

شبیه‌سازی تأثیر سناریوهای مختلف اصلاحی مرتع بر میزان تبخیر و تعرق گیاهان در حوضه گرگان‌رود، استان گلستان

مژگان سادات عظیمی^{۱*} و سمانه محضری^۲

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع‌داری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

پست الکترونیک: azimi.mojgansadat@gmail.com

۲- دانشجوی دکترای مدیریت منابع خاک، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۶

چکیده

در مطالعات بهره‌وری آب مقادیر رواناب، تبخیر و تعرق گیاهان و تولید مرتع مهمترین متغیرها هستند. مراتع استان گلستان به علت موقعیت جغرافیایی، اقلیمی و تخریب بالای این منابع همچنین تغییر شدید کاربری اراضی و کاهش پوشش گیاهی شرایط لازم را برای تشکیل رواناب دارد. به منظور تعیین چگونگی مدیریت بهینه مراتع، در این تحقیق سناریوهای اصلاح مرتع با استفاده از مدل SWAT در حوزه آبخیز گرگان‌رود مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. واسنجی و اعتبارسنجی مدل توسط برنامه SWAT-CUP و الگوریتم SUFI-2 در مدل اکوهایدرولوژیکی SWAT انجام شد. بدین منظور ابتدا مدل SWAT برای دوره ۳۱ ساله دبی (ماهانه)، سپس برای مدت ۵ سال تولید مرتع (سالانه) واسنجی و اعتبارسنجی شد و بعد سناریوهای مختلف مرتعی اعمال و مدل دوباره اجرا گردید. نتایج نشان داد عملکرد مدل برای پیش‌بینی دبی کاملاً رضایت‌بخش بوده است. مقادیر ضرایب نش-ساتکلیف به ترتیب در ایستگاه‌های بصیرآباد، تیل‌آباد و حاجی قوشان در دوره واسنجی ۰/۷۲، ۰/۷۱ و ۰/۶۴ و در دوره اعتبارسنجی ۰/۵۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۳ بدست آمد. همچنین چهار سناریوی اصلاحی مرتع (بیومکانیکی، بیولوژی، مکانیکی و مدیریت چرای دام) در این تحقیق تعریف شد. بر این اساس با کاربرد سناریوهای مکانیکی، بیولوژیکی، بیومکانیکی و مدیریت چرا، مقدار تبخیر و تعرق گیاهان به ترتیب ۲/۳٪، ۱۲/۸٪، ۱۵/۵٪ و ۲/۸٪ در هر سناریو نسبت به میزان تبخیر و تعرق شاهد افزایش پیدا کرده است. نتایج نشان داد که سناریوی بیومکانیکی مناسب‌ترین سناریو در افزایش میزان تبخیر و تعرق گیاهان در مراتع ضعیف و متوسط می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت مرتع، مدل SWAT، روش SUFI-2، حوضه گرگان‌رود، استان گلستان.

مقدمه

از مطالعات تجربی برای کسب درک جامع از واکنش مراتع به عواملی مانند آب و هوا، آتش‌سوزی، چرا و مدیریت به سادگی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بر این اساس مدل‌ها با پیوند با مدیران مراتع می‌توانند به فهم و درک اطلاعات از اکوسیستم مرتعی و تصمیم‌گیری مناسب کمک نمایند (Azimi et al.,

مراتع اکوسیستم‌های طبیعی و بسیار پیچیده اکولوژیکی هستند که نسبت به تغییرات عوامل محیطی به‌ویژه بارش حساس هستند. وقتی این عامل با سایر عامل‌های محیطی و عوامل زنده آمیخته می‌شود، این معنی را می‌دهد که استفاده

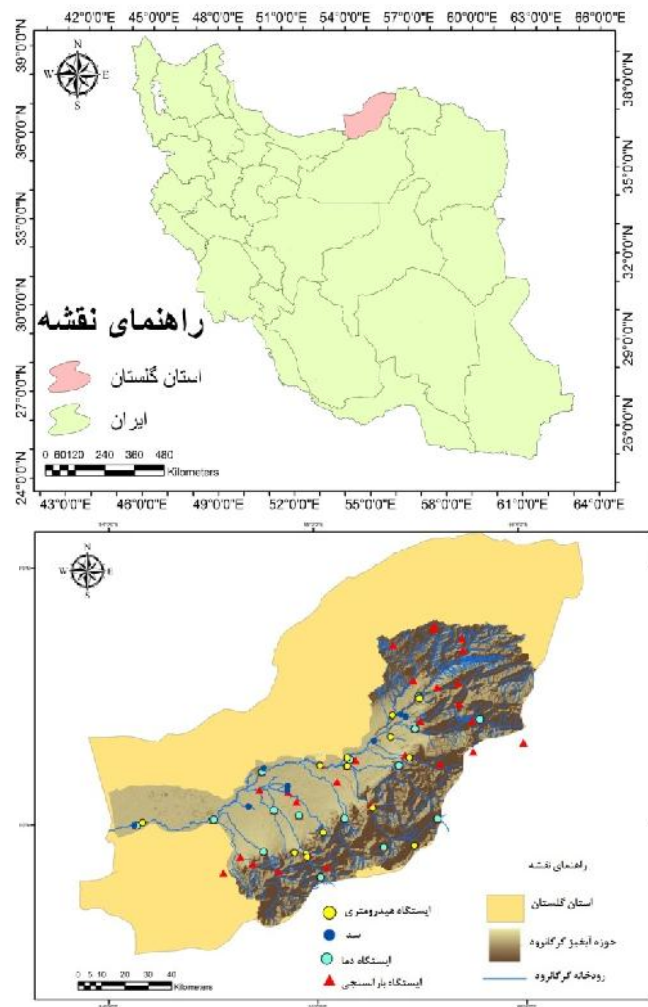
دستورالعمل معین که بتواند دارای کاربرد یکسان در تمامی حوزه‌های آبخیز باشد، میسر نیست. به همین دلیل افزون بر شناخت حوضه و مسائل آن، اولویت‌بندی عملیات اصلاحی مرتع و مدیریت پوشش گیاهی متناسب با توانمندیهای موجود اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در مراتع حوضه مورد مطالعه آنچه که تولید گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد بیشتر به خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاه بستگی دارد. مطالعات نشان داده است که مدل‌های اکوهیدرولوژیکی می‌توانند برآورد مناسبی از توزیع تبخیر- تعرق و تولید گیاهان در محدوده وسیعی از کاربری‌های اراضی مختلف داشته باشند (Croke et al., 2003). مدل (Soil and Water Assessment Tool) یک مدل اکوهیدرولوژیکی و نیمه توزیعی است که توسط سرویس تحقیقات کشاورزی آمریکا (Arnold et al., 1998) ارائه شده است. به دلیل اینکه اجزاء اساسی فرایندهای هیدرولوژیکی مانند بارندگی و رواناب به صورت اندازه‌گیری شده، وارد مدل می‌شوند و می‌توانند شبیه‌سازی قابل اعتمادی از مقدار تبخیر- تعرق گیاهان در سطح حوضه داشته باشند (Gao & Long, 2008). Wang و همکاران (۲۰۰۸) با مدل‌سازی اثر گزینه‌های مختلف کاربری اراضی در حوضه‌ای در کشور چین، به این نتیجه رسیدند که در اراضی مرتعی با کاهش پوشش گیاهی و چرای مفرط دام، رواناب سالانه افزایش و آب زیرزمینی و تعرق در حوضه کاهش می‌یابد. Azimi و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود به منظور برآورد تولید در حوزه آبخیز حبله‌رود واقع در استان‌های تهران و سمنان از مدل SWAT استفاده کردند و تولید شبیه‌سازی شده در منطقه نیمه‌استپی ۰/۳-۰/۵ در منطقه استپی ۰/۲۶-۰/۱۵ و در منطقه بیابانی ۰/۱-۰/۰۳۳ تن در هکتار اعلام نمودند. Mahzari و همکاران (۲۰۱۶) با مدل‌سازی فرایندهای رواناب، رسوب و نیترات به این نتیجه رسیدند که مدل SWAT قادر است، در حوضه بزرگ و پیچیده گرگان‌رود به طور رضایت‌بخشی رواناب و رسوب و هدرروی نیترات را شبیه‌سازی کند. Hosseini و همکاران (۲۰۱۶) مؤلفه‌های بیلان آبی حوضه قره‌سو استان کرمانشاه را

اصلاح و احیاء مراتع به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که ضمن برقراری تعادل منطقی بین تولید و بهره‌برداری از علوفه مرتعی منجر به ارتقاء کمی و کیفی مرتع و جلوگیری از اتلاف سرمایه شود (Holechek et al., 2004). اجرای صحیح ضوابط اصلاح و احیاء مراتع با توجه به شرایط اکولوژیکی هر منطقه باعث بهبود پوشش گیاهی و حفظ خاک از خطرات فرسایش آبی و بادی می‌شود. انجام تحقیقات اصلاحی در زمینه مدیریت مراتع و حفظ منابع آب و خاک مستلزم آگاهی از عامل‌های بیلان آبی همانند تبخیر و تعرق در مقیاس زمانی و مکانی می‌باشد (Wang et al., 2008). برخی از مراتع تخریب یافته ممکن است با اعمال یک برنامه مدیریت صحیح و متناسب با شرایط پوشش گیاهی مراتع، اصلاح و احیاء گردند. برای این منظور کافی است که علت یا علل تخریب پوشش گیاهی با دقت شناسایی شود و مدیریت مرتع بر مبنای حذف عوامل تخریب و فراهم نمودن زمینه مساعد برای زادآوری گونه‌های مرغوب و با ارزش مرتعی تنظیم و اعمال گردد. به‌رحال اگر در مرتعی گونه‌های مرغوب بحدی کاهش پیدا کرده باشد که نتوان انتظار داشت که تجدید حیات و توسعه آنها بطور طبیعی و در مدت زمان قابل قبول انجام گیرد، باید اصلاح مرتع از طرق مختلف به جای مدیریت در مرتع اجرا گردد (Zadsar, 2015). واکنش هیدرولوژیکی حوزه آبخیز، نماد جامعی از شرایط و خصوصیات محیط طبیعی آن حوضه می‌باشد. در یک اکوسیستم طبیعی بهره‌برداری از زمین و ایجاد تغییر در شرایط محیطی به‌ویژه پوشش گیاهی و کاربری اراضی آن اکوسیستم، بر پاسخ‌های هیدرولوژی مانند میزان رواناب و جاری شدن سیلاب منطقه تأثیرگذار می‌باشد. زیرا پوشش گیاهی یکی از عوامل اصلی در مطالعات منابع آب و همچنین فرسایش و رسوب حوضه آبخیز می‌باشد. بررسی نتایج تحقیقات انجام شده، نشان می‌دهد که اجرای عملیات اصلاحی مرتع در حوزه‌های آبخیز نقش مهمی در کنترل رواناب‌های سطحی داشته است. براساس بررسی‌های انجام شده به دلیل تنوع شرایط اکولوژیکی، دستیابی به یک الگوی مشخص و یا ارائه

در استان گلستان و حجم وسیع تخریب مراتع، تغییر کاربری اراضی مرتعی و جنگلی، فرسایش، رواناب و خشکسالی در سال‌های اخیر، این تحقیق شکل گرفته است و هدف ارائه نقشه تبخیر و تعرق گیاهان مرتعی حوزه آبخیز گرگان‌رود در سناریوهای مختلف اصلاحی مراتع می‌باشد تا گامی هرچند کوچک در حفظ و اصلاح مراتع استان گلستان برداشته شود.

با استفاده از مدل SWAT شبیه‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که مؤلفه‌های تبخیر و تعرق، جریان سطحی، جریان زیرسطحی، جریان با ضرایب تبیین ۰/۳۷ تا ۰/۸۷ و ضرایب نش ساتکلایف ۰/۷۳ تا ۰/۳۹ دارای کارایی قابل قبولی در شبیه‌سازی می‌باشد.

با توجه به نتایج رضایت‌بخش شبیه‌سازی مدل SWAT و لزوم مطالعات مربوط به سناریوهای مدیریتی مرتع



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گرگان‌رود در استان گلستان و ایران

و در محدوده طول جغرافیایی $54^{\circ} 10'$ تا $56^{\circ} 26'$ و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 25'$ تا $38^{\circ} 15'$ محصور شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع حوضه ۳۱۱۳ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۲- متر از سطح دریا می‌باشد. طول رودخانه

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گرگان‌رود ۴۸ درصد سطح استان گلستان را با مساحتی حدود ۱۱۳۳۰ کیلومتر مربع تشکیل می‌دهد

آماده‌سازی مدل و فرایند اجرا

برای کار با مدل، ابتدا مدل رقومی ارتفاع (DEM: Digital Elevation Model) به مدل معرفی شد و مدل با در نظر گرفتن خصوصیات توپوگرافی حوضه شبکه آبراه‌ای را مشخص کرد، سپس حداقل مساحت برای تشکیل زیرحوضه‌ها برای مدل با توجه به هدف مطالعه تعیین شد. برای تشکیل مرز حوضه، محل خروجی رودخانه گرگانرود به دریای خزر به‌عنوان خروجی آبخیز تعریف و مرز حوضه تشکیل شد. در مراحل بعدی نقشه پوشش با ۱۴ کلاس و خاک با ۱۰ کلاس به کمک کدهایی به مدل معرفی شد. نقشه کاربری اراضی مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال ۲۰۱۲ و همچنین با توجه به مطالعات میدانی و گزارش ارزیابی مراتع استان گلستان (Khatir, 2008) تهیه گردید. نقشه خاک شامل بافت خاک (درصد شن، سیلت و رس)، درصد مواد آلی، اسیدیته خاک، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، درصد مواد آهکی، درصد کربن آلی، عمق و ساختمان خاک با توجه به مطالعه Shahriari و همکاران (۲۰۱۲) تکمیل و تصحیح شد. همچنین با توجه به روش‌هایی که در برآورد تولید علوفه و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شد، مدل SWAT به داده بارش و حداقل و حداکثر دما نیاز دارد. این داده‌ها به صورت فایل‌های با فرمت dbf در دوره آماری ۳۱ سال تهیه و در اختیار مدل قرار داده شد. در این مطالعه از روش Hargreaves (۱۹۸۵) برای محاسبه تبخیر و تعرق استفاده گردید. بعد از وارد کردن پارامترهای ورودی مدل و تعریف قسمت مدیریت اراضی مرتعی مانند زمان شروع و پایان رویش گیاه، درجه حرارت روز-رشد مورد نیاز برای گیاه، زمان شروع و پایان چرای دام، تعداد دام در سطح منطقه و درصد لاشبرگ در سطح منطقه؛ مدل در بازه زمانی ۳۱ ساله اجرا شد. همچنین به‌منظور اطمینان بیشتر از نتایج مدل میزان تولید گیاهان غالب مرتعی برای سه زیر حوضه بصیرآباد، تیل‌آباد و حاجی قوشان با استفاده از مدل شبیه‌سازی و بعد با داده‌های واقعی واسنجی و اعتبارسنجی شد. در نهایت سه سناریوی اصلاحی مرتع شامل عملیات

اصلی که در دشت گنبد و گرگان جریان دارد ۳۳۳ کیلومتر می‌باشد. حوزه آبخیز گرگانرود از لحاظ اقلیمی بسیار متنوع بوده و طبق طبقه‌بندی دومارتن این حوضه دارای اقلیم‌های مرطوب، نیمه‌مرطوب، مدیترانه‌ای، نیمه‌خشک و خشک می‌باشد (Ziyae et al., 2012). مقدار نزولات منطقه از ۲۸۰ میلی‌متر در ایستگاه رباط قره‌بیل تا ۸۸۰ میلی‌متر در ایستگاه پس پشته متغیر است. میانگین کمینه و بیشینه دمایی حوضه به ترتیب ۱۱ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد است (Sadodin & Gholi nejad, 2011).

مفهوم چرخه هیدرولوژیکی در مدل SWAT

مدل SWAT یک مدل فیزیکی، نیمه توزیعی و پیوسته زمانی است که برای شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی در مقیاس حوضه ارائه شده است (Abbaspour et al., 2007). مدل SWAT از رابطه بیلان آبی به‌منظور شبیه‌سازی چرخه هیدرولوژیکی استفاده می‌نماید. رابطه بیلان آبی هر HRU شامل تجمع (ذخیره) و تبخیر گیاهان، تعیین اثر بارش، ذوب برف، مبادله آب بین رواناب سطحی و لایه‌های خاک، نفوذ آب به داخل لایه‌های عمیق‌تر، تبخیر و تعرق، جریان زیر سطحی و جریان زیرزمینی و ذخیره آب می‌شود. چرخه هیدرولوژیکی توسط مدل SWAT شبیه‌سازی می‌شود، که بر اساس رابطه بیلان زیر است:

رابطه (۱)

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

SW_t رطوبت خاک (mm)، SW_0 رطوبت پایه خاک (mm)، t زمان (روز)، R_{day} مقدار بارش (mm)، Q_{surf} مقدار رواناب سطحی (mm)، E_a مقدار تبخیر و تعرق (mm)، W_{seep} میزان نفوذ آب از خاک به لایه‌های پایین‌تر (mm) و Q_{gw} مقدار رواناب زیرزمینی (mm) است (Neitsch et al., 2012).

کمی سازی آنالیز عدم قطعیت r-factor است که میانگین ضخامت باند ۹۵ درصد احتمال عدم قطعیت پیش‌بینی تقسیم بر انحراف استاندارد داده اندازه‌گیری شده است.

نتایج

بر اساس مطالعات انجام شده ۲۲ پارامتر مربوط به آب و خاک و ۲۳ پارامتر مربوط به رشد و عملکرد گیاهی (Abbaspour *et al.*, 2007; Faramarzi *et al.*, 2010 و Wang *et al.*, 2008). به منظور ارزیابی اولیه انتخاب شدند. واسنجی مدل‌های کمی و پیوسته مانند SWAT بر اساس مقادیر شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده شده می‌باشد. برای آزمون آنالیز حساسیت و واسنجی خودکار از روش الگوریتم SUFI-2 (The Sequential Uncertainty Fitting Program) روش‌های موجود در بسته نرم‌افزاری SWAT-CUP (Abbaspour ۲۰۱۱) استفاده شد. با توجه به پایه هیدرولوژیکی مدل، ابتدا مدل برای داده‌های دبی برای یک دوره ۳۱ ساله و داده‌های تولید برای بازه پنج‌ساله واسنجی و بعد اعتبارسنجی شد. جدول شماره ۱ نتایج واسنجی و اعتبارسنجی دبی را نشان می‌دهد.

مکانیکی (بانکت، تراس‌بندی)، بیولوژیکی (بوته‌کاری، بذریاشی)، عملیات تلفیقی (مکانیکی + بیولوژیکی) و مدیریت چرای دام به منظور سنجش و ارزیابی میزان تبخیر و تعرق گیاهان مرتعی تعریف و اجرا گردید.

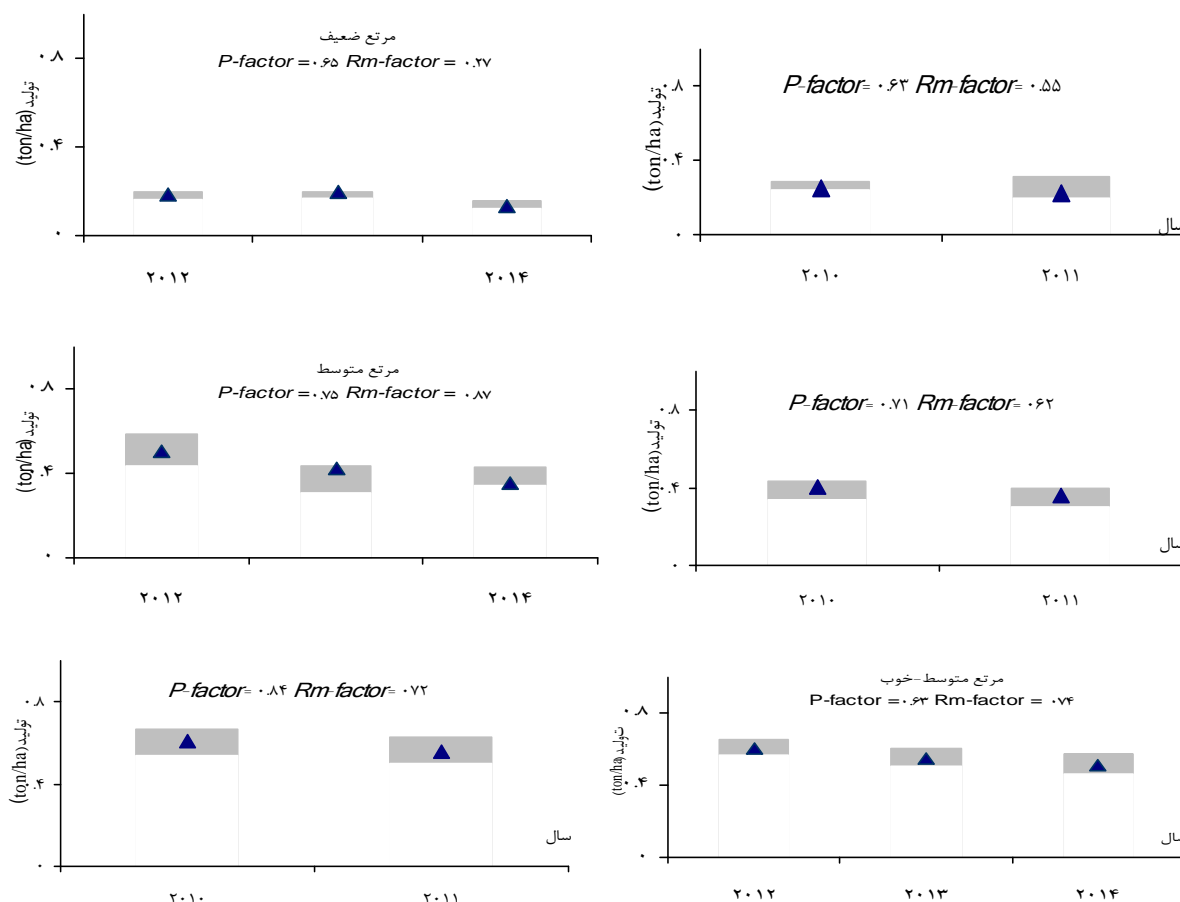
روش SUFI-2 در انجام تحلیل عدم قطعیت در این روش فرض می‌شود که هر پارامتر ناشناخته به طور یکنواخت در یک دامنه با عدم قطعیت معین توزیع شده است. حد بالا و پایین این دامنه را می‌توان براساس تجربیات، آزمایش‌ها و یا اندازه‌گیری‌های انجام شده در مطالعات قبلی و منابع علمی انتخاب نمود. سنجش میزان عدم قطعیت که دربرگیرنده تمام موارد اشاره شده می‌باشد توسط معیاری است به نام p-factor که بیانگر درصد داده‌های اندازه‌گیری شده که درون باند عدم قطعیت ۹۵ درصد (95PPU) قرار می‌گیرند. از آنجایی که اثر تمام عوامل عدم قطعیت در متغیر اندازه‌گیری شده منعکس می‌شوند، p-factor معیار مناسبی برای سنجش قدرت آنالیز عدم قطعیت انجام شده می‌باشد (Abbaspour *et al.*, 2007). اندازه عدم قطعیتی که محاسبه می‌شود به وسیله این فاکتور کمی می‌گردد که درصد داده اندازه‌گیری شده برابر ۹۵ درصد احتمال عدم قطعیت پیش‌بینی است. اقدام دیگر

جدول ۱- نتایج واسنجی (۱۹۹۵-۲۰۱۲) و اعتبارسنجی (۱۹۸۴-۱۹۹۴) دبی

اعتبارسنجی			واسنجی			نام ایستگاه
NS	R-factor	p-factor	NS	R-factor	p-factor	
۰/۵۵	۰/۸۲	۰/۷۸	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۷۵	بصیرآباد (مرتع ضعیف)
۰/۴۹	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۶۴	حاجی قوشان (مرتع متوسط-خوب)
۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۷۹	۰/۵۸	۰/۷۳	۰/۸۱	تیل‌آباد (مرتع خوب)

شکل ۲ نتایج واسنجی و اعتبارسنجی میزان تولید گیاهان غالب مرتعی را برای سه زیر حوضه که شامل مراتع ضعیف، متوسط-خوب و خوب هستند نشان می‌دهد.

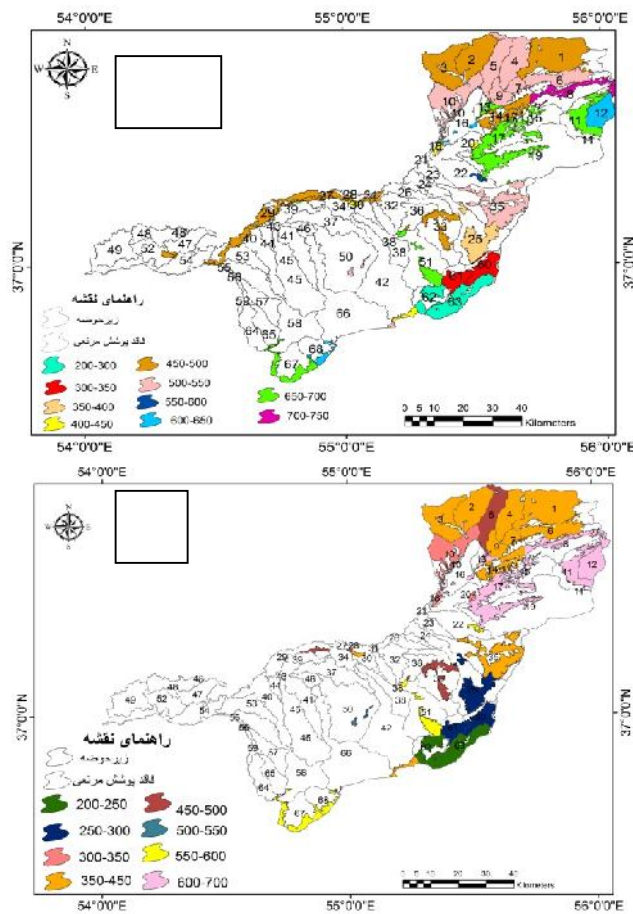
دانستن تولید مرتع یکی از موارد اساسی و اولین گام در بحث مدیریت مرتع است. علاوه بر این میزان تولید علوفه به طور مستقیم با میزان تبخیر و تعرق گیاهان در ارتباط است.



شکل ۲- مقایسه نمودار داده اندازه‌گیری شده تولید (نقاط آبی) با داده‌های شبیه‌سازی شده به صورت باند اطمینان در سطح ۹۵٪، واسنجی (سمت چپ) داده‌های تولید (دوره زمانی سه ساله)، اعتبارسنجی (سمت راست) داده‌ها (دوره زمانی دو ساله)

به‌طور میانگین مقدار تبخیر و تعرق گیاهان در مراتع مورد مطالعه حوزه آبخیز گرگان‌رود با اعمال سناریوی مکانیکی ۲/۳٪ درصد و با اعمال سناریوی بیولوژیکی به میزان ۱۲/۸٪ درصد و با اعمال سناریوی بیومکانیکی ۱۵/۵٪ درصد و سناریوی مدیریت چرا به میزان ۲/۸٪ درصد افزایش یافته است. شکل ۳-الف و ۳-ب تغییرات میزان تبخیر و تعرق گیاهان مرتعی را قبل و بعد از اعمال سناریوهای مدیریتی نشان می‌دهد.

پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل با داده‌های تولید و اطمینان از نتایج آن بر اساس میزان $p\text{-factor}$ و $R\text{-factor}$ و NS محاسباتی، مقدار تبخیر و تعرق گیاهان مربوط به زیرحوضه‌های مرتعی شبیه‌سازی شد (شکل ۳-ا). در جدول ۲ خروجی‌های حاصل از سناریوهای مختلف مدیریتی ارائه شده است. همان‌طوری که در این جدول نمایش داده شده است، مقدار تبخیر و تعرق گیاهی حوضه با اعمال هریک از سناریوهای مدیریتی افزایش می‌یابد.



شکل ۳- نقشه نتایج شبیه‌سازی شده تبخیر و تعرق گیاهان مرتعی (به میلی‌متر) قبل از اعمال سناریو (الف) و پس از اعمال سناریو مدیریتی (ب)

جدول ۲- نتایج میزان تبخیر و تعرق گیاهان مرتعی تحت تأثیر سناریوهای مدیریتی در حوزه آبخیز گرگان‌رود

اعمال سناریو و تأثیر آن بر افزایش میزان تبخیر و تعرق گیاهان (به درصد)				شاهد	
مدیریت چرای دام	عملیات بیومکانیکی	عملیات بیولوژیکی	عملیات مکانیکی	میانگین میزان تبخیر و تعرق (میلی‌متر بر سال)	وضعیت مرتع
۰/۴٪	۲۲/۴٪	۱۸/۸٪	۲٪	۲۵۰	ضعیف
۰/۸٪	۹/۳٪	۷٪	۱/۳۳٪	۳۷۵	ضعیف-متوسط
۵٪	۱۵٪	۱۲/۹٪	۴/۸٪	۵۰۰	متوسط-خوب
۱۲٪	-	-	-	۶۲۵	خوب

بحث

تأثیر آن بر میزان تبخیر و تعرق و تولید مرتع با استفاده از مدل SWAT مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از نرم‌افزار

در این مطالعه شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مدیریتی و

هیدرولوژیکی و با در نظر گرفتن ارتباط بین آب، خاک و گیاه از توانایی قابل ملاحظه‌ای در برآورد تولید علوفه برخوردار است. این مسئله در تحقیقات Faramarzi و همکاران (۲۰۱۰) و Folbert و همکاران (۲۰۱۲) مورد تأیید قرار گرفته است. این محققان در تحقیقات خود با استفاده از مدل SWAT به شبیه‌سازی تولید محصول در گیاهان زراعی پرداخته و به بررسی کارایی مدل در زمینه پارامترهای گیاهی پرداختند. در مراتع علوفه قابل تغذیه دام، اولین منبع غذایی است که پس از ورود دام در مراتع مورد چرا قرار می‌گیرد. همچنین حفظ گیاه به معنی حفاظت از آب و خاک و در نهایت حفظ تعادل یک زیست‌بوم می‌باشد. بر این اساس اغلب از مدل‌ها به منظور انتخاب و سناریو برتر برای فهم پیچیدگی‌های سیستم استفاده کرده و در تصمیم‌گیری از آنها استفاده می‌نمایند. پس از اطمینان از قابلیت مدل در شبیه‌سازی دبی و تولید گیاهان مرتعی در حوزه آبخیز گرگانرود چهار سناریوی مدیریتی مرتع به مدل معرفی و تغییرات تبخیر و تعرق گیاهان در مدل بررسی شد و در هر حالت تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شده با شاهد (شبیه‌سازی شده بدون اعمال سناریو) مقایسه گردید. بیشترین تأثیر را سناریوی عملیات بیومکانیکی در مراتع ضعیف و متوسط داشته است که با نتایج Zadsar و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد که سناریوی بیومکانیکی بیشترین تأثیر را در کاهش رواناب و بهبود پوشش گیاهی مرتع دارد. امروزه اهمیت مطالعه پوشش گیاهی و ارزیابی مرتع بر کسی پوشیده نیست و با توجه به نیاز روزافزون به کسب اطلاعات کامل‌تر و جزئی‌تر از اکوسیستم‌های مرتعی به منظور مدیریت آنها، تنها بازدیدهای صحرایی برای اعمال تصمیمات منطقی به دلیل محدودیت‌های زمانی و به‌ویژه مالی کافی نیست و نمی‌تواند کل منطقه را پوشش دهد. در مناطق خشک و فراخشک ایران، با توجه به شرایط اقلیمی و همچنین عوامل انسانی از قبیل افزایش جمعیت، چرای مفرط دام از پوشش گیاهی موجود، برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی و توسعه صنعتی و تغییر کاربری‌های اراضی، پدیده بیابان‌زایی در ایران رشد فزاینده‌ای دارد (Asareh &

SWAT-CUP و الگوریتم SUFI-2 برای واسنجی و اعتبارسنجی نتایج شبیه‌سازی مدل SWAT استفاده شد. مطالعات انجام شده مانند Hosseini و همکاران (۲۰۱۶) در حوضه قره‌سو استان کرمانشاه، Abbaspoure و همکاران (۲۰۰۷) در حوضه تور سویس، Faramarzi و همکاران (۲۰۱۰) در زیرحوضه وشمگیر گرگانرود، Azimi و همکاران (۲۰۱۳) و Mahzari و همکاران (۲۰۱۶) مبین این موضوع هستند که مدل SWAT قادر به شبیه‌سازی دبی، چرخه هیدرولوژی و تبخیر و تعرق می‌باشد. در این مطالعه از دوره آماری ۳۱ ساله برای شبیه‌سازی دبی و دوره آماری پنج‌ساله برای شبیه‌سازی تولید و تبخیر و تعرق استفاده شد. ضرایب نش-ساتکلیف مربوط به دبی به ترتیب در ایستگاه بصیرآباد، حاجی قوشان و تیل‌آباد در دوره واسنجی ۰/۷۲، ۰/۷۱ و ۰/۶۴ و در دوره اعتبارسنجی ۰/۵۹، ۰/۴۸ و ۰/۵۳ بدست آمد. طبق گزارش Moriasi و همکاران (۲۰۰۷) اگر مقادیر ضرایب نش-ساتکلیف بیشتر از ۰/۶۵ باشد نتایج واسنجی و اعتبارسنجی خیلی خوب، اگر بین ۰/۵ تا ۰/۶۵ باشد، نتایج مناسب است و پیشنهاد می‌کند که مطالعات هیدرولوژیکی باید از ۰/۵ باشد تا بتوان نتایج مدل را قابل قبول قلمداد نمود که معمولاً همین معیار برای مقدار پارامتر R^2 نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بهترین نتایج در مرحله واسنجی برای شاخص نش-ساتکلیف به ترتیب برای ایستگاه بصیرآباد ۰/۷۲ و برای دوره اعتبارسنجی بصیرآباد ۰/۵۹ بدست آمده است. با توجه به نتایج مدل بطور کلی در مراتع حوزه آبخیز گرگانرود برای مراتع ضعیف تغییرات تولید شبیه‌سازی شده بین ۰/۱۵ تا ۰/۲۵، مراتع متوسط بین ۰/۳۵ تا ۰/۴۵ و مراتع خوب بین ۰/۵ تا ۰/۶ تن در هکتار متغیر است. در دهه‌های اخیر، برای برآورد تولید علوفه تلاش‌های زیادی بر پایه مدل‌های کمی و پیوسته بر اساس خصوصیات فیزیکی رشد و تولید گیاهان در رابطه با عوامل اقلیمی و محیطی انجام شده که نتیجه این تلاش‌ها رشد و توسعه مدل‌ها براساس رشد گیاه و مدل‌های تولید است. بنابراین با توجه به نتایج قابل قبول شبیه‌سازی در شکل ۳ می‌توان گفت که مدل SWAT با پایه

2003. A dynamic model for predicting hydrologic response to land cover changes in gauged and ungauged catchments. *Journal of Hydrology* 291: 115–131.
- Faramarzi, M., Yang, H., Schulin, R. and Abbaspour, K. C., 2010. Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Journal of Agricultural Water Management*, 97(1):1861–1875.
- Folbert, C. H., Gaiser, T., Abbaspour, K. C., Schulin, R. and Yang, H., 2012. Regionalization of a large-scale crop growth model for sub-saharan Africa: Model setup, evaluation and estimation of maize yield. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment*, 151(2): 21-33.
- Gao, Y. and Long, D., 2008. Inter comparison of remote sensing-based models for estimation of evapotranspiration and accuracy assessment based on SWAT. *Journal of Hydrological Processes*, 22(25): 4850-4869.
- Hargreaves, G. H. and Samani, Z. A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Journal of Applied Engineering Agriculture*, (1): 96-99.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D. and Herbel, C. H., 2004. *Range Management: Principles and Practices*. Pearson Education, Inc., New Jersey. 736p.
- Hosseini, M., Ghafouri, M., Tabatabaei, M., Nadergholi, E. and Zare Garizi, A., 2016. Estimation of hydrologic budget for Gharesou watershed, Iran. *Journal of Ecopersia*, 4(3): 1455-1469.
- Khatir Namani, J., 2008. Reports of range assessment in different climate area in Golestan province. Iran. Golestan Agricultural and Natural Research Center. Research Institute of Forest and Rangelands. 89pp.
- Mahzari, S., Kiani, F., Azimi, M., and Khormali, F., 2016. Using SWAT model to determine runoff, sediment yield and Nitrate loss in Gorganrood watershed, Iran. *Journal of Ecopersia*. 4(2): 1359-1377.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. and Veith, T. L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American journal of Society Agriculture Biology. Engineering*, 50: 885-900.
- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V., 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part 1. A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10: 282–290.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. and King, K. W., 2012. Soil and water assessment tool. Theoretical documentation: Version 2009. TWRI TR-406. College Station, Texas: Texas
- (Akhlaghi, 2009). از این رو با توجه به کسب اطلاعات دقیق تر و شرایط بحرانی که بهره برداری از مرتع چه به لحاظ میزان و چه از نظر محدوده زمانی حد و مرزی را نمی شناسد، دست یافتن به برآورد تخیل و تعرق گیاهان مرتعی و تولید بلندمدت مرتع، جز بوسیله روش های مدل سازی ممکن نیست، بنابراین مدل های شبیه سازی تا حد زیادی جایگاه خود را تثبیت نموده اند. بر این اساس و به منظور مدیریت بهتر مراتع حوزه آبخیز گرگانرود در این تحقیق امکان استفاده از مدل SWAT مورد بررسی قرار گرفت و این مدل توانست پس از واسنجی و اعتبارسنجی، پیش بینی رضایت بخشی از تولید، تخیل و تعرق گیاهان داشته باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد که بدین وسیله از مسئولان محترم آن دانشگاه به لحاظ فراهم آوردن امکانات تحقیق سپاسگزاری و قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

- Abbaspour, K. C., 2011. User Manual for SWAT-CUP, SWAT calibration and uncertainty analysis programs. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, Switzerland, 103p.
- Abbaspour, K. C., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Zobrist, J. and Srinivasan, R., 2007. Modeling hydrology and water quality in the pre-Alpine/Alpine Thur watershed using SWAT. *Journal of Hydrology*, 333(1): 413–430.
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S. and Williams, J. R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment—Part 1. Model development. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*. 34:73–89.
- Azimi, M., Heshmati, G. A., Farahpour, M., Faramarzi, M. and Abbaspour, K. C., 2013. Modeling the impact of rangeland management on forage production of sagebrush species in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Ecological Modeling*. 250(1): 1–14.
- Croke, B. F. W., Merritt, W. S. and Jakeman, A. J.,

- Modeling hydrological response to different land-use and climate change scenarios in the Zamu River basin of northwest China. *Journal of Hydrological Processes*, 22(1): 2502-2510.
- Zadsar, M. and Azimi, M., 2016. Using SWAT Model to Investigate the Impact of Rangeland Management Practices on Water Conservation (Case Study: Gorganroud Watershed, Golestan. *Journal of Range Land Science*, 6(4): 309-319.
 - Ziyae, A., Pashael, A., Khormali, F. and Roshani, M. R., 2012. Sign of pedogenesis in loess-paleosol sequences as indicator of paleoclimate, Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 20(1): 1-28.
 - Water Resources Institute. 647pp.
 - Sadodin, A. and Gholi nejad, M., 2011. Analysis of flow river in Gorganroud watershed. Golestan Regional Water Corporation. GLW-87001. 20p.
 - Shahriari, A., Khormali, F. and Azarmdel, H., 2011. Clay mineralogy of Mollisols and Mollisols-like soils as affected by physiographic unit formed on loess deposits in southern Gorgan River, Golestan province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 18(4): 63-79.
 - Asareh, M. H. and Akhlaghi, S. J. S., 2009. Strategic framework for developing and promoting natural resources research in I.R. Iran. *Iranian Research Institute of Forest and Rangelands*, 379p.
 - Wang, S., Kang, S., Zhang, L. and. Li. F., 2008.

Simulation of the effects of different rangeland improvements scenarios on evapotranspiration of Gorganrud Watershed-Golestan

M. Azimi^{1*} and S. Mahzari²

1*-Corresponding author, Assistant Professor, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: azimi.mojgansadat@gmail.com

2-Ph.D. Student of Soil Resource Management, Department of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran

Received:3/25/2016

Accepted:11/11/2016

Abstract

In water efficiency studies, the values of runoff, evapotranspiration and range production are the main variables. Rangelands of Golestan province, Iran, have a high potential of run-off due to the geographical location, climate, and destruction of these resources as well as drastic land use change from forests and rangelands to agricultural lands. Therefore, in the present study, in order to determine the best management of rangelands, we developed a rangeland improvement model using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) in the Gorganrud Watershed, Golestan Iran. Calibration and validation of model was performed using Sequential Uncertainty Fitting Program (SUFI-2) in the eco-hydrological model SWAT. For this purpose, the SWAT was calibrated and validated for a 31-year period of discharge and 5-year period of range production and then the model was executed for different scenarios of rangeland management. The results showed that the model performance was satisfactory for predicting discharge. The values of Nash-Sutcliffe coefficient were calculated to be 0.72, 0.71 and 0.64 in calibration period and 0.59, 0.48 and 0.53 in validation period for Basirabad, Tilabad and Haji Ghoshan stations, respectively. As well, four range improvement scenarios (mechanical, biological, biomechanical and livestock grazing management) were defined in this study. On average, by applying mechanical, biological, biomechanical, and grazing management scenarios evapotranspiration was increased to 2.3%, 12.8%, 15.5% and 2.8%, respectively, in comparison with actual evapotranspiration. According to the obtained results, the biomechanical scenario was identified as the best one in increasing evapotranspiration in poor and moderate rangelands.

Keywords: Rangeland management, SWAT model, SUFI-2, Gorganrud watershed, Golestan province.