دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

بررسی عوامل بیوکلیماتولوژی بر پیش‌بینی عملکرد زنبورعسل در شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شاهین‌دژ)

رضا نوروز ولاشدی[۱] و حدیقه بهرامی پیچاقچی[۲]

۱- استادیار هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، (نویسنده مسوول: r.norooz@sanru.ac.ir)
۲- دانشجوی هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۳۱
صفحه: ۱۲۰ تا ۱۲۸

چکیده

عناصر اقلیمی ازجمله عوامل تأثیرگذار بر عملکرد محصولات مختلف زراعی و دامی هستند. با توجه به تغییرات اقلیمی پیش‌رو، بررسی تأثیر شاخص‌های اقلیمی بر تولیدات دامی در حال حاضر می‌تواند یک چالش مهم برای تولیدکنندگان باشد. پیش‌بینی عملکرد محصول از مهم‌ترین موضوعات مورد بررسی در بحث امنیت غذایی، جهت افزایش کارایی اقتصادی تولیدات دامی است. در این پژوهش ارتباط عناصر و شاخص‌های اقلیمی با عملکرد زنبورعسل در شهرستان شاهین‌دژ مورد بررسی قرار گرفت. طول دوره آماری ۱۲ سال از سال ۲۰۰۷ لغایت ۲۰۱۸ بوده است. نخست، عناصر و شاخص‌های اقلیمی که دارای همبستگی بالا و معنی‌دار با عملکرد محصول بودند مشخص شدند. سپس با رعایت پیش‌فرض‌ها مدل پیش‌بینی عملکرد عسل ارائه شد. اعتبار مدل مبنی بر خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته، سپس نرمال بودن توزیع مقادیر خطا و استقلال مقادیر خطاها بوده است. که در نهایت نرمال بودن توزیع متغیر وابسته مورد آزمون قرار گرفت. خروجی نتایج مدل نشان داد که عملکرد محصول با دما دارای رابطه معنی‌داری است. جذر مجموع مربعات خطا جهت برآورد دقت مدل عملکرد برابر ۱۱ درصد بوده است. لذا می‌توان با دقت بسیار خوبی بیان داشت، اثر تغییر آب و هوا به ازای افزایش نیم درجه‌ای دما عملکرد عسل را در حدود ۴۰ تن در سال کاهش خواهد داد. نتایج بررسی روند شاخص‌های اقلیمی حدی گرم و سرد که توسط گروه کارشناسی آشکارسازی تغییرات اقلیمی سازمان جهانی هواشناسی ارائه شد، نشان می‌دهد منطقه مورد مطالعه روند گرم شدن را سپری می‌کند. لذا تغییر عملکرد زنبورعسل به‌طور عمده تحت تأثیر عوامل اقلیمی بوده است. لذا پیشنهاد می‌شود، از گونه‌های زنبورعسل مقاوم و سازگار با شرایط تغییراقلیم جهت افزایش عملکرد استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان غربی، اقتصادی، نوسانات آب و هوا، شاخص‌های اقلیمی، مدل‌سازی

مقدمه

آب و هوا، هم به لحاظ میانگین‌ها و هم رویدادهای حدی از جمله عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد محصولات است. رویدادهای حدی آب و هوایی، در حال حاضر یک چالش مهم برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی است، که در حال افزایش بوده و پیش‌بینی و محاسبه اثرات آن بر عملکرد محصولات از مهمترین موضوعات مورد بررسی در بحث امنیت غذایی، جهت افزایش کارایی اقتصادی تولیدات است (۱۰). محصولات کشاورزی همیشه در معرض خطر نوسان‌های آب، هوا و تغییر اقلیم و تأثیر مستقیم و غیر مستقیم در بازارهای بین‌المللی بوده‌است. این احتمال خطر هرگز کاملا از بین نمی‌رود، اما با شناخت متغیرهای مختلف موثر بر عملکرد محصول و در نتیجه به‌وسیله تخمین میزان محصول قبل از فصل برداشت می‌توان آن را به‌حداقل رساند (۱۶).

زنبورداری نیز یکی از همین بخش‌هاست که تحت تأثیر عوامل اقلیمی و هواشناسی است. این علم به‌عنوان یکی از رشته‌های کشاورزی در اکثر کشورهای دنیا به رسمیت شناخته شده است (۶). زنبورعسل جانوری متعلق به دسته حشرات و از راسته پرده‌بالان است (۳). علم مطالعه و ارزیابی تأثیرات هوا و اقلیم روی موجودات زنده اعم از گیاهی و جانوری را بیوکلیماتولوژی یا اقلیم‌شناسی زیستی می‌نامند (۱۱). پرورش زنبورعسل به‌عنوان یکی از رشته‌های کشاورزی متأثر از شرایط آب و هوایی است. با شناسایی و تعیین پتانسیل‌های اقلیمی هر منطقه می‌توان شرایط زیستی هر گونه گیاهی و جانوری را بر اساس شرایط فنولوژی آن ازنظر زمانی و مکانی مشخص نمود (۶) یکی از سه عامل اساسی در زنبورداری در جهان آب و هواست (۶). ارتباط زنبورعسل با عوامل اقلیمی در شکل ۱ نشان داده شده است. مطالعات هواشناسی کشاورزی را می‌توان به طریقه مؤثری در بهره‌برداری از منابع شهد ساز به کار برد (۶). زنبورداری ارتباط تنگاتنگی با وضعیت اقلیمی دارد (۶). بر اساس آمار سازمان خوار بار جهانی (FAO) بیش از هفتاد میلیون کلنی زنبورعسل در جهان وجود دارد که محصولات تولیدی آن‌ها برای تأمین نیازهای غذایی، دارویی، بهداشتی، صنعتی، پزشکی و درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳).

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

شکل ۱- ارتباط زنبورعسل با عناصر هوا و اقلیم‌شناسی (۹)
Figure 1. The relationship between honey bee and climate variables

کشور ایران با دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب، از قدیم مهد پرورش زنبورعسل بوده است (۶). بررسی‌های انجام شده نشان داده است که نقش زنبورعسل در افزایش تولیدات کشاورزی ۶۹ تا ۱۴۲ برابر تولیدات مستقیم آن است (۶). به‌طوری که طبق برآوردهای انجام شده، ارزش اقتصادی حاصل از دخالت زنبورعسل در گرده افشانی گیاهان ۹۰ برابر بیشتر از تولیدات مستقیم آن است (۱۲). آب و هوا، به لحاظ میانگین‌ها و رویدادهای حدی از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد محصولات است. نمایه‌های حدی اقلیمی توسط سازمان جهانی هواشناسی (WMO)[1] به‌عنوان پدیده‌های اقلیمی و هواشناسی نادر که فراتر (یا فروتر) از یک حد آستانه‌اند تعریف شده است. تغییرات در پدیده‌های اقلیمی حدی مانند دوره‌های طولانی روزهای داغ و یا روزهایی با بارش‌های سنگین تأثیر بسیار زیادتری از تغییرات در میانگین‌های اقلیمی بر جوامع انسانی و محیط می‌گذارد. پروژه مشترکی در چهارچوب فعالیت‌های سازمان جهانی هواشناسی، بین گروه اقلیم‌شناسی (CCL)[2]، تغییرپذیری و پیش‌بینی‌پذیری اقلیم (CLIVAR)[3] و برنامه تحقیقات جهانی (WCRP)[4] درزمینه‌ی پایش و آشکارسازی تغییر اقلیم و نمایه‌های آن انجام شده روابط خاصی برای محاسبه نمایه‌های مختلف ارائه شد که نتیجه آن تولید چند نرم‌افزار مانند Climdex و RClimdex است. افزایش فرکانس رویدادهای حدی، از اثرات تغییر اقلیم است. رویدادهای حدی اقلیمی در شرایط دمایی و بارش‌های حدی رخ می‌دهد. بنابراین، تجزیه‌وتحلیل دما و بارش‌های حدی در اینگونه بررسی‌ها ضروری به نظر می‌رسد. رویدادهای حدی آب و هوایی مانند یخبندان‌ها (یعنی دماهای کمتر از صفر درجه سلسیوس) و تنش‌های گرمایی با درجه حرارت‌های بالا (دماهای بیشتر از ۳۳ درجه سلسیوس) بر تولید محصولات کشاورزی و دامی تأثیرگذار بوده و بیانگر مخاطرات مهمی هستند که برای حفظ تولید سودآور نیاز به مدیریت آن‌ها است (۱۷،۱۹). در اثر تغییر اقلیم درجه حرارت‌های گرم‌تر مورد انتظار بوده و پتانسیل رویدادهای دمایی افزایش‌یافته که بر تولیدات تأثیرگذار خواهد بود. در ایران و جهان مطالعاتی در مورد تأثیر عوامل اقلیمی بر زنبورعسل انجام شده است. در پژوهشی (۱) نشان داد بین فعالیت‌های زنبورعسل با درجه حرارت و رطوبت نسبی در فصول مختلف سال همبستگی وجود دارد، طوری که در طول فصل بهار و زمستان بین فعالیت زنبورعسل و درجه حرارت محیط همبستگی ضعیف مثبت و با رطوبت نسبی از نوع ضعیف منفی برقرار است ولی در فصل تابستان تأثیرگذاری عناصر اقلیمی متفاوت عمل می‌کنند. گلچین و جلالی (۸) با بررسی تأثیر عناصر آب و هوایی در عملکرد کندوی زنبورعسل مدرن شهرستان اهر به این نتیجه رسیده‌اند که عناصر آب و هوایی و به‌خصوص بارش و دما با عملکرد کندوهای مدرن منطقه مورد مطالعه رابطه داشته و در آن تأثیرگذارتر هستند. محققانی تأثیرات زمان‌های مختلف روز، درجه حرارت، مقدار رطوبت و فشار هوا را روی پرواز انواع زنبورهای بدون نیش مطالعه کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که فعالیت‌های پروازی در این نوع زنبورها تحت تأثیر شرایط جوی و عناصر طول روز، حرارت، رطوبت و فشار قرار می‌گیرد (۵). گلچین و جلالی (۸) در تحقیقی ارتباط بین عناصر آب و هوایی و تولید عسل کندوهای بومی در شهرستان اهر را با استفاده از روش‌های همبستگی و تحلیل رگرسیون مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد کندوهای بومی در مقایسه با کندوهای مدرن با تعداد بیشتری از عناصر اقلیمی در ارتباط بوده و کاملاً تحت تأثیر شرایط آب و هوایی منطقه هستند. پژوهشگرانی (۱۵) طی مطالعه‌ای روی بررسی تأثیر رویدادهای حدی در مناطق کشاورزی با محصولات مختلف نشان دادند که رویدادهای حدی دمایی بالا می‌تواند منجر به کاهش قابل‌توجهی در عملکرد محصولات گردد. مرور ادبیات تحقیق نشان از وجود ارتباطی تأثیر گذار بین عوامل بیوکلیماتولوژی و عملکرد زنبور عسل می‌دهد. با توجه به این موضوع و خلا پژوهشی در زمینه بررسی تأثیر شاخص‌های حدی اقلیمی بر آن، هدف از این پژوهش بررسی روند شاخص‌های اقلیمی و بررسی تأثیرگذاری شاخص‌های اقلیمی و عامل آب و هوا بر عملکرد زنبور بوده است. لذا شناخت الگوی موثر می‌تواند به برنامه‌ریزی‌های مدیریتی در راستای توسعه و بهره‌برداری اقتصادی از این محصول با ارزش در منطقه مورد مطالعه کمک شایانی نماید.

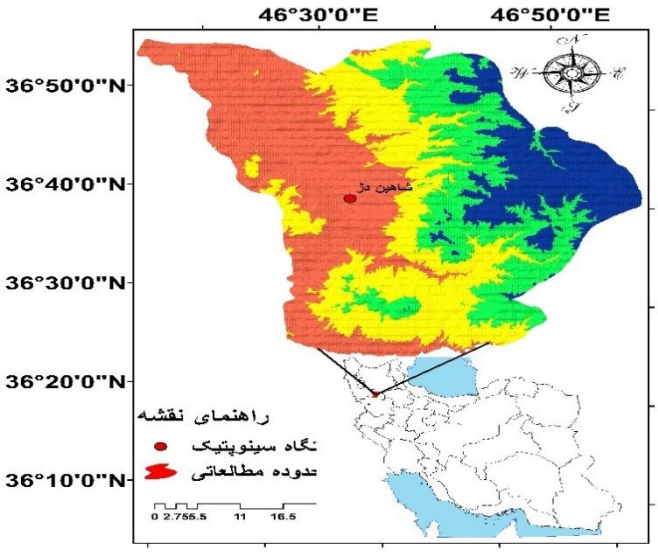
مواد و روش‌ها

شهرستان شاهین‌دژ یکی از شهرستان استان آذربایجان غربی است که در قسمت جنوب شرقی این استان قرار دارد. مرکز این شهرستان شهر شاهین‌دژ است. این شهر در ۷۲ کیلومتری شمال غرب تکاب و در ۶۰ کیلومتری جنوب شرق میاندوآب و ۵۰ کیلومتری شمال بوکان قرار دارد. شاهین‌دژ

1- World Meteorological Organization
2- Commission for Climatology
3- Climate Variability and Predictability
4- World Climate Research Programme

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

بین ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه‌ی عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۳۴ دقیقه‌ی طول شرقی در ارتفاع ۱۴۰۶ متری از سطح دریا واقع‌شده است. شاهین‌دژ به دلیل داشتن مناطق ییلاقی مستعد و گیاهان متنوع کوهی (آویشن، زولا، مرزه و گون) و همچنین شرایط اقلیمی مناسب، محل مناسبی برای زنبورداری است. که ۴۵ هزار کندوی زنبورعسل در مناطق ییلاقی شاهین‌دژ استقرار یافته است. چراگاه‌های زنبور عسل یکی از مهمترین عوامل در پرورش زنبور عسل است (۷). موقعیت جغرافیایی ایستگاه هواشناسی در شکل ۲ آمده است. این ایستگاه در ارتفاع ۱۳۶۹ متری از سطح دریاهای آزاد و طول ۴۶ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۶۶ دقیقه شمالی واقع شده است.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه هواشناسی شاهین‌دژ در منطقه مورد مطالعه (استان آذربایجان غربی)
Figure 2. The geographic location of the weather station Shahindeg in the study area (West Azarbaijan)

به‌منظور استخراج الگویی مناسب برای عناصر هوا و اقلیمی و نمایه‌های حدی اقلیمی تأثیرگذار در عملکرد محصول گام اول تعیین معیارهای اقلیمی مؤثر بر عملکرد زنبور و ارزیابی ارزش هر معیار در محدوده منطقه موردمطالعه است. بدین ترتیب آمار درازمدت در دسترس برای ۱۲ سال از داده‌های اقلیمی ثبت شده در دوره ۲۰۰۷-۲۰۱۸ میلادی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شاهین‌دژ تهیه شد (جدول ۱). همچنین آمار و اطلاعات عملکرد زنبورعسل برحسب تن برای این دوره زمانی از سازمان جهاد کشاورزی دریافت شد. خلاصه آماری داده‌های اخذشده در جدول ۱ آمده است. در مطالعه حاضر جهت تشخیص همگن بودن داده‌ها از آزمون همگنی داده‌ها بهره گرفته شده است و آزمون کولموگروف- اسمیرنف برای تائید یا رد نرمال بودن داده‌ها انجام شد. همچنین در این مطالعه، جهت بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی، از شاخص‌های بارش و دما که توسط گروه کارشناسی WMO[1] CCI[2] / CLIVAR[3] / JCOMM[4] به‌عنوان شاخص‌های حدی و شاخص‌های تغییرات آب و هوایی تعریف شده استفاده شد. این گروه با ارائه شاخص‌های استاندارد اقلیمی امکان بررسی تغییرپذیری و بررسی الگوی روند این شاخص‌ها را با روش‌های یکسان و مشابه در سراسر جهان جهت بهره‌وری در بخش‌های مختلف اجتماعی- اقتصادی فراهم آورده‌اند. این شاخص‌های حدی (بر مبنای آمار روزانه دما و بارش ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه) در محیط نرم‌افزار RclimDex برآورد می‌شود.

نرم‌افزار RclimDex توسط بخش تحقیقات اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط R1.84 تهیه شده که، منوط به نصب و راه‌اندازی زبان برنامه‌نویسی R است. پیش از ورود اطلاعات به این نرم‌افزار قبل از محاسبه شاخص‌ها، داده‌ها توسط نرم‌افزار کنترل کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند بارندگی‌های منفی و یا بزرگ‌تر از حدود تعریف شده در مقیاس روزانه و همچنین دماهای کمینه و بیشینه از نظر کنترل و داده‌های پرت بررسی شد.

1- World Meteorological Organiziation
2- Commission for Climatology
3- Climate and Ocean: Variability, Predictability
4- Joint technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]
[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

جدول ۱- خلاصه آماری داده‌های مشاهداتی عملکرد زنبور عسل و عوامل بیوکلیماتولوژی مورد استفاده در شاهین‌دژ در فاصله زمانی ۲۰۰۷-۲۰۱۸
Table 1. Statistical summary of observational data on bee function and bio-climatology factors used in Shahindeg during the period 2007-2018

ردیف	متغیرها	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف از معیار
۱*	Y	تن	۴۴۲/۲۶	۷۰۴/۶۴	۶۰۶/۳۱	۹۲/۹۰
۲	T11	° C	۴/۲	۱۰/۹	۸/۳	۱/۸
۳	P5	mm	۱/۶	۷۰/۲	۲۴/۸۲	۲۱/۰
۴	P10	mm	۰/۵	۷۰/۰	۲۸/۱	۲۶/۰
۵	U8	Km/hr	۴/۷	۱۰/۵	۶/۷	۰/۶۱
۶	SU	days	۱۲۱	۱۴۸	۱۳۵	۸/۷
۷	TNn	° C	−۱۹/۵	−۱۱/۲	−۱۴/۸	۳/۰
۸	Tmax	° C	۳۸/۶	۴۲/۲	۴۰/۶	۰/۹۴

*۱-عملکرد زنبور عسل، ۲-دمای ماه یازدهم میلادی (آبان‌ماه) حسب درجه سلسیوس، ۳-مجموع بارش ماه پنجم میلادی (اردیبهشت ماه) حسب میلی‌متر، ۴-مجموع بارش ماه دهم میلادی (مهرماه) حسب میلی‌متر، ۵-متوسط سرعت وزش باد در ماه هشتم میلادی (مردادماه) حسب کیلومتربرساعت، ۶- فراوانی روزهایی که حداکثر دمای آن‌ها بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس باشد (SU>25□c)-شاخص حدی گرم، ۷- دمای حداقل ماهانه شاخص حدی سرد ، ۸- میانگین دماهای حداکثر روزانه

لازم به ذکر است در ابتدا نزدیک به ۶۰ متغیر اقلیمی و هواشناسی نظیر دما، بارش، سرعت باد و تابش خورشید و ساعات آفتابی در مقیاس روزانه و ماهانه و نمایه‌های حدی خروجی نرم‌افزار RclimDex مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت عوامل موثر مطابق جدول ۱ استخراج و ارائه شد. لازم به ذکر است در مورد شاخص‌های اقلیمی از داده‌های روزانه دما و بارش توسط نرم‌افزار RclimDex محاسبه شد. که از میان این شاخص‌ها، ۱۹ شاخص بارندگی و ۲۷ شاخص مربوط به دماست که برای منطقه مورد مطالعه در مقیاس‌های سالانه محاسبه شد. شاخص‌های حدی موردمطالعه شامل شاخص‌های حدی مبتنی بر صدک‌ها، شاخص‌های حدی مطلق شاخص‌های حد آستانه‌ای، شاخص‌های حدی دوره‌ای و سایر شاخص‌ها مانند دامنه تغییرات می‌باشند (۲). که این شاخص‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با استفاده از آزمون من کندال برآورد می‌گردد. با توجه به تعدد شاخص‌ها در جدول ۱، متغیرهایی که مؤثر بر عملکرد زنبور بوده به جهت اختصار آورده شده است. جهت تعیین تأثیر عوامل بیوکلیماتولوژی در این پژوهش از آنالیز رگرسیون چند متغیره و اثر متغیرهای مستقل (شاخص‌های حدی دما و عناصر اقلیمی) به‌صورت هم‌زمان بر یک متغیر وابسته عملکرد استفاده شد. با توجه به زیاد بودن متغیرهای مستقل با استفاده از آنالیز رگرسیون گام‌به‌گام حذف تدریجی رابطه بین عملکرد و شاخص‌های اقلیمی و عناصر اقلیمی در سال‌های مختلف، بررسی و انتخاب شاخص‌ها و عناصر مناسب‌تر انجام و مدل عملکرد بر اساس متغیر مؤثر ایجاد شد. برای انجام عملیات رگرسیون و برای رسم جداول و نمودارها و نیز تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار XLSTAT استفاده شد (۲۰). یکی از پرکاربردترین روش‌های آماری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های هوا و اقلیم‌شناسی کشاورزی رگرسیون خطی ساده یا چندگانه است. در این پژوهش تحلیل رگرسیون نوع روابط متغیرهای مستقل اقلیمی را با میزان تولید عسل در منطقه جغرافیایی شاهین‌دژ بررسی می‌کند. به عبارتی چنین بیان‌شده که کاربرد اصلی رگرسیون خطی، تعیین عوامل مؤثر بر یک متغیر عددی است که توزیع نرمال دارد (۴). برای استفاده از این روش آماری، پیش‌فرض‌هایی ذکر گردیده است: ۱. خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته ۲. نرمال بودن توزیع مقادیر خطا ۳. استقلال مقادیر خطاها و ۴. نرمال بودن توزیع متغیر وابسته (۱ تا ۳). مسئله چالش‌برانگیز، پیش‌فرض نرمال بودن است. با توجه به مقادیر ضرب تبیین R^2 و جذر مجموع مربعات خطا (RMSE) بر حسب درصد اختلاف مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده توسط مدل بیان می‌شود، که مناسب‌ترین نمایه‌ها برای انتخاب مدل مورد نظر به شمار می‌آید (رابطه ۱). به نقل از مقاله پاول و همکاران در سال ۲۰۰۳ و بر اساس تعریف، قدرت پیش‌بینی مدل در صورتی که مقدار RMSE کمتر از ۱۰ درصد باشد، عالی، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد خوب، بین ۲۰ تا ۳۰ درصد، متوسط و بالاتر از ۳۰ درصد، ضعیف برآورد می‌شود (۱۴).

(۱)

$$RMSE\ (\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_{Modei.i} - X_{Obs.i})^2}{N}} \cdot \frac{100}{M_{Obs.i}}$$

در این معادله، $X_{Obs.i}$ ،$M_{Obs.i}$ و $X_{Modei.i}$ به‌ترتیب میانگین مقادیر مشاهداتی، مقدار مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده و N: تعداد داده‌ها است.

نتایج و بحث

پس از مدل‌سازی و بررسی نتایج آزمون همبستگی، عناصر اقلیمی و شاخص‌های اقلیمی که با عملکرد زنبورعسل همخوانی بالایی داشته استخراج شد (جدول ۲). آن دسته از عناصر اقلیمی و شاخص اقلیمی که دارای ضریب همبستگی خوب و دارای رابطه‌ی معنی‌دار با عملکرد محصول بودند در جدول ۲ آورده شده است. با بررسی جدول ۲ مشخص شد از ۶۰ عنصر اقلیمی زیستی، میانگین دمای آبان ماه، بارش اردیبهشت‌ماه، میانگین سرعت باد مردادماه و دمای بیشینه دارای رابطه‌ی قوی منفی و بارش شهریور و مهرماه دارای رابطه‌ی قوی مثبت در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با عملکرد عسل تولید شده در اقلیم مورد مطالعه بوده است. همچنین از میان نمایه‌های حدی سرد و گرم ارائه شده تنها ۲ شاخص اقلیمی حدی، شاخص حدی سرد (TNn) کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه و شاخص حدی گرم (SU25) تعداد روزهای تابستانی که دمای هوا بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس باشد، دارای رابطه قوی مثبت در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با عملکرد عسل تولیدی در منطقه مورد مطالعه هستند.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

جدول ۲- ماتریس پایین مثلثی ضریب همبستگی میان متغیرهای بیوکلیماتولوژی با عملکرد زنبور (Y)

Table 2. The correlation coefficient matrix betweenBioClimatology variables with bee yeild (Y)

متغیر	Y	T11	P5	P10	U8	SU	TNn	Tmax
Y	۱							
T11	-۰/۷۶*	۱						
P5	-۰/۷۷*	۰/۵۱	۱					
P10	۰/۶۰*	-۰/۶۴	-۰/۵۲	۱				
U8	-۰/۵۷*	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۱۶	۱			
SU	-۰/۵۷*	۰/۲۹	۰/۱۷	-۰/۱۶	۰/۶۴	۱		
TNn	۰/۶۱*	-۰/۶۰	-۰/۴۱	۰/۸۱	-۰/۰۹	-۰/۴۳	۱	
Tmax	-۰/۷۱*	۰/۳۲	۰/۶۴	-۰/۲۰	۰/۵۲	-۰/۲۹	۰/۲۴	۱

* P-value<0.05، ضریب همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است.

عملکرد عسل تولیدی با میانگین دمای مهرماه و آبان ماه دارای رابطه‌ای معکوس معنی‌دار (۰/۷۶۷-) است. با کاهش تدریجی دمای محیط رفته رفته قبل از زمستان گذرانی عملکرد عسل تولیدی تحت تأثیر دماست. چون در این ماه فعالیت کلنی‌ها به‌طور کامل متوقف می‌شود، لازم است که کلنی‌ها برای زمستان گذرانی آماده شوند. در این ماه با سرد شدن تدریجی هوا کلنی به‌تدریج به خوشه زمستانی می‌روند. از طرفی متغیر بارش با عملکرد محصول رابطه مثبت داشته (۰/۶۰+) و این امر اهمیت تأثیرات بارش در رشد و شکوفایی گیاهان و در نتیجه زمینه‌ساز فراوانی شهد و گرده بوده و برای زنبور شرایط مطلوب تلقی می‌شود. بارش‌هایی که در فصل گرم (P10-شهریور و مهرماه) اتفاق می‌افتند با توجه به تعدیل درجه حرارت و نیز احیای طبیعت و شهد زایی گیاهان، امکان ذخیره‌سازی زنبورعسل را بیشتر فراهم کرده و می‌تواند به‌عنوان پتانسیلی برای افزایش تولید مطرح باشند (۸). اما عملکرد محصول با بارش اردیبهشت‌ماه (P5) دارای رابطه‌ای معکوس (۰/۷۷-) و معنی‌دار است. اردیبهشت‌ماه مهم‌ترین ماه سال در زنبورداری است. جمعیت کندو با تخم‌گذاری ملکه در این ماه به حداکثر خود می‌رسد (۶). در این ماه بیشتر درختان این منطقه گل می‌دهند (۶) و همچنان که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با افزایش بیش‌ازحد نرمال بارندگی در این ماه، رطوبت بالا مانع خروج زنبور از کندو برای چرا می‌شود. از طرفی دیگر عملکرد زنبور عسل با میانگین سرعت باد در مردادماه (U8) دارای رابطه‌ای معکوس معنی‌داری (۰/۵۷۹-) است. این ماه موقع برداشت محصول است که افزایش سرعت باد در این ماه (مردادماه) در اواخر برداشت باعث کاهش عملکرد زنبور عسل می‌شود.

از طرفی نتایج تحلیل همبستگی متغیر بیوکلیماتولوژی سرد وگرم با نحوه عملکرد زنبور عسل نشان می‌دهد، این نمایه‌های اقلیمی همبستگی بالای معنی‌داری دارند. که در مورد نمایه حدی سرد (TNn) ضریب همبستگی بالای مثبت و معنی‌دار (۰/۶۱۷+) در ارتباط با عملکرد تولید عسل است. که نشان می‌دهد شاخص TNn دارای ارتباط مستقیم با عملکرد محصول است و این به مفهوم این است که افـزایش شاخص حدی سرد TNn می‌تواند از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد زنبور و افزایش تولید باشد. افزایش میزان حداقل مقدار ماهیانه دمای حداقل روزانه TNn یعنی افزایش دمای شبانه و این افزایش دماهای کمینه در طول شب منجر به افزایش فعالیت و عملکرد زنبور عسل می‌شود. از طرفی شاخص‌های حدی گرم که شامل تعداد روزهای تابستانی با دمای حداکثر بـیش از 25 درجـه سلسیوس (SU25)، روزهای گرم درصد روزهایی که دمای حداکثر بـیش از صـدک نـود است (TX90P)، شب‌های گرم درصـد روزهـایی کـه دمـای حداقل بیشتر از صدک نودم باشد (TN90P)، شاخص طول مدت گرما، تعداد روزهایی که حداقل شش روز متـوالی دمـای حـداکثر آن‌ها بیشـتر از صدک نودم باشـد (WSDI)، بیشینه ماهانـه دمـای حـداکثر روزانـه (TXx)، بیشینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNx) است. که در این پژوهش نتایج نشان داد هر چه تعداد روزهای تابستانی یعنی شاخص SU25 افزایش یابد، عملکرد زنبور عسل کاهش معنی‌داری (۰/۵۷۸-) پیدا خواهد کرد. تغییرات اقلیمی پیش‌رو با افزایش وقایع حدی و افزایش تعداد روزهای تابستانی عملکرد زنبور را کاهش خواهد داد، زیرا بهترین درجه حرارت برای فعالیت چرای زنبورعسل در خارج از کندو، ۲۲ درجه سلسیوس است (۶). همانطور که از تحلیل همبستگی متغیرهای اقلیمی با عملکرد زنبور عسل در این پژوهش استنباط می‌شود، ارتباط بسیار قوی و معنی‌داری میان عوامل محیطی نظیر دما، بارش، سرعت باد و تعداد روزهای تابستانی و شب‌های سرد با میزان تولید عسل وجود دارد.

با تحلیل آماری میان متغیرهای مستقل اقلیمی و عملکرد زنبور عسل مدل پیش‌بینی عملکرد مبتنی با عوامل بیوکلیماتولوژی استخراج شد. برای استفاده از رابطه الگوی رگرسیون حاصل از تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های اقلیمی و عملکرد عسل، پیش‌فرض‌هایی ذکر شده است. ابتدا خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته است. سپس نرمال بودن توزیع مقادیر خطا و استقلال مقادیر خطاهاست. درنهایت نرمال بودن توزیع متغیر وابسته نیز آزمون شد. نخست با تبدیل ساده داده‌های اقلیمی و مقادیر عملکرد سالانه زنبورعسل و آزمون اندرسون دارلینگ آزمون نرمالیته انجام شد. نتایج آزمون نشان از پیروی سری داده‌ها از توزیع نرمال در سطح اعتماد ۹۵ درصد است. جدول ۳ در خروجی تحلیل رگرسیون نشان از معنی داری کلی مدل رگرسیون است. جدول ۳ آزمون معنی‌داری مدل را بر مبنای مقدار آماره‌ی آزمون معنی‌داری مدل که همان آماره F است و برابر ۸/۴ است نشان می‌دهد. لذا بر اساس مقایسه مقدار حاصل از جدول توزیع فیشر و درجه‌ی آزادی مقایسه می‌شود که با توجه به مقدار P-Value آزمون که برابر۰/۰۱۶ بوده و کمتر از ۰/۰۵ است، فرض صفر با اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

یعنی الگوی ارائه شده در رابطه ۲ با اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و بر اساس داده های موجود قادر به بیان تغییرات عملکرد عسل تولید شده می‌باشد. درنهایت با رفع هم‌خطی و نرمال بودن خطاها در سطح اعتماد ۹۵ درصد (آماره اندرسون دارلینگ (AD) برابر ۰/۳۵) و تأیید استقلال مقادیر مانده‌ها (آماره دوربین واتسون (DW) برابر ۱/۹۶) مدل به‌صورت رابطه ۲ ارائه شد. برای سنجش عملکرد مدل، از نمایه RMSE و R^2 استفاده شد. ضریب تبیین (R^2) معادل ۰/۵۷ و جذر مجموع مربعات خطا (RMSE)[1] بر حسب درصد اختلاف مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده معادل ۱۰/۸ درصد به دست آمد، که براساس تعریف قدرت مدل در پیش‌بینی خوب است. همان‌طور که تحلیل همبستگی نشان داد روابط مثبت و منفی قوی و معنی‌داری بین عوامل اقلیمی و تولید عسل مشاهده شد. اما جهت برآورد میزان عملکرد عسل بهترین رابطه آماری با توجه به اعمال دقیق تمام پیش‌فرض‌ها به‌صورت زیر درآمده است. معادله ارائه شده برای الگوی برآورد طبق رابطه ۲ (Y) عملکرد عسل تولید شده حسب تن در سال و (T) دمای متوسط سالانه حسب درجه سلسیوس است.

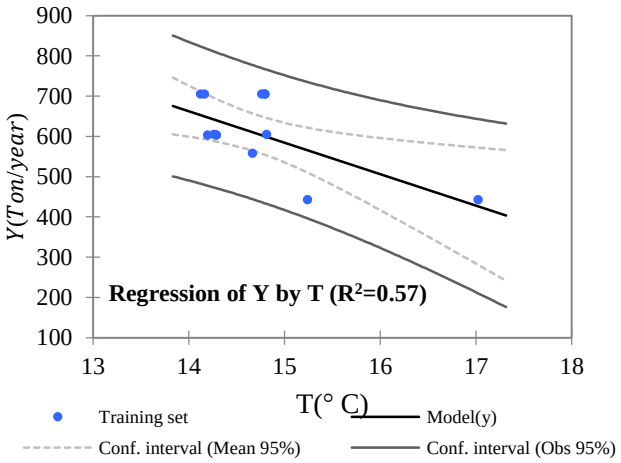
$$Y(\frac{Ton}{year}) = -78.1\ T(^\circ C) + 1756.2 \qquad (۲)$$
$$R^2=0.57\ ,\ RMSE(\%)=10.8$$

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس مدل رگرسیون خطی پیش‌بینی عملکرد زنبورعسل با دما

Table 3. Analysis of variance of regression model for forecasting yeild of honey bee with temperature

منبع تغییرات	درجه آزادی	تغییرات کل	میانگین تغییرات	F	P-value > F
مدل	۱	۴۳۳۷۰	۴۳۳۷۰	۸/۴	*۰/۰۱۶
خطا	۱۰	۵۱۵۶۱	۵۱۵۶۱		
تصحیح کل	۱۱	۹۴۹۳۱			

*: در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است.



شکل ۳- نمودار نحوه تغییرات الگوی عملکرد زنبور عسل در ارتباط با متغیر اقلیمی میانگین دمای سالانه هوا

Figure 3. Change the pattern of bee's yeild in relation to climatic variables, the average annual temperature air

نتیجه الگوی ارائه شده حاکی از آن است، که برآورد عملکرد عسل تولید شده فقط با دما داری رابطه معنی‌داری است. با رفع هم خطی و نرمال بودن باقیمانده‌ها می‌توان با دقت نسبی بالا تأثیر تغییر دمای هوا ناشی از گرم شدن کره زمین را در پیش‌بینی عملکرد عسل تولیدی زنبور عسل بیان داشت. ضمن معنی داری ضریب و عرض از مبدا الگوی ارائه شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد می‌توان گفت عامل دما به‌عنوان متغیر مستقل به میزان ۵۷ درصد تغییرات متغیر وابسته عملکرد تولید عسل را تبیین می‌کند. به طوری که طبق تحلیل‌های موجود و بررسی میانگین متحرک در تغییرات دمای هوا در شاهین‌دژ به عمل آمده، افزایش ۰/۵ درجه سلسیوسی میانگین دمای سالانه‌ی هوا در ایستگاه هواشناسی می‌تواند به مقدار حدود ۴۰ تن از تولید سالانه آن بکاهد. همانطور که خروجی مدل‌های بزرگ مقیاس نشان می‌دهد، گزارش‌های علمی پیاپی حاکی از افزایش ۰/۶ تا ۰/۸ درجه سلسیوسی دما در بیشتر پهنه‌های جغرافیایی کشور است.

حال آنکه این افزایش دما می‌تواند به‌طور قابل توجهی در تولید عسل در کشور اثرگذار باشد. نتایج بررسی روند دو شاخص در طی دور آماری ۲۰۰۸-۲۰۱۸ میلادی در ایستگاه سینوپتیک شاهین‌دژ نشان داد که شاخص حدی گرم تعداد روزهای تابستانی (SU_{25}) روند افزایشی دارد. درحالی‌که شاخص حدی سرد کمینه ماهانه دمای حداقل روزانه (TNn) دارای روند کاهشی است. به‌طورکلی نتایج نشان‌دهنده کاهش شدت و فراوانی وقوع رویدادهای سرد در حال رخ دادن است. لذا با توجه به تغییرات تعداد وقوع رویدادهای حدی گرم در دوره زمانی مورد مطالعه به‌طور قابل‌توجهی روند افزایشی دارد. می‌توان خطر کاهش عملکرد در دماهای بالا را پیش‌بینی نمود.

1- Root Mean Square Error

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

هدف این پژوهش بررسی تأثیر عناصر هوا و اقلیم شناسی و نمایه‌های حدی اقلیمی بر عملکرد محصول زنبورعسل و همچنین پیش‌بینی عملکرد زنبورعسل از طریق عوامل بیوکلیماتولوژی با استفاده از رگرسیون چند متغیره بوده است. بدین منظور مقدار همبستگی هر یک از عناصر اقلیمی مانند دما، بارش و سرعت باد با عملکرد محصول محاسبه شد و عناصر اقلیمی مهم و معنی‌دار تعیین شد. میزان تأثیرگذاری متغیر مستقل بر متغیر وابسته نیز به روش آنالیز واریانس رگرسیون تعیین شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص شد عملکرد زنبور بیشتر تحت تأثیر متغیر اقلیمی (میانگین دمای سالانه) است. طبق نتایج مدل رگرسیون خطی دما دارای رابطه معنی‌داری با عملکرد زنبورعسل است. مشخص شد که از بین سایر عوامل دما در رابطه با عملکرد محصول دارای اهمیت است که با نتایج تحقیق قالهری و همکاران (۶) همسو است. ایشان نشان دادند که از بین عوامل تأثیرگذار بر زنبور دما داری اهمیت بیشتری است. همچنین با نتایج تحقیق گلچین و جلالی (۸) مطابقت دارد که نشان دادند عناصر اقلیمی بر تولید زنبورعسل تأثیر دارد. لذا طی دوره آماری (۲۰۰۸-۲۰۱۸) در منطقه موردمطالعه شاخص‌های حدی سرد و گرم تغییرات قابل‌توجهی داشته‌اند و منطقه مورد مطالعه با افزایش دمای هوا و رخدادهای حدی درجه حرارت بالا و کاهش حدی سرما همراه بوده است که از عوامل عمده و مهم کاهش عملکرد در منطقه است. این نتایج بررسی روند همسو با نتایج مطالعات (۱۴) است. که با بررسی اثر رویدادهای آب و هوایی بر عملکرد گندم در دوره زمانی مشخص نشان دادند که رویدادهای درجه حرارت بالا و بارش‌های حدی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد می‌شوند. همچنین همسو با نتایج کوزه‌گران و همکاران (۱۰) است که نتایج آنان نشان داد افزایش شاخص‌های حدی و کاهش شاخص‌های سرد باعث کاهش عملکرد زعفران می‌شود. در تحقیقی در فرانسه (۱۸) دریافتند که شرایط حدی اقلیمی به‌شدت می‌تواند تولید محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد و باعث کاهش عملکرد محصولات گردد. با توجه به نقش تعیین‌کننده دما و نوسانات درجه حرارت بر عملکرد زنبورعسل و بر اساس تحلیل نتایج مبنی برافزایش رخدادهای حدی و وقوع درجه حرارت بالا تحت شرایط تغییر اقلیم عملکرد عسل نیز متأثر از این رویداد اقلیمی خواهد شد. توجه به این مسئله از اهمیت بالایی جهت استفاده در برنامه‌ریزی‌ها و صرفه اقتصادی آن و فرآورده‌های زنبور عسل دارد. لذا توجه به چگونگی تغییر دما در مدیریت مکان‌یابی و کوچ زنبور عسل و تولید فراورده‌های آن می‌تواند، راه‌گشا باشد.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

منابع

1. Al-Ghamdi, A.A. 2007. Evaluation of various honeybee foraging activities for identification of potential bee plants in Riyadh, Saudi Arabia. Annals of Agricultural Sciences, 52(2): 487.
2. Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank and A. Tagipour. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 111(5).
3. Bahador, Y., M.R. Mohammadabadi, A. Khezri, M. Asadi and L. Medhati. 2016. Study of genetic diversity in honey bee populations in Kerman province using ISSR markers. J Research on Animal Production, 7(13): 192-186.
4. Chehrei, A., A.A. Haghdoost, S.M. Fereshtehnejad and A. Bayat. 2011. Statistical methods in medical science researches using SPSS software. Esfehan: Pejvake-Elme-Aria.
5. Contrera, F.A.L., V.L. Imperatriz-Fonseca and J.C. Nieh. 2004. Temporal and climatological influences on flight activity in the stingless bee Trigona hyalinata (Apidae, Meliponini). Revista Tecnologia e Ambiente, 10(2): 35-43.
6. Fallah Ghalhari, G., H. Ahmadi and M. Fakheri. 2016. Evaluate the climate calendar of beekeepers in West Azerbaijan province based on thermal conditions Geographical Researches Quarterly Journal, 31(1): 13-30.
7. Ghanbari, S. and Z. Nemati. 2018. Study on spatial suitability and economic evaluation of beekeeping in Arasbaran region and beekeepers problems. Animal Sciences Journal, 31(119): 83-92.
8. Golchin, M. and M. Jalali. 2013. Zoning Watershed for Artificial Recharge of Ground Water Using AHP and GIS Techniques. Geography and Planning, 17(45): 183-202.
9. Goulson, D. 2003. Bumblebees: their behaviour and ecology. Oxford University Press, USA.
10. Kouzegaran, S. 2018. Modeling of the Saffron yield based on meteorological extreme events (Case study: Birjand) Journal of Saffron Research, 5(2): 217-229.
11. Mohammadi, B., P. Mohammadkhani and M.H. Gholizadeh. 2017. Preparing Iran's Bioclimatic Map by Using the Predicted Mean Vote Index. Geographical Researches Quarterly Journal, 32(2): 21-39.
12. Mohammadi, P., J. Nazemi Rafie and J. Rostamzadeh. 2018. Evaluation of phylogenetic characteristics of Iranian honeybee (Apis mellifera meda) populations based on mitochondrial ND2 Gene. J Research on Animal Production, 9(21): 93-104.
13. Mousavi, F.S., G.H. Tahmasbi, M. Khanjani and A. Pourmirza. 2007. Honeybee protection in the poisonous farms by using some repellents. Veterinary Researches and Biological Products, 20(4): 48-54.
14. Powell, J., S. Reinhard and C. Extremes. 2016. Measuring the effects of extreme weather events on yields. Weather, 12: 69-79.
15. Rosenzweig, C., A. Iglesias, X.B. Yang, P.R. Epstein and E. Chivian. 2001. Climate change and extreme weather events; implications for food production, plant diseases, and pests. Global Change and Human Health, 2(2): 90-104.
16. Sastry, P. and N.V.K. Chakravarty. 1982. Energy summation indices for wheat crop in India. Agricultural Meteorology, 27(1-2): 45-48.
17. Stone, P. and M. Nicolas. 1994. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. Functional Plant Biology, 21(6): 887-900.
18. Van der Velde, M., F.N., Tubiello, A. Vrieling and F. Bouraoui. 2012. Impacts of extreme weather on wheat and maize in France: evaluating regional crop simulations against observed data. Climatic change, 113(3-4): 751-765.
19. Wardlaw, I.F., I.A. Dawson, P. Munibi and R. Fewster. 1989. The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. I. Survey procedures and general response patterns. Australian Journal of Agricultural Research, 40(1): 1-13.
20. XLSTAT, A. 2013. Data analysis and statistics software for Microsoft Excel. J New York, NY: Addinsoft.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]

Investigation of Bioclimatology Factors on Prediction of Honeybee Performance in Climate Change Conditions (Case Study: Shahindej)

Reza Norooz Valashedi[1] and Hadigheh Bahrami Pichaghchi[2]

1- Assistant Professor in Agrometeorology, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, (Corresponding author: r.norooz@sanru.ac.ir)
2- Agrometeorology Student, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
Received: June 10, 2019 Accepted: July 22, 2019

Abstract

Climatic variables are among the factors influencing the performance of various crop and livestock products. Considering the advanced climate change, the impact of climate indicators on livestock production can present serious challenge for producers. Crop yields prediction is one of the most important issues in the food security debate to increase the economic efficiency of livestock production. In this research, the relationship between climatic elements and indicators with honey bee function in Shahindej was investigated. The length of the statistical period was 12 years from 2007 to 2018. First, elements and climatic indices that were highly correlated with product yield were identified. Then, by default, the honey yield prediction model was presented. The validity of the model is based on the linearity of the relationship between independent and dependent variables, then the normal distribution of the error values and the independence of the error values. In the end, the normal distribution of the dependent variable was tested. Output of the model results showed that product performance with temperature was significant. The accuracy of the honey performance model with a RMSE was 11%. Therefore, it can be said with great accuracy that the effect of climate change on a half-degree increase in temperature will reduce honey performance by about 40 tons per year. The results of the study of the trend of cold and cold climate indicators presented by the World Meteorological Organization's Climate Change Detection Panel, Indicates that the region under study is experiencing a warming process. Therefore, changes in bee function were mainly influenced by climatic factors.

Keywords: West Azerbaijan, Economic, Climate Fluctuations, Climate Indicators, Modeling

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-11-10]

[DOI: 10.29252/rap.10.25.120]