ها رواناب حاصل از بارندگی بیشتر و در نتیجه تولید رسوبات رودخانه‌ای بیشتر می‌باشد. اما در دوره پیش‌بینی شده بدلیل کاهش بارندگی‌ها رواناب کمتری ایجاد می‌شود و در نتیجه تولید رسوبات رودخانه‌ای کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده صرف نظر از جهت تغییرات هر یک از مولفه‌های هیدرولوژیکی، دلالت بر اهمیت الگوی زمانی تغییرات در طول سال دارد که نقش موثری در مدیریت منابع آب حوضه آبریز دارا می‌باشد. پژوهش حاضر ضمن بیان اهمیت اثرات بالقوه تغییر اقلیم در وضعیت هیدرولوژی حوضه آبریز لزوم توجه به بحث تغییر اقلیم و پیامدهای آن را در مدیریت منابع آب حوضه کن را متذکر می‌سازد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

منابع

احمدآبادی، علی، کیانی، طیبه،غفورپورعنبران، پرستو، (۱۳۹۶)، **تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز عنبران چای با استفاده از مدل نیمه توزیعیSWAT** ، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، **۲۱ (۲)**: ۳۵- ۵۵.

آذرخشی، مریم، مساعدی، ابوالفضل، بشیری، مهدی، شهابی، رعنا، (۱۳۹۶)، **اثر تغییرات بارش و کاربری اراضی بر تولید رسوب**، نشریه علمی-پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری، **۱۱ (۳۷)**: ۲۵- ۳۳.

بذرافکن، مرضیه، (۱۳۸۸)، **هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز رودخانه کن با تاکید بر سیل خیزی آن**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران،

ذهبیون، باقر.، گودرزی، محمدرضا.، مساح بوانی، علیرضا، (۱۳۸۹)، **کاربرد مدل Swat در تخمین رواناب حوضه در دوره‌های آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم**، نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی، **۱(۳ و ۴)**: ۴۵-۶۰.

سهرابیان، الهه، مفتاح، مهدی، قربانی، خلیل، گلیان، سعید، ذاکری‌نیا، مهدی، (۱۳۹۴)، **بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر آبدهی حوضه با دخالت مدل هیدرولوژی. مطالعه موردی (حوضه گالیکش در استان گلستان)**، نشریه پژوهش-های حفاظت آب و خاک، **۲۲ (۲)**: ۱۱۱- ۱۲۵.

شایگان، مهران، علی‌محمدی، عباس، روحانی، حامد، (۱۳۹۰)، **مدلسازی هیدرولوژیک حوضه طالقان در محیط GIS با استفاده از مدل Swat**، سنجش از دور و GIS ایران، **۳ (۲)**: ۱- ۱۸.

عارفی اصل، اکرم، نجفی‌نژاد، علی، کیانی، فرشاد، سلمان ماهینی، عبدالرسول، (۱۳۹۲)، **شبیه سازی رواناب و رسوب با استفاده از مدل Swat در آبخیز چهل چای استان گلستان**، نشریه مرتع و آبخیزداری، **۶۶ (۳)**: ۴۳۳-۴۴۶.

گودرزی، محمدرضا، ذهبیون، باق.، مساح‌بوانی، علیرضا، کمالی، علیرضا، (۱۳۹۱)، **مقایسه عملکرد سه مدل هیدرولوژیکی SWAT،IHACRES ، SIMHYD در شبیه سازی رواناب حوضه قره سو**، مدیریت آب و آبیاری، **۲ (۱)**: ۲۵-۴۰.

مهندسین مشاور- لار، **مطالعه سیل و جریان های واریزه ای در استان گلستان**، ۱۳۸۶، شرکت آب منطقه ای گلستان، ص ۴۲۵.

مرادی، محمود آذری؛ مرادی، حمیدرضا؛ ثقفیان، بهرام و منیره فرامرزی. (۱۳۹۲)، **ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوضه آبخیز گرگانرود**، آب و خاک، **۲۷(۳)**، ۵۳۷-۵۴۷.

abbaspour k.c. 2007. **User manual for swat-cup, swat calibration and uncertainly analysis programs. eawag:** swiss fed. Inst. of aquat. Sci. and technol, du bendorf. switzerland.

Du, J. Shi, CH. X. and Zhang, CH. D. 2013. **Modeling and analysis of effects of precipitation and vegetation coverage on runoff and sediment yield in Jinsha River Basin**.Water Science and Engineering. **6(1):** 44-58.

ficklin, d.l. luo, y. luedeling , e. and zhang, m. 2009. **Climate change sensivity assessment of a highly agricultural watershed using swat**. Journal of hydrology, **374 (1-2**): 16-29

gosain a, rao s ., and basuray d . 2006. **Climate change impact assessment on hydrology of indian river basins**. Current science, **90(3):** 346-353

Hamlet, a.f. and lettenmier d.p. 2007. **Effects of 20th century warming and climate variability on flood risk in the western u.s**. water resure , **43(6)** : w06427

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]
[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]

jung, i.w. and chang h. 2011. **assessment of future runoff trends under multiple climate change scenarios in the willamette river basin. Oregon, usa** . Hydrological processes, **25(2):** 258-277

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**, 1021-1032,

muttiah r s., and wurbs r a 2002. **modeling the impact of climate change on water supply reliablities .** Water international, **27(3):** 407-409

Malunjkar,V.S. Shinde, M.G., Ghotekar ,S.S., Atre, A.A., 2015. Estimation of surface Runoff using swat model, international journal of inventive Engineering and science, **3**, 55-69.

mander, wj. 1994. **Dictionary of global climatic change.** 2nd end, vcl press, london, england, pp 262.

steele –dunne. s, linch , p. mcgrath , r, semmler , t, wang , sh, hanafin. j and nolan , p. 2008,. **the impact of climate change on hydrology in ireland** , j,. hydrol, **356**: 28-45

teng, j ,. vaze , j. chiew , f. h. s. wangand, b. and perraud, j.m. (2012). **estimating the relative uncertainties sourced from gcms and hydrological models in modeling climate change impact on runoff** , journal off hydrometeorology , **13(1),** 122-139

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1397.18.51.2.9]

[DOI: 10.29252/jgs.18.51.103]