# بررسی کارایی مدل تعادل آب در برآورد تولید دراز مدت مرتع (مطالعه موردی: مراتع استپی حوزه شیر کوه یزد)

**الهام فخیمی ابرقویی[۱]، حسین ارزانی*[۲] و مهدی سلطانی گرد فرامرزی[۳]**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱

**چکیده**

تولید علوفه (ذی‌توده هوایی قابل استفاده برای چرای دام) یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ظرفیت چراست که متأثر از نوسانات آب و هوایی است. استفاده از داده‌های اقلیمی یک روش آسان و کم‌هزینه در برآورد تولید علوفه می‌باشد. در این تحقیق به منظور بررسی کارایی مدل‌های آماری در برآورد تولید درازمدت مرتع و یافتن ارتباط بین تولید گونه‌های غالب و مورد تعلیف دام با متغیرهای اقلیمی (بارندگی، دما، رطوبت، تبخیر و تعرق واقعی و...)، در یک دوره آماری ده ساله (از سال ۸۲ تا ۹۲)، مدل تعادل آب و اقلیم به روش FAO56 (با استفاده از نرم‌افزار Cropwat 8) و مدل آماری رگرسیون (ساده و چندگانه) در مراتع استپی حوزه شیرکوه مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی مدل برآوردی نشان داد که دقیق‌ترین مدل در منطقه مدل براورد تبخیر و تعرق واقعی با استفاده از نرم‌افزار Cropwat 8 می‌باشد. با توجه به محاسبه تبخیر و تعرق واقعی در دوره ده‌ساله ترسالی و خشک‌سالی مدل برآورد تولید علوفه مرتع تعیین شد ($Y=1.69ET_{act}+257.91$) و بر این اساس تولید علوفه ۳۶۹/۹۰ کیلوگرم بر هکتار برآورد گردید. بنابراین می‌توان بیان داشت که تبخیر و تعرق واقعی به‌عنوان عملکرد اقلیمی یکی از فاکتورهای اساسی در بهبود کارایی مصرف آب است. این شاخص اقلیمی می‌تواند در مدل‌های مختلف برآورد بلندمدت تولید علوفه با توجه به بروز خشک‌سالی و ترسالی به‌منظور تعیین ظرفیت چرای دام در مرتع و توسعه صنعت بیمه جایگزین روش‌های معمول با براورد یک سال تولید گردد.

**واژه‌های کلیدی:** تبخیر و تعرق واقعی، شاخص اقلیمی، روش FAO، تولید درازمدت.

۱ - استادیار پژوهشی، بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران،

۲ - استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

* نویسنده مسئول: harzani@ut.ac.ir

۳ - محقق پژوهشی، بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

**مقدمه**

نوسان تولید در طی سال‌های مختلف یکی از مشکلاتی است که اکوسیستم‌های مرتعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک با آن روبرو هستند. نوع مدیریت و نوسان‌های آب و هوایی از عوامل تأثیرگذار در تغییرات پوشش گیاهی در طی سال‌های مختلف می‌باشند (۲). یکی از الزامات مدیریت صحیح مرتع، داشتن اطلاعات دقیق و به هنگام از تولید مرتع می‌باشد (۲۰). اندازه‌گیری میزان تولید و روش‌های مورد استفاده به‌صرف وقت و هزینه قابل‌توجهی نیاز دارد. بنابراین یافتن راه‌های ارزان‌تر و آسان‌تر برای جمع‌آوری اطلاعات و تعیین مقدار علوفه تولیدی می‌تواند کمک مؤثری در ارزیابی پوشش گیاهی مراتع نماید. عوامل متعددی بر روی تولید علوفه در اکوسیستم‌های مرتعی مؤثرند، بعضی از عوامل یا در طول سال ثابت‌اند، اما برخی دیگر ناپایدار و متغیر می‌باشند که پدیده‌های هواشناسی یکی از مهم‌ترین این عوامل می‌باشند. ازآنجاکه عملکرد گیاهان متأثر از عوامل اقلیمی، خاکی و گیاهی است. مطالعه روابط بین آن‌ها و کمی سازی آن‌ها برای استخراج مدل‌های آب و هوایی- محصول بسیار ضروری است. این مدل‌ها، ابزاری عملی برای تحلیل نمودن واکنش‌های گیاهی به تغییرات آب و هوایی هستند. مدل‌ها و روش‌های شبیه‌سازی برآورد تولید مرتع به همین منظور توسعه‌یافته و استفاده موفقی برای ترسیم برآورد تولید در جوامع مرتعی کاربرد یافته‌اند. امروزه توجه روز افزونی برای برآورد تولید دراز مدت علوفه در مرتع در واکنش به عوامل اقلیمی و رطوبت ذخیره شده اولیه خاک در قالب مدل تعادل آب ملاحظه می شود. بر این پایه بسیاری از پژوهشگران تلاش کرده‌اند که تولید مرتع را از راه داده‌های اقلیمی و رطوبت اول فصل رویش با توجه به ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های گیاه مرتع) برآورد کنند. در بررسی مدل تعادل آب توسط (وایت و هنکس[1]،۱۹۸۱) براورد تولید علوفه در بوم‌نظام علفزار بررسی شد. نتایج نشان داد که مدل با بهره‌گیری از شاخص‌های اقلیمی (بارندگی، تبخیر و تعرق پتانسیل واقعی) و رطوبت اول فصل رویش، براورد تولید علوفه را پیش‌بینی کرده است. بهره‌گیری از آمار و داده‌های اقلیمی (رطوبت اول فصل رویش، بارندگی روزانه، میانگین دما و تابش خورشید) در قالب مدل تعادل تعادل آب جهت براورد تولید علوفه مرتع توسط (۲۳) بررسی شد. نتایج نشان داد که بین این عوامل با تولید رابطه نزدیکی وجود دارد و می‌توان با بهره‌گیری از مدل تعادل آب، تولید بلندمدت مرتع را برآورد نمود. در بررسی پیش‌بینی و برآورد تولید علوفه توسط (۱۶) از راه داده‌های اقلیمی، نشان داد که با اطمینان قابل توجهی می‌توان با بکارگیری از مدل Rangetek که یک مدل تعادل آب می‌باشد، تولید علوفه مرتع را برآورد کرد.

در جوامع گیاهی مناطق خشک به دلیل میزان پایین رطوبت و مقدار بالای تبخیر، از بین عوامل مختلف مؤثر در رشد و تولید گیاهان مرتعی، بارندگی ضروری‌ترین و مهم‌ترین شاخص اقلیمی بشمار می‌رود (۵). بر این اساس بسیاری از محققین تأثیر اقلیم بر رشد و پراکنش پوشش گیاهی را بررسی کرده‌اند (۱۲، ۱۳، ۱۶ و ۱۹). گذشته از آن گروهی دیگر از محققین ضمن بررسی تأثیرات این متغیر مهم اقلیمی تلاش کرده‌اند که متوسط توان تولید مراتع را نیز از طریق داده‌های بارندگی سالانه به‌صورت غیرمستقیم برآورد کنند. در این زمینه می‌توان مطالعات اسنوا و هیدر[2] (۱۹۶۱)، هارت و کارلسون[3](۱۹۷۵)، قائمی (۲۰۰۱) و عبدالهی و همکاران (۲۰۰۶) اشاره کرد. آن‌ها تولید درازمدت را از طریق بارندگی سالانه پیش‌بینی کرده و نشان دادند رابطه مستقیمی بین تولید علوفه و بارندگی وجود دارد. در بررسی تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید علوفه مراتع استپی استان مرکزی از بین شاخص‌های مهم اقلیمی، شاخص بارندگی فصل رشد به اضافه بارش فصول پیشین به‌عنوان مؤثرترین شاخص اثرگذار بر تولید گیاهان بوته‌ای معرفی شد (۶). باغستانی میبدی و زارع (۲۰۰۶) در بررسی رابطه بین بارندگی و تولید علوفه سالانه در مراتع پشتکوه استان یزد به این نتیجه رسیدند که میزان بارندگی فصول پیشین زمستان و پاییز بر تولید گونه‌های گیاهی چندساله تأثیر معنی‌داری نگذاشته است. فخیمی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی برآورد تولید بلندمدت مرتع با الگوهای مختلف بارش در مراتع استپی دهشیر یزد پرداختند و به این نتیجه

[1]- Wight and Hanks
[4]-Snowa & Hyder
[5]-Hart& Carlson

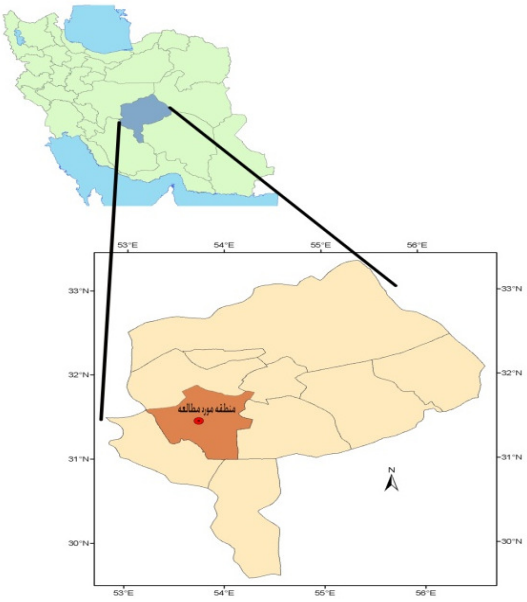
[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

رسیدند بارندگی سال قبل و بارندگی فصل رویش مهم‌ترین فاکتور در برآورد تولید بلندمدت در مراتع می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع، در این بررسی نیز تلاش شده است تا برآورد تولید بلند مدت مرتع در منطقه استپی هم از طریق رابطه رگرسیون بین تولید علوفه مورد تعلیف دام و عوامل اقلیمی متغیرهای اقلیمی (بارندگی، دما، رطوبت و ....) و هم بر پایه مدل تعادل آب و به کمک داده های آب وهوایی و شاخص‌های مهم اقلیمی، ذخیره رطوبت خاک در اول فصل رویش، ویژگی‌های گیاه (مرتع) و ویژگی‌های فیزیکی خاک، مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مورد بررسی

منطقه موردمطالعه با مساحتی معادل ۳۲۶۴ هکتار و محدوده جغرافیایی ´۳۰ ۳۱º تا ´۳۸ ۳۱º شمالی و ´۳۴ ۵۳º تا ´۴۴ ۵۳º شرقی، با محدوده ارتفاعی ۲۳۰۰ تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا و شیب متوسط ۵ تا ۱۲ درصد و در بعضی قسمت‌ها بیش‌تر از ۱۵ درصد تحت عنوان زیرحوزه شیرکوه در جنوب غربی استان یزد قرار دارد ( شکل ۱). اقلیم منطقه طبق روش دمارتن خشک سرد (اقلیم خشک) است. متوسط میزان بارندگی سالیانه ۱۸۴ تا ۲۴۰ میلیمتر و متوسط دمای سالیانه آن بین ۱۰/۸ تا ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. تیپ غالب سایت *Artemisia sieberi* - *Astragalus myriacanthus* می‌باشد. اسامی گیاهان موجود در منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. وضعیت مرتع در قسمت‌هایی از سایت ضعیف و گرایش روند آن در محدوده معدن روند قهقرایی دارد، به دلیل قرار گرفتن این واحد در حوالی روستا و معدن و بهره‌برداری بی‌رویه و شدید از طریق بوته کنی و چرای مفرط و تخریب بیشتری در آن صورت گرفته است. نوع دام غالب منطقه بز می‌باشد.




**شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان یزد**

### روش تحقیق

با اشاره به منابع یاد شده در این تحقیق، برای برآورد تولید بلندمدت مرتع از مدل آماری رگرسیون (ساده و چندگانه) و مدل تعادل آب بهره‌گیری شد. جهت تهیه نمونه‌های آماری، داده‌های آب و هوایی از نزدیک‌ترین ایستگاه (ایستگاه سینوپتیک علی‌آباد) و تولید علوفه واقعی مرتع به مدت ده‌سال در مراتع حوزه شیرکوه، جمع‌آوری گردید. سپس تعیین شاخص های اقلیمی ( تبخیر و تعرق گیاه مرجع، تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی)، اندازه‌گیری رطوبت اول فصل رویش، تعیین ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های گیاه (مرتع) به روش میدانی، آزمایشگاهی، کتابخانه‌ای و ترکیبی صورت گرفت و در پایان محاسبات و تجزیه و تحلیل به روش زیر انجام گرفت.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

**جدول۱- اسامی گیاهان موجود در حوزه شیرکوه**

| نام علمی | خانواده | کلاس خوشخوراکی | فرم رویشی | فرم زیستی |
|---|---|---|---|---|
| *Artemisia aucheri* | Asteraceae | III | بوته | چند ساله |
| *Artemisia seiberi* | Asteraceae | I | بوته | چند ساله |
| *Cirsiumcongestum* | Asteraceae | III | بوته | چند ساله |
| *Hertiaangustifolia* | Asteraceae | III | علفی | چند ساله |
| *Lactuca serriola* | Asteraceae | III | علفی | چند ساله |
| *Noaeamacronata* | Chenopodiaceae | III | بوته | چند ساله |
| *Colchicum sp* | Colchicaceae | III | علفی | چند ساله |
| *Convolvulus fruticosus* | Convolvulaceae | III | بوته | چند ساله |
| *Euphorbia connata* | Ephedraceae | III | علفی | چند ساله |
| *Astragalus inchredensis* | Fabaceae | III | بوته | چند ساله |
| *Astragalus myriacanthos* | Fabaceae | III | بوته | چند ساله |
| *Astragalus schystocalyx* | Fabaceae | III | بوته | چند ساله |
| *Stachysinflata* | Lamiaceae | II | علفی | چند ساله |
| *Dendrostellera. lessertii* | Thymelaceae | III | بوته | چند ساله |
| *Boissierasquarrosa* | Poaceae | III | علفی | یکساله |

**اندازه‌گیری تولید و پوشش گیاهی**

برای اندازه‌گیری تولید و پوشش تاجی (دوره ده ساله)، بر حسب گونه، از شصت پلات ۲ متر مربعی در طول چهار نوار چهارصد متری به طور موازی با فاصله ۱۰۰ متر از یکدیگر که در طول هر نوار ۱۵ پلات ۲ متر مربعی که فاصله پلات اول تا سر نوار ۱۰ متر و فواصل پلات‌های دیگر ۲۸ متر از یکدیگر بهره‌گیری شد (۷). داده‌ها در قالب فرم نمونه‌برداری با ذکر محل نمونه‌برداری، شماره ترانسکت، شماره پلات، تاریخ برداشت، نام گونه‌ها و برداشت داده‌ها از جمله فرم حیاتی، درصد پوشش گیاهی، درصد لاشبرگ، درصد سنگ و سنگریزه و درصد خاک لخت یادداشت شد. جهت اندازه‌گیری تولید علوفه، در زمان آمادگی مرتع ذی‌توده بالای زمین (تولید علوفه گونه‌ها) به تفکیک درون یک پنجم پلات ها (۱۵ پلات) قطع و توزین و پوشش تاجی آن‌ها در همه پلات‌ها اندازه‌گیری شد. سپس با قرار دادن علوفه تر برداشت شده در هوای آزاد به مدت دوهفته، وزن علوفه خشک هر گونه یادداشت شد. تولید دیگر پلات ها با بهره گیری از آمار پوشش در قالب روش نمونه گیری مضاعف (۳) براورد شد. اطلاعات مربوط به پوشش تاجی و تولید علوفه در نرم‌افزار Excel وارد شد و برای برآورد تولید از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

**- آمار و داده‌های آب و هوایی**

آمار و داده‌های آب و هوایی بلندمدت در طول ده سال (۱۳۸۲-۱۳۹۲) شامل بارندگی (روزانه، ماهانه، سالانه) دما (کمینه و بیشینه روزانه و میانگین ماهانه) تابش خورشید، میانگین سرعت باد روزانه و درصد میانگین رطوبت نسبی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک علی‌آباد که از نظر کمیت و کیفیت داده‌های و دوره آماری مناسب‌ترین و از نظر فاصله نیز نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد بررسی بوده است، از طریق سازمان هواشناسی کشور و پایگاه اینترنتی سازمان www.weather.ir تهیه شد

**-برآورد تولید علوفه از طریق رگرسیون**

برای یافتن معیارهای اقلیمی مؤثر (بارندگی، دما، رطوبت نسبی، باد و ساعات آفتابی) در تولید علوفه از روش همبستگی و رگرسیون (ساده و چندگانه) استفاده شد. برای اینکار ابتدا میزان همبستگی متغیرهای مستقل (بارش، رطوبت نسبی، دما، باد و ساعات آفتابی) و تولید علوفه مشخص شد و سپس معادله خطی هر یک از متغیرهای معنی‌دار مستقل با تولید علوفه از طریق رگرسیون ساده و چندگانه مشخص گردید.

**- برآورد تولید از طریق مدل تعادل آب**

برای براورد تولید مرتع، مدلERHYM-II (۲۱) مورد توجه قرار گرفت. این مدل یک مدل مرتعی تعادل آب و اقلیم است که تولید مرتع را بر پایه تبخیر و تعرق، در نقطه

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

اوج تولید برآورد می کند در این مدل تولید علوفه سالیانه (Y) در بالاترین نقطه از شاخص اقلیمی(Ta/Tp) ا معادله Ya/Yp = Ta/Tp توصیف و محاسبه می شود .

درستی این معادله قبلا از سوی (۱۱) تایید شده است. هم‌اکنون به عنوان رایج‌ترین مدل براورد تولید از سوی پژوهشگران FAO (۱۰ و ۱۵) توصیه و مورد کاربرد قرار گرفته است.

**- بررسی و مطالعه خاک**

بر اساس تغییرات مرفولوژی در طول هر ترانسکت یک پروفیل خاک به عمق حداکثر نفوذ ریشه (جمعاً ۴ پروفیل) حفر شد و نسبت به تشریح نیمرخ‌ها و اندازه‌گیری رطوبت در لایه‌های ژنتیکی اقدام شد. توجه به ناحیه ریشه‌دوانی گیاهان و همچنین تغییرات بافت، ساختمان و رنگ خاک از اعماق ۳۰-۰ ، ۶۰-۳۰ و۸۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری شد بافت خاک به‌روش هیدرومتری و به کمک مثلث بافت تعیین گردید. برای تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک در سایت مورد مطالعه نمونه‌های دست‌نخورده توسط سیلندرهای مخصوص از اعماق موردمطالعه برداشت شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. جهت تعیین وزن خشک خاک نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه آون گذاشته و سپس با تقسیم وزن بر حجم مشخص سیلندرها مقدار وزن مخصوص ظاهری خاک تعیین شد. برای برآورد تولید در مدل و روش (۲۱) مقدار رطوبت خاک در ناحیه ریشه دوانی در ابتدای فصل رویش مورد نیاز است. در این تحقیق رطوبت خاک به روش مستقیم اندازه‌گیری شد برای این‌کار نمونه‌های خاک در ظروف در بسته‌ای گذاشته شده و به آزمایشگاه انتقال یافتند. وزن تر نمونه‌ها حساب شدند و سپس در داخل آون گذاشته شدند، پس از خشک شدن، نمونه‌ها دوباره وزن شدند و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی در سایت مورد مطالعه با استفاده از دستگاه های pressure plate در آزمایشگاه تعیین گردید. برای این کار رطوبت خاک نمونه‌ها در فشار ۰/۱ اتمسفر اندازه‌گیری شد. کل آب قابل استفاده خاک (TAW) در محدوده توسعه ریشه گیاه مساوی با تفاضل مقدار آب خاک در دو حد ظرفیت زراعی و پژمردگی است (۵) که به صورت زیر محاسبه می شود:

$$TAW=1000(\theta_{FC}-\theta_{WP})Z_r$$

که در آن :TAW= کل آب قابل استفاده خاک عمق توسعه ریشه گیاه (میلی متر) $\theta_{FC}$= مقدار آب خاک در ظرفیت زراعی (متر مکعب بر متر مکعب) $\theta_{WP}$= مقدار آب خاک در نقطه پژمردگی (متر مکعب بر متر مکعب) $Z_r$ عمق (محدوده) توسعه ریشه گیاه (متر) می‌باشد. کسری از آب قابل‌استفاده خاک که بدون ایجاد تنش آبی قابل جذب گیاه است، آب سهل‌الوصول خاک (RAW) نامیده می‌شود (۵).

آب سهل‌الوصول به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$RAW=P.TAW$$

که: RAW: آب سهل الوصول خاک در عمق ریشه گیاه (میلی متر)

P: میانگین کسری از کل آب قابل‌استفاده که قبل از تنش آبی (کاهش تبخیر – تعرق) از عمق توسعه ریشه قابل تخلیه بوده و مقدار آن بین صفر و یک متغیر است.

ضریب P (ضریب تخلیه) برای انواع گیاهان متفاوت است. این ضریب به‌طورمعمول از ۰/۳ برای گیاهان با ریشه کم‌عمق و تبخیر و تعرق بالا (بیشتر از ۸ میلی‌متر بر روز) تا ۰/۷ برای گیاهان با ریشه عمیق و تبخیر و تعرق پایین (کمتر از ۳ میلی‌متر بر روز) متغیر می‌باشد (۵).

**-برآورد تولید علوفه با مدل تعادل آب**

در این مدل که در ابتدا توسط (وایت،۱۹۸۱) طراحی شده است با استفاده از خصوصیات اقلیم، خاک و گیاه، میزان تولید برآورد می‌گردد. تولید سالانه علوفه بر اساس تبخیر و تعرق، در نقطه اوج تولید برآورد می‌گردد. تولید سالانه علوفه در نقطه اوج از معادله زیر به دست می‌آید.

$$\frac{Ya}{Yp}=\frac{Ta}{Tp}$$

Ya: تولید واقعی Yp: تولید حداکثر Ta: تبخیر و تعرق واقعی Tp: تبخیر و تعرق پتانسیل

در اغلب نقاط جهان و ازجمله ایران برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش‌های متکی بر داده‌های اقلیمی و روش پنمن – مانتیث فائو بهره‌گیری می‌شود. محاسبه شاخص‌های اقلیمی از معادله پنمن –مانتیث فائو به شرح زیر در مقیاس زمانی روزانه در طول فصل رویش از داده‌های آب و هوایی و ویژگی‌های فیزیکی خاک به مدت ده سال با

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

بهره‌گیری از نرم‌افزار جدید FAO (CROPWAT 8) انجام شد.

**- استخراج معادله پنمن-مونتیث:**

معادله ترکیبی پنمن مانتیث بصورت زیر محاسبه می شود:

$$ET_0=\frac{0.48\Delta(Rn-G)+\gamma\left(\frac{900}{T+273}\right)U2(es-ea)}{\Delta+\gamma(1+34U2)}$$

T0 =تبخیر و تعرق گیاه مرجع(میلیمتر بر روز) Rn= تابش خالص ورودی به سطح گیاه(مگا ژول بر متر مربع بر روز) G= شار گرمای خاک

در معادله پنمن- مانتیث فائو برای محاسبه روزانه، هفتگی، ده روز یا ماهانه تبخیر و تعرق، علاوه بر داده‌هایی نظیر تابش خورشیدی(ساعات آفتابی)،حداقل و حد اکثر دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد به مختصات های هواشناسی محل( ارتفاع از سطح دریا به متر و عرض جغرافیایی) نیز نیاز است(کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۷).

معادله پنمن- مانتیث فائو یک نمایش دقیق و ساده از عوامل فیزیکی و فیزیولوژیکی موثر بر فرایند تبخیر و تعرق می باشد. با استفاده از تعریف پنمن مانتیث برای تبخیر و تعرق گیاه مرجع می توان با ارتباط دادن تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده گیاه(ETC) به تبخیر و تعرق مرجع حساب شده، ضرایب گیاهی را حساب کرد. عامل ضریب گیاهی به عنوان یک مجموعه از تفاوت‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی بین گیاهان و سطح مرجع است. در این تحقیق با توجه به محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و تعرق واقعی، ضرایب گیاهی از رابطه زیر محاسبه شد (۵).

$$KC=\frac{ETc}{ETo}$$

KC: ضرایب گیاهی ETc: تبخیر و تعرق اندازه گیری شده گیاه ETo: تبخیر و تعرق مرجع

**داده‌های گیاه (مرتع):**

تاریخ شروع رویش، ضرایب گیاهی در مرحله رشد، دوره رشد، عمق ریشه (اولیه، میانی، نهایی)، ضرایب تخلیه و ارتفاع گیاه به استناد گزارش FAO 56 محاسبه و تعیین گردید.

دوره رشد گیاه برای چهار مرحله متمایز شامل مرحله اولیه، مرحله توسعه گیاه، مرحله میان فصل و مرحله پایان فصل به ترتیب ۱۵-۲۲-۶۵-۲۰ روز بر پایه میانگین دوره فنولولوی گیاهان غالب و طول مدت زمان فصل رویش تعیین شد.

**-حداکثر عمق ریشه دوانی**

پس از حفر پروفیل خاک، حداکثر عمق ریشه‌دوانی با توجه به عمق ریشه‌دوانی اندازه‌گیری شد.

**-بارش مؤثر:**

باران مؤثر به آن قسمت از بارندگی گفته می‌شود که به داخل خاک نفوذ می‌کند ( عمق ۱۰-۱۲ سانتی‌متری) باران مؤثر در فصل رویش از روش SCS به کمک نرم‌افزار CROPWAT 8 محاسبه شد.

**-رواناب سطحی:**

در این تحقیق میزان رواناب از روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) برآورد گردید.

در این روش ارتفاع رواناب به صورت زیر محاسبه می شود:

$$R=\frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)}$$

اگر $P<0.25$ $R=0$

که در آن R: ارتفاع رواناب P=ارتفاع بارندگی S= عامل مربوط به نگهداشت آب در سطح زمین که مقدار آن برابر است با: $CN=\frac{1000}{CN}-10$

در این معادله CN، شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه می باشد.

در روش اصلاح شده ابتدا پارامتر توانایی نگهداری رطوبت خاک (S) مربوط به ظرفیت آب موجود در خاک با کمک فرمول زیر محاسبه می شود:

$$S=\frac{Smax*(UL-Sm)}{UL}$$

که در آن Sm = مقدار آب موجود در خاک ناحیه ریشه قبل از بارندگی

UL=حد بالایی ظرفیت ذخیره خاک در ناحیه ریشه است که معمولا برابر مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی گرفته می شود.

Smax= میزان حداکثر اندازه S با شرایط رطوبتی Nو I و با استفاده از معادله SCS محاسبه می شود:

$Smax=25400/(254+CN)i$

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

**ارزیابی عملکرد مدل برآوردی**

به‌منظور بررسی درجه اطمینان و پایداری مدل‌های برآورد تولید، اعتبارسنجی از مراحل اساسی در انتخاب مدل‌هاست. معنی‌دار بودن و کمتر بودن خطای معیار یک مدل آماری بدون تست نمودن، دلیلی بر انتخاب آن مدل در برآورد تولید نمی‌باشد. بنابراین برای بررسی صحت مدل‌های بدست آمده و مقایسه مقادیر تولید تخمین زده شده توسط مدل با مقدار واقعی، ابتدا با قرار دادن مقادیر متغیرهای مستقل در معادلات رگرسیونی مربوطه میزان علوفه برای سال‌های مختلف تخمین زده شد. سپس به کمک آزمون T مقایسه میانگین صورت گرفت و در نهایت به کمک شاخص‌های کمی ضریب تبیین ($R^2$)، خطای استاندارد(SE)، انحراف نسبی داده‌های تخمین شده تولید از مقدار واقعی (RD)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطای اریبی (MBE) صحت مدل‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۸). بر اساس مقدار بیشترین ضریب همبستگی، کمترین خطای استاندارد، کمترین انحراف نسبی داده‌ها، کمترین ریشه میانگین مربعات خطا و کمترین میانگین خطای اریبی، مدل‌ها طبقه‌بندی شدند و بهترین مدل در منطقه مشخص گردید.

## نتایج

**نتایج آزمایشات فیزیکی خاک منطقه مورد مطالعه**

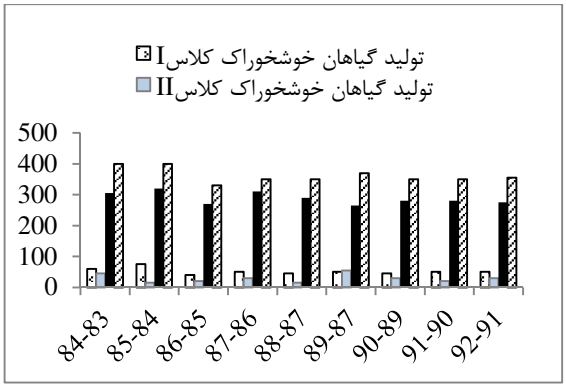
خاک منطقه با عمق متوسط با بافت سبک تا نسبتا سنگین می باشد. میزان آهک خاک در لایه های مختلف خاک به‌ترتیب از سطح زمین ۳۶/۳۲ درصد، ۳۱/۲ درصد و ۳۵/۴ درصد بوده و ذرات گچ در هیچ یک از نمونه‌ها مشاهده نشد. واکنش با اسیدیته خاک در افق اول و دوم ۷/۵ و در افق سوم ۷/۸ متغیر می‌باشد. درصد فراوانی سنگ و سنگریزه ۳۷ درصد با زهکشی متوسط و با توجه بافت خاک تهویه پذیری نسبتا مناسب می باشد نوع ریشه‌های موجود در خاک نسبتاً عمیق و بصورت عمودی در سراسر افق‌ها پراکندگی دارد. خصوصیات خاک در جدول ۲ نشان داده شده است.

**جدول ۲- خصوصیات خاک در مراتع حوزه شیرکوه**

| TAW(mm/m) | ظرفیت پژمردگی(٪) | ظرفیت زراعی(٪) | چگالی($g/cm^3$) | نیمرخ(cm) |
|---|---|---|---|---|
| ۲۲/۸۸ | ۱۲/۶ | ۱۷/۱۴ | ۱/۶۸ | ۳۰-۰ |
| ۲۳/۱۲ | ۱۵/۱ | ۱۹/۴۳ | ۱/۷۸ | ۶۰-۳۰ |
| ۲۳/۶۷ | ۲۱/۰۶ | ۲۷/۶ | ۱/۸۱ | ۸۰-۶۰ |
| ۶۹/۶۷ | | | | جمع |

**نتایج میزان تولید علوفه**

تولید علوفه گونه های مختلف(قابل استفاده برای دام) بر حسب درجه خوشخوراکی در شکل ۲ آمده است. بر این اساس کمترین تولید مربوط به تولید گونه های خوشخوراک کلاسII (بطور متوسط ۲۸کیلو گرم بر هکتار) و بیشترین تولید مربوط به گیاهان خوشخوراک کلاس III (به‌طور متوسط ۱۴۵/۵ کیلو گرم بر هکتار) بوده است.




**شکل ۲- تولید گیاهان موجود در مراتع حوزه شیرکوه بر حسب(kg/ha)در سال‌های آمار برداری**

**برآورد تولید علوفه از طریق داده‌های اقلیمی**

معادله خطی هر یک از متغیرهای معنی دار مستقل (بارش، رطوبت نسبی، دما، باد و ساعات آفتابی) با تولید علوفه از طریق رگرسیون ساده و چندگانه در جدول ۳ آمده است.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

**جدول ۳- معادله رگرسیونی براورد تولید با استفاده از عوامل اقلیمی در مراتع حوزه شیر کوه**

| معادله رگرسیون | P | R | متغیر | |
|---|---|---|---|---|
| $Y = 0.182X + 329.225$ | ۰/۰۰۸ | ۰/۶۵ | بارندگی سالانه | تولید کل |
| $Y = 0.171X + 324.220$ | ۰/۰۰۶ | ۰/۷۷ | بارندگی پیشین | |
| $Y = 8.56X + 346.610$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۸۱ | بارندگی اردیبهشت | |
| $Y = 0.077X + 34.83$ | ۰/۰۰۷ | ۰/۷۱ | بارندگی زمستان | گیاهان خوشخوراک کلاسI |
| $Y = 0.108X + 42.191$ | ۰/۰۰۶ | ۰/۷۸ | بارندگی پیشین | |
| $Y = 3.48X + 45.70$ | ۰/۰۰۶ | ۰/۷۹ | بارندگی اردیبهشت | |
| $Y = 0.153X + 18.079$ | ۰/۰۰۸ | ۰/۶۶ | بارندگی فصل رویش | گیاهان خوشخوراک کلاسII |
| $Y = 0.146X + 255.042$ | ۰/۰۰۲ | ۰/۸۰ | بارندگی اردیبهشت | گیاهان خوشخوراک کلاس III |
| $Y = 0.071X + 277.046$ | ۰/۰۰۱ | ۰/۸۹ | بارندگی پیشین | |

بررسی ارتباط بین تولید علوفه و متغیرهای مستقل نشان داد که تولید کل علوفه در منطقه مورد مطالعه با متغیرهای مستقل بارش سالانه، بارندگی پیشین (بارندگی فصل رویش+ بارندگی سال قبل) و اردیبهشت بیشترین همبستگی را دارد. به‌طوری که ۸۱ درصد تغییرات تولید کل علوفه سالانه را می‌توان با بارندگی اردیبهشت برآورد کرد. بررسی رگرسیون ساده و چندگانه نشان داد تولید گیاهان خوشخوراک کلاس I، کلاس II و کلاس III به‌ترتیب بیشترین همبستگی را با بارندگی اردیبهشت، بارندگی فصل رویش و بارندگی پیشین دارد. نتایج رگرسیون چندگانه و رگرسیون ساده در منطقه مورد مطالعه مشابه بود.

برآورد تولید علوفه از طریق مدل تعادل آبی و اقلیم: از نرم افزار cropwat 8.0 جهت برآورد تولید استفاده گردید.

**نتایج عامل‌های ورودی مدل cropwat 8.0**

داده‌های اقلیمی: شامل درجه حرارت حداقل و حداکثر (سانتی‌گراد)، درصد رطوبت نسبی هوا، سرعت باد (کیلومتر در روز)، تابش خورشید (ساعت) و بارندگی روزانه (میلی متر) به تفکیک هرسال (دوره فصل رویش) می‌باشد.

داده‌های گیاهی تاریخ شروع رویش: پنجم اسفند ماه
حداکثر عمق دیشه دوانی: ۸۰ سانتی متر
ضرایب گیاهی:

$kc_{ini}$=0.35$kc_{mind}$ =0.85
$kc_{ena}$=0.8

$kc_{ena}$=0.8

**مراحل رشد گیاه:**

مرحله اول= ۱۵ روز  مرحله توسعه= ۲۲ روز
مرحله میانی=۶۵ روز  مرحله پایانی=۲۰ روز

Beginning of growth= 0.1 - 0.3
Rooting depth= 0.25 - 0.85(m)
Critical depletion(fraction)=0.5 - 0.7 0.7
Yield response.f=0.2 - 0.6 - 0.6 - 0.9
Crop height= 0.50(m)

**داده های خاک:**

TAW جدول (۲) بر اساس محاسبه برابر است با ۶۹/۶۷ و پس از محاسبه به میلی‌متر در متر برابر ۸۷/۰۸ شد.

TAW=69.67×100/80=87.08
Total available soil moisture(FC-WP)=87.08mm/meter
Maximum in infiltration rate=172.3(mm/day)
Maximum rooting depth=80(centimetrs)
TAM=(1-F.M/FC-PWP)*100
F.M= رطوبت اول فصل رویش (سال ۲۰۱۲)
Initial soil moisture depletion(TAM%)=62%
Initial avalible soil moisture =14.8

خروجی مدل شامل: تبخیر و تعرق گیاه مرجع $ET_0$، تبخیر و تعرق پتانسیل $ET_{pot}$، تبخیر و تعرق واقعی $ET_{act}$ و بارندگی موثر در جدول (۴) آمده است. بر اساس شاخص اقلیمی (تبخیر و تعرق واقعی) و تولید علوفه، مدل برآورد تولید محاسبه شد. $a$ و $b$ از یک خط رگرسیون خطی با استفاده از تولید واقعی و تبخیر و تعرق واقعی مدل محاسبه شده است.

مدل برآورد تولید علوفه  Y=1.69$ET_{act}$+257.91

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

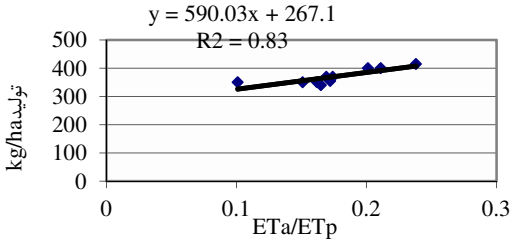
**جدول۴- تبخیر و تعرق مرجع، پتانسیل و واقعی و ضریب رویشگاهی و برآورد تولید در مرتع حوزه شیرکوه**

| سال | تولید اندازه گیری شده(kg/ha) | بارندگی موثر | ضریب رویشگاهی | Kc | $ET_0$ | $ET_P$ | $ET_a$ | برآورد تولید (kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۸۳-۸۲ | ۴۰۰ | ۱۶۰/۳ | ۰/۲۱ | ۰/۲۵ | ۱۵۰۱/۰۷ | ۳۶۸/۹۵ | ۷۸/۱ | ۳۸۹/۸۹ |
| ۸۴-۸۳ | ۴۰۰ | ۱۵۷/۸ | ۰/۲۰ | ۰/۲۵ | ۱۴۸۷/۶۹ | ۳۷۲/۴۵ | ۷۴/۹ | ۳۸۴/۴۹ |
| ۸۵-۸۴ | ۳۴۰ | ۱۵۳/۱ | ۰/۱۶ | ۰/۲۶ | ۱۴۵۱/۷ | ۳۸۳/۷۳ | ۶۳/۲۰ | ۳۶۴/۷۲ |
| ۸۶-۸۵ | ۳۷۰ | ۱۸۲/۰۴ | ۰/۱۷ | ۰/۲۸ | ۱۵۲۰/۰۸ | ۳۸۴/۵۲ | ۶۶/۸۳ | ۳۷۰/۸۵ |
| ۸۷-۸۶ | ۳۵۰ | ۱۳۲/۴ | ۰/۱۶ | ۰/۲۹ | ۱۳۶۷/۱۳ | ۳۸۱/۲ | ۶۱/۷ | ۳۶۲/۱۸ |
| ۸۸-۸۷ | ۳۷۰ | ۱۲۸/۵ | ۰/۱۷ | ۰/۳۱ | ۱۳۲۴/۵ | ۳۸۵/۴ | ۶۵/۳ | ۳۶۸/۲۶ |
| ۸۹-۸۸ | ۳۵۰ | ۱۸/۱ | ۰/۱۵ | ۰/۳۱ | ۱۲۵۴/۷۱ | ۳۸۸/۶ | ۵۸/۷ | ۳۵۷/۱ |
| ۹۰-۸۹ | ۳۵۰ | ۱۰۲ | ۰/۱۰ | ۰/۲۹ | ۱۲۸۳/۱ | ۳۹۹/۱ | ۴۰/۳ | ۳۲۶/۰۱۷ |
| ۹۱-۹۰ | ۳۵۵ | ۱۳۷/۱ | ۰/۱۷ | ۰/۲۹ | ۱۵۰۱/۰۷ | ۳۸۶/۷ | ۶۶/۴ | ۳۷۰/۱۲۶ |
| ۹۲-۹۱ | ۴۱۵ | ۱۳۴/۳ | ۰/۲۴ | ۰/۲۸ | ۱۳۲۱/۶ | ۳۶۷/۲ | ۸۷/۳ | ۴۰۵/۴۵ |
| میانگین | ۳۷۰ | ۱۳۰/۶ | ۰/۱۵ | ۰/۲۸ | ۱۳۸۲/۳۶ | ۳۸۱/۷۸ | ۶۶/۲۷ | ۳۶۹/۹۰ |

ارتباط بین تولید علوفه سالانه به‌عنوان متغیر وابسته و تبخیر و تعرق واقعی به‌عنوان متغیر مستقل نشان داد که تبخیر و تعرق واقعی ۸۲٪ از تغییرات تولید علوفه سالانه را توجیه می کند. برآورد دراز مدت تولید علوفه به کمک مدل تعادل آب و اقلیم در جدول۴ آمده است. بر این اساس میانگین تولید علوفه منطقه مورد نظر ۳۶۹/۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

بین شاخص رویشگاهی ($ET_a/ET_p$) و تولید علوفه سالانه ارتباط معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری که این شاخص می‌تواند ۸۳ درصد از تغییرات تولید سالانه را برآورد کند (شکل ۳).

بر اساس ارزیابی عملکرد مدل برآوردی، بهترین روش تولید در این منطقه، استفاده از تبخیر و تعرق می باشد (جدول ۵ و ۶).




**شکل ۳- ارتباط بین تولید سالانه علوفه و تبخیر و تعرق واقعی به تبخیر و تعرق پتانسیل در مرتع حوزه شیرکوه**

**برآورد تولید دراز مدت**

با توجه به اینکه در این منطقه بهترین روش برآورد تولید، استفاده ازتبخیر و تعرق واقعی است و بر این اساس، پس از برآورد تولید در طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۹۲، تولید سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ (۳۶۲/۱۸ کیلو گرم) به‌عنوان تولید دراز مدت در نظر گرفته شد. زیرا تولید ۷۰ درصد سال ها مساوی یا بزرگتر از این مقدار است (جدول ۴).

**جدول ۵- مقایسه مدل های برآوردی به کمک شاخص های آماری در مراتع حوزه شیرکوه**

| پارامتر استفاده در مدل | میانگین تولید واقعی ۹۲-۸۲ (kg/ha) | میانگین تولید برآوردی۹۲-۸۲(kg/ha) | ضریب تبیین($R^2$) | انحراف نسبی(٪) | ریشه میانگین مربعات خطا(RMSE) | میانگین خطای اریبی(MBE) | خطای استاندارد(SEOE) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بارندگی سالانه | ۳۶۷ | ۳۷۸ | ۰/۶۵ | ۳/۲۵ | ۳۷/۸۳ | ۱/۵۸ | ۸/۲۷ |
| بارندگی پیشین | ۳۶۷ | ۳۷۴/۳ | ۰/۷۷ | ۲/۶۵ | ۳۷/۴۵ | ۱/۴۳ | ۹/۹۶ |
| بارندگی اردیبهشت | ۳۶۷ | ۳۷۱ | ۰/۸۳ | ۱/۸۳ | ۲۳/۸۷ | ۰/۹۲ | ۶/۲۸ |
| تبخیر و تعرق | ۳۶۷ | ۳۶۹/۹ | ۰/۸۲ | ۱/۷۹ | ۲۱/۸۵ | ۰/۹۸ | ۵/۷۱ |

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

**جدول۶- ارزشگذاری مدل ها به کمک شاخص آماری در مراتع حوزه شیرکوه**

| پارامتر استفاده در مدل | رتبه بندی مدل | جمع امتیاز | ضریب تبیین($R^2$) | انحراف نسبی(٪) | ریشه میانگین مربعات خطا(RMSE) | میانگین خطای اریبی(MBE) | خطای استاندارد(SEOE) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تبخیر و تعرق | ۱ | ۷ | ۲ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ |
| بارندگی اردیبهشت | ۲ | ۸ | ۱ | ۲ | ۲ | ۱ | ۲ |
| بارندگی پیشین | ۳ | ۱۷ | ۳ | ۳ | ۴ | ۳ | ۴ |
| بارندگی سالانه | ۴ | ۱۸ | ۴ | ۴ | ۳ | ۴ | ۳ |

**بحث و نتیجه گیری:**

تولید علوفه در اکوسیستم‌های مرتعی متأثر از عوامل زنده (دام) و غیر زنده (اقلیم، خاک، توپوگرافی و ...) می‌باشد. بنابراین برای مدیریت درست در این اکوسیستم‌ها، تشخیص و جدا کردن این عوامل ضروری است. داده به دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های میدانی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که تغییرات نسبتاً زیادی در کمیت و کیفیت پوشش گیاهی و تولید منطقه مذکور وجود دارد با توجه به نتایج، دلیل این نوسانات در تولید و پوشش گیاهی منطقه موردمطالعه، تغییرات سال به سال بارندگی می‌باشد. میزان بارش پوشش گیاهی و عملکرد آن را تحت تأثیر قرار داده و در سال‌های خشک میزان تولید کاهش یافته است. کاهش پوشش گیاهی و تولید در اثر بارندگی توسط محققین زیادی گزارش شده است (۱، ۶ و ۸). مطابق با نتایج تحقیقات ذکرشده در منطقه مورد مطالعه نیز کمبود بارندگی یک عامل محدودکننده رشد و تولید علوفه محسوب می شود زیرا میزان تبخیر و تعرق متناسب با بارندگی نیست و میزان تبخیر و تعرق خیلی بیشتر از بارش است و میزان همبستگی نسبتاً زیادی بین تولید علوفه با میزان تبخیر و تعرق واقعی وجود داشت. نتایج نشان داد که در مراتع مورد مطالعه، در سال‌های نمونه‌برداری، از نظر عوامل اقلیمی نظیر رژیم دمایی، ساعات آفتابی و سرعت باد تغییرات چندانی وجود ندارد ولی میزان بارندگی سالانه و توزیع ماهانه و فصلی آن از سالی به سال دیگر در نوسان است. بررسی روابط همبستگی نشان داد در میان پارامترهای هواشناسی، بارش بیشترین همبستگی را با تولید مراتع مورد مطالعه دارد، همچنین میزان کل و پراکنش بارندگی در طی سال بر تولید علوفه گیاهان مورد مطالعه تاثیرگذار است. چنین نتایجی در تحقیقات دیگران نیز گزارش شده است ( ۴ و ۶). مطالعه مناسب‌ترین روابط رگرسیون بین دوره‌های مختلف بارش با کل تولید علوفه سالانه نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی در این تحقیق، بارندگی اردیبهشت ($r^2$=۰/۹۷) بهترین برآورد تولیدسالانه را نشان دادند. همچنین بررسی روابط رگرسیون بین تولید علوفه گیاهان خوشخوراک کلاس I، II و III با عوامل بارش نشان داد بارندگی اردیبهشت ($r^2$=۰/۸۳) بهترین برآورد تولید گیاهان کلاس I را نشان می‌دهد. بارندگی فصل رویش ($r^2$=۰/۶۶) در منطقه بهترین برآورد را از نظر تولید علوفه گیاهان کلاس II نشان می‌دهد و بارندگی پیشین بهترین فاکتور جهت برآورد تولید علوفه گیاهان کلاس III می‌باشد. چنین نتایجی با توجه به نوع گیاهان موجود در مراتع مورد مطالعه منطقی به نظر می‌رسد. از آنجایی که اکثر گیاهان کلاس Iو III موجود در مراتع مورد نظر از گیاهان بوته‌ای و چند ساله نظیر *Artemisia aucheri*،*Artemisia sieberi*،*Astragalus myriacanthus*،*Hertia angustifolia* و ... بوده و این گیاهان سهم بزرگی در تولید منطقه داشته، لذا تاثیر بارندگی پیشین بر تولید این گونه‌های بوته‌ای، اینطور قابل توجیه است که رطوبت ناشی از بارنگی فصول پیشین و ابتدای فصل رشد به صورت رطوبت ذخیره شده در خاک باقی می‌ماند و ریشه‌های عمیق گیاهان دائمی و بوته‌ای، آن‌ها را قادر خواهد ساخت تا از رطوبت ذخیره شده در فصل رویش استفاده کنند (۱ و ۶). بارش‌های فصل رویش و پاییز از دوره های بارشی مؤثر بر گونه‌های علفی کلاس II نظیر *Stipa barbata* و *Stachsys inflata* هستند. منطبق با نتایج این تحقیق احسانی و همکاران (۲۰۰۷) و عبداللهی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود بارش فصل رویش را به‌عنوان متغیر اصلی رشد گیاهان علفی معرفی کردند. همواره رطوبت ناشی از بارش‌های فصل بهار به‌طور موقت در سطح خاک ذخیره‌شده و قبل از نفوذ به عمق خاک، به سرعت تبخیر می‌شوند. در این میان تنها سیستم ریشه‌ای گیاهان کم‌عمق گیاهان علفی، امکان جذب سریع این رطوبت موقت را به‌خوبی فراهم می‌کند. از این رو

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]
[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

بارش‌های بهاری و فصل رویش، به‌عنوان منبع اصلی تغذیه رطوبت سطحی، نقش مؤثری در تولیدات آن‌ها خواهند داشت. همچنین دلیل همبستگی تولید گونه‌های کلاس II با بارش‌های برخی از فصول پاییز و زمستان را می‌توان فراهم شدن امکان غذاسازی مجدد این گیاهان در شرایط مساعد رطوبتی موجود در این فصول ذکر کرد. در این شرایط مواد غذایی ضمن ذخیره در ریشه، رشد گیاه را در فصل رویش بعد تقویت می‌کند (۴). نتایج حاصل از محاسبات تعادل آبی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که میزان تبخیر و تعرق واقعی در فصل رشد بیشتر از بارش فصلی بود و این نشان می‌دهد گیاه از رطوبت ذخیره‌شده در افق‌های ژنتیکی خاک، بیشترین بهره‌برداری را به‌ویژه در هنگام کمبود بارندگی نموده است و از آن می توان به عنوان یک رژیم رطوبتی خاک نام برد. به‌عبارتی بیلان رطوبتی خاک در فصل رشد متأثر از بارندگی فصل رویش و رطوبت ذخیره شده خاک در آغاز فصل رویش بوده است، که نقش آن روی تبخیر و تعرق واقعی گیاه و متعاقب آن روی تولید علوفه در این بررسی اثبات شده است. بنابراین می‌توان اذعان داشت که رطوبت ذخیره شده ناشی از بارندگی‌های پیشین در عمق لایه‌های نیمرخی خاک به‌عنوان یکی از اجزای مدل تعادل آب به شمار می‌آیند. احسانی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج نشان داد که تبخیر و تعرق واقعی فصل رشد یک شاخص اقلیمی مهم برای برآورد تولید علوفه است. بطوری که بین تبخیر و تعرق واقعی و تولید علوفه سالانه در منطقه مورد مطالعه ارتباط معنی‌دار مشاهده شد. تغییرات تبخیر و تعرق واقعی فصل رشد در منطقه ۸۰ درصد از تغییرات تولید علوفه سالانه را توجیه می‌کند. نتایج حاصل از برآورد تولید علوفه به کمک مدل تعادل آب و اقلیم در منطقه نشان داد که تولید درازمدت برابر با ۳۶۴/۷۲ (تولید سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸۴) برآورد می‌شود. میانگین شاخص رویشگاهی (ETa/ETp) در۰/۱۷۴ است. بین شاخص رویشگاهی و تولید علوفه سالانه ارتباط معنی‌داری دیده شد. تغییرات شاخص رویشگاهی در منطقه ۸۳ درصد از تغییرات تولید سالانه را توجیه می‌کند. از این مطالعه می توان چنین استنباط کرد که افزایش طول دوره بارش باعث بهبود تولید سالانه علوفه شد. چنین نتیجه‌ای توسط احسانی و همکاران (۲۰۰۷) نیز تأیید شده است. به عقیده آن‌ها فراوانی و توزیع فصلی بارش نقش اصلی را در آب قابل استفاده نیمرخ خاک دارد و بر دینامیک و ترکیب گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک اثر زیادی دارد.

با توجه به نتایج از این مدل تعادل آب با استفاده از نرم‌افزار Cropwat می‌توان در مناطقی که دارای پوشش گیاهی و نوع خاک مشابه می‌باشند بهره‌برداری کرد. همچنین برآورد تولید علوفه در شرایط خشکسالی به منظور اعمال مدیریت در مراتع نیز قابل کاربرد است. به‌طور کلی هر دو مدل برآورد تولید علوفه دارای کاربرد می‌باشد ولی مدل برآورد تولید بر پایه مدل Cropwat و تعادل آب به دلیل دارا بودن اطلاعات وسیع از اقلیم، خصوصیات خاک و خصوصیات پوشش گیاهی و با توجه به اجزا مدل و بارندگی، تبخیر و تعرق پتانسیل، تبخیر و تعرق واقعی و رطوبت ذخیره شده خاک دقیق‌تر می باشد.

**References**


1. Abdollahi, J., H. Arzani & H. Naderi, 2011. Effective climatic factors on forage production in steppe Nedooshan rangeland in Yazd province, Journal of Rangeland, 5(1):45-55. (In Persian)
2. Arzani, H., 2010. The quality of forage and the daily requirement of rangeland grazing livestock, University of Tehran publication, 354p. (In Persian)
3. Arzani, H. & G. W. King., 1994. A double sampling Australian rangeland conference, 201-202.
4. Baghestani, M.N & M.T. Zare., 2007. Investigation of relationship between annual precipitation and yield in Steppe range of Poosht - Kooh region of Yazed provience, Journal of Pajouhesh and Sazandegi, 75:103-107. (In Persian)
5. Darbandi, S., J. khiroabi., A. Salamat., M.H. Sadat Miri., M.R. Entesari & F. Moghadasi, 2008.Comparison and comparison of Penman-Mantis method with FAO-24 methods in Iran, National Irrigation and Drainage Committee of Iran publication, 192p. (In Persian)


[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]

6. Ehsani, A., H. Arzani., M. Farahpor., H. Ahmadi., M. Jafari., A. Jalili., H.R. Mirdavodi., H.R. Abasi & M.S. Azimi, 2007. The effect of climatic condition on range forage production in steppe rangelands, Akhtarabad of Saveh, Iranian Journal Range Desert Research, 14:260 - 269. (In Persian)
7. Fakhimi, E., S.A. Javadi., H. Arzani & M. Jafari, 2015. Stimating long – term forage production using precipitation pattern in Dehshir Rangelands, Iran, Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES), 6(5):1-7.
8. Ghaemi, M., 2001. The effect of aridity on condition, trend an d vegetation variability in rangeland of Gardane Ghoshchi, west Azarbayjan province, papers collection of Second Range and Range Management Seminar, 453- 458. (In Persian)
9. George, M.R., W.A Willliams., N.K. Macdouglad., W.J. Clawson & A.H. Murphy, 1989. Prediciing peakstanding crop on annual range using weather variable. Journal of Range Manage, 42:506 - 513.
10. Gommes, R., 2006. Non-parametric crop yield forecasting, a didactic case study for Zimbabwe, paper presented at the EU/JRC meeting on Remote Sensing support to crop yield forecast and area estimates 30 Nov-1 Dec, Stresa, Italy.
11. Hanks, R.J., 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agronomy Journal, 66: 660-665
12. Hart, R.H. & G.E. Carlson., 1975. Agricultural implications of climatic change- Agronomic implications, Forages, In: Impacts of climatic change on the biosphere: part 2- Climatic effects, Department of Transportation, Climatic Impact Assessment Orogram, Washington Dc
13. Jaberalansar, Z., M. Tarkesh Esfahani., M. Basiri & S. Pourmanafi, 2017**.** Effect of environmental factors on forage production in steppe and semi-hectare meals in Isfahan province. Journal of Rangeland, 10(3):302-314. (In Persian)
14. Khadem Al- Hosseini, Z., M. Shokri & S.H., Habibian 2007. Investigating the Role of Topographic and Climate Factors in Vegetation Distribution in Mursheri Rangelands (Case Study: Bonab Sub-Area), Journal of Rangeland, 1(3): 222-236. (In Persian)
15. Kizito, F., M. Sene., M.I. Dragila., A. Lufafa., I. Diedhiou., E. Dossa., R. Cuenca., J. Selker & R. P. Dick, 2007. Soil water balance of annual crop-native shrub systems in senegal's peanut Basin: The missing lLink, Agricultural Water Management, 90: 137-148
16. Kruse, M., W. Tess., & R. K. Heitschmidt, 2007. Livestock management during drought in the northern great plains. L. A practical predictor of annual forage production, the professional animal scientist, 23: 224-233.
17. Mansouri, Z., P. Tahmasebi., M. Saeidfar & H.A. Shirmardi, 2013. Effect of grazing of livestock on plant composition during slope of rainfall variation in arid and semi-arid rangeland. Journal of Rangeland, 7(2):178-196. (In Persian)
18. Mesdaghi, M., 2005. Regression methods of agriculture and natural resources research, . Astane ghods publications, 290 p. (In Persian)
19. Noori S, Sepehri A & H. Barani., 2014. Flora Investigation and Geographical Distribution of Plants in Relation to Climate in Rangelands of Iranshahr Region, Sistan and Baluchestan Province**.** Journal of Rangeland,8(2):148-163. (In Persian)
20. Sadeghi Nia, M., H. Arzani & N. Baghestani, 2003. Comparison of Different Methods for Estimating Production in Several Important Boots (Case Study of Yazd and Isfahan Rangelands), Journal of Research and Construction,16(61):28-32
21. Wight, J.R., 1987. United States department of agriculture. ERHYM-II: model description and user guide for the BASIC version. agricultural research service, april 1987. pp.23.
22. Wight, R.J. & R.J. Hanks., 1981. Awater- balance-cimate model for range herbage production, Journal of Range Management, 34(4): 307-311
23. Wight, R.J., C.L. Hanson & D. Whitmer, 1984, Using weather records with forage production model to forecast range forage production. Journal of Rangemanagement, 37(4): 47–54.

[ Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-19 ]

[ DOR: 20.1001.1.20080891.1397.12.4.12.2 ]