دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی تغییر کاربری و تأثیر آن روی رژیم هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان

ح. سلمانی[۱]، م. محسنی ساروی[۲]، ح. روحانی[۳] و ع. سلاجقه[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، نویسنده مسئول: hsalmani@alumni.ut.ac.ir
۲ و۴- استاد و دانشیار دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشگاه گنبد

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۴

چکیده

تغییرات کاربری موجب تغییر مؤلفه‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی و افزایش و یا کاهش مقادیر رواناب می‌شوند. هدف از این تحقیق بررسی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز قزاقلی در پاسخ به تغییر کاربری اراضی متناظر آن است. بدین صورت بعد از تغییر نوع کاربری در محیط GIS، چهار سناریو مدیریتی در دو جهت گرایش مثبت و منفی به مدل معرفی گردید و بعد از هر اجرای مدل خروجی مدل استخراج و با در نظر گرفتن تابع هدف ناش- ساتکلیف (E_{NS}) نتایج شبیه سازی با مقادیر مشاهده‌ای مقایسه شد. شبیه سازی در پایه زمانی ماهانه و با استفاده از مدل نیمه توزیعی- فیزیکی SWAT و برنامه SUFI2 در قالب بسته نرم افزاری SWAT CUP انجام پذیرفت. بعد از اجرای مدل، حوزه قزاقلی به ۳۷ زیر حوزه و ۲۷۸ واحد پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) به عنوان کوچک‌ترین واحد همگن تقسیم گردید. پس از واسنجی، مدل رواناب را با ضریب همبستگی (R^2) ۰/۸۵، ضریب ناش- ساتکلیف (E_{NS}) ۰/۸۶ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ۷/۶۷ شبیه سازی نمود. این ضرایب برای دوره اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۸۲ و ۹/۰۵ بدست آمدند. در تحلیل کاربری اراضی مشخص گردید که بهبود کاربری حوزه باعث کاهش مقادیر رواناب از طریق افزایش نفوذپذیری، آب گذری به آبخوان سطحی و عمیق و افزایش تبخیر و تعرق می‌شود از طرفی با تخریب منطقه در جهت قهقرا مقدار رواناب افزایش یافته و مقادیر نفوذپذیری، آب گذری به آبخوان سطحی و عمیق و تبخیر و تعرق واقعی کاهش چشمگیری پیدا می‌نماید؛ لذا لزوم حفظ کاربری فعلی حوزه و بهبود و اصلاح آن یکی از راهکارهای اساسی در جهت مدیریت رواناب سطحی در حوزه آبخیز مورد مطالعه می‌باشد.

واژه های کلیدی: حوزه قزاقلی، رواناب، کاربری اراضی، مدل SWAT، SUFI2

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

مقدمه

بررسی جامع حوزه آبخیز راهکاری بنیادی برای مدیریت اکوسیستم می‌باشد که منجر به حفاظت بهتر منابع طبیعی خواهد شد. کاربری اراضی و نوسانات آن از جمله عواملی هستند که بر چرخه طبیعی در اکوسیستم اثر می‌گذارند (۲). هدف اصلی از مدیریت زمین بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی در تغییرات متناسب در پاسخ هیدرولوژیکی حوزه است. روابط بارش- رواناب حوزه نتیجه اثر متقابل بسیاری از فرآیندها از قبیل اقلیم، کاربری اراضی و عوامل ادافیکی می‌باشند. پاسخ هیدرولوژیکی حوزه به عنوان شاخصی جامعی از شرایط فعلی حوزه آبخیز و پیش‌بینی کننده اثرات تغییرات کاربری اراضی بر کمیت و کیفیت آب می‌باشد (۱۱). تغییرات کاربری اراضی باعث تغییر در سیکل هیدرولوژیکی حوزه شده و در نتیجه باعث تغییر تعادل آب بین بارش، تبخیر، نفوذپذیری و پاسخ رواناب می‌شوند (۱۳). درک رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و عوامل به وجود آورنده آن و اثرات ثانوی آن بر رژیم هیدرولوژیکی، اطلاعات ضروری برای برنامه ریزی استفاده از زمین و مدیریت پایدار منابع طبیعی فراهم می‌کند (۱۷). هرچند تغییرات کاربری اراضی یک حوزه آشکار است اما تعیین دقیق مقدار کمیت این پیامدها بسیار دشوار می‌باشد (۱۹). تغییرات شدید کاربری اراضی در کوتاه مدت باعث اختلال در سیستم هیدرولوژیکی هم به صورت افزایش مقدار آب از طریق سیلاب و هم به صورت کاهش آب از طریق کاهش و یا حذف جریان کمینه می‌شوند (۵)، در این مورد تغییرات کاربری اراضی علاوه بر تغییر جریان سطحی بر جریان زیر سطحی و آب زیر زمینی نیز تأثیرگذارند (۱۷). برای پاسخ به سؤالات مربوط به اثرات تغییرات کاربری اراضی و مدیریت آبی، مدل‌های هیدرولوژیکی ابزاری مفید می‌باشند (۲۴). در این تحقیق از مدل نیمه توزیعی- مفهومی و پیوسته SWAT برای این مقصود استفاده گردیده است. نیرینگ و همکاران (۱۶) با استفاده از هفت مدل پاسخ فرآیندهای فرسایش خاک و مقدار رواناب را به تغییر در شدت و مقدار بارندگی و پوشش و تاج پوشش سطح زمین در دو حوزه مرطوب و نیمه خشک بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تغییرات بارندگی و پوشش روی مقدار فرسایش خاک نسبت به رواناب تأثیرات قابل توجه تری دارد. لی و همکاران (۱۲) در تحقیق خود در حوزه‌ای در غرب آفریقا با استفاده از مدل SWAT نشان دادند که تغییر مناطق با کاربری جنگل، مرتع و بوته زار به اراضی کشاورزی و یا مناطق شهری باعث تغییر شرایط هیدرولوژی طبیعی در یک حوزه آبخیز می‌شود و نتیجه این تغییر به صورت افزایش در حجم رواناب سطحی، کاهش تغذیه منابع آب زیرزمینی و آب پایه رودخانه‌ها می‌باشد. زیاوبو (۲۹) در بررسی خود در حوزه‌ای از ایالت ایندیانای آمریکا دریافت که نوع پوشش زمین و تغییرات آن تأثیر مستقیمی بر مقادیر رواناب و رسوب خروجی از حوزه دارند. وانگ و همکاران (۲۸) با مدل سازی اثر گزینه‌های مختلف کاربری اراضی در حوزه ای در چین به این نتیجه رسیدند که کاربری‌های اراضی مختلف دارای اثرات مختلفی بر مقدار رواناب و آب زیرزمینی حوزه دارد و تبدیل اراضی جنگلی به اراضی مرتعی در حوزه

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

منجر به افزایش میزان رواناب سالانه و کاهش آب زیرزمینی در اثر کاهش نفوذپذیری خاک و کاهش تعرق حوزه می‌گردد. پالامولینی و همکاران (۱۷) تغییرات زمانی پوشش اراضی و کاربری اراضی و اثراتش بر رژیم جریان رودخانه آپرشایر[1] را در طی دو دوره زمانی (سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲) مورد بررسی قرار دادند. مدل SWAT نشان داد که در نتیجه تبدیل اراضی جنگلی به چراگاه، کشتزار و مناطق مسکونی دبی پیک جریان بیشتر و زمان پیمایش سریع‌تر گردیده است. سعادتی و همکاران (۲۳) برای بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب سطحی حوزه کسیلیان شش سناریو در دو گرایش مثبت و منفی کاربری اراضی به مدل SWAT معرفی کردند. نتایج نشان دهنده قابلیت مناسب مدل SWAT در شبیه سازی اثر تغییر کاربری اراضی بر رواناب حوزه و افزایش قابل توجه میزان رواناب سالانه و ماهانه در اثر تبدیل اراضی جنگلی به دیم زار داشت. غفاری و همکاران (۹) اثرات هیدرولوژیکی تغییر کاربری اراضی حوزه زنجان رود را در طی یک دوره چهل ساله مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی تغییر کاربری اراضی از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۶ منجر به افزایش ۳۳ درصدی رواناب سطحی و کاهش ۲۲ درصدی سطح آب‌های زیر زمینی گردید. در پایان این بررسی مدل SWAT دبی ماهانه و سالانه را با مقادیر بالای ضریب تبیین و ضریب نش- ساتکلیف در طی دوره واسنجی و صحت سنجی شبیه سازی نمود. همچنین نتایج تعداد زیادی از مطالعات که در حوزه‌هایی با ابعاد مختلف انجام گرفت نشان دادند که تغییرات کاربری اراضی به صورت جنگل کاری یا جنگل زدایی منجر به کاهش و یا افزایش مقدار رواناب حوزه می‌شود (۳).

هدف از این مقاله ارزیابی کارآیی مدل SWAT در شبیه سازی رواناب ماهانه، آگاهی از وضعیت کنونی هیدرولوژیکی حوزه و تأثیر تغییر نوع کاربری اراضی بر رفتار هیدرولوژیکی حوزه آبخیز قزاقلی در قالب چهار سناریو در دو جهت گرایش مثبت و منفی می‌باشد. بدین صورت بعد از اجرای مدل SWAT تغییرات حاصله در مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط ماهانه و سالانه رواناب و همچنین مقادیر تبخیر و تعرق و آب گذری، جریان پایه، جریان زیر قشری و آب زیرزمینی در دو جهت گرایش مثبت و منفی مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین تحقیق حاضر می‌تواند به عنوان ابزاری کلیدی برای مدیران منابع آبی در جهت مدیریت بهتر منابع آبی منطقه مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روش‌ها

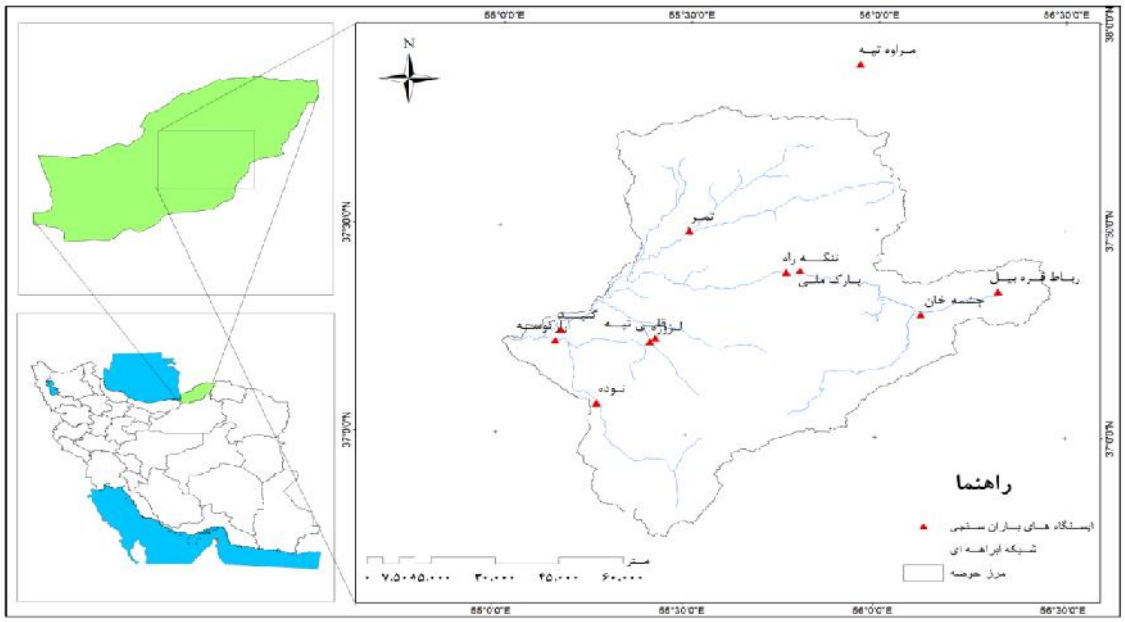
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قزاقلی بخشی از حوزه بزرگ گرگانرود می‌باشد که در مختصات جغرافیایی "۳۷ ´۰۱ °۵۵ تا "۴۰ ´۲۷ °۵۶ طول شرقی و "۴۸ ´۴۵ °۳۶ تا "۵۶ ´۴۷ °۳۷ عرض شمالی در استان گلستان و چین خوردگی‌های شمالی سلسله جبال البرز قرار دارد. مساحت این حوزه ۷۰۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و همچنین ایستگاه های باران سنجی مورد استفاده را در استان گلستان

1- Upper Shire

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

و کشور ایران نشان می‌دهد. ارتفاع این حوزه از ۲۸۸۹ متر در مناطق کوهستانی تا ۱۸ متر در مناطق دشتی متغیر است. نوع اقلیم منطقه براساس تقسیم بندی دو مارتن نیمه خشک تا خیلی مرطوب بوده که بیشترین مقدار بارش در ماه های فروردین و آذر و کمترین مقدار در ماه‌های تیر و مرداد می‌باشد. عمده کاربری اراضی در حوزه مذکور کاربری‌های مرتع- بوته زار و مخلوط جنگل‌های سوزنی برگ- پهن برگ به ترتیب با ۳۵/۰۸ و ۲۷/۰۱ درصد می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز مورد مطالعه.

مدل SWAT

SWAT مخفف کلمه Soil and Water Assessment tool و مدلی در مقیاس حوزه آبخیز است که به منظور شبیه سازی اثرات فعالیت مدیریتی بر حرکت آب و رسوب برای حوزه‌های فاقد ایستگاه طراحی شده است. فرآیندهای هیدرولیکی شبیه سازی شده به وسیله مدل شامل رسوب، نفوذ، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، جریان زیر قشری و تراوش است. این مدل یک الحاقیه تحت نرم افزار Arc GIS به نام ARCSWAT2009 می‌باشد. در واقع ARCSWAT2009 نرم افزار گرافیکی مدل SWAT است که قادر به شبیه سازی خروجی‌های مدل به صورت گرافیکی یا جداول می‌باشد. این مدل به طور گسترده برای آنالیز هیدرولوژی حوزه‌ها، سیستم مدیریت منابع آبی، تدوین راهکارها و قوانین با هدف توانایی بهتر مدیریت آب حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در SWAT هر حوزه به چندین زیر حوزه تقسیم شده و سپس به چندین واحد پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) تقسیم می‌شود. در ابتدا مقدار رطوبت خاک، رواناب سطحی،

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

چرخه عناصر غذایی، رسوب، رشد گیاهان و روش‌های مدیریتی برای هر HRU شبیه سازی می‌گردد و سپس برای هر زیر حوزه متوسط وزنی گرفته می‌شود و با همدیگر جمع بسته می‌شود و در نهایت جریان کلی حوزه تا خروجی اصلی حوزه روندیابی می‌گردد (۶). در این پژوهش از برنامه SUFI2 تحت بسته نرم افزاری SWAT CUP برای آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی بهره گرفته شد. مرحله به مرحله اجرای برنامه SUFI-2 به صورت زیر است: ۱- تعیین تابع هدف ۲- مشخص کردن مقادیر حداقل و حداکثر مطلق پارامترها ۳- آنالیز حساسیت تمامی پارامترها در مراحل اولیه واسنجی ۴- دامنه عدم قطعیت اولیه ارزیابی شده و برای روش نمونه برداری لاتین- هایپرکیوب واگذار می‌شود ۵- نمونه برداری لاتین- هایپرکیوب اجرا شده و بعد n تا شبیه سازی انجام می‌گیرد ۶- شبیه سازی براساس تابع هدف صورت می گیرد ۷- پارامترهای حساس شناسایی شده و بهینه سازی براساس پارامترهای حساس در طی مرحله واسنجی صورت می‌پذیرد.

این مدل براساس معادله بیلان آبی به صورت زیر استوار است:

(۱)

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

که در آن S_{wt} : مقدار نهایی رطوبت خاک (برحسب میلی متر آب)، S_{wo}: مقدار اولیه رطوبت خاک (برحسب میلی متر آب)، t: زمان (برحسب روز)، R_{day}: مقدار بارش در روز i ام (برحسب میلی متر آب)، Q_{surf}: مقدار رواناب سطحی در روز i ام (برحسب میلی متر آب)، E_a : مقدار تبخیر و تعرق در روز iام (برحسب میلی متر آب)، W_{seep}: مقدار نشست که در روز iام از نیم‌رخ خاک وارد منطقه غیراشباع می‌شود (برحسب میلی متر آب)، Q_{gw}: مقدار آب برگشتی در روز iام (برحسب میلی متر آب) می‌باشد. در مدل SWAT برای روندیابی جریان از دو روش ذخیره متغیر و ماسکینگام استفاده می‌شود. حجم رواناب سطحی نیز با استفاده از دو روش گرین آمپت و روش شماره منحنی SCS محاسبه می‌گردد. همچنین برای محاسبه حداکثر رواناب از روش منطقی یا استدلالی و تبخیر و تعرق با استفاده از سه روش پنمن- مانتیس، پریستلی- تیلور و هارگریوز- سامانی محاسبه می‌گردد. در این بررسی از روش‌های ماسکینگام، شماره منحنیSCS، روش استدلالی و روش تبخیر و تعرق پنمن- مانتیس با توجه به دقت بالاتر برای شبیه سازی استفاده گردید (۱۵). به طور کلی لایه های اطلاعاتی مورد نیاز مدل به صورت زیر می‌باشند:

نقشه کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی با استفاده از نقشه های پایه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین نقشه های تهیه شده در سایر مطالعات آبخیزداری در منطقه مورد مطالعه (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان) در نرم افزار ArcGIS تهیه گردید.

مدل رقومی ارتفاع و نقشه شبکه زهکشی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

پستی و بلندی تعریف شده به وسیله مدل رقومی ارتفاع (DEM) بیان کننده ارتفاع هر نقطه در هر منطقه با تفکیک فضایی ویژه است که توسط یک شبکه سلولی نمایش داده می‌شود. در این مطالعه نقشه DEM با دقت ۷۸ در ۷۸ متر (SRTM) برای مشخص کردن حوزه آبخیز، زیر حوزه‌ها و آنالیز الگوی زهکشی سطح زمین مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای مربوط به زیر حوزه‌ها از قبیل طول و عرض شیب کانال نیز از روی نقشه DEM استخراج می‌گردد (۶). شبکه رودخانه رقومی شده با فرمت فایل SHAPE به مدل معرفی گردید. نقشه شبکه زهکشی برای ترسیم جزئیات دقیق‌تری از الگوی زهکشی در مواقعی که DEM حوزه قادر به مشخص کردن آن‌ها نباشد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نقشه خاک شناسی

اطلاعات خاک شناسی از اساسی‌ترین اطلاعات مورد نیاز مدل می‌باشد. مدل SWAT برای شبیه سازی حوزه به خصوصیات مختلف فیزیکی- شیمیایی خاک برای لایه های مختلف خاک نیازمند است. در این مطالعه اطلاعات مورد نیاز خاک شناسی از سازمان مدیریت برنامه (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰)، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰) تهیه گردید. در جدول ۱ اطلاعات خاک شناسی مورد نیاز مدل ارائه شده است.

جدول ۱- پارامتر های پایگاه داده مدل SWAT برای هر لایه خاک در حوزه آبخیز مورد مطالعه

ردیف	نام پارامتر	توضیحات	ردیف	نام پارامتر	توضیحات
۱	NLAYERS	تعداد لایه های خاک	۱۰	SOL_K	هدایت هیدرولیکی اشباع
۲	HYDGRP	گروه هیدرولوژیکی خاک	۱۱	SOL_CBN	مقدار کربن آلی
۳	SOL_ZMX	ماکزیمم عمق ریشه دوانی در پروفیل خاک	۱۲	CLAY	مقدار رس (درصد)
۴	ANION_EXCL	درصد تخلخل خاک فاقد آنیون‌ها	۱۳	SILT	مقدار سیلت (درصد)
۵	SOL_CRK	حداکثر گنجایش شکاف پروفیل خاک از حجم کلی خاک	۱۴	SAND	مقدار ماسه (درصد)
۶	TEXTURE	بافت خاک	۱۵	ROCK	مقدار سنگریزه (درصد)
۷	SOL_Z	عمق هر لایه خاک از سطح تا انتهای لایه	۱۶	SOL_ALB	آلبیدوی خاک مرطوب
۸	SOL_BD	چگالی ظاهری خاک	۱۷	USLE_K	فاکتور (K) معادله USLE
۹	SOL_AWC	ظرفیت آب قابل دسترس در لایه خاک	۱۸	SOL_EC	هدایت الکتریکی

داده های هواشناسی

داده های هواشناسی مورد استفاده در این بررسی از سازمان هواشناسی کل کشور، سازمان تماب و سازمان آب منطقه ای جمع آوری گردید. این اطلاعات شامل داده های بارندگی، حداقل و حداکثر درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و تشعشع خورشیدی در پایه زمانی روزانه می‌باشد که مربوط به ایستگاه های منتخب داخل و اطراف حوزه است. سپس این اطلاعات با فرمت مربوطه به مدل وارد گردید. علاوه بر این از ایستگاه سینوپتیک مراوه‌تپه به عنوان ایستگاه مولد اقلیمی (ایستگاه مورد استفاده برای بازسازی خلأ آماری) استفاده گردید. همچنین ایستگاه هیدرومتری قزاقلی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

واقع در خروجی حوزه آبخیز قزاقلی به عنوان ایستگاه مبنا برای مشاهده تغییرات رواناب حوزه در طی دو دوره واسنجی و اعتبارسنجی انتخاب گردید. در جدول ۲ ایستگاه های مورد استفاده در شبیه سازی ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات ایستگاه های مشاهداتی مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
مراوه‌تپه	۴۰۷۶۸۷	۴۱۹۵۲۴۰	۴۶۰	سینوپتیک
گنبد	۳۳۷۴۰۵	۴۱۲۴۱۸۱	۳۷	سینوپتیک
پارک ملی	۳۹۳۵۶۸	۴۱۳۹۹۰۳	۴۶۰	سینوپتیک
تمر	۳۶۷۵۸۴	۴۱۵۰۴۰۴	۱۳۲	سینوپتیک
چشمه خان	۴۲۱۷۷۴	۴۱۲۸۱۷۴	۱۲۵۰	سینوپتیک
رباط قره بیل	۴۳۹۹۴۰	۴۱۳۴۲۹۵	۱۴۵۰	سینوپتیک
لزوره	۳۵۸۲۶۹	۴۱۲۰۹۸۳	۱۵۵	سینوپتیک
ارازکوسه	۳۳۶۱۱۱	۴۱۲۱۴۱۳	۳۵	سینوپتیک
رامیان	۳۳۴۲۴۶	۴۰۹۸۷۵۵	۲۰۰	سینوپتیک
تنگه راه	۳۹۰۲۸۸	۴۱۳۹۴۷۱	۳۳۰	باران سنجی
قلی تپه	۳۵۹۵۴۸	۴۱۲۱۹۳۲	۲۵۰	سینوپتیک
نوده	۳۴۵۷۸۴	۴۱۰۴۵۲۰	۲۸۰	باران سنجی
قزاقلی	۳۲۴۳۷۲	۴۱۲۱۹۹۳	۳۰	آب سنجی

اجرای مدل

بعد از ورود داده های مربوط به مدل رقومی ارتفاع و شبکه زهکشی، هر حوزه به چندین زیر حوزه تقسیم گردید آنگاه براساس نقشه های خاک شناسی، کاربری اراضی و شیب، براساس مقدار آستانه در نظر گرفته شده، هر زیر حوزه به تعدادی واحد پاسخ هیدرولوژیکی (HRU)[1] تقسیم گردید. تعداد این واحدها براساس تنوع خاکی، کاربری اراضی و توپوگرافی منطقه و مقدار آستانه در نظر گرفته شده متغیر می‌باشد. این فرایند به صورت اتوماتیک و توسط خود مدل صورت می‌پذیرد. بر این اساس حوزه قزاقلی به ۳۷ زیر حوزه و ۲۷۸ HRU تقسیم گردید. به طور کلی HRU واحد های همگنی هستند که دارای پوشش، خاک و کاربری و شیب یکسانی هستند. استفاده از HRU اجرا شبیه سازی را آسان‌تر می‌کند زیرا همه مناطق با خاک و کاربری اراضی یکسان درون واحد پاسخ جداگانه ای جای گرفته‌اند. بعد از وارد کردن داده های اقلیمی که در بالا ذکر گردید مدل اجرا شد. شبیه سازی در پایه زمانی ماهانه و طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۰ (سال آبی (۶۶-۱۳۶۵) تا (۶۹-۱۳۶۸)) انجام گرفت. مدل‌های نیمه توزیعی عموماً دارای پارامترهای زیادی هستند که نمی‌توان همه آن‌ها را به صورت مستقیم اندازه گیری نمود و لازم است

1- Hydrologic Response Unit

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

که آن‌ها را در طول واسنجی مدل تخمین زد (۲۰)، لذا بایستی توجه داشت که در فرایند شبیه سازی بسیاری از پارامترها براساس پیش فرض مدل بوده که باید بهینه شوند. با توجه به پارامترهای مختلف که در مدل وجود دارد فرایند واسنجی بسیار زمان بر است، لذا قبل از فرایند واسنجی تحلیل حساسیت به منظور شناسایی پارامترهای حساس صورت گرفت. براساس مطالعات مختلف صورت گرفته در این زمینه ۲۷ پارامتری که بر رواناب موثر می باشند برای شبیه سازی اولیه انتخاب شدند که بعد از فرایند آنالیز حساسیت ۱۷ پارامتر حساس در شبیه سازی نهایی طی دوره واسنجی و صحت سنجی مورد استفاده قرار گرفت. واسنجی مدل با استفاده از روش بهینه سازی فراگیر[1] تکامل تصادفی جوامع (SCE)[2] روی پارامترهای حساس در مقیاس زمانی ماهانه در دوره زمانی سال ۱۹۹۰-۱۹۸۷ انجام شد. دوره زمانی سال ۱۹۹۲-۱۹۹۱ (سال‌های آبی ۷۰-۱۳۶۹ تا ۷۱-۱۳۷۰) برای صحت سنجی مدل انتخاب گردید. همچنین برای ارزیابی کارایی مدل از ضرایب همبستگی (R^2)، ضریب کارایی نش- ساتکلیف (E_{NS}) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به صورت زیر استفاده گردید:

$$R^2=\frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i^{sim}-Q_i^{simav}\right)\left(Q_i^{obs}-Q_i^{obsav}\right)\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i^{sim}-Q_i^{simav}\right)^2\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i^{obs}-Q_i^{obsav}\right)^2} \qquad (۲)$$

$$E_{NS}=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i^{sim}-Q_i^{obs}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i^{obs}-Q_i^{obsav}\right)^2} \qquad (۳)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Q_i^{sim}-Q_i^{obs}\right)^2} \qquad (۴)$$

که در آن:

Q_i^{sim}= مقدار برآوردی بر نقطه iام، Q_i^{simav}= مقدار میانگین دبی برآوردی، Q_i^{obs}= مقدار مشاهده ای برای نقطه iام، Q_i^{obsav}= میانگین دبی مشاهداتی و n= تعداد داده‌ها می‌باشد.

سناریو های مختلف کاربری اراضی

GIS ابزاری قدرتمند برای جمع آوری، تحلیل و تصمیم گیری‌های پیچیده می‌باشد که عموماً برای مدیریت اکوسیستم پذیرفته شده است (۱۴). در طول دو دهه گذشته پیشرفت‌های شگرفی در زمینه ادغام تصاویر ماهواره ای، پردازش کامپیوتر و تکنولوژی‌های فضایی شده به وجود آمده است. امنیت زیست محیطی در دنیای متحول امروزی، از مؤلفه های مهم امنیت کلی جهانی به شمار می‌آید. از طرفی نگرشی گذرا بر وضعیت محیط زیست جهان در دو دهه گذشته نشان می‌دهد که نه فقط اثرات مخرب انسانی بر محیط زیست کاهش نیافته بلکه مسائل حاد و بغرنج جدیدی مانند آلودگی شدید جو، کاهش تنوع زیستی، تغییرات کاربری و اثرات مختلف و متعدد آن‌ها بروز نموده است، لذا به منظور برنامه ریزی برای آینده، با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی و نیمه توزیعی قادر به پیش بینی تغییرات کاربری اراضی در بلند مدت بر اکوسیستم خواهیم بود. مدلی که برای تعیین تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر شکل هیدروگراف معرفی و بکار گرفته می‌شود مدلی نیمه توزیعی- فیزیکی است که توانایی برآورد و تخمین پارامترهای مورد نظر مدل را از اطلاعات موجود شامل نقشه های رقومی، تصاویر ماهواره ای و مدل رقومی ارتفاعی زمین داشته باشد. اعتقاد اکثر کارشناسان بر این است

1- Global method

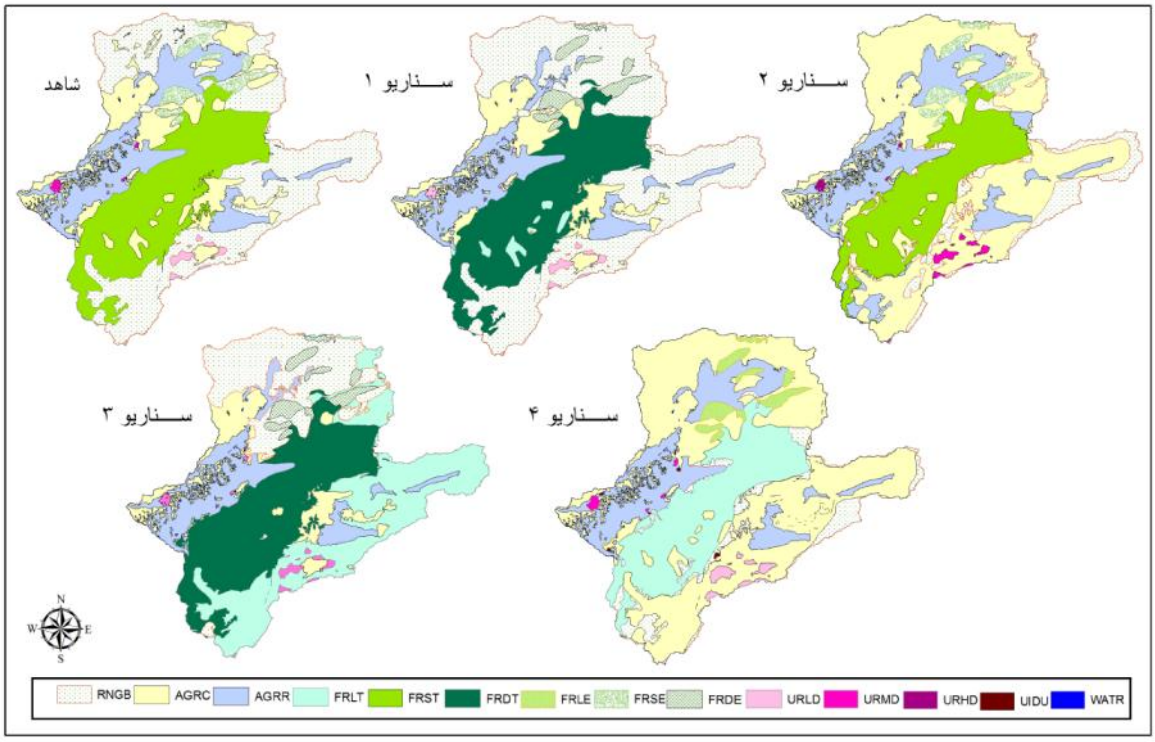
2- Shcuffled Complex Evolution

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

که مدل‌هایی که کلیه پارامترهای آن بستگی به شرایط و مشخصات حوزه آبخیز دارند قادر به کمی نمودن تأثیر تغییرات کاربری بر شرایط سیلابی می‌باشند. بنابراین ما قادر به تعیین تأثیرات تغییر کاربری بر هیدروگراف ماهانه در اثر اجرای برنامه های درازمدت توسعه (جنگل کاری اراضی زراعی) و یا برنامه های کوتاه مدت توسعه همانند توسعه مناطق شهری، صنعتی شدن خواهیم بود؛ لذا در این مطالعه برای پیش بینی تغییرات هیدرولوژیکی حوزه در آینده چهار سناریو در جهت گرایش مثبت و منفی در نظر گرفته شد و نقشه کاربری اراضی متناظر در محیط GIS اصلاح و وارد مدل شد. خروجی مدل بر مبنای گزینه های مختلف مدیریت اراضی استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اولین سناریو، سناریوی شاهد است که با توجه به کاربری فعلی (نقشه پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره ای لندست TM سال ۱۹۸۶ استخراج شد) و با فرض تداوم حفاظت هیچ گونه تغییر کاربری اراضی اعمال نشد. در گرایش مثبت، مدیریت اراضی در جهت استعداد منطقه به صورت دو سناریوی خوش‌بینانه و خیلی خوش‌بینانه بررسی شد. در سناریوی خوش‌بینانه کاربری اراضی (سناریوی ۱)، کاربری‌های زراعی شمال منطقه مورد مطالعه در نزدیکی کوهستان به مرتع و بوته زار تبدیل گردید. کاربری‌های زراعی در سمت جنوب این منطقه، در شیب‌های بیشتر از ۱۲٪ به کاربری جنگل کم تراکم تبدیل شد. همچنین تراکم کاربری‌های تحت پوشش جنگل افزایش یافت و اراضی مسکونی با تراکم جمعیت متوسط به مناطق با تراکم جمعیت کم‌تر تبدیل گردید. تغییرات کاربری اراضی در سناریو ۳ به صورت خیلی خوش‌بینانه می‌باشد، در نتیجه، کاربری‌های زراعی در جنوب منطقه مورد مطالعه در شیب‌های بیشتر از ۱۲٪ به کاربری جنگل پر تراکم و کاربری‌های زراعی شمال منطقه مورد مطالعه در نزدیکی کوهستان به مرتع و بوته زار تبدیل شد. از طرف دیگر کاربری‌های مرتع و بوته زار در شرق و جنوب منطقه مورد مطالعه به جنگل کم تراکم تبدیل شد و تراکم جمعیت نیز کمتر شد. همچنین تراکم کاربری تحت پوشش جنگل مخلوط و سوزنی برگ افزایش یافت. در سناریو بدبینانه روند تخریب پوشش گیاهی در نظر گرفته شد (سناریوی ۲). در این سناریو بخش از کاربری مرتع و بوته زار به اراضی کشاورزی تبدیل شد و مناطق مسکونی با جمعیت پایین و متوسط به ترتیب به مناطق مسکونی با جمعیت متوسط و زیاد تبدیل گردید و سطح مناطق تحت پوشش این کاربری‌ها افزایش می‌یابد. همچنین مناطق تحت پوشش جنگل مخلوط سوزنی برگ و پهن برگ در نزدیکی مناطق مسکونی به زمین‌های کشاورزی و بوته زار تبدیل گردید. سناریوی چهارم حالت خیلی بدبینانه و گرایش منفی کاربری اراضی می‌باشد، در این حالت بخشی از کاربری مرتع و بوته زار به اراضی کشاورزی تبدیل شد و وسعت مناطق مسکونی افزایش یافت. همچنین مناطق صنعتی در حوزه شکل گرفت. از طرفی دیگر وسعت کاربری تحت جنگل مخلوط سوزنی برگ و پهن برگ با تبدیل به مرتع و بوته زار کاهش پیدا نمود. همچنین تراکم کلی کاربری جنگل کاهش یافت. در جدول ۳ مساحت انواع کاربری

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

اراضی در هر یک از سناریوها ارائه شده است. همچنین شکل ۲ نیز نوع کاربری در هر یک از گزینه های مدیریتی را نمایش می‌دهد.



شکل ۲- نقشه سناریوهای کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه.

جدول ۳- سناریو های مختلف کاربری اراضی و درصد مساحت تحت پوشش هر یک از کاربری‌ها در هر سناریو

نوع کاربری در مدل SWAT	توضیحات	مساحت (درصد)				
		شاهد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
AGRC	اراضی کشاورزی با کشت نامنظم و غیر ردیفی	۱۷/۲۳۵	۱۲/۵۱	۴۵/۵۳	۱۰/۰۴	۴۹/۵۳
AGRR	اراضی کشاورزی به صورت کشت ردیفی	۱۶/۳۶	۱۲/۹۴	۱۸/۳	۱۲/۹۴	۱۶/۲۳
FRLE	جنگل‌های همیشه سبز (کم تراکم)	۰	۰	۰	۰	۳/۳۳
FRSE	جنگل‌های همیشه سبز (تراکم متوسط)	۳/۳۴۲	۰	۳/۲۲۷	۰	۰
FRDE	جنگل‌های همیشه سبز (پر تراکم)	۰	۳/۳۳۵	۰	۳/۳۵	۰
FRLT	مخلوط جنگل‌های همیشه سبز و خزان کننده (کم تراکم)	۰	۱/۱۹۴	۰	۲۶/۵۸	۲۲/۴۵
FRST	مخلوط جنگل‌های همیشه سبز و خزان کننده (تراکم متوسط)	۲۷/۰۱۴	۰	۲۲/۵	۰	۰
FRDT	مخلوط جنگل‌های همیشه سبز و خزان کننده (پر تراکم)	۰	۲۷/۰۵	۰	۲۸/۶۵	۰
RNGB	مرتع- بوته زار	۳۵/۰۷۹	۴۲/۰۲	۹/۴۷۵	۱۷/۴۵	۶/۸۶
URLD	ناحیه مسکونی- با تراکم جمعیت پایین	۰/۶۸۹	۰/۹۴	۰	۰/۹۴	۱/۱۲
URMD	ناحیه مسکونی- با تراکم جمعیت متوسط	۰/۲۳۷	۰	۰/۶۸۹	۰	۰/۳۱۵
URHD	ناحیه مسکونی- با تراکم جمعیت بالا	۰	۰	۰/۲۳۷	۰	۰
UIDU	ناحیه صنعتی	۰	۰	۰	۰	۰/۰۸۹
WATR	آب	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

نتایج و بحث

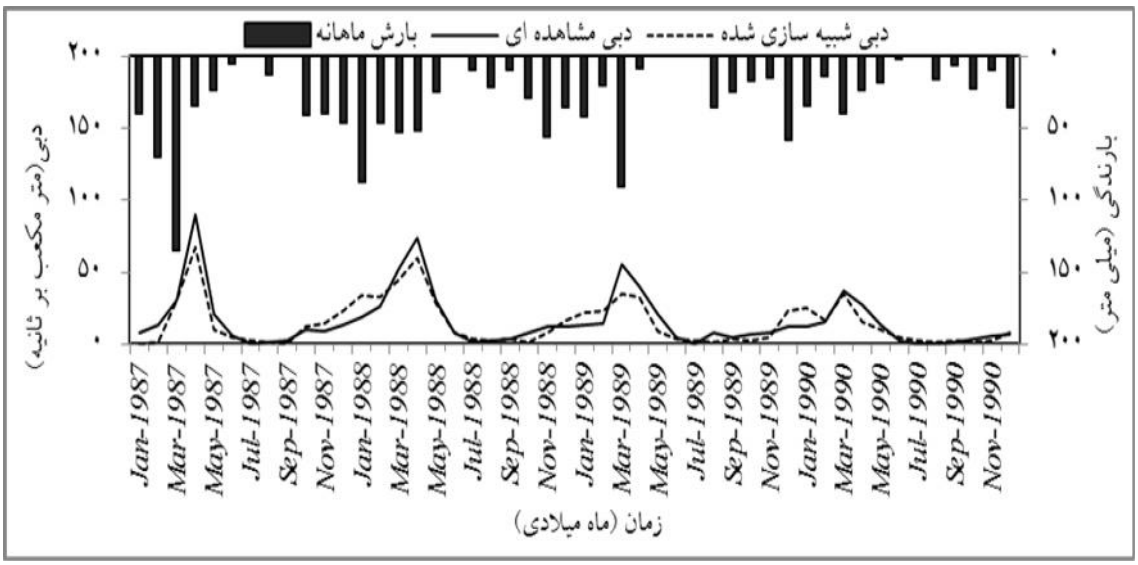
شبیه سازی دبی خروجی از حوزه در طی دوره واسنجی و صحت سنجی:

شبیه سازی دبی ماهانه حوزه قزاقلی در دوره واسنجی طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۰ (سال آبی (۶۶-۱۳۶۵) تا (۶۹-۱۳۶۸)) نشان داد که مقدار ضریب همبستگی (R^2) برابر ۰/۸۵، ضریب راندمان نش- ساتکلیف (E_{NS}) ۰/۸۶ و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ۷/۶۷، می‌باشد. مقادیر این ضرایب برای دوره صحت سنجی به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۸۲ و ۹/۰۵ بدست آمدند.

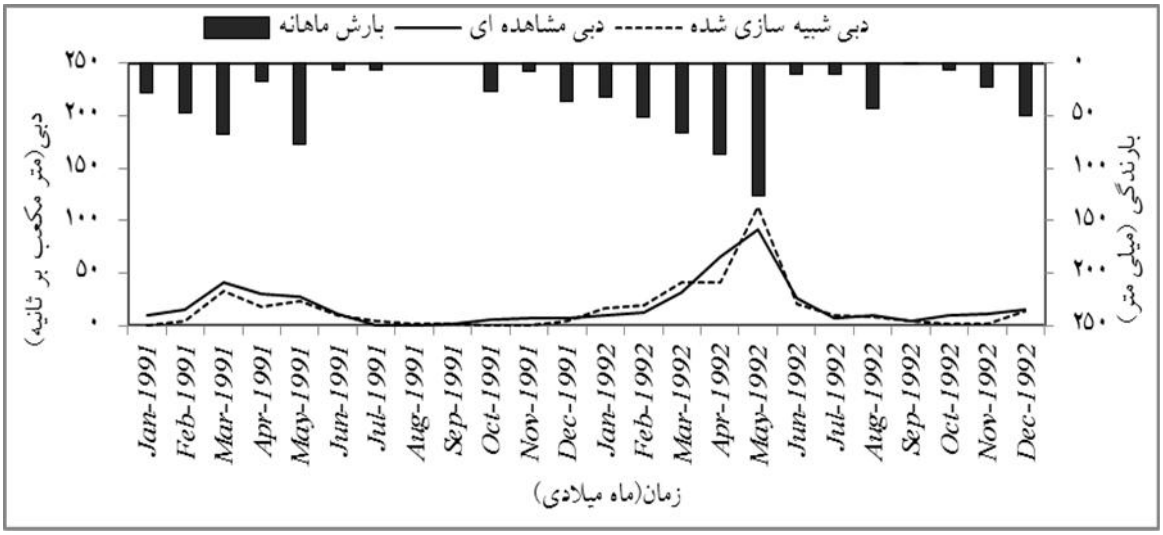
همچنین درجه عدم قطعیت مدل توسط دو فاکتور P-factor و R-factor محاسبه گردید. P-factor عبارت است درصد داده‌های مشاهده‌ای پوشش داده شده مساوی باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد (95PPU)[1] و R-factor عبارت است از متوسط ضخامت باند 95PPU که بر انحراف معیار داده اندازه گیری شده تقسیم می‌شود. تخمین عدم قطعیت ۹۵٪ در سطوح ۲/۵٪ و ۹۷/۵٪ محاسبه می‌گردد. مقدار P-factor بین ۱۰۰-۰ درصد متغیر است. هرچه که مقدار این شاخص بیشتر باشد شبیه سازی بهتر صورت گرفته است به طوری که مقدار بهینه آن ۱۰۰ می‌باشد. مقدار R-factor بین صفر و بی نهایت تغییر می‌کند و مقدار بهینه آن صفر است. با افزایش P-factor مقدار R-factor نیز افزایش می‌یابد لذا محاسبات تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که تعادلی بین این دو فاکتور برقرار شود و این زمانی اتفاق می‌افتد که اکثر داده های مشاهداتی در باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد واقع شوند (P-factor) و ضخامت باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد تا حد ممکن کوچک شود (R-factor) برای حوزه آبخیز قزاقلی در طی دوره واسنجی مقدار P-factor برابر ۷۹٪ و R-factor برابر ۱/۵۱ می‌باشد. مقادیر این دو فاکتور برای دوره اعتبارسنجی به ترتیب ۹۲٪ و ۲/۹۱ بدست آمدند. در اشکال ۳ و ۴ نتایج شبیه سازی بر این اساس برای دوره واسنجی و اعتبار سنجی نشان داده شده است. همان طوری که در این اشکال نشان داده شده است در هر دو دوره واسنجی و صحت سنجی انطباق زیادی بین مقادیر اوج بارندگی و دبی مشاهده ای و شبیه سازی شده وجود دارد و در ایام فاقد بارندگی مقادیر شبیه سازی شده دبی صفر می‌باشد که علت آن مربوط به نادیده گرفتن جریان آب پایه و آب زیر زمینی برای حوزه قزاقلی توسط مدل می‌باشد. همچنین در برخی از ماه های سال (به ویژه در فصل بهار) مقادیر اوج رواناب شبیه سازی شده و مشاهده ای از نظر زمانی با یکدیگر اختلاف دارند. ولی در کل انطباق زیادی بین مقادیر مشاهده ای و شبیه سازی شده توسط مدل در هر دو دوره واسنجی و صحت سنجی وجود دارد.

1- Uncertainty prediction 95%

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]



شکل ۳- مقادیر مشاهده ای و شبیه سازی شده دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری قزاقلی در دوره واسنجی.



شکل ۴- مقادیر مشاهده ای و شبیه سازی شده دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری قزاقلی در دوره اعتبارسنجی.

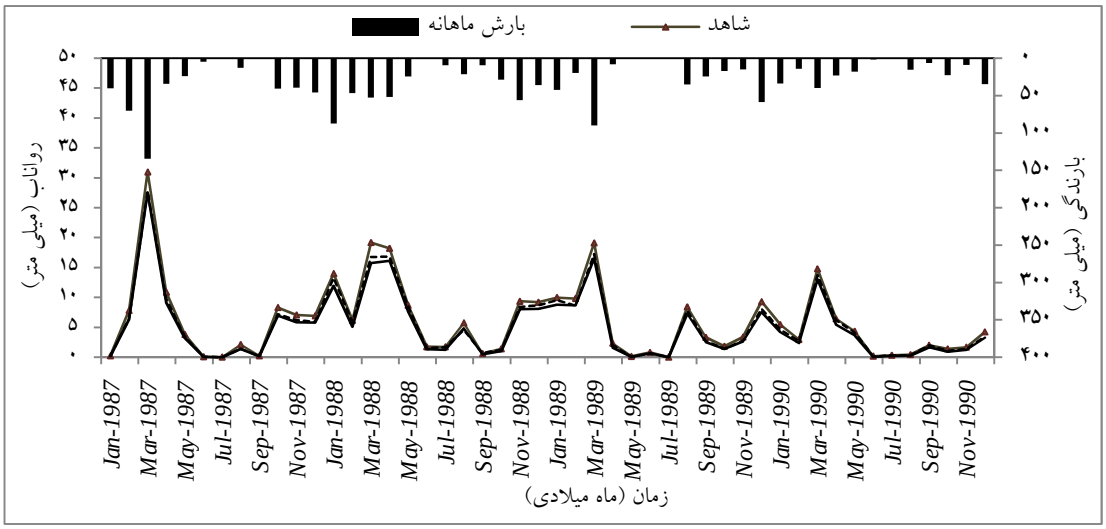
شبیه سازی رواناب در سناریوهای مختلف کاربری اراضی:

بعد از اطمینان از قابلیت مدل در شبیه سازی دبی حوزه آبخیز قزاقلی، چهار سناریو کاربری اراضی در دو جهت گرایش مثبت و منفی به مدل معرفی و تغییرات رواناب خروجی مدل با رسم هیدروگراف مربوطه بررسی شد و در هر حالت رواناب شبیه سازی شده با شاهد (شبیه سازی شده در کاربری فعلی) مقایسه شد. متغیر های مورد بررسی شامل رواناب سطحی، جریان زیر قشری، آب گذری به آبخوان سطحی و نفوذپذیری، آب گذری به آبخوان عمیق، تبخیر و تعرق واقعی و مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط ماهانه و سالانه رواناب در هر یک از سناریوها می‌باشد. در اشکال ۵ و ۶ هیدروگراف رواناب متوسط

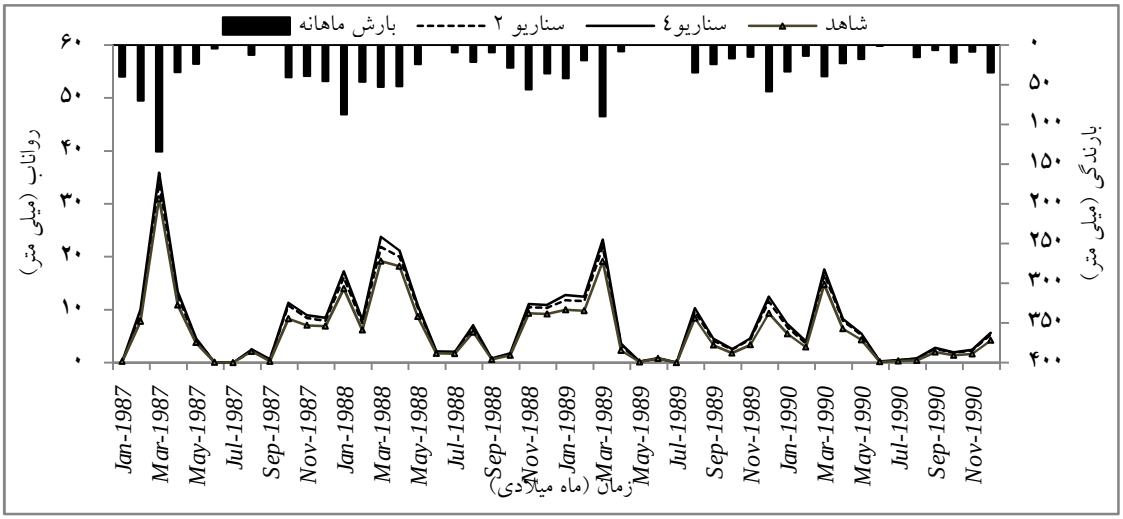
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

سالانه در هر دو گرایش مثبت و منفی نشان داده شده است. در جدول ۴ نیز خروجی‌های حاصله در گزینه های مختلف مدیریتی ارائه شده است. همچنین جدول ۵ نشان دهنده مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط رواناب ماهانه و سالانه حوزه در سناریو های مختلف کاربری اراضی است.

همان طوری که در این اشکال مشخص می‌باشد در شبیه سازی رواناب در گرایش مثبت کاربری اراضی در سناریوهای ۱ و ۳ مقادیر اوج رواناب کاهش یافته و در گرایش منفی در سناریوهای ۲ و ۴ مقدار اوج رواناب افزایش پیدا نموده است.



شکل ۵- مقایسه بین رواناب شبیه سازی شده و شاهد در گزینه مدیریتی ۱ و ۳.



شکل ۶- مقایسه بین رواناب شبیه سازی شده و شاهد در گزینه مدیریتی ۲ و ۴.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

جدول ۴- مقایسه اثر سناریوهای مختلف کاربری اراضی بر مؤلفه های مختلف چرخه هیدرولوژیکی

گزینه مدیریتی	رواناب متوسط سالانه (mm)	جریان زیر قشری (mm)	آب گذری به آبخوان سطحی و نفوذپذیری (mm)	آب گذری به آبخوان عمیق (mm)	جریان آب زیرزمینی (mm)	تبخیر و تعرق (mm)
شاهد	۷۱/۷۵	۱۸۹/۳	۱۱۱/۶۹	۵/۵۸	۱۰۳/۱۹	۱۴۹/۶
سناریو ۱	۶۴/۳۳	۱۹۸/۷۵	۱۰۸/۶۸	۵/۴۳	۱۰۰/۳۸	۱۴۹/۸
سناریو ۲	۸۳/۷۴	۱۷۹/۹۶	۱۱۰/۱۶	۵/۵۱	۱۰۱/۷۹	۱۴۸/۷
سناریو ۳	۶۰/۴۹	۱۹۹/۷۲	۱۱۱/۷۳	۵/۵۹	۱۰۳/۲۳	۱۵۰/۲
سناریو ۴	۸۹/۴۶	۱۷۸/۴۳	۱۰۶/۵۵	۵/۳۳	۹۸/۴۱	۱۴۸/۵

جدول ۵- مقادیر رواناب حداقل، حداکثر و متوسط ماهانه و سالانه شبیه سازی شده و مشاهده ای در دوره واسنجی

شاخص	رواناب اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در هر گزینه مدیریتی (میلی متر)				
	شاهد	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴
حداکثر ماهانه	۳۱	۲۷/۷۸	۳۳/۹۲	۲۷/۵	۳۵/۸۵
حداقل ماهانه	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰/۰۳	۰/۰۲
متوسط ماهانه	۵/۹۸	۵/۳۶	۶/۹۸	۵/۰۴	۷/۴۶
متوسط سالانه	۷۱/۷۵	۶۴/۳۳	۸۳/۷۴	۶۰/۴۹	۸۹/۴۶

به طور کلی بررسی کارایی مدل با استفاده از ضرایب نش- ساتکلیف، ضریب تعیین و ریشه مربعات خطا نشان از قابلیت بالای مدل در شبیه سازی حوزه مذکور دارد. به طوری که انطباق زیادی بین مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده ای در هر دو دوره واسنجی و اعتبار سنجی وجود دارد. مقادیر نسبتاً بالای P-factor و کم R-factor در این حوزه در پایه زمانی ماهانه بیانگر دقت بالای مدل در شبیه سازی و عدم قطعیت کم پیش بینی‌هاست به طوری اکثر داده های شبیه سازی شده توسط مدل در باند تخمین عدم قطعیت ۹۵ درصد قرار گرفته‌اند. عدم انطباق درست مقادیر اوج دبی مشاهده ای و شبیه سازی شده نشان دهنده ضعف مدل در شبیه سازی رواناب حاصل از ذوب برف می‌باشد (۴، ۲۲، ۲۵ و ۲۷). همچنین در فصول سیلابی تطابق کمتری بین دبی مشاهده ای و شبیه سازی شده وجود دارد که نشان دهنده ضعف مدل در شبیه سازی وقایع سیلابی دارد (۱۸). همان طوری که مشاهده می‌شود با تغییر کاربری اراضی در هر یک از سناریوها مقادیر اوج رواناب نیز تغییر می‌یابد که این تغییر در گرایش مثبت به صورت کاهش دبی اوج و در گرایش منفی به صورت افزایش مقادیر اوج می‌باشد. با تغییر کاربری اراضی در جهت گرایش مثبت مقدار کمینه جریان ماهانه نیز افزایش پیدا می‌نماید. همچنین در گرایش مثبت کاربری اراضی اختلاف بین مقادیر حداقل و حداکثر کاهش یافته و در گرایش منفی این اختلاف بیشتر می‌شود. به طور کلی با احیاء پوشش گیاهی در گرایش مثبت در

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

سناریوهای ۱ و ۳ مقادیر مختلف رواناب سطحی کاهش یافته و برعکس جریان زیر قشری، نفوذپذیری، آب گذری به آبخوان سطحی و عمیق و تبخیر و تعرق واقعی افزایش پیدا نمود. در سناریوهای ۲ و ۴ برعکس، رواناب سطحی افزایش یافت و مقادیر جریان زیر قشری، نفوذپذیری، آب گذری به آبخوان سطحی و عمیق و تبخیر و تعرق واقعی کاهش پیدا نمود. در واقع یکی از دلایل افزایش رواناب در گرایش منفی کاربری کاهش مقادیر مختلف تبخیر و تعرق واقعی، نفوذپذیری و آب گذری است. در این صورت بیشتر مقدار بارندگی از طریق رواناب سطحی از حوزه خارج شده و از دست می‌رود (۸). کاهش پوشش به واسطه تخریب باعث افزایش رواناب از طریق کاهش مقادیر تبخیر و تعرق واقعی و نفوذپذیری می‌باشد (۱). به طور کلی مقدار رواناب حداقل ماهانه در گرایش مثبت کاربری افزایش یافت و در حالت قهقرایی در سناریو ۲ کاهش پیدا نمود که از این نظر با نتیجه مطالعات دوریس و همکاران (۷) مطابقت دارد. همچنین نتایج مربوط به شبیه سازی رواناب تحت سناریوهای مختلف کاربری اراضی در راستای مطالعات استیر و همکاران (۲۶) و راجر و گاسلینگ (۲۱) می‌باشد و با نتایج آن‌ها در شبیه سازی رواناب تحت سناریوهای مختلف کاربری مطابقت دارد. به طور کلی نتایج این بررسی درباره تغییر نوع کاربری با نتایج مطالعات گاوندر و اورسون (۱۰) در تغییر کاربری از مرتع و بوته زار به مناطق جنگلی، بررسی‌های لی و همکاران (۱۲) در تغییر کاربری از جنگل، مرتع، بوته زار به مناطق کشاورزی و مناطق شهری، پژوهش وانگ و همکاران (۲۸) در تغییر کاربری از جنگل به مرتع؛ مطالعات پالامولینی و همکاران (۱۷) در تغییر کاربری از جنگل به مرتع، زراعت و مناطق مسکونی و با نتایج سعادتی و همکاران (۲۳) درباره تغییر کاربری از جنگل و مرتع به اراضی دیم، مرتع به زراعت و زراعت به جنگل مطابقت دارد و با نتایج سعادتی و همکاران (۲۳) در تغییر کاربری از جنگل به مرتع هم خوانی ندارد. همان طوری که در جداول و اشکال مربوطه مشخص می‌باشد تطابق زیادی بین مقادیر اوج بارندگی و اوج رواناب شبیه سازی شده در هر یک از سناریو های کاربری اراضی است ولی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه و تغییر اوج دبی در حالت قهقرایی در سناریوهای ۲ و ۴ نسبت به احیاء پوشش در دو سناریو ۱ و ۳ شدیدتر است، لذا حفظ کاربری فعلی حوزه و جلوگیری از تخریب آن یکی از مهم‌ترین راهکارها برای کاهش رواناب سطحی حوزه است. نکته حائز اهمیت این است که تغییر کاربری اراضی تأثیر مستقیمی روی فرایندهای هیدرولوژیکی حوزه به واسطه ارتباط نزدیک با رژیم تبخیر و تعرق از یک طرف و درجه و نوع پوشش گیاهی از طرف دیگر دارد و گرایش زیادی به کاهش نفوذپذیری سطحی و عمقی در حالت تخریبی پوشش گیاهی و کاربری اراضی وجود دارد. بنابراین یکی از مناسب‌ترین روش‌ها در مطالعه تأثیر تغییر کاربری اراضی و کمی کردن اثرات آن در حوزه قزاقلی بررسی تأثیر پارامترهای هیدرولوژیکی حوزه به دنبال تغییر کاربری اراضی است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

منابع

1. Anwar, N.S. 2010. Simulated impact of land use dynamics on hydrology during a 20-year-period of Beles Basin in Ethiopia. Student thesis. School of Architecture and the Built Environment (ABE). Land and Water Resources Engineering. pp: 1-33.
2. Barkhordary, J. and M. Khosroshahi. 2008. Investigation of effects of land cover and climate change on river flow (Case study: Minab watershed). Pajouhesh & Sazandegi. 77: 191-199.
3. Brown, A.E., L. Zhang, T.A. McMahon, A.W. Western and R.A. Vertessy. 2005. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. Journal of Hydrology. 310(1): 28-61.
4. Chu, T.W. and A. Shirmohammadi. 2004. Evaluation of the SWAT model's hyrodology component in the piedmont physiographic region of Maryland, Trans. and ASAE: 47(4): l057- 1073.
5. Croke, B.F., W.S. Merrit and A.J. Jakeman. 2004. A dynamic model for predicting hydrologic response to land covers change in gauged and ungauged catchments. Journal of Hydrology. 291(1): 115-131.
6. Di Luzio, M., R. Srinivasan, J.G. Arnold and S.L. Neitsch. 2002. ArcView Interface for AVSWAT. User's Guide, 245 pp.
7. Duraes, M.F., C.R. Mello and M. Naghettini. 2011. Applicability of the SWAT model for hydrologic simulation in Paraopeba river basin. Cerne, Lavras: 17(4): 481-488.
8. Fohrer, N., K. Eckhardt, S. Haverkamp and H.G. Frede. 2001. Applying the SWAT Model as a Decision Support Tool for Land Use Concepts in Peripheral Regions in Germany, 10th International Soil Conservation Organization Meeting. pp: 994-999.
9. Ghaffari, G., J. Ghodousi and H. Ahmadi. 2009. Investigating the hydrological effects of land use change in catchment (Case study: Zanjanrood Basin). J. of Water and Soil Conservation. 16(1): 163-180.
10. Govender, M. and C.S. Everson. 2005. Modeling stream flow from two small South African, experimental catchments using the SWAT model. Journal of Hydrological Processes: 19: 683-692.
11. Hernandez, M., S.N. Miller, D.C. Goodrich, B.F. Goof, W.G. Kepner, C.M. Edmands and K.B. Jones. 2000. Modeling runoff response to land cover and rainfall spatial variability in semi-arid watershed. Environmental Monitoring and Assessment. 64: 285-298.
12. Li, K.Y., M.T. Coe, N. Ramankutty and R. De Jong. 2007. Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. Journal of Hydrology, 337: 258-268.
13. Marcos, H.C., B. Aurelie and A.C. Jeffrey. 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Rocantins River, Southeastern Amazonia. Journal of Hydrology. 283: 206-217
14. Miller, S., D. Semmens, D. Goodrich, M. Hernandez, R. Miller, W. Kepner and D.P. Guertin. 2007. The automated geospatial watershed assessment Tool. Environmental Modelling and Software. 22: 365-377
15. Mulungu, D.M. and S.E. Munishi. 2007. Simiyu River catchment parameterization using SWAT model. Physics and Chemistry of the Earth. 32: 1032-1039.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

16. Nearing, M.A., V. Jetten, C. Baffaut, O. Cerdan and A. Couturier. 2005. Modeling response soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. Catena. 61:131-154.
17. Palamuleni, L.G., P.M. Ndomba and H.J. Annegarn. 2011. Evaluating land cover change and its impact on hydrological regime in Upper Shire river catchment, Malawi. Journal of Regional Environmental Change .11(4): 845-855
18. Phomcha, P., P. Wirojanagud, T. Vangpaisal and T. Thaveevouthti. 2011. Predicting sediment discharge in an agricultural watershed: A case study of the Lam Sonthi watershed Thailand. Journal of Science Asia: 37: 43-50.
19. Pikounis, M., E. Varanou, E. Baltas, A. Dassaklis and M. Mimikou. 2003. Application of the SWAT Model in the pinos river basin under different Scenarios. International Conference on Environmental Science and Technology. 5 (2): 71-79.
20. Qaderi, K., M.V. Samani, H.R. Eslami and B. Saghafian. 2006. Auto Calibration of a rainfall-runoff model based on sce method. Iran-Water Resources Research. 2(2): 39-52.
21. Roger, H.G. and L. Gosselink. 2011. Calibration of a sub-daily SWAT model and validation using different land use data to examine the impacts of land use changes. International SWAT Conference Toledo. Spain: 14 pp.
22. Rostamian, R., A. Jaleha, M. Afyunia, S.F. Mousavian, M. Heidarpour, A. Jalalian and K.C. Abbaspour. 2010. Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran. Hydrological Sciences Journal. 53(5): 977-988.
23. Saadati, H., S.A. Gholami, F. Sharifi and S.A. Ayoubzadeh. 2006. An investigation of the effects of land use change on simulating surface runoff using SWAT mathematical model (Case Study: Kasilian Catchment Area). Iranian Journal of Natural Resources . 59(2): 301-313
24. Schmalz, B. and N. Fohrer. 2009. Comparing model sensitivities of different landscapes using the eco hydrological SWAT model. Advances in Geosciences. 21: 91-98.
25. Spruill, C.A., S.R. Workman and J.L. Taraba. 2000. Simulation of daily and monthly stream discharge from small watershed using the SWAT model. Soil and Water Division of ASAE. , No. 98-05-109: 1431-1440.
26. Stehr, A., P. Debels, M. Aguaayo, F. Romero and H. Alcayaga. 2007. Modelling Steam flow under different land use conditions with SWAT: preliminary results from a Chilean case study, 4th International SWAT Conference: 15 pp.
27. Wang, X. and A.M. Melesse. 2005. Evaluation of the SWAT model's snowmelt hydrology in a northwestern Minnesota watershed. Transactions of the ASAE: 48(4): 1-18.
28. Wang, S., S. Kang, L. Zhang and F. Li. 2008. Modelling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. Journal of Hydrological Processes. 22: 2502-2510.
29. Xiaobo, J. 2008. Impacts of land cover changes on runoff and sediment in the Cedar Creek Watershed, Joseph River Indiana, United States. Journal of Mountain Science. 5(2): 113-121.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]

Evaluation of Land Use Change and its Impact on the Hydrological Process in the Ghazaghli Watershed, Golestan Province

H. Salmani[1], M. Mohseni Saravi[2], H. Rouhani[3] and A. Salajeghe[4]

1- M.Sc. Student, University of Tehran (Corresponding author: hsalmani@alumni.ut.ac.ir)
2 and 4- Professor and Associate Professor, University of Tehran
3- Assistant Professor, University of Gonbad
Received: January 31, 2012 Accepted: June 24, 2012

Abstract

Land use Change influences the components of the hydrological cycle which result in increasing or decreasing the amount of runoff. The purpose of this study is the evaluation of hydrological respond to land use change in Qhazaghli basin. After changing land use in GIS environment, four management scenarios in both positive and negative trends were introduced into the model and the model output of each model extraction and simulation results were compared with observed values. Simulations were done based on the monthly and semi-distributed using SWAT model and SUFI2 program. After running the model, Qhazaghli basin was divided in 37 sub basins and 278 hydrological response units (HRU). After model calibration, the runoff model simulated with a correlation coefficient (R^2) of 0.85 and the Nash efficiency coefficient - Sutcliff (E_{NS}) of 0.86 and the root mean square error (RMSE) of 7.67. The coefficients for the validation period, respectively were obtained 0.86, 0.82 and 9.05 .The land use analysis showed that the basin land use improvement, reduces the amount of runoff by increasing infiltration, the deep and shallow aquifers percolation and by increasing evapotranspiration .in other hand the land degradation in the basin increased runoff but the infiltration values, the percolation of deep and shallow aquifers and the evapotranspiration significantly reduced. Protection and improvement of Current basin land use, is one of the basic strategies for managing surface runoff in the case study region.

Keywords: Ghazaghli Watershed, Runoff, Land use, SWAT model, SUFI2

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-19]