Archive of SID

فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۱، شماره ۲، صفحه ۳۴۶-۳۳۶ (۱۳۹۳)

کاربرد مدل SWAT در شبیه سازی تولید گیاه درمنه در مراتع استپی و نیمه استپی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز حبله رود)

مژگان‌سادات عظیمی[1*]، غلامعلی حشمتی[2]، مهدی فرحپور[3] و عبدالرضا بهره‌مند [4]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مرتع‌داری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران،
پست‌الکترونیک: azimi@rifr-ac.ir

۲- استاد، گروه مرتع‌داری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانشیار، بخش مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۷ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۲۹

چکیده

درمنه‌زارهای ایران با وسعت ۳۹/۷۱ میلیون هکتار، ۴۶/۷۵ درصد از پوشش مراتع را به خود اختصاص می‌دهند و بزرگترین عنصر منطقه ایران و تورانی محسوب می‌شوند که علاوه بر چرای دام‌های محلی و عشایری در طول سال مورد استفاده حیات وحش نیز قرار می‌گیرند. به‌منظور تعیین چگونگی مدیریت بهینه و پایدار این مراتع در این تحقیق مدل پیش‌بینی تولید مرتع با استفاده از مدل SWAT در حوزه آبخیز حبله‌رود واقع در استان‌های تهران و سمنان تعریف و مورد ارزیابی قرار گرفت. این حوزه با توجه به شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک تا خشک شامل سه ناحیه اکولوژیکی (نیمه‌استپی، استپی و بیابانی) می‌باشد. واسنجی و اعتبارسنجی مدل توسط برنامه آنالیز عدم قطعیت (SUFI2) موجود در مدل SWAT انجام شد. با توجه به داده‌های مشاهداتی تولید و نتایج شبیه‌سازی شده، مشخص گردید که مدل فوق دارای نتایج قابل قبولی در خصوص شبیه‌سازی این پارامتر می‌باشد. مدل SWAT تغییرات تولید شبیه‌سازی شده در منطقه نیمه استپی را بین ۰/۳۵ تا ۰/۵، در منطقه استپی بین ۰/۲۶ تا ۰/۱۵ و در منطقه بیابانی بین ۰/۰۳۳ تا ۰/۱ تن در هکتار نشان داد. همچنین آزمون آنالیز حساسیت نشان داد که هر چه از سمت منطقه نیمه‌استپی به سمت منطقه استپی و بیابانی حرکت کنیم پارامترهای آب و خاک از حساسیت بیشتری در تولید علوفه گیاهی برخوردار هستند.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی مرتع، برنامه SUFI2، واسنجی، مدیریت مرتع.

مقدمه

اثرات متقابل فرایندهای اکولوژیکی و محیطی به کمک مدل‌سازی پیوسته قابل بررسی است. این شناخت در امر بررسی تغییرات پوشش گیاهی و اثرات آن بر منابع آبی و خاکی کمک قابل توجهی می‌کند. کاربرد مدل‌های مفهومی از زمان شروع مطالعات مراتع می‌باشد، اما از سال ۱۹۶۰ میلادی که ابزار رایانه به آسانی در دسترس قرار گرفت، توسعه گسترده مدل‌های کمی و کیفی هم اتفاق افتاد. در دهه ۱۹۸۰ تمایل زیادی برای توسعه سیستم‌هایی بر مبنای سامانه‌های تصمیم‌گیری چند منظوره (DDS) به وجود آمد. در ابتدا بسیاری از آنها مدل‌های شبیه‌سازی موجود با نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی‌شده ویژه بودند. همان‌طور که از

www.SID.ir

Archive of SID

اسم آنها مشخص است، این سامانه‌ها قادر به کمک برای تصمیم‌گیری بوده و اغلب مدل‌های زیست فیزیکی به‌منظور ارزیابی گزینه‌ها استفاده می‌گردیدند (عظیمی، ۱۳۹۰). در دهه ۱۹۹۰ گروهی از مدل‌های اکولوژی و کاربردی در زمینه علوم مرتع و مرتع‌داری شامل مدل‌های خطی و غیرخطی به‌منظور توصیف و تحلیل پوشش گیاهی شکل گرفتند. این مدل‌ها دارای کاربرد وسیع و قابل ارائه در مناطق دشتی، علفزارهای کوهستانی و مناطق دینامیک و پویا در منطقه استپی و نیمه‌استپی بودند اما نمی‌توانستند به‌طور کامل تغییرات پوشش گیاهی را توصیف نمایند، همچنین از اشکالات عمده این مدل‌ها عدم واسنجی و اعتبارسنجی آنها بود. امروزه بوم‌شناسان تأکید زیادی بر بکارگیری مدل‌های کمی و پیوسته بر اساس در نظر گرفتن فرایندهای موجود و در نظر گرفتن روابط بین آنها در طبیعت دارند. به همین منظور مدل‌های اکولوژیکی و اکوهیدرولوژیکی متعددی تهیه و تدوین گردیدند. این مدل‌ها در مقیاس‌های وسیعی به‌کار برده می‌شوند و اغلب آنها به اطلاعاتی در زمینه اقلیم، خاک و پوشش گیاهی نیازمندند و در تعدادی از آنها عدم وجود اطلاعات کافی و مورد نیاز موجب شده که مدل دارای کاربردهای محدودی باشد؛ ازجمله این مدل‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ مدل سه بعدی رشد چراگاه (National pasture growth model) (Carter *et al.*, 2003)، مدل شبیه‌سازی چرا (Grazing simulation model) (Mohtar *et al.*, 2000)، مدل خاک، آب، اتمسفر و گیاه (Soil water atmosphere plant) (Singh *et al.*, 2006) و مدل ارزیابی سیاست‌های کشاورزی و زیست محیطی (The agricultural policy/environmental extender) (Liu *et al.*, 2007a). این مدل‌ها اگرچه در شبیه‌سازی فرایندهای رشد گیاه و هیدرولوژی مؤثر و قوی می‌باشند اما محدودیت کلیدی آنها نیاز داشتن به حجم اطلاعات گسترده اقلیم، پوشش، خاک و حوداث طبیعی می‌باشد، بنابراین برای اجرای مدل باید همه پارامترهای مورد نیاز موجود باشد. همچنین در برخی از این مدل‌ها محدودیت اصلی مدل عدم دسترسی به برنامه مدل و کاربرد سخت و پیچیده آن برای کاربر می‌باشد. مدل ارزیابی آب و خاک (SWAT) یک مدل جامع و کامل در مقیاس حوزه آبخیز است که توسط سازمان تحقیقات کشاورزی آمریکا در سال ۱۹۹۸ برای پیش‌بینی تأثیر روش‌های مدیریتی متفاوت بر جریان، رسوب، تولید گیاه و بیلان مواد شیمیایی در حوزه‌هایی با خاک، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی متفاوت برای دوره‌های زمانی طولانی ارائه شده‌است (Neitsch *et al.*,2011). این مدل شامل برنامه‌های گسترده‌ای است که از چندین نوع مدل پشتیبانی می‌نماید. همچنین هر ساله نشست‌هایی در خصوص تحقیقات صورت گرفته با این مدل انجام می‌شود و ابهامات یا نواقص‌های موجود توسط گروه توسعه دهنده مدل برطرف می‌گردد. ازآنجایی که یکی از ویژگی‌های این مدل حالت منبع باز کدهای مدل است، گروه توسعه دهنده مدل تاکنون توانسته است تعداد زیادی از مدل‌ها با قابلیت‌های دقیق‌تر را در یک زمینه خاص به این مدل اضافه نمایند و برای برآورد دقیق‌تر یک عامل، ارتباطی بین مدل ارزیابی آب و خاک (SWAT) و سایر مدل‌ها برقرار کند؛ به‌عنوان مثال قابلیت ارتباط این مدل با مدل ارزیابی تأثیر فرسایش بر عملکرد محصول (Apex) و ارزیابی سیاست‌های کشاورزی و زیست‌محیطی (EPIC) به‌منظور مطالعات دقیق‌تر پوشش گیاهی شایان ذکر می‌باشد. بنابراین این ادعا وجود دارد که مدل SWAT با توسعه هر ساله آن در خصوص مطالعه عامل‌های مختلف و با توجه به قابلیت‌های فراوان آن، به یک مدل جهانی به‌منظور ارزیابی زیست‌بوم یک حوزه آبخیز تبدیل شده‌است. براساس مطالعات یکپارچه آب و خاک حوزه آبخیز حبله‌رود (۱۳۸۳)، ۳۵۰ گونه گیاهی با فرم رویشی درخت، درختچه، بوته، فورب و علفی‌ها (یکساله و چندساله) در این منطقه شناسایی گردیده است، که دو گونه درمنه کوهی و دشتی با نام علمی *Artemisia aucheri Boiss* (1875) و *Artemisia sieberi Besser* (1835) در حبله‌رود شمالی و جنوبی از گیاهان غالب مرتعی می‌باشند که بیش از ۳۸ درصد حوزه را پوشش داده‌اند. Zohary (1963) در مطالعات

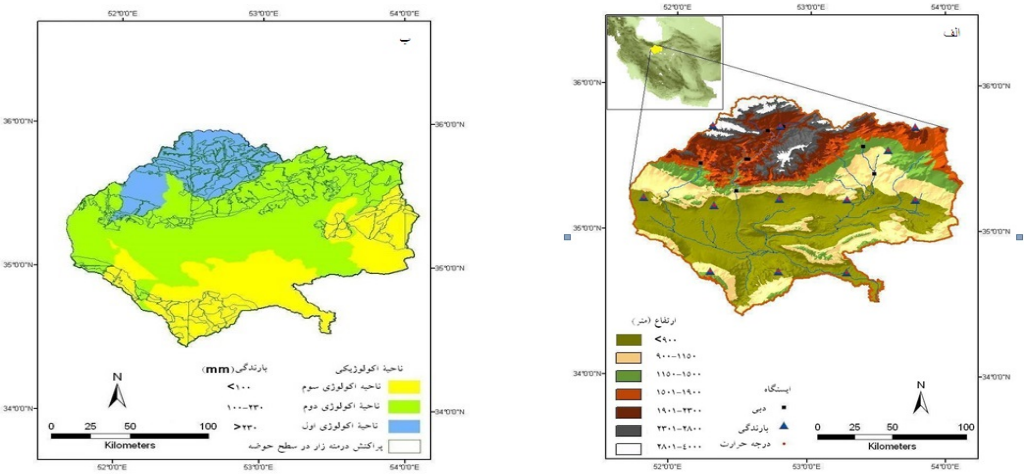
www.SID.ir

Archive of SID

خود درمنه را بزرگترین عنصر منطقه ایران و تورانی می‌داند. هم‌اکنون نیز براساس گزارش طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور (۱۳۸۸)، درمنه‌زارهای ایران با وسعت ۳۹/۷۱ میلیون هکتار، ۴۶/۷۵ درصد از پوشش مراتع را با ۳۴ گونه گیاه علفی یکساله و چندساله به‌خود اختصاص داده‌اند؛ همچنین دو گونه از این جنس به نام‌های *A .sieberi* و *A. aucheri* درمجموع پوشش غالب مناطق خشک و نیمه‌خشک را تشکیل می‌دهند که بخش اعظم منطقه ایران و توران را شامل می‌شود (مظفریان، ۱۳۶۸). آذرنیوند (۱۳۸۲) در تحقیق خود بیان می‌دارد که این دو گونه از جنبه‌های حفاظت خاک، تولید علوفه و ترکیبات شیمیایی حائز اهمیت فراوانی هستند. بنابراین با توجه به اهمیت و فراوانی این جنس در فلور ایران، در این تحقیق کاربرد مدل SWAT در شبیه‌سازی تولید گیاه درمنه *(Artemisia spp)* در مراتع استپی و نیمه استپی حوزه آبخیز رودخانه حبله‌رود مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز حبله‌رود با مساحت ۲۳۰۰۰ کیلومترمربع در محدوده جغرافیایی ۴۰ و ۵۱ تا ۰۵ و ۵۳ درجه طول شرقی و ۲۵ و ۳۴ تا ۳۶ درجه عرض شمالی در استان‌های تهران و سمنان واقع شده‌است (شکل۱- الف). در این آبخیز رودخانه‌های دلیچای، کیلان، نمرود و دره‌رود از شمال به جنوب جریان دارد. این حوزه از زیر حوزه‌های دشت کویر است که در تابستان خود مرکز ایجاد توده هوای گرم می‌باشد. رژیم بارش در منطقه مدیترانه‌ای است و بارندگی از اواسط آبان‌ماه تا اواسط اردیبهشت‌ماه به صورت عمده مشاهده می‌گردد و فصل خشک متمرکز بر تابستان است. متوسط بارندگی سالانه ۱۵۹/۶ میلی‌متر در سال می‌باشد. با توجه به اطلاعات بلندمدت ایستگاه‌های سینوپتیک و مطالعات یکپارچه آب و خاک حوزه حبله‌رود (۱۳۸۳) مشخص می‌گردد که منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی در ناحیه آب و هوایی ایران و تورانی واقع شده که سه زیر منطقه بشرح زیر در این حوزه قابل مشاهده است. منطقه نیمه‌استپی در شمال حبله‌رود، ناحیه استپی در مرز حبله‌رود شمالی و جنوبی و همچنین ناحیه استپی و مناطق بیابانی- خشک در حبله‌رود جنوبی می‌باشد (شکل۱-ب) (عظیمی، ۱۳۹۰). جدول ۱ مشخصات هر یک از سه ناحیه اکولوژیک را در حوزه آبخیز حبله‌رود نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز حبله‌رود، توپوگرافی حوزه، موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری (الف)، پراکنش تیپ‌های گیاهی درمنه (شناخت مناطق اکولوژیک کشور،۱۳۸۸) و سه ناحیه اکولوژیک (نیمه‌استپی، استپی و بیابانی) بر اساس میانگین بارندگی بلندمدت (ب)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مشخصات فاکتورهای محیطی در سه ناحیه اکولوژیکی نیمه‌استپی، استپی و بیابانی در حوزه آبخیز حبله‌رود

(اقتباس از مطالعات یکپارچه آب و خاک حوزه رودخانه حبله‌رود،۱۳۸۳)

پارامتر	نیمه استپی	استپی	بیابان
میانگین بارندگی سالانه (mm)	۲۸۱	۱۵۸	۱۰۰
میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت (°C)	۰-۱۵/۵	۶/۱-۱۹/۵	۹/۲-۲۳/۵
رده‌بندی خاک	Inceptisols-Entisols	Entisols – Aridisols	Aridisols
رژیم رطوبتی خاک	Xeric	Aridic	Aridic or Torric
رژیم حرارتی خاک	Frigid-Mesic	Mesic – Thermic	Thermic
گیاه غالب	A aucheri	A sieberi A aucheri	A sieberi

روش نمونه‌برداری: بعد از تعیین پراکنش تیپ‌های گیاهی درمنه در سطح منطقه، برای نمونه‌گیری نخست دامنه ارتفاعی وقوع درمنه مشخص و بعد مناطقی به‌عنوان پایلوت انتخاب گردید، سپس با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی- سیستماتیک اقدام به نمونه‌گیری با استفاده از ترانسکت خطی گردید. در امتداد ترانسکت‌ها، معیارهای گیاهی (درصد تاج‌پوشش، لاشبرگ، سنگ و سنگریزه) و عوامل محیطی شامل جهت، ارتفاع و شیب اندازه‌گیری شد. تعداد ترانسکت با توجه به موقعیت هر منطقه ۵ تا ۶ عدد بود که به‌صورت سیستماتیک با فواصل معین استقرار یافت. انتخاب تعداد فوق براساس یکنواختی و همگنی جامعه درمنه بود. به‌منظور اندازه‌گیری تولید علوفه؛ در آخر فصل رویش و قبل از ورود دام به منطقه تولید از طریق قطع و توزین محاسبه شد. اطلاعات محیطی و مدیریتی مورد نیاز مدل: اطلاعات ورودی مدل در این مطالعه از منابع مختلف بشرح زیر تهیه و گردآوری شده است. نقشه مدل ارتفاع رقومی برگرفته از ماهواره SRTM با دقت ۹۰ متر (Global NASA/NGA)، نقشه خاک و نقشه پوشش گیاهی با دقت ۱:۵۰۰۰۰ از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور؛ اطلاعات 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؛ اطلاعات هواشناسی (شامل بارندگی روزانه، حداکثر و حداقل درجه حرارت) از سازمان هواشناسی کشور و سازمان تحقیقات آب و هوایی جهان (CRU :Climatic Research Unit، ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۱ میلادی)؛ اطلاعات ایستگاه‌های هیدرومتری شامل دبی ماهانه از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۹ میلادی (وزرات نیرو) و اطلاعات مربوط به چرا، نوع دام، مقدار علوفه مصرفی در هر روز توسط دام و تراکم دام موجود در سطح حوزه از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور گرفته شد. برای کار با مدل، ابتدا مدل ارتفاع رقومی محل به مدل معرفی گردید، سپس مدل با در نظر گرفتن خصوصیات توپوگرافی حوزه شبکه آبراهه‌ای را مشخص نمود و حداقل مساحت برای تشکیل زیرحوزه‌ها با توجه به هدف مطالعه تعیین گردید که در این مطالعه حداقل مساحت ۵۰۰۰ هکتار با در نظر گرفتن محدودیت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری تعیین شد. به‌منظور تشکیل مرز حوزه، محل خروجی آبراهه به دریاچه نمک به‌عنوان خروجی آبخیز تعریف و مرز حوزه تشکیل گردید. در مراحل بعدی نقشه پوشش با ۱۷ کلاس و خاک با ۱۱ کلاس به کمک کدهایی به مدل معرفی شد که مدل این نقشه‌ها را به نقشه‌های رستری با اندازه سلول‌هایی برابر مدل رقومی ارتفاع تبدیل می‌کند. از تلفیق این سه لایه نقشه واحدهای پاسخ هیدرولوژیک بدست آمد. با توجه به روش‌هایی که در برآورد تولید علوفه و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شد، مدل SWAT به داده بارش روزانه و حداقل و حداکثر دمای روزانه نیاز دارد. این داده‌ها به‌صورت فایل‌های با فرمت dbf تهیه و در اختیار مدل قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین مختصات و ارتفاع محل قرارگیری ایستگاه‌های دما و بارش نیز محل ایستگاه تولید کننده اقلیمی با این فرمت تهیه شد و در مرحله بعد در اختیار مدل قرار گرفت. بعد از وارد کردن پارامترها برای مدل و تعریف برنامه 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 اجرا گردید. بر اساس مطالعات انجام شده ۲۲ پارامتر مربوط به آب و خاک (Abbaspour *et al.*, 2007 Faramarzi *et al.*, 2009) و , (Wang *et al.*2005) و ۲۳ پارامتر مربوط به رشد و عملکرد گیاهی (Corson *et al.*, ،Wang *et al.*, 2005 2006، Luo *et al.*, 2008 و Faramarzi *et al.*, 2010) به‌منظور ارزیابی اولیه انتخاب گردیدند. واسنجی مدل‌های کمی و پیوسته نظیر SWAT بر اساس مقادیر شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده شده می‌باشد. برای آزمون آنالیز حساسیت و واسنجی خودکار SWAT از روش الگوریتم ژنتیک و روش‌های موجود در بسته نرم‌افزاری SWAT-CUP (Abbaspour, 2007) استفاده گردید. با توجه به اطلاعات مشاهداتی و اطلاعات شبیه‌سازی شده، میزان تابع هدف کالیبراسیون و فاکتورهای R و p تعیین شده و عدم قطعیت پیش‌بینی بررسی گردید.

نتایج

آنالیز حساسیت به آن جهت ضروری است و پارامترهای ورودی مدل بسیار زیاد است. بنابراین لازم است، پارامترهایی که خروجی مدل به آنها حساسیت بیشتری دارد، مشخص شده و تنها از این پارامترها در واسنجی مدل بهره گرفته شود. بر این اساس پارامترهای تأثیرگذار در برآورد تولید گیاه به همراه p-value، t-statistics محاسبه و برای هر منطقه اکولوژیکی نیمه استپی، استپی و بیابانی بشرح جدول ۲ ارائه گردیده است.

جدول۲– مشخصات پارامترهای حساس و تأثیرگذار بر تولید گونه درمنه در مدل SWAT

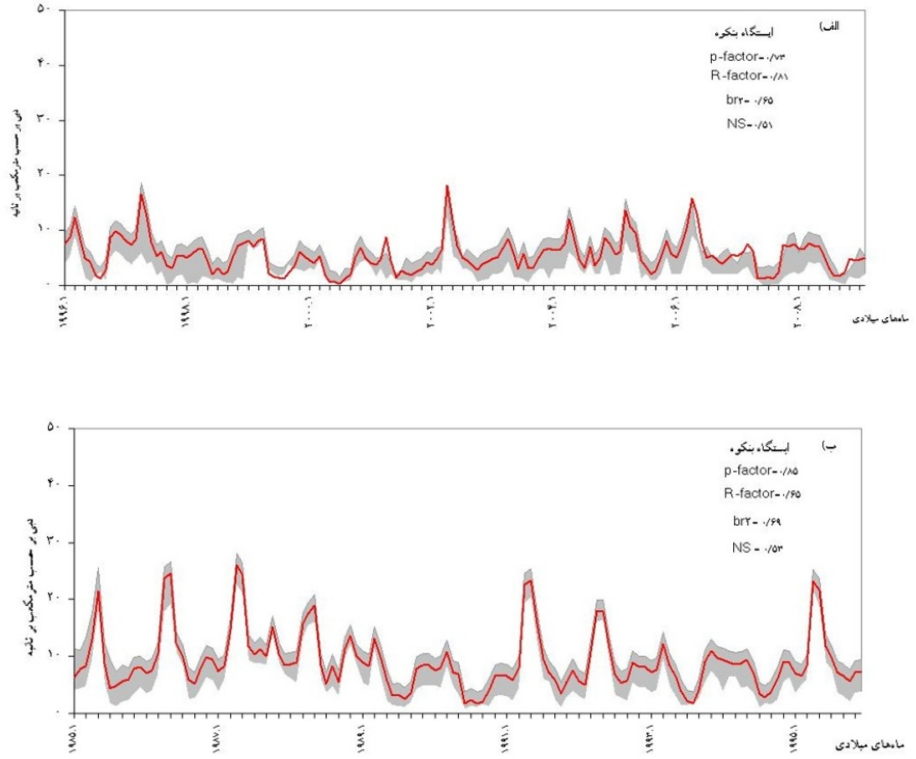
ناحیه اکولوژیکی	پارامتر	*t-Value*	*p-Value*	دامنه پارامتر نهایی	دامنه پارامتر اولیه
ناحیه اکولوژیکی اول (نیمه استپی)	v _T_OPT.CROP	$۹/۶\times۱۰^{-۱۰}$	۱۱/۳۷	۲۰/۲–۲۰/۶	۱۵–۳۵
	v _FRGMAX.CROP	۲×۱۰^{-۸}	۸/۳۲	۰/۷۵–۰/۷۸	۰/۶۵–۰/۸
	v _WSYF.CROP	۶×۱۰^{-۸}	۶/۵۹	۰/۸–۰/۸۳	۰/۸–۱/۱
	r _CNOP.mgt	$۴/۳\times۱۰^{-۷}$	۴/۱۵	–۰/۲۶– –۰/۲۴	–۰/۵–۰/۵
	r _CNYLD.CROP	$۳/۷\times۱۰^{-۵}$	۶/۵۰	۰/۳۵–۰/۴۶	–۰/۵–۰/۵
ناحیه اکولوژیکی دوم (استپی)	v _LAIMX1.CROP	$۲/۳\times۱۰^{-۷}$	۶/۸	۰/۱۳–۰/۱۵	۰/۰۵–۰/۲
	r _SOL_AWC.sol	$۹/۱\times۱۰^{-۶}$	۳/۹۷	–۰/۲۱ – –۰/۱۶	–۰/۵ –۰/۵
	r _SOL_BD.sol	$۷/۲\times۱۰^{-۵}$	۲/۹۳	–۰/۲۲ – –۰/۱۲	–۰/۵ –۰/۵
	v _BIO_EAT.mgt	$۵/۵\times۱۰^{-۵}$	۲/۸۷	۱۹–۲۳	۰–۱۰
	v _WAVP.CROP	$۵/۵\times۱۰^{-۲}$	۲/۵۴	۹/۱۷–۹/۶	۹–۱۱
	v _T_OPT.CROP	$۷/۳\times۱۰^{-۲}$	۲/۴۸	۱۹–۲۰/۶	۱۵–۳۵
	r _CNOP.mgt	$۳/۷\times۱۰^{-۲}$	۲/۳۷	–۰/۱۴–۰/۰۲	–۰/۵–۰/۵
	v _BIO_MIN.mgt	$۲/۷\times۱۰^{-۳}$	۳/۳	۷۴–۸۲	۵۰–۱۵۰
	v _FRGRW1.CROP	$۲/۱\times۱۰^{-۳}$	۲/۳۶	۰/۰۴۳–۰/۰۴۶	۰/۰۴–۰/۰۶
ناحیه اکولوژیکی سوم (بیابانی)	v _BLAI.CROP	$۲/۵\times۱۰^{-۱۷}$	۱۵/۱	۰/۷–۱/۹	۰/۰۵ –۴
	r _CN2.mgt	$۲/۳\times۱۰^{-۱۵}$	۱۴/۸	–۰/۴ –۰/۱	–۰/۵–۰/۵
	r _SOL_AWC.sol	$۲/۱\times۱۰^{-۱۲}$	۱۰/۴	–۰/۳ – –۰/۱	–۰/۵–۰/۵
	r _SOL_BD.sol	$۶/۷\times۱۰^{-۱۰}$	۱۰/۹	–۰/۳ – –۰/۱	–۰/۵–۰/۵
	v _BIO_MIN.mgt	۸×۱۰^{-۸}	۱۱/۵	۳۵–۴۰	۵۰–۱۵۰
	v _RCHRG_DP.gw	$۲/۲\times۱۰^{-۸}$	۱۰/۲	۰/۵ –۰/۸	۰–۱
	v _LAIMX1.CROP	$۷/۷\times۱۰^{-۷}$	۱۲/۴	۰/۱۱–۰/۲	۰/۰۵–۰/۲

www.SID.ir

Archive of SID

v _FRGRW2.CROP	$۳/۵^{\times}۱۰^{-۲}$	۵/۶	۰/۱-۰/۲	۰/۱۵-۰/۳۵
v _CNYLD.CROP	$۳/۷^{\times}۱۰^{-۲}$	۳/۲	۰/۰۳	۰/۰۱۵-۰/۰۳

با در نظرگرفتن پایه هیدرولوژیکی مدل، ابتدا مدل در خصوص اطلاعات دبی در هشت ایستگاه هیدرومتری مورد واسنجی و اعتبارسنجی قرار گرفت. شکل (۲- الف و ب) نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل را در ایستگاه حبله‌رود به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲ مشخص گردید که برای واسنجی ۸۳٪ داده‌های واقعی دبی در محدوده داده‌های شبیه‌سازی‌شده قرار گرفتند و نتایج اعتبارسنجی مشخص می‌نماید که مدل در خصوص شبیه‌سازی رواناب تولیدشده از اعتماد قابل ملاحظه‌ای برخوردار است (P-factor=۰/۸۵)

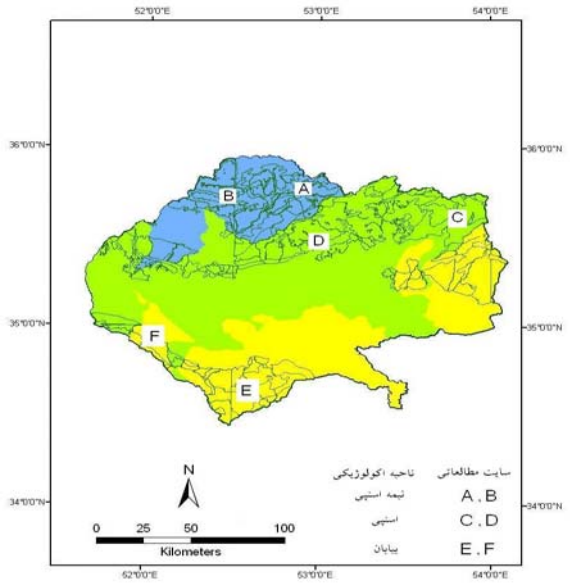


شکل ۲- مقایسه داده‌های واقعی دبی (خط قرمز) با داده‌های شبیه سازی شده (باند اطمینان در سطح ۹۵٪)؛ واسنجی داده‌های دبی در مدت زمان ۱۴ ساله (الف)، اعتبارسنجی داده‌ها در مدت زمان ۱۰ ساله (ب)

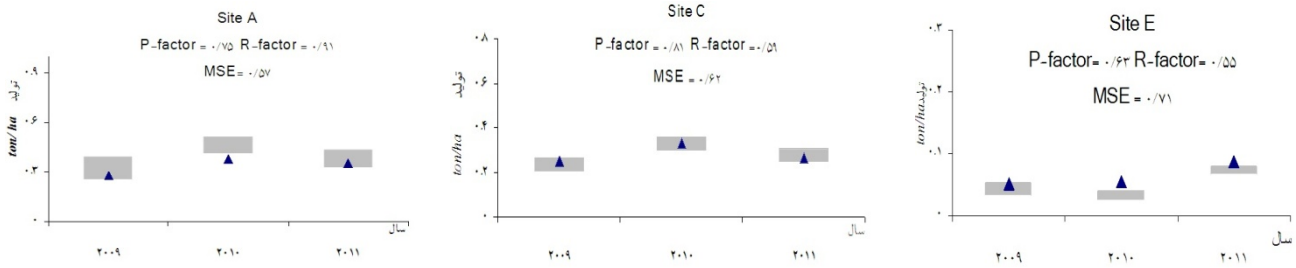
شکل ۳ نتایج واسنجی مدل را برای تولید علوفه گونه مورد مطالعه در حوزه آبخیز حبله‌رود در ۳ سایت مطالعاتی A (منطقه نیمه استپی)، C (منطقه استپی) و E (منطقه بیابانی) به‌عنوان نمونه ارائه می‌کند. در این شکل‌ها تولید شبیه‌سازی‌شده توسط مدل با مقادیر مشاهداتی آن مقایسه گردیده، همچنین سه معیار تابع هدف و فاکتورهای P و R در هر یک از شکل‌ها به‌صورت جداگانه ارائه شده‌است. پراکنش سایت‌های مطالعاتی در شکل ۳ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- پراکنش سایت‌های مطالعاتی تولید علوفه در گونه‌های مورد مطالعه



شکل ۴- مقایسه داده اندازه‌گیری‌شده تولید (نقاط آبی) با داده‌های شبیه‌سازی‌شده به‌صورت باند اطمینان در سطح ۹۵٪

نتایج واسنجی تولید گونه مورد مطالعه در سه ناحیه اکولوژیک نشان می‌دهد که تولید واقعی با توجه به تابع هدف تعریف‌شده در محدوده آماری قابل قبول از تولید شبیه‌سازی‌شده قرار دارد. با توجه به نتایج مدل در منطقه نیمه‌استپی تغییرات تولید شبیه‌سازی‌شده بین ۰/۳۵ تا ۰/۵، در منطقه استپی بین ۰/۲۶ تا ۰/۱۵ و در منطقه بیابانی بین ۰/۰۳۳ تا ۰/۱ تن در هکتار متغیر است (شکل ۴).

بحث

در طول سال‌های ۱۹۹۸ تاکنون که مدل SWAT تدوین و مورد استفاده محققان قرار گرفته است، آزمون تنوع و انتقال پارامترهای آن در زمینه مختلف کشاورزی و منابع طبیعی در سطح حوزه آبخیز برای بسیاری از کاربران قابل توجه بوده است. تولید یکی از مهمترین فاکتورهای ارزیابی جوامع گیاهی است که به‌عنوان یک معیار مهم اکولوژیکی در برنامه‌ریزی و مدیریت مرتع نقش اساسی دارد. با توجه به جدول ۲ مشخص می‌گردد از ۴۵ پارامتر مورد بررسی در مجموع سه منطقه، ۲۰ پارامتر مربوط به آب، خاک، گیاه و پارامترهای مدیریتی بیشترین تأثیر را در تولید گیاه دارند که هرچه از سمت منطقه نیمه‌استپی به سمت استپی و بیابانی حرکت کنیم پارامترهای مربوط به خاک و آب از حساسیت بیشتری برخوردار می‌شوند. در منطقه نیمه‌استپی (شمال حوزه آبخیز حبله‌رود) آنچه که تولید گیاهی را تحت تأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

قرار می‌دهد بیشتر به خصوصیات فیزیولوژیکی و فنولوژیکی گیاه بستگی دارد، درحالی‌که در منطقه استپی و بیابانی پارامترهایی که عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند عمدتاً مربوط به خصوصیات فیزیکی خاک (شامل میزان آبی که در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و میزان تراکم خلل و فرج خاک) می‌باشد. به اعتقاد برخی از پژوهشگران مانند Asri (۲۰۰۶) پراکنش جامعه‌های گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک ازجمله درمنه دشتی و درمنه کوهی به‌طور اساسی ناشی از برهم‌کنش اقلیم، ویژگی‌های فیزیوگرافیکی و ویژگی‌های فیزیکی خاک و در بعضی موارد ویژگی‌های شیمیایی خاک مانند واکنش خاک، هدایت الکتریکی، میزان آهک و گچ می‌باشد. در ایران با توجه به دامنه پراکنش گسترده گونه خشکی‌پسند درمنه دشتی بررسی‌های بی‌شماری در زمینه ویژگی‌های اکولوژیکی آن انجام شده‌است که در بعضی از آنها بر ویژگی‌های خاک مانند بافت، هدایت الکتریکی، پتاسیم، آهک و گچ در جداسازی جمعیت‌های گیاهی این مراتع تأکید شده‌است (Jafari et al., 2002). نتایج شبیه‌سازی تولید در شکل ۴ نشان می‌دهد که در دوره واسنجی به‌طور متوسط ۶۹ درصد داده‌های مشاهداتی از ۳ سایت مطالعاتی در بازه 95ppu قرار می‌گیرند و نیز متوسط فاکتور R و تابع هدف به‌ترتیب برابر ۰/۶۵ و ۰/۶۴ است. با توجه به نتایج مدل در منطقه نیمه‌استپی تغییرات تولید شبیه‌سازی‌شده بین ۰/۳۵ تا ۰/۵، در منطقه استپی بین ۰/۱۵ تا ۰/۲۶ و در منطقه بیابانی بین ۰/۰۳۳ تا ۰/۱ 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 این تحقیق، می‌توان گفت که مدل SWAT با پایه 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)؛ Folbert و همکاران (۲۰۱۲) مورد تأیید قرار گرفته است. این محققان در تحقیقات خود با استفاده از مدل SWAT به شبیه سازی تولید محصول در گیاهان زراعی پرداخته و به بررسی کارایی مدل در این زمینه پرداختند. در مراتع علوفه قابل تعلیف 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 نهایتاً حفظ تعادل یک زیست‌بوم می‌باشد، بر این اساس اغلب از مدل‌ها به‌منظور انتخاب و سناریو برتر برای فهم پیچیدگی‌های سیستم استفاده کرده و در تصمیم‌گیری از آنها استفاده می‌نمایند. همچنین در این تحقیق مشخص گردید که این مدل با حداقل داده در دسترس به کمک بانک داده‌های موجود در بسته نرم‌افزاری مدل نتایج قابل قبولی را در خصوص تولید مرتع ارائه می‌دهد؛ این مطلب در برخی از مقالات مورد تأیید قرار گرفته است که این مدل با حداقل اطلاعات مورد نیاز نتایج قابل قبولی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. (Gassman et al., 2007; Muryasi et al., 2007). بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهادهای پژوهشی بشرح زیر ارائه می‌گردد؛ انجام تحقیق حاضر برای سایر گونه‌های مرتعی به‌منظور مدیریت جامع مناطق مورد مطالعه، بررسی راهکارهای مناسب برای افزایش ذخایر رطوبتی خاک به کمک مدل SWAT به‌منظور افزایش پوشش گیاهی، مطالعه اثر تغییرات اقلیم بر وضعیت آینده مراتع و اعمال مدیریت مناسب و استفاده از نتایج این تحقیق در بررسی اثرات دوره‌های خشکی به‌منظور بیمه مراتع.

منابع مورد استفاده

-آذرنیوند، ح. ۱۳۸۲. بررسی ویژگی‌های گیاه‌شناسی و اکولوژیک دو گونه درمنه دشتی و کوهی در دامنه‌های جنوبی البرز(مطالعه موردی: وردآورد، گرمسار و سمنان). رساله دکتری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۲۰۰ ص.

- بی‌نام. ۱۳۸۳. مطالعات یکپارچه آب و خاک در حوزة آبخیز حبله رود. جلد ششم. گزارش مرتع و مرتعداری، وزرات

www.SID.ir

Archive of SID

جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۱۳۳۲ ص.

- بی‌نام. ۱۳۸۳. مطالعات یکپارچه آب و خاک در حوزة آبخیز حبله رود. جلد پنجم. گزارش خاکشناسی، وزرات جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۵۰۳ ص.
- بی‌نام. ۱۳۸۳. مطالعات یکپارچه آب و خاک در حوزة آبخیز حبله‌رود. جلد دوم. گزارش هواشناسی و اقلیم‌شناسی، وزرات جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۴۷۳ ص
- بی‌نام. ۱۳۸۳. مطالعات یکپارچه آب و خاک در حوزة آبخیز حبله‌رود. جلد هفتم. گزارش هیدرولوژی و منابع آب، وزرات جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۵۹۱ ص.
- بی‌نام. ۱۳۸۸. گزارش نقشة طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور. بخش تحقیقات مرتع. موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.
- بی‌نام. ۱۳۹۰. گزارش ایستگاه‌های هواشناسی کل کشور. سازمان هواشناسی ایران (http://www.weather.ir/).
- بی‌نام. ۱۳۸۸. گزارش ایستگاه‌های هیدرومتری کل کشور. شرکت جامع مدیریت منابع آب. وزرات نیرو کل کشور.
- عصری، ی. ۱۳۸۲. فلور، شکل‌های زیستی و کوروتیپ‌های گیاهان در ذخیره‌گاه بیوسفر کویر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴: ۲۴۷-۲۵۹.
- عظیمی، م. ۱۳۹۲ شبیه‌سازی رشد گیاه درمنه *(Artemisia spp)* به‌منظور برآورد تولید با استفاده از مدل SWAT (مطالعه موردی: حوزة آبخیز رودخانه حبله‌رود) رساله دکتری. دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ۱۷۰ ص.
- مظفریان، و.ا. ۱۳۶۸. بررسی و شناخت درمنه‌های ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم دانشگاه تهران، تهران، ۱۱۷ ص.

-Abbaspour, K.C., 2011. User Manual for SWAT-CUP. SWAT Calibration and Uncertainty Analysis ProgramSwiss 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. Modelling hydrology and water quality in the pre-Alpine/Alpine Thur watershed using SWAT. Journal of Hydrology. 333:413–430.

-Asri, Y.,2006. Phytosociology of Mouteh Wildlife Refuge, Forest and Rangelands Institue of Iran, 135p.

-Besser, W. S. J. G., 1835. Dracunculi seu de sectione IV ultima Artemisiarum Linnaei. Bulletin de la Societe Imperiale des Naturalistes de Moscou. 8: 1-95.

-Boissier, P.E., 1875. Flora Orientalis-Anthemideae. Amesterdam. 3:360-376

-Carter, J., Bruget, D., Hassett, R., Henry, B., Ahrens, D., Brook, K., Day, K., Flood, N., Hall, W., McKeon, and -Paull, C. 2003. Australian Grassland and rangeland assessment by spatial simulation (AussieGRASS). In Proceedings of the National Drought Forum: Science for Drought, England, 15–16 April: 152–159.

-Corson, M.S., Skinner, R.H., and Rotz, C.A. 2006. Modification of the SPUR rangeland model to simulate species composition and pasture productivity in humid temperate regions. Journal of Experimental Agriculture. 87:169–191.

-Faramarzi, M., Abbaspour, K.C., Schulin, R., and Yang, H. 2009. Modeling blue and green water resources availability in Iran. Hydrological Processes. 23(3):486–501.

-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. 97:1861–1875.

-Folbert, CH., 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: 21-33

-Folbert, CH., Yang, H., Wang, X., and Abbaspour, K.C. 2012. Imapct of input data resolution and extent of harvested areas on crop yield estimates in large-scale agricultural modeling for maize in the USA. Journal of Ecological Modelling. 235: 8-18

-Gassman, P. W., Reyers, M. R., Green, C.H., and Arnold, J.G. 2007. The soil and water assessment tool: Historical development, applications and future research directions. Transactions of the ASABE. 50(4):1211-1250
http://www.brc.tamus.edu/swat/index.html

-Jafari, m., Zare ChaHouki, M. A., Azarnivand, H.,

www.SID.ir

Archive of SID

district of the Yellow River Basin. Journal of Hydrology. 352:139– 156.

-Mohtar, R., Zhai, T., Chen, X. 2000. A world wide web_based grazing simulation model(GRASIM). Journal of Computers and Electronics in Agriculture. 29(3): 243-250.

-Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Vanliew, M.W., Bingener, R.L., Harmel, R.D., and Veith, T.L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE. 50(3):885-900.

-Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., and King, K.W. 2011. Soil and water assessment tool. theoretical documentation: Version 2009. Grassland, soil and water research laboratory. Agricultural research service. 647p.

-Singh, R., Jhorar, R.K. Dam, J.C. and Feddes, R.A. 2006. Distributed ecohydrological modeling to evaluate the irrigation system performance in Sirsa districtII. Impact of alternative water management scenarios. Journal of Hydrolgy. 329: 714-723.

-Wang, X., Williams, J. R., Izaurralde, R. C., and Atwood, J. D. 2005. Sensitivity and uncertainty analysis of crop yields and soil organic carbon simulated with EPIC. Transactions of the ASAE 48(3), 1041-1054.

-Zohary, M., 1963. On the geobotanical structure of Iran. Bull. Res. Council Israel, sect. D(Botany), 11:113p.

Baghestani Meybodi, N., and Zahedi, Gh., 2002. Relationships between poshtkouh rangeland vegetative of Yazd province and soil physical and chemical charateristics using multiv ariate analysis Methods, Journal of Natural Resources of Iran, 55(3: 419-433.

-Folbert, CH., 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: 21-33

-Folbert, CH., Yang, H., Wang, X., and Abbaspour, K.C. 2012. Imapct of input data resolution and extent of harvested areas on crop yield estimates in large-scale agricultural modeling for maize in the USA. Journal of Ecological Modelling. 235: 8-18

-Gassman, P. W., Reyers, M. R., Green, C.H., and Arnold, J.G. 2007. The soil and water assessment tool: Historical development, applications and future research directions. Transactions of the ASABE. 50(4):1211-1250
http://www.brc.tamus.edu/swat/index.html

-Li, K.Y., Coe, M.T., Ramankutty, N., and Jong, R. 2007. Modeling the hydrological impact of land-change in West Africa. Journal of Hydrology. 337: 258-268.

-Luo, Yi., He, Ch., Sophocleous, M., Yin, Zh., Hongrui, R., and Ouyang, Zh. 2008. Assessment of crop growth and soil water modules in SWAT2000 using extensive field experiment data in an irrigation

www.SID.ir

Archive of SID

Application of SWAT to model forage production of Sagebrush rangelands in steppe and semi-steppe regions of Iran

M. Azimi[1], Gh.A. Heshmati[2], M.Farahpour[3] and A. B. Bahremand[4]

1*- Corresponding Author, Assistant Professor, Faculty of Range and Watershed Management, University of Gorgan Agricultural Sciences & Natural Resources, Golestan, Iran, E-mail: azimi@rifr-ac.ir
2-Professor, Faculty of Range and Watershed Management, University of Gorgan Agricultural Sciences & Natural Resources, Golestan, Iran
3-Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran
4-Associate Professor, Faculty of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran

Received: 5/27/2012 Accepted: 10/20/2012

Abstract

Sagebrush rangelands in Iran with 39.71 million hectares include more than 46% of the total rangelands, and are recognized as an important and dominant rangeland species in Iran-Turan flora. These lands are often associated with grazing of livestock and wildlife. To determine how to better manage this important resource, a rangeland-livestock model was tested in the Hablerud river basin located in Tehran and Semnan Provinces of Iran using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). With regard to climate variation, this watershed consists of three ecological zones: semi-steppe, steppe, and desert. Calibration and validation of model were tested with the Sequential Uncertainty Fitting Program (SUFI-2). Results showed that observed data of forage production were inside or quite close to the predicted bands in three zones. Also, based on the model results, simulated forage production varied from 0.35 to 0.5, 0.15 to 0.26, and 0.033 and 0.1 ton ha^{-1} in semi-steppe, steppe, and desert, respectively. Sensitive analysis showed that whatever we move from semi steppe to desert, the number of sensitive parameters increases and water and soil parameters becomes more sensitive in forage production.

Keywords: Rangeland simulation, SUFI-2, calibration, range management

www.SID.ir