

ارزیابی و مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی مؤثر بر تولید سالانه گونه مرتعی ریواس (*Rheum ribes*) با

الگوریتم‌های داده‌کاوی

مهدی بشیری^{۱*} و علی ماروسی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۲۰

چکیده

شناخت ویژگی‌های اقلیمی مؤثر بر تولید سالانه ریواس (*Rheum ribes*) می‌تواند در مدیریت و توسعه آن در مراتع مفید واقع شود. در این پژوهش عملکرد سالانه این گونه در استان خراسان رضوی با ۷۴ پارامتر اقلیمی طی دوره ۱۰ ساله ارزیابی و پارامترهای اقلیمی مؤثر با الگوریتم‌های داده‌کاوی استخراج شد. ابتدا نقش پارامترهای اقلیمی مرتبط با درجه حرارت، رطوبت، بارندگی و ساعات آفتابی، با همبستگی و رگرسیون تحلیل شد. سپس ۱۱ الگوریتم طبقه‌بندی در نرم‌افزار MATLAB برنامه‌نویسی و مقایسه شدند. نتایج نشان داد که عملکرد ریواس با میانگین دمای حداکثر تابستان، دامنه تغییرات دمای اردیبهشت تا شهریور، حداکثر دمای تابستان، میزان رطوبت نسبی و بارندگی فصل بهار همبستگی مثبت دارد. ارزیابی الگوریتم‌ها با شاخص‌های ضریب تعیین و میانگین مربع خطا نشان داد در تخمین عملکرد سالانه بر مبنای عوامل اقلیمی، روش تشخیص الگو در مرحله آزمون با ضریب تعیین ۰/۴۶ و روش‌های رگرسیونی، طبقه‌بندی ممیزی و k نزدیکترین همسایه در مرحله آموزش (ضریب تعیین برابر ۱) بهترین عملکرد را داشتند. با ورود عوامل مؤثر به روش گام‌به‌گام، رگرسیون خطی در مرحله آزمون (ضریب تعیین برابر ۰/۷۴) و روش k نزدیک‌ترین همسایه در مرحله آموزش با ضریب تعیین برابر ۱، عملکرد ریواس را دقیق‌تر تخمین زدند. همچنین روش پیشنهادی K نزدیک‌ترین به میانگین، به ترتیب با مقادیر K برابر ۶ و ۷ در روش‌های ورود تمامی عوامل و عوامل مؤثر حاصل از روش گام‌به‌گام، بالاترین دقت را در تخمین عملکرد محصول داشت. لذا استفاده از روش‌های داده‌کاوی و مدل پیشنهادی، در شناسایی پارامترهای اقلیمی مؤثر بر گونه‌های مرتعی مختلف روشی کاربردی معرفی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، داده‌کاوی، رگرسیون گام‌به‌گام، عملکرد سالانه، مدل‌سازی.

^۱ - استادیار گروه مهندسی طبیعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

* نویسنده مسئول: m.bashiri@torbath.ac.ir

^۲ - استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.

مقدمه

جنس ریواس با نام علمی Rheum L. متعلق به خانواده علف هفت‌بند (Polygonaceae)، دارای حدود ۱۰۳ گونه در جهان است که به‌طور عمده در آمریکای شمالی، اروپا و نواحی شرقی مدیترانه شامل ترکیه، ایران، افغانستان، پاکستان، روسیه و چین می‌رویند. این جنس در غرب، مرکز، جنوب و شمال شرقی ایران پراکنش دارد (۲۱). ریواس از سبزی‌های فصل خنک است و دماهای پائین را تحمل می‌کند. برگ‌ها در دمای پائین صورتی و یا قرمز و در دماهای بالا بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد سبز تیره است. این گونه مرتعی در مناطق پرباران عملکرد بیشتری دارد و در خاک‌های سبک و حاصلخیز بهتر رشد می‌کند (۱۳). تولید علوفه یکی از فواید اکوسیستم تجدیدپذیر مرتع است. علاوه بر آن فواید مختلف دیگری مثل حفاظت خاک، افزایش نفوذپذیری، تغذیه آب‌های زیرزمینی، حفظ ذخایر ژنتیکی گیاهان و حفظ گونه‌های گیاهی را نیز دارا می‌باشد. ضروریست برای بهره‌برداری صحیح از این منابع، از مدیریت صحیح استفاده کنیم تا به منابع آن شامل آب، خاک و گیاه آسیب نرسد و تولیدات آن پایدار باشد (۳۵). ریواس و فرآورده‌های آن از دیرزمان، در ایران شناخته شده و مورد توجه بوده است و از جمله محصولات ارزشمند به‌شمار می‌آید. عملکرد گیاهان در تمامی مراحل رشد تابع پارامترهای محیطی و اثر متقابل آنهاست (۲۹) و هر گونه گیاهی با عوامل محیطی رویشگاه خود رابطه دارد (۴۲). شناخت روابط بین متغیرهای اقلیمی و عملکرد و تولید گیاهان دارای اهمیت است و برای بهره‌برداری صحیح از مراتع باید بر این رفتار اجزاء در تولید گونه‌ها مشخص شود (۱۶). همه گونه‌های گیاهی برای رشد مؤثر و مناسب خود به شرایط مطلوب اقلیمی نیاز دارند که این شرایط مطلوب و مرزهای اقلیمی برای گیاهان مختلف، متفاوت است (۳۰). نکته قابل ذکر در رابطه با متغیرهای اقلیمی و نحوه اثرگذاری آنها بر گیاهان این است که گیاهان تحت تأثیر تنها یک عامل اقلیمی قرار ندارند بلکه عوامل اقلیمی متفاوتی بر روی مراحل رشد آنها تأثیر می‌گذارد (۲۷). همچنین حضور گونه در یک رویشگاه با تعیین شرایط خاک و اقلیم آن قابل پیش‌بینی است (۸). روش‌های زیادی برای تخمین عملکرد محصولات مرتعی با توجه به میزان تغییر در

پارامترهای اقلیمی وجود دارد. امروزه می‌توان فرآیند پیش‌بینی را با استفاده از علم داده‌کاوی که روشی نسبتاً جدید در علوم منابع طبیعی محسوب می‌گردد انجام داد. فرآیند داده‌کاوی شامل استخراج اطلاعات مفید و مهم از مجموعه بزرگی از داده‌ها است. فرآیند آموزش مدل در روش داده‌کاوی و پیش‌بینی عملکرد مورد انتظار، بخش اصلی بوده که بر اساس داده‌های گردآوری شده از گذشته انجام می‌پذیرد. بررسی سوابق پژوهشی نشان می‌دهد که در زمینه شناخت متغیرهای اقلیمی اثرگذار بر عملکرد گونه مرتعی ریواس با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، مطالعه خاصی انجام نشده است. اما جهت تعیین متغیرهای مؤثر بر عملکرد برخی محصولات عمدتاً کشاورزی، روش‌های مختلف داده‌کاوی مورد استفاده قرار گرفته است. به‌عنوان نمونه در بررسی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر پوشش گیاهی و تولید علوفه چهار گونه علفی *Dactylis glomerata*، *Agropyron* و *Festuca ovina*، *Bromus tomentellus* در مراتع نیمه استپی استان مازندران، روابط بین شاخص‌های پوشش گیاهی و عوامل محیطی برای هر گونه با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام مورد ارزیابی قرار گرفت. در میان مهم‌ترین عوامل آب و هوایی، بارندگی فصل رشد در ماه مارس مؤثرترین شاخص برای پوشش گیاهی و تولید علوفه *B. tomentellus* و *A. trichophorum* و همچنین پوشش گیاهی *D. glomerata* بود. تولید علوفه *F. ovina* نیز تحت تأثیر فصل رشد و همچنین بارندگی سال گذشته قرار گرفت و دما تأثیری در تولید علوفه و پوشش گیاهی نداشت (۷). طبق مطالعات انجام شده در شهرستان نمین استان اردبیل، بررسی اثر ارتفاع، شیب، جهت و شاخص رطوبت توپوگرافی خاک با استفاده از روش‌های رگرسیونی نشان داد که بین توپوگرافی و تولید اولیه گندمیان و پهن‌برگان علفی رابطه معناداری وجود دارد (۲۰). در بررسی مؤثرترین پارامترهای اقلیمی بر عملکرد محصول گندم با رویکرد تغییر اقلیم در ایران مرکزی، میانگین و حداکثر دمای مطلق دی، بهمن، اردیبهشت و خردادماه مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در عملکرد گندم بود که با افزایش دما، به‌خصوص در این ماه‌ها، عملکرد محصول در اکثر نقاط کاهشی به‌دست آمد (۱۱). در ارزیابی رابطه تولید سالانه علوفه با نوسانات بارندگی و دما در مراتع مناطق

مدل‌سازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیم‌شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی با ایجاد مدل‌های رگرسیون چندمتغیره، معیارهای مجموع بارش سالیانه و میانگین تعداد روزهای یخبندان سالیانه سهم بیشتری در تولید مدل‌های نهایی داشتند (۱۴). ارزیابی عملکرد محصول گندم با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم با ورود سه پارامتر دما، بارندگی و رطوبت نسبی نشان داد که دو پارامتر بارندگی و رطوبت نسبی تأثیر بیشتری بر عملکرد محصول گندم در طی دوره رویشی نسبت به دوره تولید و بلوغ دارند. همچنین پس از ارزیابی عملکرد سه الگوریتم (J48، درخت تصادفی^۱ و نیو بایس^۲)، الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصادفی به‌عنوان مناسب‌ترین الگوریتم برای پیش‌بینی عملکرد محصول گندم معرفی شد. در بررسی عملکرد محصول زعفران با روش‌های داده‌کاوی مشخص شد که آنالیز نزدیکترین همسایه بالاترین دقت را دارد و متغیرهای اقلیمی دما و بارش رابطه مثبتی با عملکرد محصول دارند (۷). در استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تنوع گونه‌های مرتعی بر اساس عوامل خاک‌شناسی و فیزیوگرافی نهایتاً شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزار قدرتمندی در پیش‌بینی به دست آمد (۶). بررسی اثر تغییرات دما، بارش و رطوبت نسبی بر تولید موز در در ایالت اوندو^۳ (نیجریه) نشان داد که به‌طور میانگین، متوسط دمایی به میزان ۲۶ درجه سانتی‌گراد، بارش متوسط ۱۸۹۱ میلی‌متر و رطوبت نسبی متوسط ۷۷ درصد، منجر به تولید بالاترین میزان سالانه موز در این منطقه خواهد شد (۳۶). جهت پیش‌بینی عملکرد محصول نیشکر با روش‌های داده‌کاوی، مدل درخت تصمیم بهترین مدل در تخمین عملکرد محصول و شناسایی مهمترین متغیرهای مؤثر بر عملکرد محصول معرفی شد (۴). پیش‌بینی عملکرد سوبا با الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان^۴، شبکه عصبی، بگینگ^۵ و درخت REP، نشان داد که الگوریتم بگینگ مناسب‌ترین تکنیک طبقه‌بندی برای تخمین عملکرد محصول است (۳۷). نهایتاً بررسی تأثیر پارامترهای اقلیمی بر عملکرد گندم با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در

خشک‌گاریز سفلی در استان یزد با استفاده از روش تجزیه و تحلیل چندمتغیره رسته‌بندی، تولید کل و تولید گونه‌های *Salsola arbuscular* تحت تأثیر مثبت بارش دوره آذر تا اسفند قرار داشتند. تولید گونه‌های *Salsola tomentosa* و *Salsola rigida* و *Noaea mucronata* علاوه بر بارش دوره آذر و دی، تحت تأثیر منفی حداکثر درجه حرارت اردیبهشت نیز بودند و تولید گونه *Lactuca orientalis* بیشتر متأثر از بارش و حداکثر درجه حرارت فروردین بود (۱). پیش‌بینی عملکرد ذرت علوفه‌ای با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی نشان داد زمانی که حداقل سه پارامتر آب آبیاری، کود نیتروژنی و درجه روز رشد به‌عنوان ورودی مدل شبکه عصبی مصنوعی معرفی شوند این مدل قادر به پیش‌بینی عملکرد ماده خشک ذرت علوفه‌ای با دقت بالایی می‌باشد. همچنین نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که درجه روز رشد با ضریب حساسیت ۹/۹۶ مهم‌ترین پارامتر مؤثر بر پیش‌بینی عملکرد ذرت علوفه‌ای است و میزان آب آبیاری و میزان کود نیتروژنی به‌ترتیب در درجات بعدی اهمیت می‌باشند (۵). در بررسی تأثیر تغییرات محیطی شامل عوامل اقلیمی و توپوگرافی بر الگوی پراکنش مکانی دو گونه‌ی مرتعی *Thymus* و *Dactylis glomerata L.* در دو منطقه‌ی خلخال و کوثر (استان اردبیل) نتیجه شد که پوشش گیاهی کل با دما، بارندگی و ارتفاع همبستگی دارد و طبق تجزیه رگرسیونی، مهم‌ترین خصوصیات محیطی در استقرار و پراکنش پوشش گیاهی، متغیر ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. بین هر دو گونه موردبررسی با عوامل ارتفاع، دما، بارندگی همبستگی وجود داشت و مهم‌ترین خصوصیات محیطی در استقرار و پراکنش گونه‌های موردنظر، دما به‌دست آمد (۱۴). بررسی شاخص‌های اقلیمی مؤثر در میزان عملکرد محصول گندم دیم با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره در منطقه ارسباران بیان‌گر این بود که بین عملکرد گندم دیم و متغیرهای اقلیمی از جمله میزان بارش پاییزه، بهار و میانگین بارندگی سالانه ارتباط مستقیم وجود دارد (۴۰). در

4- Support Vector Machines (SVM)

5- Bagging

1- Random Tree

2- Naïve Bayes

3- Ondo

حاصل‌خیزترین و پرجمعیت‌ترین بخش استان است. منطقه مرکزی استان (حدود ۲۷ درصد) دارای آب و هوای نیمه‌صحرائی ملایم بوده و اقتصاد آن عمدتاً متکی بر کشاورزی است که در دشت‌های وسیع دامنه‌های جنوبی بینالود تا کویر نمک و مناطق کویری مرز با افغانستان متمرکز است. این دشت‌ها دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک هستند. جنوب خراسان نیز دارای آب و هوای خشک و نیمه‌صحرائی است که بارش کمتری نسبت به بخش‌های شمالی استان دارد. با توجه به پراکنش گونه ریواس در سطح استان، شش شهرستان استان شامل گناباد، کاشمر، مشهد، نیشابور، خواف و تربت‌حیدریه، انتخاب گردیدند و میزان تولید محصول جمع‌آوری شده در این مناطق طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۷۷-۱۳۸۷) طبق بانک اطلاعاتی سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی جهت تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند.

داده‌های ورودی:

در این پژوهش، پارامترهای اقلیمی موردنیاز برای رشد و عملکرد ریواس به‌عنوان متغیرهای مستقل از سازمان هواشناسی کشور اخذ و مورد استفاده قرار گرفتند و عملکرد تولید محصول ریواس در سطح شهرستان‌های مورد مطالعه، به‌عنوان متغیر وابسته مورد استفاده قرار گرفتند. پارامترهای اقلیمی یکی از مؤثرترین فاکتورها در رشد و عملکرد محصول‌های کشاورزی می‌باشند. مطالعاتی که در مورد فیزیولوژی و مراحل مختلف رشد گونه مرتعی ریواس به‌عمل آمده، نشان داده که برخی معیارهای اقلیمی در بعضی از ماه‌ها و فصول سال اثر بسیار قابل‌توجهی بر رشد و عملکرد محصول می‌گذارند (۱۳ و ۲۲). در این پژوهش مدل‌سازی با انتخاب دو عامل سال آماری و شهرستان و ۷۴ پارامتر اقلیمی شامل میانگین دمای هوای هر یک از ۱۲ ماه سال، میانگین دمای هوای حداقل و حداکثر هر یک از ۱۲ ماه سال، دامنه تغییرات دمای هر یک از ۱۲ ماه سال، دمای هر یک از فصول سال، دمای حداکثر و حداقل هر یک از فصول سال، رطوبت نسبی و بارندگی هر یک از چهار فصل سال، بارندگی سالیانه، ساعات آفتابی چهار فصل سال و ساعات آفتابی سالیانه صورت پذیرفت.

گجرات^۱ هند، مشخص نمود که عملکرد محصول به دمای حداکثر و حداقل و رطوبت نسبی بستگی دارد (۳۳).
مرو منابع نشان می‌دهد که با تکیه بر روش‌های داده‌کاوی و پارامترهای اقلیمی می‌توان به‌طور موثری اقدام به تفکیک و شناسایی مناطق مستعد کشت و عوامل موثر بر تولید گونه‌های مختلف نمود. همچنین شناخت خصوصیات اقلیمی مؤثر بر عملکرد گونه مرتعی ریواس می‌تواند در مدیریت، برنامه‌ریزی، احیا و توسعه این گونه در مراتع استان خراسان رضوی مفید واقع شود. همان‌طور که ذکر شد، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه‌ی کاربرد روش‌های داده‌کاوی در شناسایی پارامترهای ورودی موردنیاز برای تخمین عملکرد گونه مرتعی ریواس انجام نشده است. تخمین عملکرد محصولات مرتعی با کمک تکنیک‌های داده‌کاوی یکی از زمینه‌های پژوهشی نوظهور در سال‌های اخیر است، لذا با توجه به بررسی منابع و دقت بالای روش‌های داده‌کاوی در علوم مختلف، این پژوهش به‌منظور تعیین پارامترهای اقلیمی مؤثر در تعیین عملکرد این گونه با استفاده از روش‌های داده‌کاوی و کاربرد این روش‌ها برای تخمین عملکرد ریواس در سطح شهرستان‌های استان خراسان رضوی صورت گرفته است. همچنین ارایه و ارزیابی یک روش تلفیقی جدید در مدل‌سازی عملکرد محصول، هدف دیگر تحقیق را شامل می‌شود.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه پژوهش:

تحقیق حاضر در سطح استان خراسان رضوی با طول شرقی ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه و مساحتی برابر با ۱۱۸۸۵۴ کیلومترمربع انجام پذیرفت. وسعت این استان و عواملی مثل رشته کوه‌های بلند و مناطق کویری، دور از دریا و وزش بادهای مختلف موجب ایجاد آب و هوای متفاوت در آن شده است. این استان به سه منطقه آب و هوایی شمال، مرکز و جنوب تقسیم شده است. شمال خراسان (حدود ۱۹ درصد) دارای آب و هوای معتدل و سرد کوهستانی است که

¹ - Gujarat

روش پژوهش:

در پژوهش حاضر، ابتدا نقش پارامترهای اقلیمی در سطح شهرستان‌های استان خراسان رضوی با استفاده از همبستگی پیرسون^۱ و رگرسیون چندمتغیره گام‌به‌گام مورد تحلیل قرار گرفت و پارامترهای اقلیمی مؤثر در برآورد میزان عملکرد ریواس تعیین شد. در رگرسیون گام به گام، در هر گام همه متغیرهای از قبل وارد شده به مدل، با آماره F جزئی خودشان مجدداً ارزیابی می‌شوند. یک متغیر اضافه شده در گام قبل ممکن است به لحاظ ارتباط با متغیرهایی که اکنون در معادله‌اند زائد باشد. اگر آماره F- جزئی برای یک متغیر کمتر از آماره F از پیش تعیین شده باشد، آن متغیر از مدل کنار گذاشته می‌شود.

در مرحله بعد به تعیین مدل برای تخمین عملکرد سالانه ریواس بر اساس شرایط اقلیمی پرداخته شد. جهت تعیین بهترین الگوریتم داده‌کاوی و تخمین عملکرد محصول بر مبنای پارامترهای اقلیمی، یازده روش مختلف شامل رگرسیون خطی^۲، رگرسیون درجه دوم خالص^۳، رگرسیون تعاملی^۴، رگرسیون درجه دوم^۵، شبکه عصبی^۶، روش الگو^۷، روش طبقه‌بندی ممیزی^۸، درخت طبقه‌بندی^۹، درخت رگرسیون^{۱۰}، جنگل تصادفی^{۱۱} و K نزدیک‌ترین همسایه^{۱۲} استفاده شد. همچنین مدل ترکیبی پیشنهادی K نزدیک‌ترین به میانگین^{۱۳} نیز بکار گرفته شد که از مزایای یازده مدل ارائه شده استفاده می‌کند. هر یک از روش‌ها در ادامه توضیح داده شده است.

روش‌های رگرسیونی: تحلیل رگرسیون یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرهاست. در این پژوهش چهار روش رگرسیونی شامل رگرسیون‌های خطی، درجه دوم خالص، اثر متقابل و درجه دوم به کار رفت. رگرسیون خطی شامل ثابت^{۱۴} و ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل است. رگرسیون درجه دوم خالص علاوه بر این دو بخش،

توان دوم متغیرهای ورودی را نیز شامل می‌شود. رگرسیون اثر متقابل علاوه بر ثابت معادله و ترکیب خطی متغیرهای مستقل، شامل ضرب بین متغیرهای ورودی نیز هست. اما رگرسیون درجه دوم علاوه بر دو بخش مشترک، شامل توان دوم متغیرهای ورودی و ضرب بین متغیرهای ورودی نیز می‌باشد.

روش شبکه عصبی مصنوعی: روش شبکه‌های عصبی مصنوعی که از سیستم عصبی زیستی الهام گرفته، توانایی تحلیل‌های پیچیده مانند مدل‌های غیرخطی و پیش-بینی را دارند (۱۸). این سیستم از شمار زیادی عناصر پردازشی فوق‌العاده بهم پیوسته به نام نورون‌ها تشکیل شده است که برای حل یک مسئله هماهنگ با هم عمل می‌کنند. الگوریتم‌های شبکه عصبی به کار رفته در این تحقیق شامل الگوریتم لونیگ-مارکوآرت، شبکه با سرعت یادگیری متغیر، شبکه با الگوریتم گرادیان توام مقیاس شده و الگوریتم با تنظیم به‌روش بیز هستند.

روش تشخیص الگو: این روش با طبقه‌بندی و توصیف مشاهدات سروکار دارد. تشخیص الگو می‌تواند به عنوان دسته‌بندی داده‌های ورودی در کلاس‌های شناخته شده به وسیله‌ی استخراج ویژگی‌های مهم یا صفات داده تعریف شود. اتکای این روش بر روی شناخت الگوها و نظم داده‌ها است. این روش الگوهای مورد نظر را از یک مجموعه داده‌ها با استفاده از دانش قبلی در مورد این الگوها یا اطلاعات آماری داده‌ها، جداسازی می‌کند.

روش مدل درخت خطی محلی^{۱۵}: این الگوریتم، نوعی الگوریتم فازی-عصبی است که در مقایسه با سایر شبکه‌های فازی-عصبی، کارایی خود را در یادگیری سیستم‌های غیرخطی و شناسایی الگوها نشان داده است. در این الگوریتم، حل مسئله پیچیده از طریق تقسیم به تعدادی زیرمسئله کوچک‌تر صورت می‌پذیرد. لذا این روش

9- Classification Tree

10- Regression tree

11- Random Forest

12- K Nearest Neighbor (KNN)

13- K nearest to mean (KNM)

14- Intercept

15- Local Linear Model Tree (LOLIMOT)

1- Pearson

2- Linear Regression

3- Pure Quadrature Regression

4- Interaction Regression

5- Quadratic Regression

6- Neural Network

7- Pattern Recognition

8- Discrimination Classification

نوعی روش یادگیری افزایشی است که مبتنی بر تقسیم فضای ورودی است (۳۲).

روش تحلیل ممیزی (آنالیز تشخیصی)^۱: آنالیز تشخیصی مشابه با رگرسیون خطی چندگانه است، اما در این آنالیز، متغیر وابسته دارای توزیع نرمال نیست. علاوه بر آن، متغیر وابسته دارای مقیاس اسمی یا رتبه‌ای بوده و تعداد گروه‌های آن نیز محدود است. پس برخلاف رگرسیون لجستیک که متغیر وابسته در آن دو حالتی است، اگر متغیر وابسته بیش از دو حالت داشته باشد، از آنالیز تشخیصی استفاده می‌شود. این روش با جدا کردن مجموعه‌های متمایز مشاهدات و با تخصیص دادن مشاهدات جدید به دسته‌های تعریف شده‌ی قبلی سروکار دارد (۲۳). هدف از این آنالیز، به وجود آوردن یک ترکیب خطی بین متغیرهاست که از آن برای گروه‌بندی استفاده شود. این ترکیب خطی یک مسئله‌ی پیچیده‌ی چندمتغیره را به یک مسئله‌ی ساده‌ی یک متغیره تبدیل می‌کند.

روش درخت تصمیم: این روش که یک ابزار برای پشتیبانی از تصمیم می‌باشد، با توجه به داده‌ها یک ساختار درخت مانند درست می‌کند. این درختان نمونه‌ها را به نحوی دسته‌بندی می‌کنند که از ریشه به سمت پائین رشد می‌کند و در نهایت به گره‌های برگ می‌رسد. این روش دارای تعدادی الگوریتم طبقه‌بندی است و در مسائلی کاربرد دارد که بتوان پاسخ واحدی به صورت نام یک دسته یا کلاس برای یک مساله ارائه نمود. یعنی روشی برای نمایش مجموعه‌ای از قوانین است که به یک رده یا مقدار ختم شود.

روش جنگل تصادفی: این روش از بهترین الگوریتم‌های یادگیری است که مزیت آن دقت بسیار بالای طبقه‌بندی می‌باشد و با تعداد زیاد ورودی به خوبی عمل می‌کند (۲۵). الگوریتم جنگل تصادفی از درختان تصمیم برای الگوریتم‌های ساده خود استفاده می‌کند. یعنی به هر یک از درخت‌ها، زیرمجموعه‌ای از داده‌ها داده می‌شود و این درخت‌ها با همین زیرمجموعه تصمیم‌گیری کرده و مدل طبقه‌بندی خود را می‌سازند. لذا این الگوریتم یک روش یادگیری مبتنی بر دسته‌ای از درخت‌های تصمیم است (۱۰) که به جای رشد یک درخت، صدها یا هزاران درخت

طبقه‌بندی تولید می‌شود (۱۱). در این روش نیازی به اعتبارسنجی مستقل نمی‌باشد چرا که بخشی از داده‌های اصلی تحت عنوان نمونه‌های خارج از سبده^۲ در ایجاد هر درخت در مرحله آموزش استفاده نشده و برای آزمون به کار می‌روند.

روش k نزدیک‌ترین همسایه: این روش ناپارامتری یکی از روش‌های پرکاربرد در طبقه‌بندی می‌باشد که سهولت تفسیر نتایج و زمان محاسبه پایین از مزایای آن است. این روش در عین سادگی از نظر دقت بسیار قابل رقابت با سایر روش‌های طبقه‌بندی است. در این روش، دسته یا کلاس یک نمونه (شی یا مورد) جدید مشابه دسته K نزدیکترین نمونه از مجموعه داده‌های آموزشی به نمونه مورد نظر است. یعنی بدون نیاز به الگوهای از پیش تعیین شده، الگوی داده‌ها بر اساس تشابه متغیرها به یکدیگر طبقه‌بندی می‌گردد. در این روش، نمونه آزمون متعلق به کلاسی است که بیشترین آرا را در بین K نزدیکترین همسایگان آن دارد، چرا که ویژگی‌های نقاط با توجه به ویژگی‌های نزدیک‌ترین همسایگان تعیین می‌شود.

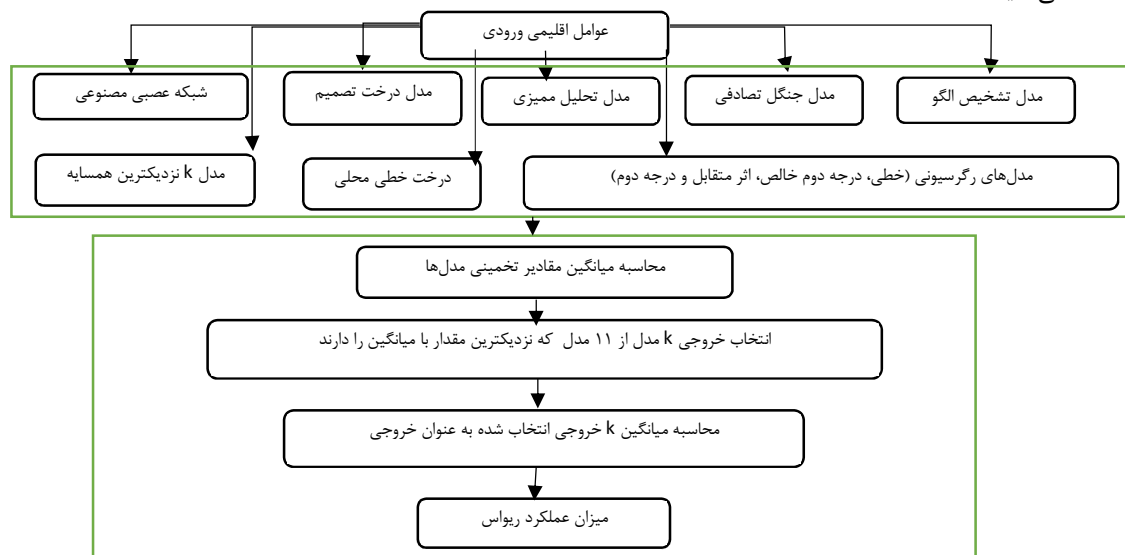
مدل ترکیبی پیشنهادی K نزدیک‌ترین به میانگین (KNM): در این مدل، از خروجی یازده مدل ارائه شده استفاده می‌شود. بدین ترتیب که وقتی یک نمونه داده ورودی وارد مدل‌ها می‌شود، هر کدام از مدل‌ها یک خروجی دارد و چون مدل‌ها آموزش دیده‌اند بنابراین خروجی بیشتر آن‌ها نزدیک به جواب است و برخی از مدل‌ها ممکن است جواب‌های پرت بدهند. چون اکثر جواب‌ها به خروجی نزدیک می‌باشد انتظار می‌رود میانگین خروجی یازده مدل به جواب نزدیک باشد تا به جواب‌های پرت. بنابراین برای بهبود خروجی با استفاده از خروجی یازده مدل، ابتدا میانگین خروجی یازده مدل محاسبه شده و به فرض اینکه میانگین به جواب واقعی نزدیک است و خروجی‌های پرت از میانگین فاصله می‌گیرند برای حذف خروجی‌های پرت اقدام می‌شود. به این معنی که هر بار K عدد از خروجی‌هایی که دارای نزدیک‌ترین فاصله به میانگین هستند بررسی می‌شود که روش K Nearest to Mean (KNM) نامیده شده است. نمایی از مراحل انتخاب

²- Out of Bag

¹- Discriminant Analysis

مناسب‌ترین خروجی با استفاده از این مدل را در شکل ۱

مشاهده می‌کنید.



شکل ۱: نمای کلی مراحل انتخاب مناسب‌ترین خروجی با استفاده از مدل ترکیبی پیشنهادی K نزدیک‌ترین به میانگین

بهبود تخمین عملکرد ریواس می‌تواند مؤثر باشد. در نتیجه برای انتخاب عوامل با اثرگذاری بالا و کاهش تعداد ورودی‌ها از رگرسیون گام‌به‌گام^۴ استفاده شد (۳۹).

ارزیابی عملکرد مدل‌ها: ارزیابی مدل یک بخش همه‌جانبه در فرآیند توسعه مدل است. این فرآیند بهترین مدل در نمایش داده‌ها و کارایی آتی مدل را نشان می‌دهد. جهت اطمینان از روند مدل‌سازی، اعتبارسنجی و ارزیابی دقت و عملکرد مدل‌های موردبررسی در این پژوهش از دو معیار ضریب تعیین^۵ (R^2) و میانگین مربع خطا^۶ (MSE) استفاده شد. این دو معیار به ترتیب از روابط (۱) و (۲) به دست می‌آیند. در این روابط، مؤلفه n تعداد داده‌های مورد ارزیابی و X_i و Y_i به ترتیب i امین داده برآوردی و اندازه‌گیری شده می‌باشند.

$$R^2 = \frac{\sum(y_i - x_i)^2}{\sum(\bar{y} - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{N} \quad \text{رابطه (۲)}$$

اعتبارسنجی مدل‌ها: به‌طور کلی دو روش برای ارزیابی مدل‌ها وجود دارد که شامل کنارگذاشتن^۱ بخشی از داده‌ها و ارزیابی متقاطع^۲ می‌باشند. در روش اول مجموعه داده‌ها به‌صورت تصادفی به زیرمجموعه‌های آموزش و آزمون تقسیم می‌شود و برای تعداد داده‌های بالاست. ولی روش دوم برای تعداد داده‌های محدود ارایه شده که در آن داده‌ها به‌صورت تصادفی به k زیرمجموعه مجزا تقسیم می‌شود که $k-1$ قسمت برای آموزش و یک قسمت برای آزمون استفاده می‌شود. این عمل k بار تکرار می‌شود تا هر یک از زیرمجموعه‌ها حداقل یک‌بار مورد آزمون قرار گیرند. در نهایت برای یک ارزیابی نهایی میانگین‌گیری می‌شود (۱۹). در این پژوهش باتوجه به کم بودن تعداد شهرستان‌های مطالعاتی، برای اعتبارسنجی مدل از روش ارزیابی متقاطع چندلایه‌ای^۳ استفاده و مقدار k برابر با ۱۰ در نظر گرفته شد. علاوه بر این چون تعداد متغیرهای ورودی که معنی‌دار می‌باشند یا به عبارتی $P < 0.1$ در جدول همبستگی بین عملکرد سالیانه ریواس و متغیرهای اقلیمی زیاد است، بنابراین کاهش عامل‌های ورودی و انتخاب عوامل مؤثر در

1- Hold-out

2- Cross-Validation

3- k-Fold

4- Stepwise Regression

5- Coefficient of Determination

6- Mean Squared Error

نتایج

میانگین سطح زیر کشت برای شهرهایی از خراسان رضوی که میزان محصول ریواس آن‌ها در دوره مطالعاتی استخراج شده، ارایه گردیده است.

در ابتدا به منظور تعیین رابطه مناسب بین ناحیه و میزان عملکرد و انتخاب بهترین مدل، ناحیه‌ها بر اساس میزان میانگین عملکرد ریواس در سال‌های مختلف مرتب گردید. در جدول ۱ عملکرد محصول، میانگین تولید و

جدول ۱: نواحی مورد بررسی مرتب شده بر اساس افزایش میانگین تولید در سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۷

| شماره ناحیه | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ |
|------------------------|-------------|------|--------|------|-------|---------|
| ناحیه | تربت حیدریه | خواف | گناباد | مشهد | کاشمر | نیشابور |
| سطح زیر کشت (هکتار) | ۳۹۵ | ۵۰ | ۱۵۳ | ۲۸ | ۱۳۵ | ۲۹۱ |
| میزان تولید (تن) | ۱۲۳ | ۲۱ | ۱۵۳ | ۴۷ | ۲۲۷ | ۵۹۱ |
| عملکرد (کیلو بر هکتار) | ۵۲۹ | ۶۶۶ | ۱۰۰۰ | ۱۵۵۵ | ۱۶۸۹ | ۲۱۳۰ |

رابطه بین شرایط اقلیمی و عملکرد سالانه ریواس:

موردی که لگاریتم عملکرد سالیانه ریواس مورد بررسی قرار گرفته است عوامل روزهای آفتابی (عوامل ۷۰ تا ۷۴) نیز به صورت لگاریتمی در نظر گرفته شده‌اند و این موضوع پس از آزمون‌های مختلف در تخمین میزان تولید، مقدار بزرگی این عوامل و رابطه بیشتر بین این عوامل و میزان تولید ریواس در صورت لگاریتمی در نظر گرفتن این عوامل بوده است.

در جدول‌های ۲ تا ۷ تعداد ۷۴ عامل اقلیمی، عامل سال و ناحیه (شهرستان) که ممکن است با عملکرد سالیانه ریواس رابطه داشته باشند با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شده است. مقادیر $P\text{-Value} < 0.1$ نشان‌دهنده معنادار بودن ضرایب همبستگی می‌باشد. علاوه بر میزان عملکرد سالانه، همبستگی بین عوامل اقلیمی و لگاریتم عملکرد سالیانه ریواس نیز بررسی شده است. در

جدول ۲: نتایج همبستگی بین عملکرد سالانه ریواس (kg/ha)، لگاریتم عملکرد سالانه ریواس (log(kg/ha))، سطح زیر کشت (ha) و

لگاریتم سطح زیر کشت (Log(ha)) با میانگین دمای ماهانه

| کد متغیر | میانگین دمای هوا | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند |
| عملکرد | ۰/۰۱ ^{ns} | -۰/۲۵ ^{ns} | -۰/۰۹ ^{ns} | -۰/۰۴ ^{ns} | -۰/۰۲ ^{ns} | -۰/۰۶ ^{ns} | -۰/۰۵ ^{ns} | -۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۲۲ ^{ns} | ۰/۱۱ ^{ns} | -۰/۰۴ ^{ns} | -۰/۱۵ ^{ns} |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۰۸ ^{ns} | -۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۱ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۲ ^{ns} | ۰/۳۲ [*] | ۰/۱۵ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} |
| سطح زیر کشت | -۰/۳۷ ^{**} | -۰/۲۷ ^{ns} | -۰/۴ ^{**} | -۰/۴۶ ^{**} | -۰/۴۹ ^{**} | -۰/۵۳ ^{**} | -۰/۱۳ ^{ns} | -۰/۲۶ ^{ns} | -۰/۵۱ ^{**} | -۰/۴۱ ^{**} | -۰/۲۹ [*] | -۰/۰۸ ^{ns} |
| لگاریتم سطح زیر کشت | -۰/۲۲ ^{ns} | -۰/۱۵ ^{ns} | -۰/۲۵ ^{ns} | -۰/۳۲ [*] | -۰/۳۷ ^{**} | -۰/۳۵ [*] | -۰/۰۲ ^{ns} | -۰/۰۶ ^{ns} | -۰/۳۸ ^{**} | -۰/۳۴ [*] | -۰/۲۲ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} |

جدول ۳: نتایج همبستگی بین عملکرد سالانه ریواس (kg/ha)، لگاریتم عملکرد سالانه ریواس (log(kg/ha))، سطح زیر کشت (ha) و لگاریتم سطح زیر کشت (Log(ha)) با میانگین دمای حداقل و حداکثر ماهانه

| میانگین دمای هوا | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| کد متغیر | دمای فروردین | | دمای اردیبهشت | | دمای خرداد | | دمای تیر | | دمای مرداد | | دمای شهریور | |
| | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل |
| عملکرد | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ | ۲۲ | ۲۳ | ۲۴ |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۲۶ ^{ns} | ۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۴۵ ^{**} | ۰/۱۳ ^{ns} | ۰/۵۵ ^{**} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۴۴ ^{**} | ۰/۰۹ ^{ns} |
| سطح زیر کشت | ۰/۲۹ [*] | ۰/۴۱ ^{**} | ۰/۱۵ ^{ns} | ۰/۳۶ [*] | ۰/۳۲ ^{**} | ۰/۴۲ ^{**} | ۰/۳۷ ^{**} | ۰/۴۶ ^{**} | ۰/۳۴ [*] | ۰/۴۹ ^{**} | ۰/۴۴ ^{**} | ۰/۵۱ ^{**} |
| لگاریتم سطح زیر کشت | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۲۴ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۱۶ ^{ns} | ۰/۲۸ [*] | ۰/۱۹ ^{ns} | ۰/۳۷ ^{**} | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۴۳ ^{**} | ۰/۲۴ ^{ns} | ۰/۳۶ ^{**} |
| میانگین دمای هوا | | | | | | | | | | | | |
| کد متغیر | دمای مهر | | دمای آبان | | دمای آذر | | دمای دی | | دمای بهمن | | دمای اسفند | |
| | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل |
| عملکرد | ۲۵ | ۲۶ | ۲۷ | ۲۸ | ۲۹ | ۳۰ | ۳۱ | ۳۲ | ۳۳ | ۳۴ | ۳۵ | ۳۶ |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۳۳ [*] | ۰/۱۳ ^{ns} | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۲۹ [*] | ۰/۲۸ [*] | ۰/۱۳ ^{ns} | ۰/۱۶ ^{ns} | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} |
| سطح زیر کشت | ۰/۱۷ ^{ns} | ۰/۳۸ ^{**} | ۰/۰۱ ^{ns} | ۰/۳۴ [*] | ۰/۴۲ ^{**} | ۰/۴۲ ^{**} | ۰/۳۹ ^{**} | ۰/۴۲ ^{**} | ۰/۳۱ [*] | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۱۹ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} |
| لگاریتم سطح زیر کشت | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۲۲ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۱۵ ^{ns} | ۰/۳۵ [*] | ۰/۳۴ [*] | ۰/۳۳ [*] | ۰/۳۳ [*] | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} |

جدول ۴: نتایج همبستگی بین عملکرد سالانه ریواس (kg/ha)، لگاریتم عملکرد سالانه ریواس (log(kg/ha))، سطح زیر کشت (ha) و لگاریتم سطح زیر کشت (Log(ha)) با دامنه تغییرات دمای ماهانه

| دامنه تغییرات دما | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| کد متغیر | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی | بهمن | اسفند |
| | عملکرد | ۳۷ | ۳۸ | ۳۹ | ۴۰ | ۴۱ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۴۷ |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۳۴ [*] | ۰/۴ ^{**} | ۰/۶۲ ^{**} | ۰/۶۷ ^{**} | ۰/۴۱ ^{**} | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} | ۰/۰۹ ^{ns} |
| سطح زیر کشت | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۳۳ [*] | ۰/۲۹ [*] | ۰/۲۸ [*] | ۰/۳۵ [*] | ۰/۴۲ ^{**} | ۰/۳۳ [*] | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۳۹ ^{**} |
| لگاریتم سطح زیر کشت | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۲۸ [*] | ۰/۳۳ [*] | ۰/۲۲ ^{ns} | ۰/۳ [*] | ۰/۳ [*] | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۰۱ ^{ns} | ۰/۰۸ ^{ns} | ۰/۳ [*] |

جدول ۵: نتایج همبستگی بین عملکرد سالانه ریواس (kg/ha)، لگاریتم عملکرد سالانه ریواس (log(kg/ha))، سطح زیر کشت (ha) و لگاریتم سطح زیر کشت (Log(ha)) با دمای میانگین، حداکثر و حداقل فصلی

| کد متغیر | دمای فصلی | | | بهار | | | تابستان | | | پاییز | | | زمستان | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز |
| عملکرد | ۴۹ | ۵۰ | ۵۱ | ۵۲ | ۵۳ | ۵۴ | ۵۵ | ۵۶ | ۵۷ | ۵۸ | ۵۹ | ۶۰ | ۶۱ | ۶۲ | ۶۳ |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۱۷ ^{ns} | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۲۱ ^{ns} | ۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۰۱ ^{ns} | ۰/۰۸ ^{ns} | ۰/۴۷ ^{**} | ۰/۰۸ ^{ns} | ۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۲۸ [*] | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۱۴ ^{ns} | ۰/۰۴ ^{ns} | ۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} |
| سطح زیر کشت | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۵۳ ^{**} | ۰/۳۷ ^{**} | ۰/۳۳ [*] | ۰/۳۳ [*] | ۰/۲۵ ^{ns} | ۰/۴۶ ^{**} | ۰/۴۵ ^{**} | ۰/۴۴ ^{**} | ۰/۲۹ [*] | ۰/۳۱ [*] | ۰/۳۳ [*] | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۱۴ ^{ns} | |
| لگاریتم سطح زیر کشت | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۳۷ ^{**} | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۲۳ ^{ns} | ۰/۲۴ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} | ۰/۲۸ [*] | ۰/۳ [*] | ۰/۳۵ [*] | ۰/۰۹ ^{ns} | ۰/۲۶ ^{ns} | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۱۸ ^{ns} | |

جدول ۶: نتایج همبستگی بین عملکرد سالانه ریواس (kg/ha)، لگاریتم عملکرد سالانه ریواس (log(kg/ha))، سطح زیر کشت (ha) و لگاریتم سطح زیر کشت (Log(ha)) با رطوبت نسبی و بارش فصلی

| کد متغیر | رطوبت نسبی | | | بارش فصلی | | | رطوبت نسبی | | | بارش فصلی | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز | بهار | تابستان | پاییز |
| عملکرد | ۶۱ | ۶۲ | ۶۳ | ۶۴ | ۶۵ | ۶۶ | ۶۷ | ۶۸ | ۶۹ | ۷۰ | ۷۱ | ۷۲ |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۲۸ ^{ns} | ۰/۱۶ ^{ns} | ۰/۳۴ [*] | ۰/۱۶ ^{ns} | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۱۸ ^{ns} | ۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۰۷ ^{ns} | ۰/۰۳ ^{ns} | ۰/۰۵ ^{ns} | ۰/۱۵ ^{ns} |
| سطح زیر کشت | ۰/۲۷ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۲۷ ^{ns} | ۰/۲۹ [*] | ۰/۲ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۱۵ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۰۶ ^{ns} | ۰/۱۴ ^{ns} | ۰/۱۴ ^{ns} |
| لگاریتم سطح زیر کشت | ۰/۱۲ ^{ns} | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۳ ^{ns} | ۰/۱۴ ^{ns} | ۰/۱۱ ^{ns} | ۰/۱ ^{ns} | ۰/۰۸ ^{ns} | ۰/۰۸ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} | ۰/۰۲ ^{ns} |

جدول ۷: نتایج همبستگی بین عملکرد سالانه ریواس (kg/ha)، لگاریتم عملکرد سالانه ریواس ((log(kg/ha))، سطح زیر کشت (ha) و لگاریتم سطح زیر کشت (Log(ha)) با ساعات آفتابی فصلی، عملکرد و سطح زیر کشت ریواس

| کد متغیر | آفتابی فصلی | | | | | |
|---------------------|-------------|---------|--------|--------|----------------|--------|
| | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | آفتابی سالیانه | سال |
| عملکرد | ۷۰ | ۷۱ | ۷۲ | ۷۳ | ۷۴ | ۷۵ |
| لگاریتم عملکرد | ۰/۶۴** | ۰/۵۴** | ۰/۵۴** | ۰/۵۵** | ۰/۷** | ۰/۴۳** |
| سطح زیر کشت | ۰/۲۷** | ۰/۰۸** | ۰/۰۶** | ۰/۲۱** | ۰/۲۲** | ۰/۴۴** |
| لگاریتم سطح زیر کشت | ۰/۲۲** | ۰/۱۷** | ۰** | ۰/۱۶** | ۰/۱۷** | ۰/۴۳** |
| عملکرد سالیانه | ۷۹ | ۷۸ | ۷۸ | ۷۷ | ۷۶ | ۷۵ |
| عملکرد سالیانه | ۰/۱۳** | ۰/۰۵** | ۰/۱۳** | ۰/۱۳** | ۰/۱۳** | ۰/۱۳** |

موضوع که معمولاً برای رشد ریواس نیاز به بهار (فصل رشد و برداشت محصول) با بارش بالا و روزهای آفتابی کمتر می‌باشد و تعداد روزهای آفتابی کمتر در طی فصول و سال نیز می‌تواند معیاری از این موضوع باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان عملکرد ریواس با میزان بارش فصل بهار (عامل ۶۵) رابطه مستقیم دارد. در نهایت با توجه به اینکه شماره نواحی بر اساس میانگین تولید در هر شهرستان مرتب شده است بین میزان تولید و شماره شهرستان رابطه مثبت وجود دارد. همچنین با افزایش سال میزان عملکرد ریواس افزایش یافته است. ولی به‌رحال در این پژوهش برای تخمین عملکرد سالانه ریواس از این دو عامل استفاده نشده است و سعی بر این بوده است که فقط از شرایط اقلیمی برای تخمین عملکرد ریواس استفاده شود.

روش رگرسیون گام‌به‌گام، عامل‌های مؤثر (۹، ۳۸، ۴۱، ۵۵ و ۷۴) را در میزان تولید ریواس (لگاریتم تولید) مؤثر تشخیص داده است که این فاکتورها به‌همراه ضریب همبستگی آن‌ها در جدول ۸ آورده شده است. همان‌طور که در جدول‌های همبستگی ۲ تا ۷ مشاهده می‌شود تمام این مقادیر همبستگی معنی‌داری با لگاریتم میزان تولید ریواس دارند.

نتیجه اجرای همبستگی بین ۷۴ پارامتر اقلیمی با میزان عملکرد ریواس به‌روش پیرسون حاکی از وجود رابطه معکوس (همبستگی منفی) بین دمای متوسط اردیبهشت (عامل ۲) با میزان عملکرد در سطح اطمینان $P < 0.05$ (Value < 0.1) می‌باشد. به‌طوری‌که هر چه دمای اردیبهشت کمتر باشد میزان عملکرد بیشتر است و از آنجاکه فصل اردیبهشت فصل رشد و برداشت این محصول است و همچنین ریواس به‌صورت دیم کاشت می‌شود این ارتباط توجیه‌پذیر است. دمای حداکثر و حداقل ماه‌های تابستان شامل عوامل ۱۹ تا ۲۴ به‌ترتیب ضریب مثبت و منفی دارند. یعنی در تابستان تغییرات دما باید زیاد باشد به‌طوری‌که بیشترین حداکثر دما و کمترین حداقل دما را داشته باشند. این موضوع را در عوامل ۳۸ تا ۴۲ نیز می‌توان دید که میزان عملکرد ریواس در مناطقی که تغییرات دمای ماه‌های اردیبهشت تا شهریور آن زیاد است بیشتر است. همچنین میزان عملکرد ریواس در مناطقی که تابستان گرم‌تر دارند (عامل ۵۵) و میزان رطوبت آن در بهار با توجه به اینکه کشت ریواس به‌صورت دیم است بیشتر است (عامل ۶۱). میزان عملکرد با روزهای آفتابی فصل‌های بهار تا زمستان و یا به‌طور کلی روزهای آفتابی سالیانه (عوامل ۷۰ تا ۷۴) رابطه منفی دارد. این دلیل می‌تواند مرتبط باشد به این

جدول ۸: عوامل اقلیمی مؤثر پس از اعمال روش گام‌به‌گام در میزان عملکرد ریواس

| شماره عامل | میانگین دمای آذر | دامنه تغییرات دمای اردیبهشت | دامنه تغییرات دمای مرداد | حداکثر دمای تابستان | لگاریتم ساعت آفتابی سالیانه |
|------------|------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
| ۹ | ۳۸ | ۴۱ | ۵۵ | ۷۴ | ۰/۶۱ |
| ۰/۳۲ | ۰/۳۴ | ۰/۶۷ | ۰/۴۷ | ۰/۶۱ | - |

نهایت روش و تعداد لایه و نورون‌های موجود در هر لایه که بهترین عملکرد را دارد انتخاب شد. از بین نتایج آزمون‌های انجام‌شده، جدول ۹ حالت‌های مختلف برازش الگوریتم

در روش شبکه عصبی، برای تعیین تعداد نورون‌ها در هر یک از لایه‌ها، الگوریتم آموزش و نوع تابع اعمالی در لایه‌های به‌کاررفته آزمون‌های مختلفی انجام شد که در

همه مدل‌ها دارد جواب خوبی ارائه می‌دهد و دارای دقت بهتری است.

جدول ۱۰: اثر انتخاب ورودی متفاوت به الگوریتم از بین عامل‌های اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد سالانه ریواس در دو مرحله آموزش و آزمون

| روش مورد بررسی | ورود همه عوامل | | | | ورود عوامل مؤثر (۹، ۳۸، ۴۱، ۵۵، ۷۴) به روش گام به گام | | | |
|-------------------------------|----------------|------|-------|-------|---|------|-------|-------|
| | R ² | MSE | آموزش | آزمون | R ² | MSE | آموزش | آزمون |
| رگرسیون خطی | ۱/۰۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۸۳ | ۰/۷۴ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ |
| رگرسیون درجه دوم خالص | ۱/۰۰ | ۰/۳۷ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۸۵ | ۰/۶۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۲ |
| رگرسیون تعاملی | ۱/۰۰ | ۰/۳۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۹۱ | ۰/۶۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| رگرسیون درجه دوم | ۱/۰۰ | ۰/۱۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰/۹۳ | ۰/۴۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۳ |
| شبکه عصبی | ۰/۵۴ | ۰/۲۵ | ۰/۰۲ | ۰/۰۵ | ۰/۸۴ | ۰/۷۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ |
| تشخیصی الگو | ۰/۷۸ | ۰/۴۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۳ | ۰/۵۲ | ۰/۵۱ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ |
| طبقه‌بندی ممیزی | ۱/۰۰ | ۰/۴۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۸۹ | ۰/۶۷ | ۰/۰۰ | ۰/۰۲ |
| درخت طبقه‌بندی | ۰/۳۹ | ۰/۱۸ | ۰/۰۴ | ۰/۰۸ | ۰/۵۰ | ۰/۳۹ | ۰/۰۳ | ۰/۰۴ |
| درخت رگرسیون | ۰/۸۷ | ۰/۳۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۸۲ | ۰/۵۹ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ |
| جنگل تصادفی | ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۶ | ۰/۰۹ | ۰/۹۳ | ۰/۶۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین همسایه | ۱/۰۰ | ۰/۳۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۱/۰۰ | ۰/۶۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۲ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=1) | ۰/۹۶ | ۰/۶۴ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=2) | ۰/۹۷ | ۰/۶۸ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=3) | ۰/۹۷ | ۰/۶۹ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=4) | ۰/۹۸ | ۰/۷۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=5) | ۰/۹۹ | ۰/۷۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=6) | ۰/۹۹ | ۰/۷۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=7) | ۰/۹۹ | ۰/۷۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۳ | ۰/۸۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=8) | ۰/۹۹ | ۰/۷۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۳ | ۰/۷۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=9) | ۰/۹۹ | ۰/۶۸ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۴ | ۰/۷۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=10) | ۰/۹۸ | ۰/۷۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۴ | ۰/۷۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| K نزدیکترین به میانگین (k=11) | ۰/۹۶ | ۰/۶۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |

بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج کلی این پژوهش از بین ۷۴ پارامتر اقلیمی، ۲۰ پارامتر دمای متوسط اردیبهشت، میانگین دمای حداکثر و حداقل ماه‌های تابستان (تیر، مرداد و شهریور)، دامنه تغییرات دمای زیاد در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور، حداکثر دمای فصل تابستان، میزان رطوبت نسبی در فصل بهار، میزان بارندگی در فصل بهار و روزهای آفتابی فصل‌های بهار تا زمستان و یا به‌طور کلی روزهای آفتابی سالیانه تأثیر بسزایی در میزان عملکرد سالیانه ریواس در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارند.

برای برآورد تولید که عملکرد اصلی مراتع است، نیازمند اطلاعات کافی هستیم تا بتوان بر مبنای عوامل تأثیرگذار برآورد صحیحی از تولید داشته باشیم. طبق مطالعات، عوامل توپوگرافی بر تولید مناطق اثرگذار است و

به صورت غیرمستقیم نیز با پارامترهای دما، بارش، رطوبت و خاک ارتباط دارد (۱۷).

رویش گونه‌های مرتعی در مناطق مختلف تحت تأثیر عوامل محیطی و زیستی هر منطقه است. برای مشخص نمودن رویشگاه بالقوه برای هر یک از گونه‌های مرتعی، انجام مطالعاتی در زمینه نیازهای اکولوژیکی گونه‌ها و نیز خصوصیات اقلیمی و اداکیکی آن برای اعمال مدیریت منطبق با شرایط اکولوژیکی منطقه مطالعاتی، ضرورت دارد. بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه بررسی ارتباط پوشش گیاهی با عوامل اکولوژیکی و تعیین مهمترین عامل یا عوامل مؤثر در پراکنش پوشش گیاهی نشان می‌دهد که محققان برای استخراج این روابط عموماً از روش‌هایی همچون آنالیز گرادیان مستقیم، آنالیز تجزیه‌های افزونگی غیرعادی (RDA)، رسته‌بندی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA)، رگرسیون لجستیک، تحلیل عاملی و روش‌های

خوشه‌بندی استفاده کرده‌اند (۴۱). در رابطه با تأثیر مثبت بارندگی در فصل بهار بر عملکرد ریواس، در مطالعه عبداللهی و همکاران (۲۰۱۴) بارش فروردین‌ماه همبستگی مثبت بالایی با تولید گونه *Lactuca orientalis* نشان داد. اکبرزاده و همکاران (۲۰۰۷) و حسینی و همکاران (۲۰۰۱) نیز 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 ذخیره شده و قبل از نفوذ به عمق خاک، به سرعت تبخیر شوند. در رابطه با تأثیر دما در عملکرد ریواس، عبداللهی و همکاران (۲۰۱۴) همبستگی بالای حداکثر درجه حرارت ماه‌های اردیبهشت و فروردین و اثر منفی آن‌ها را بر تولید گونه‌های منطقه نشان از نقش مؤثر متغیر اقلیمی حداکثر درجه حرارت در منطقه دانستند. مونتستگ (۲۰۰۷) در بررسی پاسخ تولید چراگاه‌های مغولستان در برابر متغیرهای اقلیمی دما و بارش، افزایش درجه حرارت تیر (جولای) را عامل اصلی کاهش تولید گراسلندهای این منطقه معرفی کرده‌اند. دهقانپور و همکاران (۲۰۱۴) نیز در مطالعه خود میانگین و حداکثر دمای مطلق ژانویه (دی)، فوریه (بهمن)، مه (اردیبهشت) و ژوئن (خرداد) را مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در عملکرد گندم معرفی کردند. لبل و آنسر (۲۰۰۳) در بررسی تغییرات آب و هوا بر عملکرد ذرت و سویا در آمریکا، پنگ و همکاران (۲۰۰۴) بر عملکرد برنج در فیلیپین و لیانگ ژی و همکاران (۲۰۰۵) بر عملکرد گندم در چین به تأثیر منفی درجه حرارت بر عملکرد محصولات دست یافتند. باتوجه به اینکه در این پژوهش شماره نواحی بر اساس میانگین تولید در هر شهرستان مرتب شده است، از نظر تولید ریواس شهرستان نیشابور بیشترین و تربت‌حیدریه کمترین عملکرد را دارا می‌باشند. بهترین و مرغوب‌ترین ریواس در ایران، در نیشابور، تولید می‌شده و می‌شود. نیشابور را می‌توان ریواس‌شهر ایران زمین نامید. در کوهپایه‌های نیشابور، کار داشت ریواس بسته به دمای هوا معمولاً از ماه آخر زمستان شروع شده و در نیمه‌های اردیبهشت تا خردادماه، محصول برداشت می‌شود (۱۳). در روش رگرسیون گام‌به‌گام نیز، پنج پارامتر اقلیمی همچون دمای متوسط آذرماه، دامنه تغییرات دمای اردیبهشت و مرداد، حداکثر دمای فصل تابستان و ساعات آفتابی سالیانه تأثیر

بسیاری در میزان تولید ریواس (لگاریتم تولید) دارند. باتوجه به این بخش از پژوهش ارتباطی بین عملکرد ریواس و بارندگی وجود ندارد. در مطالعه بیات و همکاران (۲۰۱۶) برخلاف این بخش از تحقیق حاضر (روش رگرسیون گام‌به‌گام) تنها بین تولید علوفه و بارندگی رابطه وجود دارد. در تخمین عملکرد ریواس بر مبنای عوامل اقلیمی، در ارتباط با تمام عوامل معنادار، روش الگو در مرحله آزمون و چهار روش رگرسیونی، طبقه‌بندی ممیزی و k نزدیک‌ترین همسایه در مرحله آموزش و با ورود عوامل مؤثر به روش گام‌به‌گام، روش رگرسیون خطی در مرحله آزمون و روش k نزدیک‌ترین همسایه در مرحله آموزش با بالاترین ضریب تبیین عملکرد ریواس را بهتر از سایر روش‌ها تخمین زدند. باقری و همکاران (۲۰۱۲) در پیش‌بینی عملکرد ذرت علوفه‌ای، آلواز (۲۰۰۹) و پارخ و سوریانارایانا (۲۰۱۲) در پیش‌بینی عملکرد گندم و کائول و همکاران (۲۰۰۵) در پیش‌بینی عملکرد ذرت و سویا، روش شبکه عصبی مصنوعی را بهترین روش جهت پیش‌بینی معرفی کردند. همچنین سینگ و سینگ (۲۰۱۷) در ارزیابی عملکرد محصول گندم الگوریتم طبقه‌بندی درخت تصادفی، آشوب‌نیرانی و ویدیاواتی (۲۰۱۵) جهت پیش‌بینی عملکرد نیشکر الگوریتم درخت تصمیم و ساولا و همکاران (۲۰۱۵) جهت پیش‌بینی عملکرد سویا الگوریتم بگینگ را مناسب‌ترین تکنیک طبقه‌بندی برای تخمین عملکرد محصولات معرفی کردند. در نهایت روش پیشنهادی KNM که از میانگین تمام موارد انتخاب می‌کند برای $K=6$ در ارتباط با تمام عوامل معنادار و $K=7$ با ورود عوامل مؤثر به روش گام‌به‌گام جواب خوبی ارائه می‌دهد و دارای دقت بهتری در تخمین عملکرد ریواس است. به‌طور کلی در عمده پژوهش‌های انجام شده، عوامل اقلیمی (متوسط بارندگی سالانه، متوسط دمای سالانه و متوسط رطوبت نسبی سالانه)، خاک‌شناسی و توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) به عنوان عوامل مهم محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج عمده مطالعات در این زمینه نشان می‌دهد که بین پراکنش پوشش گیاهی و عوامل اکولوژیکی رابطه معناداری وجود دارد و به‌طور کلی عوامل محیطی مورد بررسی نقش مؤثری در پراکنش گونه‌های مرتعی و تعیین گروه گونه‌های اکولوژیک مناطق مختلف دارند (۴۱).

تصمیم‌گیری در چندین موضوع مرتبط با حوزه منابع طبیعی بازی می‌کند. لذا مفید است اطلاعات مربوط به سناریوی فعلی تکنیک‌های داده‌کاوی و برنامه‌های کاربردی را در زمینه مدیریت مراتع و پیش‌بینی به‌دست آوریم. همچنین پیشنهاد می‌شود وضعیت رطوبت و بافت خاک، عوامل اقلیمی و شاخص‌های خشکسالی متنوع‌تری در مطالعات مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش به شماره ۳۴ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه انجام گردیده است که بدین وسیله مراتب تقدیر نسبت به این حمایت‌های مالی اعلام می‌گردد.

ارزیابی نیازهای اکولوژیکی و رویشگاه‌های بالقوه برای گونه‌های مرتعی، به عنوان راهکاری برای شناخت الگوهای بهبود یا دلایل تخریب این گونه‌ها مورد نیاز می‌باشد. تا در راستای توسعه مراتع و جلوگیری از تخریب آن مورد استفاده قرار گیرد. مطالعاتی از این دست می‌تواند مدیران مرتع را در اتخاذ تصمیمات بهینه در توسعه مراتع و مدیریت منابع طبیعی یاری رساند. اصلاح و احیاء مراتع عملیاتی است که همواره مدنظر مدیران منابع طبیعی کشور قرار دارد. در نتیجه استفاده از داده‌کاوی در علوم منابع طبیعی می‌تواند وضعیت تصمیم‌گیری را تغییر دهد تا مدیران بتوانند به شیوه‌های بهتر و با ایده‌های مناسب‌تر عمل کنند تا سیاست‌های بهتری را برای بهره‌برداران مراتع ایجاد کنند. چراکه تصمیمات مدیریتی بیش از تغییرات اقلیمی می‌توانند تعیین‌کننده عملکرد گونه‌های مرتعی باشند. داده‌کاوی نقش مهمی را در

References

1. Abdollahi, J., H. Arzani, H. Naderi & M.R. Mirjalili, 2014. Range forage production response to rainfall and temperature variability in Garize-Sofla area, Yazd. *Watershed Management Research*, 27(2): 165-174. (in Persian)
2. Akbarzadeh, M., M.R. Moghadam, A. Jalili, M. Jafari & H. Arzani, 2007. Effect of precipitation on cover and production of rangeland Plants in Polour. *Journal of the Iranian Natural Resource*, 60(1): 307-322. (in Persian)
3. Alvarez, R., 2009. Predicting average regional yield and production of wheat in the argentine pampas by an artificial neural network approach. *European Journal of Agronomy*, 30(2): 70-77.
4. Ashwinirani, S.R. & B.M. Vidyavathi., 2015. Ameliorated Methodology for the Design of Sugarcane Yield Prediction Using Decision Tree. *Compusoft*, 4(7): 1882-1889.
5. Bagheri, S., M. Gheysari, Sh. Ayoubi & N. Lavaee, 2012. Silage maize yield prediction using artificial neural networks. *Journal of Plant Production*, 19(4): 77-96. (in Persian)
6. Bahrami, B. & A. Ghorbani., 2015. Evaluation of neural network and regression models to predict species diversity using some soil and physiographic factors (Case Study: Kharabeh Sanji watershed of Urmia). *Journal of Natural Ecosystems of Iran*, 5(2): 65-80. (in Persian)
7. Bashiri, M., A. Maroosi, A. Salari & M. Ghodoosi, 2018. Climatic zonation and land suitability determination for saffron in the Khorasan-Razavi province using data mining algorithms. *Saffron Agronomy & Technology*, 5(4): 379-392. (in Persian)
8. Bayat, M., H. Arzani, A. Jalili & S. Nateghi, 2016. The Effects of Climatic Parameters on Vegetation Cover and Forage Production of Four Grass Species in Semi-steppe Rangelands in Mazandaran Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 6(4): 368-376. (in Persian)
9. Bazyar, F., G. Dianati & S.J. Alavi, 2018. Comparison of the ecological amplitude of *Trifolium repens* and *Phlomis cancellata* to some environmental variables using HOF function (Case study: Glandrood watershed- Mazandaran province). *Rangeland*, 12(2): 124-137. (in Persian)
10. Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine learning*, 45(1): 5-32.
11. Breiman, L. & A. Cutler., 2004. Random Forests. [Online] Available: [http://www. Stat. Berkeley](http://www.Stat.Berkeley).
12. Dehghanpour, A., R. Dehghanizadeh & M. Fallahpour, 2014. Investigating Most Important Climatic Parameters Affecting Performance of Wheat Crop with a Climate Change Approach: Case Study on Central Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(8): 422-429. (in Persian)

13. Emad, M., F. Gheybi, S.M. Rasouli, R. Khanjanzadeh & S. Mohammadi-Jozani, 2012. Collection of Medical-industrial plants, Rhubarb. Tehran Puneh Publishing, 48 p. (in Persian)
14. Farajzadeh, M. & A. Zarrin., 2002. Modeling the yield of rainfed wheat according to agricultural climatology criteria in West Azarbayjan province. Human Sciences Quarterly, 6(2): 77-98. (in Persian)
15. Ghasemi, Z.S., 2011. Assessment of the effects of environmental changes such as climate and topographic on spatial distribution patterns of rangeland species *Dactylis glomerata* L. and *Thymus kotschyanus* Boiss and Hohen. in Khalkhal and Kowsar counties, Ardabil province. Master's Thesis, University of Mohaghegh Ardabili, 119 p. (in Persian)
16. Ghorbani, A., F. Dadjoo, M. Moameri, M. Bidar-Lord & K. Hashemi-Majd, 2018. Investigating the relationships between net primary production with physiographic factors in Hir and Neur rangelands in Ardabil province. Rangeland, 12(1): 73-88. (in Persian)
17. Ghorbani, A., M. Moameri, F. Dadjou & M. Bidar-Lord, 2018. Effect of topographic attributes on grasses aboveground net primary production in Hir - Neur rangelands (Ardabil province). 7th National Conference on Range and Range Management of Iran. 8-9 May, Karaj, 15p. (in Persian)
18. Haeri, M., D. Asemani & S. Gharibzadeh, 2003. Modeling of pain using artificial neural networks. Journal of Theoretical Biology, 220(3): 277-284. (in Persian)
19. Han, J., M. Kamber & J. Pei., 2006. Data preprocessing. Data mining: concepts and techniques. San Francisco: Morgan Kaufmann, 740 p.
20. Hassanzadeh-Kuhsareh, E., A. Ghorbani, M. Moameri, K. Hashemi-Majd & A. Pounemati, 2018. Net primary production variations under the effect of topographic factors in mountain rangelands of Namin county. Journal of Range and Watershed Management, 70 (4): 851-867. (in Persian)
21. Hosseini, S.Z., S.T. Mirjani & A. Safari, 2002. Investigation of relationship between annual precipitation and yield of Medicago sativa, station of rangelands research, Hamande Absard. Proceedings of the second range and range management seminar, Karaj, Iran, 5-7 February: 459-462. (in Persian)
22. Jafari, A., G. Taheri, B. Baradaran & A.R. Bahrami, 2012. Rheum khorasanicum (Polygonaceae), a new species from Iran. Annales Botanici Fennici, 49(4): 255-258.
23. Johnson, R.A. & D.D. Vicherne., 2007. Statistical Analysis of Applicable Multivariate (Translation). Ferdowsi University of Mashhad Press, 740 p. (in Persian)
24. Kaul, M., R.L. Hill & C. Walthall, 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. Journal of Agricultural System, 85(1): 1-18.
25. Khoshgoftaar, T.M., M. Golawala & J. Van-Hulse, 2007. An empirical study of learning from imbalanced data using random forest. Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Patras, Greece, 29- 31 October: 310-317.
26. Liangzhi, Y., W. Mark, F. Cheng & W. Stanly, 2005. Impact of global warming on Chinese Wheat productivity. International Food Policy Research Institute, Ept Discussion paper, 143: 1-14.
27. Lobell, D.B. & G.P. Asner., 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields. Science, 299(5609): 1032-1032.
28. Mohammadi, H., 2007. Applied climatology. Tehran University Press, 260 p. (in Persian)
29. Mosayebi, M., A. Ghorbani & A. Pournemati, 2018. Ecological factors affecting the distribution of *Agropyron libanoticum* Hack. ex Kneuk. (A case study: rangelands of the upstream of AmirKabir dam, Alborz province). Rangeland, 12(3): 255-266. (in Persian)
30. Munkhtsetseg, E., R. Kimura, J. Wang & M. Shinoda, 2007. Pasture yield response to precipitation and high temperature in Mongolia. Journal of Arid Environments, 70(1): 94-110.
31. Nasoohi, Gh.H., 2002. Meteorology in agriculture. Isfahan Press, 140 p. (in Persian)
32. Nelles, O., 2002. Nonlinear system identification. Measurement Science and Technology, 13(4): 646.
33. Parekh, F.P. & T.M.V. Suryanarayana., 2012. Impact of climatological Parameters on yield of wheat using neural network fitting. International Journal of Modern Engineering Research, 2(5): 3534-3537.
34. Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong & K.G. Cassman, 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. The National academy of Sciences of the United States of America, 101(27): 9971-9975.

35. Rashvand, S., H. Yeganeh & M. Moameri, 2016. Investigating the production and consumption vegetation of two species from Agropyron genus (Case study: Alamout mountain rangelands-Ghazvin). Rangeland, 10(1): 124-134. (in Persian)
36. Salau, O.R., M. Momoh, O.A. Olaleye & R.S. Owoeye, 2016. Effects of Changes in Temperature, Rainfall and Relative Humidity on Banana Production in Ondo State, Nigeria. World Scientific News, 44: 143-154.
37. Savla, A., N. Israni., P. Dhawan., A. Mandholia., H. Bhadada & S. Bhardwaj, 2015. Survey of classification algorithms for formulating yield prediction accuracy in precision agriculture. Proceedings of the 2015 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, India, 19 - 20 March: 1-7.
38. Singh, R. & G. Singh., 2017. Wheat Crop Yield Assessment Using Decision Tree Algorithms. International Journal, 8(5): 1809-1817.
39. Studentmund, A.H., 2005. Using Econometrics: A Practical Guide. Prentice Hall, 172 p.
40. Tavakkoli, A., 2009. Effect of Climate Parameters on Wheat Crop Production in Arasbaran. Master's thesis, Islamic Azad University, Ahar Branch, 88 p. (in Persian)
41. Zamani, H., A. Heshmatpour & M. Borhani, 2014. Investigation of some ecological factors in species distribution of rangeland plants. 1st National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran: 1-8. (in Persian)
42. Zare-Chahouki, M., M. Abbasi & H. Azarnivand, 2018. Prediction of potential habitat for Stipa barbata species using maximum entropy model (Case Study: Taleghan Miany rangelands). Rangeland, 12(1): 35-47. (in Persian)