نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۳۹، زمستان ۹۴

تخمین عملکرد ذرت دانه ای به کمک شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی در مناطق غربی و جنوب غربی ایران

دریافت مقاله: ۹۳/۳/۲۶ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۲/۷

صفحات:۳۲-۷

سعید بازگیر: دکتری هواشناسی کشاورزی، استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران[۱]
Email:sbazgeer@ut.ac.ir

چکیده

تخمین عملکرد محصول قبل از برداشت آن می تواند کمک مؤثری به منظور برنامه ریزی و سیاست گذاری مناسب در تهیه غذا، توزیع، قیمت گذاری و همچنین واردات و صادرات داشته باشد. چون تولید محصول نتیجه بر هم کنش فرایندهای مختلف گیاه و فاکتورهای آب و هوایی می باشند، کمی سازی این فاکتورها و مطالعه روابط آنها با عملکرد، در استخراج مدل های آب و هوا-محصول بسیار ضروری است. در این مطالعه با استفاده از مدلهای آماری و تحلیل روابط همبستگی بین عملکرد محصول در مراحل مختلف رشد ذرت دانه ای و متغیرهای اقلیم شناسی، امکان سنجی تخمین تولید محصول ذرت دانه ای قبل از برداشت در برخی از مناطق غربی و جنوب غربی کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اختلاف مقادیر برآورد شده با مقادیر واقعی در کرمانشاه از ۲۵۰- تا ۳۵۷۷- و از ۱۶ تا ۱۸۱۲ کیلوگرم در نوسان بوده است. این تغییرات در کوهدشت لرستان از ۱۶۰- تا ۳۰۰۰- از یک طرف و از ۲۴ تا ۲۵۶۶ کیلوگرم از طرف دیگر در نوسان بوده است. در دهلران ایلام می توان به تغییرات ۲۰۷- تا ۱۳۷۰- و ۲۸۶ تا ۳۵۵۰ کیلوگرم اشاره نمود. در رابطه با دزفول نیز اختلاف مورد نظر از ۱۸۸- تا ۱۳۲۲- و از ۲۶ تا ۲۱۳۰ کیلوگرم در هکتار در نوسان بوده است. در مجموع، نتایج نشان می دهد که دماهای بیشینه و کمینه، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی بیشترین همبستگی را با عملکرد محصول در مراحل ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی و همچنین تشکیل تارهای ابریشمی تا بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدن کامل) داشته اند که در همین مراحل

---

[۱]. نویسنده مسئول: تهران، خیابان انقلاب، خیابان قدس، کوچه آذین، گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده جغرافیا دانشگاه تهران

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

تخمین عملکرد محصول به مقادیر واقعی نزدیک تر بوده است(ضریب همبستگی از ۰/۵۷۳ تا ۰/۸۵۸ و خطای معیار از ۱۰۰۲ تا ۲۱۴۸ کیلوگرم در هکتار).

کلید واژگان: ذرت دانه ای، تخمین عملکرد، اقلیم شناسی کشاورزی، مدل آماری، ایران

مقدمه

تخمین عملکرد محصول قبل از برداشت آن می تواند کمک مؤثری به برنامه ریزی و سیاست گذاری مناسب تر، تهیه غذا، توزیع، قیمت گذاری و همچنین واردات و صادرات داشته باشد. از آنجا که تولید محصول نتیجه بر هم کنش فرایندهای مختلف گیاه است و خود این فرایندها متاثر از فاکتورهای آب و هوایی می باشند، کمی سازی این فاکتورها و مطالعه روابط بین آن ها با عملکرد، در استخراج مدل های آب و هوا-محصول بسیار ضروری است (مخابلا و همکاران[1]، ۲۰۱۱؛ بایر و رابرتسون[2]، ۱۹۶۷). مدل های تحلیل آب و هوا-محصول ابزاری عملی برای تحلیل واکنش های گیاهی به تغییرات محیطی است. فرایندهای آماری متداول که اساس آن ها مدل های وایازی[3] است، به منظور ارزیابی ضرایبی که واکنش های فیزیولوژیکی گیاه را به شاخص های هواشناسی کشاورزی مرتبط می سازد، مورد استفاده قرار می گیرند (بایر،۱۹۷۷).

سطح زیر کشت، میزان تولید در هکتار و مقدار مصرف ذرت، در طی سال های اخیر در اغلب کشور های جهان افزایش شدیدی یافته به نحوی که در بین غلات مقام سوم را پس از گندم و برنج کسب نموده است. در بین محصولات زراعی، ذرت از لحاظ سطح زیر کشت، مقام سوم دردنیا را دارا می‌باشد. بطوریکه در سال ۱۳۸۰ با تولید ۶۰۰ میلیون تن و عملکرد ۴۲۹۶ کیلوگرم در هکتار، نسبت به برنج و گندم برتری نشان می دهد. ذرت دانه ای در کشور به عنوان منبع اصلی تأمین انرژی در تغذیه طیور از اهمیت ویژه ای برخورداراست. به همین دلیل توسعه سطح زیر کشت و افزایش تولید این محصول از اولویت خاصی برخوردار می باشد. طی سالهای اخیر اجرای طرح افزایش تولید ذرت دانه ای با موفقیت های چشمگیری همراه بوده است. بطوریکه تولید ذرت از مقدار ۲۵۰ هزار تن در سال ۱۳۷۱ به میانگین ۱۱۱۰ هزار تن در سالهای ۸۰- ۱۳۷۸ رسیده و در همین دوره سطح زیر کشت از ۶۰ هزار هکتار و به ۱۸۱ هزار هکتار و میزان عملکرد در واحد سطح از ۴۱۰۰ کیلوگرم به ۶۱۳۳ کیلوگرم افزایش یافته است.

1. Mkhabela et al
2. Baier and Robertson
3. Regression Models

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

استانهای فارس، خوزستان و کرمانشاه از نظر سطح زیر کشت و تولید در مقام های اول تا سوم قرار دارند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸).

باقری و همکاران(۱۳۹۱)، به کمک شبکه های عصبی مصنوعی به مطالعه پیش بینی عملکرد ذرت علوفه ای در منطقه ورامین پرداختند. از نتایج مطالعه ایشان می توان به این نکته اشاره نمود که درجه روزهای رشد مهمترین متغیر مستقل در برآورد عملکرد ذرت علوفه ای بوده است. یوسفی تلابنی و همکاران(۱۳۹۲) به کمک مدل "ترکیب منابع محیط گیاه" برای ذرت (CERES[1]-Maize) عملکرد محصول ذرت در منطقه لاهیجان را برآورد نمودند. از نتایج این تحقیق می توان به نزدیک بودن مقادیر شبیه سازی شده عملکرد با مقادیر واقعی اشاره نمود. مقادیر ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده، شاخص توافق ویلموت و ضریب همبستگی به ترتیب برابر ۱۸، ۹۲ و ۸۲ درصد بدست آمدند. در ارتباط با تنش خشکی و اثر آن بر عملکرد ذرت دانه ای، شیخی و همکاران(۱۳۹۱) طی مطالعه ای در شرایط اقلیمی منطقه اراک نشان دادند که اعمال تنش شدید(آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) سبب کاهش ۳۹ درصدی عملکرد در هیبرید ۷۰۰ می شود.

غلامی و پیر مرادیان(۱۳۹۰)، طی تحقیقی در منطقه ارسنجان-مرودشت نشان دادند که می توان به کمک مقدار نیتروژن مصرفی و همچنین میزان آب آبیاری، مقدار عملکرد ذرت دانه ای را قبل از برداشت آن برآورد نمود. در مدل استفاده شده بیشترین مقدار عملکرد در اثر متقابل تیمارهای نیتروژن(۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و آب آبیاری(۸۵ درصد نیاز آبی گیاه) بدست آمد.
یساری (۱۳۹۳) در مطالعه تعیین تاریخ های کشت گلرنگ بهاره در استان اصفهان با استفاده از دما و مدل رقومی ارتفاع مشاهده نمود که در مناطق گرم استان، چنانچه کشت گلرنگ با تأخیر انجام شود، گیاه در مراحل گلدهی و پر شدن دانه با دماهای بیشتر از ۳۷ درجه سلسیوس در روز مواجه شده که این پدیده سبب کاهش عملکرد دانه و روغن خواهد شد. شیخی و همکاران(۱۳۹۱) طی مطالعه ای به بررسی اثر تنش آبی بر روی عملکرد ذرت در اراک پرداختند. از نتایج قابل توجه تحقیق ایشان می توان به کاهش شدید عملکرد ذرت به دلیل اثر منفی تنش رطوبتی خاک روی ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال و همچنین وزن هزار دانه اشاره نمود. محمدی و همکاران (۱۳۸۷) طی تحقیقی در ایران به مدل سازی سازگاری دمایی زیتون پرداخته و به این جمع بندی رسیدند که دما ی هوا مهمترین عامل محیطی در گل دهی زیتون بوده و نیاز سرمایی برای نمو گل یک عامل حیاتی است به طوری که هر گاه سرمای

1. Crop Environment Resources Synthesis

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

زمستان در منطقه ای وجود نداشته باشد، گل دهی زیتون انجام نشده و رشد رویشی جوانه ها نیز به دما بستگی دارد.

در پتانسیل یابی کشت محصولات کشاورزی در شرایط دیم علاوه بر مقدار کل بارش، توزیع زمانی بارش نیز بایستی در نظر گرفته شود (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۴; یزدان پناه و همکاران ،۱۳۸۷). بر همین اساس، پراساد و همکاران(۲۰۰۶)، برای تخمین عملکرد ذرت در ایالت آیوا در آمریکا از شاخص های گیاهی و همچنین رطوبت خاک، دمای هوا و مقدار بارندگی در طول فصل رشد استفاده کرده و نشان دادند که می توان مقدار عملکرد محصول ذرت را به کمک متغیرهای مذکور قبل از برداشت آن با دقت بالایی برآورد نمود(R^2=۰/۷۸). در همین زمینه سیبلی و همکاران[۱] (۲۰۱۴) با استفاده از داده های سنجنده مادیس و لند ست[۲] پیش بینی عملکرد ذرت آبی و دیم را در منطقه نبراسکا در آمریکا انجام دادند. از نتایج این تحقیق می توان به حساسیت شاخص های گیاهی در هر دو سنجنده به تغییرات شاخص سطح برگ اشاره نمود. مخابلا و ماشینینی[۳] (۲۰۰۵) نیز به کمک شاخص گیاهی اختلاف نرمال شده (NDVI[۴]) به پیش بینی محصول ذرت در کشور سوازیلند پرداخته و به این جمع بندی رسیدند که تا ۶۸ درصد تغییرات عملکرد می تواند به کمک شاخص رویشی NDVI تبیین گردد. در سال های اخیر در خصوص تخمین عملکرد ذرت مطالعاتی صورت گرفته که شاخص های بیومتری گیاه مانند قطر ساقه (مورتزینیس و همکاران[۵]، ۲۰۱۳) و قطر و ارتفاع ساقه (ین و همکاران[۶]، ۲۰۱۱) به عنوان تخمینگر بکار گرفته شده که نتایج قابل قبولی نیز داشته اند.

گروه کشاورزی دولت آمریکا (USDA[۷]) در گزارش سال ۲۰۱۳ خود علت کاهش شدید عملکرد ذرت دانه ای در ایالت های اصلی کشت این محصول را گرم بودن بیش از حد دمای هوا و همچنین کاهش شدید مقدار بارش در ماه ژوئیه که همزمان با مرحله رشد زایشی ذرت بوده اعلان کرده بود. روت[۸] (۲۰۱۵) در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که افزایش دما سبب افزایش ماده خشک ذرت علوفه ای می شود، اگر چه بایستی توجه داشت که این افزایش دما

1. Sibley *et al*
2 .MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) and LANDSAT (Land Remote-Sensing Satellite (System))
3. Mkhabela & Mashinini
4. Normalized Difference Vegetation Index
5. Mourtzinis *et al*
6. Yin *et al*
7. United States Department of Agriculture
8 . Roth

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

در مراحل پایانی رشد زایشی به دلیل افزایش تنفس در گیاه، سبب کاهش عملکرد دانه می گردد. ایشان همچنین به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم گیاه، عملکرد نیز افزایش می یابد، ولی این افزایش کمیت در عملکرد، کاهش شکر و نشاسته در علوفه را به همراه خواهد داشت که در نهایت پایین بودن قابلیت هضم علوفه برای دام را بدنبال دارد. داربی[1] (۲۰۱۵) طی گزارشی در برلینگتون[2] آمریکا اعلان کرد که حساس ترین مرحله رشد ذرت دانه ای به تنش آبی دو هفته قبل از ظهور تارهای ابریشمی می باشد به طوری که ادامه این تنش می تواند در هر روز ۳ تا ۴ درصد از عملکرد سالانه ذرت نسبت به میانگین بلند مدت آن را کاهش دهد. در این مطالعه با استفاده از مدل های آماری (وایازی) و تحلیل روابط همبستگی بین مقادیر تولید محصول در مراحل مختلف رشد ذرت دانه ای طی سال های مختلف و متغیرهای هواشناسی، امکان سنجی تخمین میزان تولید محصول ذرت دانه ای قبل از برداشت در برخی از مناطق غربی و جنوب غربی کشور شامل استان های کرمانشاه، لرستان، ایلام و خوزستان مورد بررسی قرار گرفته است. استان کرمانشاه از لحاظ سطح زیر کشت ذرت بعد از خوزستان رتبه دوم کشور را دارد که حدود ۴هزارهکتار از اراضی زیرکشت ذرت قرار دارد واز هر هکتار بین ۱۱ تا۲۰ تن ذرت برداشت می شود. در استان ایلام به لحاظ تنوع آب و هوایی، کشت ذرت دانه‌ای هم به صورت کشت اول و دوم در بیشتر مناطق استان صورت می گیرد. در استان خوزستان به علت شرایط اقلیمی مناسب امکان کشت ذرت در ۱۶شهر از جمله شوش، دزفول، اندیمشک، بهبهان و شوشتر فراهم می باشد. کشت ذرت در دو مقطع بهاره و تابستانه انجام شده و عمده کشت استان یعنی ۹۲درصد کشت به صورت تابستانه انجام می شود و میزان متوسط عملکرد ذرت دانه ای در تابستان در واحد سطح حدود ۷/۳ تن در هکتار است. همچنین میانگین برداشت ذرت دانه ای در بهار ۶ تن در هکتار است. قابل ذکر است که در منطقه مطالعاتی بیشترین رقمی که مورد کشت قرار می گیرد رقم ۷۰۴ می باشد (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸).

مواد و روش ها

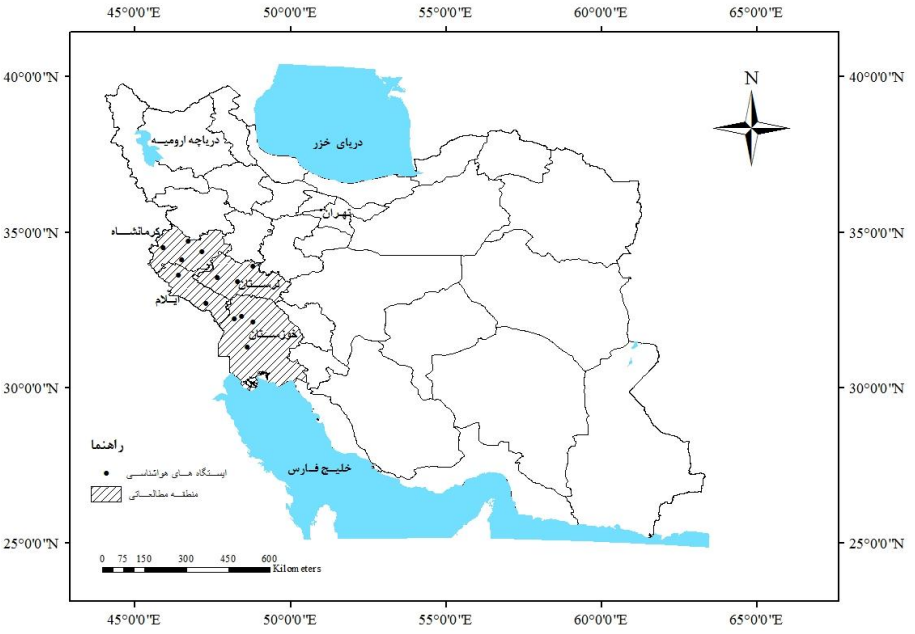
موقعیت جغرافیایی منطقه ی مورد مطالعه

به منظور تخمین تولید محصول ذرت دانه ای چهار استان شامل کرمانشاه و لرستان از استان های غربی و همچنین ایلام و خوزستان از جنوب غرب کشور انتخاب گردید. منطقه مذکور بین

1 . Darby
2 . Burlington

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل(۱). نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه های هواشناسی همدیدی

آب و هوای منطقه مورد مطالعه

منطقه کرمانشاه و به ویژه شمال استان کرمانشاه به طور کلی دارای تابستان های خنک و زمستان های سرد و پر برف است و سامانه های شمال غربی، غربی، شمالی و جنوب غربی آن را تحت تاثیر قرار می دهد. نیمه شمالی استان کرمانشاه با ارتفاع متوسط بیش از ۱۵۰۰متر و استقرار ارتفاعات قابل ملاحظه در آن و تاثیرپذیری از ارتفاعات زاگرس، دارای زمستان های سرد است. نیمه جنوبی استان کرمانشاه دارای اقلیمی متفاوت نسبت به شمال استان است و در این بخش از استان به سبب استقرار آب و هوای گرم تر نسبت به مناطق شمالی استان، بیشتر ریزش های جوی به شکل باران بوده و ریزش برف کمتر از مناطق شمالی استان است. موثرترین توده هوا ها و سامانه های هواشناسی بر رژیم اقلیمی استان لرستان، کم فشار های مدیترانه ای، کم فشار های سودانی، مراکز پرفشار شمالی و شمال غربی و کم فشارهای حرارتی است. استان ایلام از نظر اقلیمی جزو مناطق گرمسیر کشور محسوب می شود، ولی به علت

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

وجود ارتفاعات، اختلاف دما و بارندگی در بخش های شمالی، جنوبی و غربی آن زیاد است، به طوری که می توان ازنظر اقلیمی، مناطق سه گانه سردسیری، گرمسیری و معتدل را در این استان به خوبی مشاهده نمود. منشاء اصلی بارندگی های استان ایلام، جریانهای هوای مرطوبی است که به همراه توده هواهای برخاسته از مراکز کم فشار مدیترانه ای و سودانی و اطلس شمالی به منطقه می رسند. استان خوزستان از نقطه نظر رژیم آب و هوائی تحت تاثیر جریانات سودانی، مدیترانه ای، سیبریائی، صحراهای عربستان و اروپای شمالی قرار دارد. عوامل منطقه ای و محلی نیز نظیر سلسله جبال زاگرس در بخش های شمالی و شرقی و همچنین مجاورت با خلیج فارس در قسمت های جنوبی استان، اثراتی را در وضعیت اقلیمی منطقه به وجود می آورد. در فصل های گرم سال، مرکز کم فشار حرارتی که بر روی صحرای عربستان تشکیل می شود از جانب غرب و جنوب غربی، منطقه خوزستان را مورد هجوم قرار داده و دمای منطقه به شدت افزایش یافته و توفانهای گردو خاک منطقه را فرا می گیرد. در آغاز فصل سرد با نفوذ توده هوا های سرد سیبری به عرض های جنوبی، مرکز کم فشار دینامیک جنب حاره ای به عرض های پائین تر منتقل شده و فضای فلات ایران از تاثیرات این مرکز رها و امکان نفوذ توده هواهای باران زا به داخل فلات میسر می گردد که این تحول مقدمه شروع فصل بارندگی در فلات ایران است. (پژوهشگاه هواشناسی،۱۳۸۳).

داده های عملکرد ذرت دانه ای

جدول ۱ شرایط اقلیمی (شناسنامه اقلیمی) ذرت دانه ای در منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد، نیازهای اقلیمی اشاره شده در این جدول، حاصل میانگین آمار موجود و نتایج مطالعات مراکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی چهار استان مورد مطالعه می باشد.

جدول (۱). شناسنامه اقلیمی مراحل مختلف رشد ذرت دانه ای در منطقه مورد مطالعه*

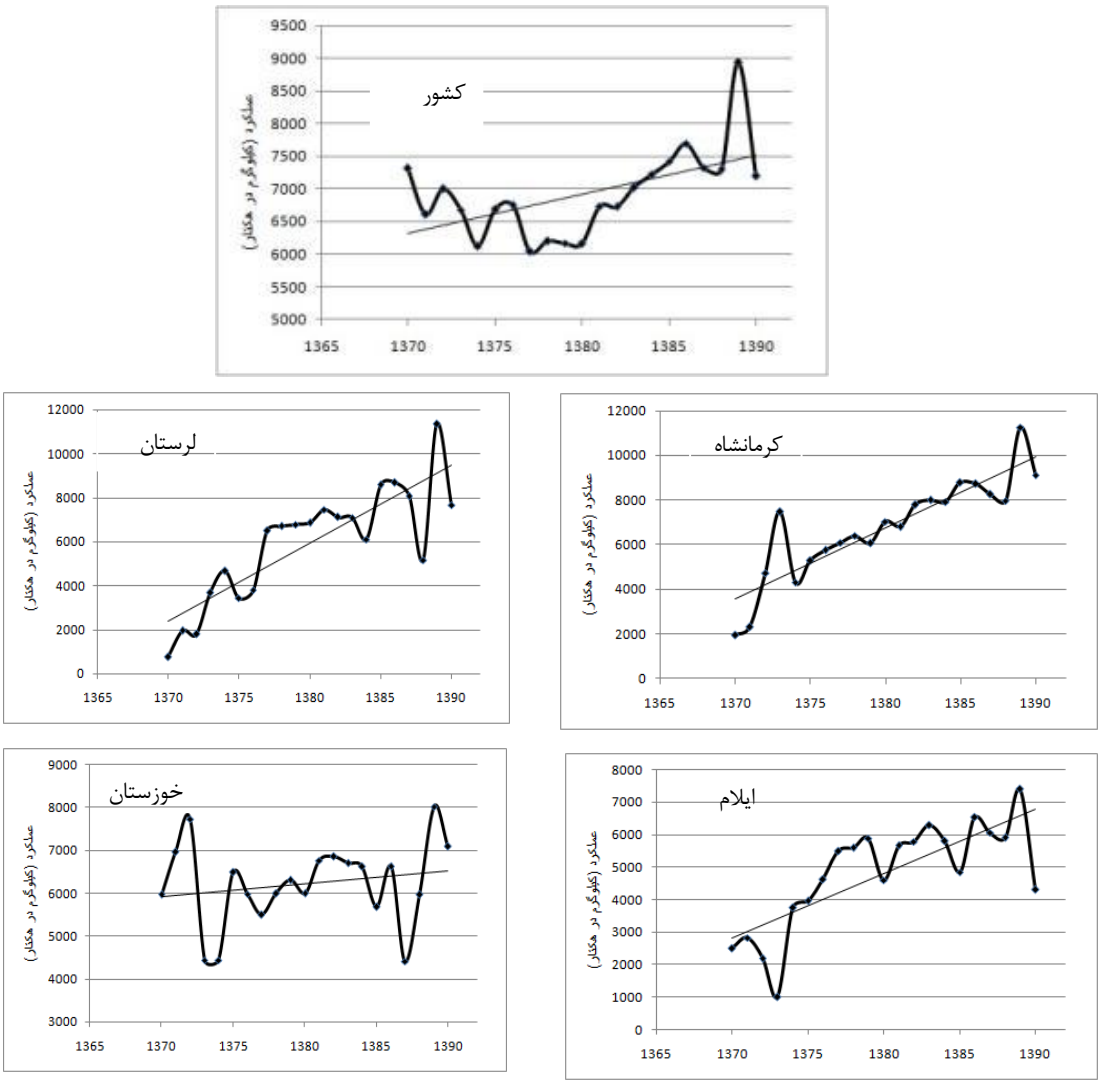
متغیر اقلیمی مرحله رشد	بیشینه دما (^oC)	کمینه دما (^oC)	بیشینه رطوبت نسبی(٪)	کمینه رطوبت نسبی(٪)	ساعات آفتابی(ساعت)	تعداد روز
جوانه زنی	۴۲/۴	۲۶/۷	۴۱	۱۵	۱۰/۲	۴
سه برگی	۴۱/۰	۲۶/۰	۴۰	۱۵	۱۰/۹	۱۴
ده برگی	۴۰/۶	۲۵/۷	۴۲	۱۶	۱۰/۶	۲۹
ظهور گل آذین نر	۳۹/۲	۲۲/۴	۸۵	۱۵	۱۰/۹	۱۲
گل دادن خوشه نر	۳۷/۳	۱۸/۹	۴۷	۱۵	۱۰/۶	۱۲
ظهور تارهای ابریشمی	۳۴/۹	۱۸/۶	۴۷	۱۷	۱۰/۳	۱۲
شیری شدن	۳۱/۴	۱۴/۷	۵۵	۱۸	۱۰/۱	۱۶
مومی شدن	۲۶/۸	۹/۹	۵۸	۲۱	۹/۰	۱۵
رسیدن کامل	۲۲/۳	۶/۹	۶۷	۲۹	۷/۹	۱۶
جمع						۱۳۰

*ذرت رقم ۷۰۴ به ۲۴۰۰ تا ۲۷۰۰ درجه روز رشد نیاز داشته و ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی متر نیاز آبی گیاه می باشد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

داده‌های عملکرد و سطح زیر کشت ذرت دانه ای (۶۲-۱۳۶۱ تا ۹۰-۱۳۸۹) در استان های کرمانشاه، لرستان، ایلام و خوزستان در سال های مختلف از دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی تهیه گردید. داده های مذکور در برخی از سالها فاقد آمار بوده که می توان به سال های ۱۳۶۸ و ۱۳۶۹ اشاره نمود. تحلیل‌های اولیه نشان‌دهنده روندی پر نوسان ولی افزایشی، در میزان عملکرد محصول در در کشور و استان های فوق می باشد*(شکل ۲).



شکل (۲). روند تغییرات سالیانه عملکرد ذرت دانه ای در کشور و استان های مورد مطالعه (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰)

*منبع: تارنمای وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات،۱۳۹۱)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

فراسنج های هواشناسی و شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی

در تحقیق حاضر سعی گردیده ارتباط بین فراسنج های هواشناسی و شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی از قبیل دماهای بیشینه و کمینه، ساعات آفتابی، مقدار بارش، تبخیر، کمبود فشار بخار آب اشباع، درجه روزهای رشد، واحدهای حرارتی _ آفتابی و واحدهای حرارتی _ نوری با عملکرد گیاه ذرت طی مراحل مختلف رشد به کمک مدل های آماری مانند معادلات وایازی ساده و مرکب خطی ، ساده ومرکب غیر خطی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت عملکرد گیاه در مناطق غربی و جنوب غربی کشور شامل استان های لرستان، کرمانشاه، ایلام و خوزستان قبل از برداشت آن تخمین زده شود (جدول شماره ۲).

جدول (۲). فراسنج های هواشناسی و شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی مورد استفاده

فراسنج های هواشناسی	دماهای کمینه و بیشینه، مقدار بارش، ساعات آفتابی، سرعت باد ۲ متری و تبخیر
شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی	درجه روزهای رشد، واحدهای حرارتی _ آفتابی، واحدهای حرارتی _ نوری و کمبود فشار بخار آب اشباع

داده‌های روزانه ایستگاه های هواشناسی همدیدی در استان های کرمانشاه، لرستان، ایلام و خوزستان از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۰ از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. نواقص آماری موجود به روش همبستگی و نزدیکترین ایستگاه های همسایه بازسازی شد.

در بررسی معادلات آماری مذکور ترکیبات مختلفی از قبیل عملکرد محصول- فراسنج های هواشناسی، عملکرد محصول- شاخص های هواشناسی کشاورزی و همچنین عملکرد محصول- فراسنج های هواشناسی- شاخص های هواشناسی کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس مراحل اعتبار سنجی مدل های استخراج شده به کمک آماره هایی از قبیل ریشه میانگین مربع خطا (RMSE[1]) ، ضریب همبستگی کارل پیرسون[2] (r) و انحراف نسبی عملکرد تخمین زده شده از مقدار واقعی (RD[3]) به منظور سنجش دقت آن ها انجام شده است. در ادامه چگونگی محاسبه ی شاخص های هواشناسی کشاورزی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. قابل ذکر است که از کلیه متغیرهای مذکور در مدل سازی آماری استفاده شده و آن دسته از متغیرها مانند کمبود فشار بخار آب اشباع، درجه روزهای رشد، واحدهای حرارتی _ آفتابی و واحدهای حرارتی _ نوری که کمترین همبستگی را با عملکرد داشته اند از محاسبات خارج شده اند.

1. Root Mean Square Error
2. Karl Pearson's Correlation Coefficient
3. Relative Deviation

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

شاخص های اقلیم شناسی کشاورزی

اختلاف تجمعی دماهای بیشینه و کمینه (TD,Temperature Difference)

مجموع اختلاف دمای بیشینه و کمینه روزانه دما در هر مرحله فنولوژیکی از رابطه ی زیر بدست می آید.

$$TD = \sum_{a}^{b} (T_{Max} - T_{Min}) \qquad (۱)$$

در این معادله T_{max} دمای بیشینه، T_{min} دمای کمینه (درجه سلسیوس)، a تاریخ شروع و b تاریخ اتمام هر مرحله فنولوژیکی است. این شاخص به منظور شناخت اثر نوسانات حداکثر و حداقل روزانه دما بر روی عملکرد محصول محاسبه شده‌است.

درجه روزهای رشد (GDD, Growing Degree Days)

درجه- روزهای رشد یا واحدهای حرارتی برای بیان رابطه بین مدت هر مرحله فنولوژی و درجه حرارت، مورد استفاده قرار می گیرد .در این تعریف فرض بر این است که یک رابطه خطی بین رشد و درجه -روزهای رشد وجود دارد (ناتونسون[1]، ۱۹۵۵). یک درجه -روز رشد و یا واحد حرارتی عبارت است از متوسط دمای روزانه بالاتر از دمای پایه. از آنجا که شروع مرحله جوانه زنی ذرت دانه ای هنگامی آغاز می گردد که دمای محیط به بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس برسد بنابراین دمای پایه معادل ۱۰درجه برای محاسبه درجه روزهای رشد ذرت در نظر گرفته شد(ریچی[2]، ۱۹۹۱). مقدار GDD از رابطه ی زیر محاسبه می شود.

$$GDD = \sum_{a}^{b} \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \right] \qquad (۲)$$

در این معادله T_{max} دمای بیشینه، T_{min} دمای کمینه (درجه سلسیوس)،T_b، دمای پایه که همان صفر فیزیولوژیکی می باشد که در این مطالعه برابر ۱۰ درجه سلسیوس در نظر گرفته شده است. a تاریخ شروع و b تاریخ اتمام هر مرحله فنولوژیکی است.

مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی (HTU, HelioThermal Units)

و مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU, PhotoThermal Units)

1. Nuttonson
2. Ritchie

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

مجموع واحدهای حرارتی- آفتابی و حرارتی-نوری برای هر مرحله فنولوژیکی از روابط زیر بدست می آیند.

$$HTU = \sum_{a}^{b}(GDD * n) \quad (۳)$$

$$PTU = \sum_{a}^{b}(GDD * N) \quad (۴)$$

در معادلات مذکور n، ساعات آفتابی واقعی ، N حداکثر ساعات آفتابی ممکن که تابعی است از عرض جغرافیایی محل a تاریخ شروع و b تاریخ اتمام هر مرحله فنولوژیکی است. از آنجا که ورود و عبور از هرمرحله فنولوژی به دلیل تأثیر دما و طول دوره نوری صورت می گیرد، نیاز است که واحدهای حرارتی - نوری برای پیش بینی دقیق تر مراحل بلوغ و گلدهی بکار برده شوند(ردی و ردی[1]، ۲۰۰۳).

کمبود فشار بخار آب (VPD, Water Vapor Pressure Deficit)

کمبود فشار بخار آب نقش مهمی در تبخیر و تعرق گیاه دارد. در دمای ثابت، تغییرات رطوبت جو، با اثر بر روی فشار بخار آب واقعی و گرادیان فشار بخار آب از برگ به سمت هوا برروی تبخیر و تعرق گیاه تأثیر می گذارد (رائو[2]، ۲۰۰۳؛ کرامر[3]، ۱۹۹۷). برای محاسبه کمبود فشار بخار آب از روابط زیر استفاده می شود.

$$VPD = e_s - e_a \quad (۵)$$

$$e_a = (RH_{mean} * e_s)/100 \quad (۶)$$

در معادلات بالا، e_s و e_a به ترتیب فشار بخار آب اشباع شده و واقعی بر حسب میلی بار بوده و مقدار e_s تابعی از دما می باشد که از جدول مربوطه بدست می آید و مقدار e_a نیز از رابطه ی ۶ محاسبه می شود و RH_{mean} میانگین رطوبت نسبی شبانه روزی بر حسب درصد است.

اعتبار سنجی مدل های آماری تخمین عملکرد ذرت دانه ای (Model Validation)

1 . Reddy and Reddi
2 . Rao
3 . Kramer

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

به منظور برآورد دقت معادلات آماری وایازی در تخمین عملکرد ذرت دانه ای، مقدار انحراف نسبی آن ها از رابطه ی زیر محاسبه گردید. (بازگیر[1]، ۲۰۰۵).

$$RD = ((Ye - Ya)/Ya) * 100 \quad (۷)$$

در این معادله مقدار RD، انحراف نسبی بر حسب درصد، Y_eو Y_a به ترتیب مقادیر عملکرد تخمین زده شده و واقعی بر حسب کیلوگرم در هکتار می باشند.

محدودیت های آماری داده های عملکرد و هواشناسی

به دلیل نبود داده های عملکرد محصول به تفکیک شهرستان در هر استان و همچنین تفاوت در سال تاسیس ایستگاه های هواشناسی، برای تخمین عملکرد ذرت در هر استان، براساس بیشترین مشارکت در سطح زیر کشت و همچنین طولانی تر بودن دوره ی آماری داده های هواشناسی، یک شهرستان به عنوان نماینده استان انتخاب و داده های عملکرد و هواشناسی آن به عنوان مبنا در تجزیه و تحلیل مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب شهرستان کرمانشاه به نمایندگی از استان کرمانشاه با داشتن سطح زیر کشت ۵۲ درصد استان، شهرستان کوهدشت از استان لرستان با داشتن سطح زیر کشت ۸۰ درصد استان، شهرستان دهلران برای استان ایلام با داشتن سطح زیر کشت ۸۰ درصد استان و شهرستان دزفول در از استان خوزستان با داشتن سطح زیر کشت ۳۵ درصد استان انتخاب شدند. به منظور اعتبار سنجی مدل های آماری مختلف در شهرستان های مذکور ۳ سال بطور تصادفی انتخاب گردید. (جدول۳).

جدول (۳). سال های مورد نظر برای تشکیل و اعتبار سنجی معادلات آماری در شهرستان های منتخب

شهرستان	مدل سازی	اعتبار سنجی*
کرمانشاه	۱۳۶۲ تا ۱۳۹۰	۱۳۷۱ ، ۱۳۷۶ و ۱۳۸۵
کوهدشت	۱۳۶۲ تا ۱۳۹۰	۱۳۷۲ ، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸
دهلران	۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰	۱۳۶۶ ، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳
دزفول	۱۳۶۳ تا ۱۳۹۰	۱۳۶۶ ، ۱۳۷۳ و ۱۳۸۰

*سال هایی که برای اعتبار سنجی مدل های آماری انتخاب شده اند، در مدل سازی شرکت داده نشده اند

مراحل رشد ذرت دانه ای در شهرستان های منتخب

به منظور بررسی میزان تاثیر فرا سنج های هواشناسی بر عملکرد محصول و همچنین تحلیل همبستگی متغیرهای هواشناسی در طول رشد گیاه، دوره ی رشد ذرت دانه ای بر اساس

1 . Bazgeer

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

تحقیقات محلی و آن چه که در سال های مختلف به عنوان عرف انجام می گردد، به ۵ مرحله رشد تقسیم و برای هر یک از این مراحل تحلیل همبستگی و رابطه ی علی و معلولی بین عملکرد و متغیرهای هواشناسی (وایازی) انجام شد (جدول ۴) .

جدول(۴). تاریخ های شروع و خاتمه ی هریک از مراحل فنولوژیکی ذرت دانه ای

شهرستان / مرحله ی رشد	کرمانشاه	کوهدشت	دهلران	دزفول
جوانه زنی تا دو برگی	۲۰ اردیبهشت تا ۱۵ خرداد	۷ تا ۲۰ اردیبهشت	۲۰ تیر تا ۱۰ مرداد	۲۵ تیر تا ۱۵ مرداد
دو برگی تا پایان برگدهی	۱۶ خرداد تا ۲۰ تیر	۲۱ اردیبهشت تا ۲۰ خرداد	۱۱مرداد تا ۱۰ شهریور	۱۶ مرداد ۲۰ شهریور
پایان برگ دهی تا ظهور گل آذین نر	۲۱ تیر تا ۱۰ مرداد	۲۱ خرداد تا ۱۰ تیر	۱۱ تا ۳۱ شهریور	۲۱ شهریور تا ۵ مهر
ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی	۱۱ مرداد تا ۵ شهریور	۱۱ تا ۳۱ تیر	۱ تا ۲۵ مهر	۶ مهر تا ۱۰ آبان
تشکیل تارهای ابریشمی تا بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدن کامل)	۶ شهریور تا ۵ آبان	۱ تا ۲۵ مرداد	۲۶ مهر تا ۲۰ آبان	۱۱ آبان تا ۱۵ آذر

بر اساس ویلموت (۱۹۸۲)[1] در مدل سازی های آماری موارد زیر بایستی در نظر گرفته شود:

۱-بررسی همبستگی بین هریک از متغیرهای هواشناسی با عملکرد محصول در هر یک از مراحل رشد. این همبستگی به دلیل ماهیت کمی بودن متغیرها، به کمک ضریب همبستگی پیرسون انجام گردید.

۲-پس از اطمینان از معنی دار بودن همبستگی در سطوح ۵ و ۱ درصد، آزمون ناپارامتری کلموگروف-اسمیرنوف[2] برای بررسی نرمال بودن داده ها انجام شد.

۳-برای برقراری شرط استقلال متغیرهای مستقل از یکدیگر از آماره داربین- واتسون[3] استفاده گردید. البته برای این منظور از آماره های تولرانس و فاکتور تورم واریانس(VIF)[4] نیز استفاده شد.

1. Willmott
2. Kolmogorov–Smirnov test
3. Durbin- Watson Statistic
4. Tolerance & Variance Inflation Factor

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

۴- بر اساس کمترین خطای معیار(SEOE)[1]، معنی دار بودن ضریب همبستگی و کمترین انحراف نسبی، مدل های آماری وایازی(رگرسیونی) به منظور برآورد محصول ذرت دانه ای انتخاب شدند.

در این مطالعه کلیه ی عملیات و تجزیه و تحلیل های آماری در محیط نرم افزارهای Excel و SPSS انجام شده است. برای استخراج معادلات آماری وایازی روش های مختلف ورود اطلاعات از قبیل پله به پله[2]، رو به عقب[3]، رو به جلو[4]، حذف متغیرها[5] آزمون شده و بهترین روش بر اساس کمترین خطای ممکن انتخاب شده است.

نتایج و بحث

بررسی مدل های آماری تخمین عملکرد محصول

معادلات وایازی(رگرسیونی) تخمین عملکرد ذرت دانه ای در هر یک از مراحل رشد به همراه مقادیر خطای معیار، ضرایب همبستگی و تبیین در جداول ۵ تا ۸ آمده است.

کرمانشاه

در مرحله ی اول رشد یعنی از جوانه زنی تا ظهور برگ سوم ، دمای بیشینه (T_{max}) و سرعت باد (W) در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین با تاثیر مثبت بر روی عملکرد در مدل آماری ظاهر شده اند (جدول ۵). در این مرحله از رشد ضریب همبستگی بین این دو متغیر با عملکرد محصول با مقدار ۰/۶۰۸ معنی دار بوده و می توان به تاثیر گذاری ۳۷ درصدی دمای بیشینه و سرعت باد بر روی تغییرات عملکرد ذرت دانه ای اشاره نمود (R^2=0.37). مثبت بودن اثر دما در این مرحله از رشد به دلیل گرمادوست بودن ذرت می باشد چرا که بالا بودن دمای هوا و متعاقب آن دمای عمق جوانه زنی، سبب جوانه زنی بهتر دانه ذرت و استقرار مناسب تر گیاه در خاک است (نیلسون[6]، ۲۰۱۰؛ فلاد و همکاران[7]، ۱۹۹۵). در کرمانشاه بیشترین همبستگی بین عملکرد و متغیرهای هواشناسی در مرحله ی چهارم رشد یعنی از زمان ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی رخ داده است (جدول ۵). در این مرحله تاثیر رطوبت نسبی هوا منفی، در حالیکه تاثیر دمای بیشینه و سرعت باد بر روی عملکرد مثبت می باشد. در مرحله ی چهارم

1. Standard Error of Estimate
2. Stepwise Method
3. Backward Method
4. Forward Method
5. Remove Method
6 . Nielsen
7 . Flood *et al*

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

فنولوزی ضریب همبستگی ۰/۸۵۸ و ضریب تبیین ۰/۷۴ با انحراف معیار ۱۴۲۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است. منفی بودن اثر رطوبت نسبی در این مرحله از رشد به دلیل ایجاد بیماری هایی از قبیل سیاهک و زنگ ذرت و در نهایت کاهش عملکرد ذرت دانه ای می باشد (سویتس و رایت[1]، ۲۰۰۸).

جدول (۵). ضرایب همبستگی و وایازی(رگرسیون) مد ل های آماری تخمین عملکرد در مراحل رشد ذرت دانه ای در کرمانشاه

مرحله فنولوژیکی	عرض از مبدأ	متغیرهای مستقل همراه ضرایب آنها	ضریب همبستگی (r)	ضریب تبیین (R^2)	خطای معیار(kg/ha) و تعداد مشاهدات
جوانه زنی تا دو برگی	-15392.6	$553.63T_{max}+2049.93W$	0.608^{**}	0.37	2148(n=24)
دو برگی تا پایان برگدهی	-30335.6	$2915.84W+807.09T_{max}$	0.761^{**}	0.58	1754(n=24)
پایان برگ دهی تا ظهور گل آذین نر	2731.5	-190.23RH+2940.67W	0.697^{**}	0.49	1940(n=24)
ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی	-13231.0	$551.38\ T_{max}$-415.23 RH +2938.20W	0.858^{**}	0.74	1424(n=24)
تشکیل تارهای ابریشمی تا بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدن کامل)***	-	-	-	-	-

*P<0.05;**P<0.01; Tmax, Maximum Temperatur;W,Wind Speed;RH, Relative Humidity;

***در این مرحله از رشد هیچ یک از متغیرهای مستقل رابطه ی معنی داری با عملکرد ذرت نداشتند

کوهدشت

در کوهدشت مقادیر ضریب همبستگی از ۰/۷۶۴ در مرحله ی دوم رشد تا ۰/۸۲۲ در مرحله اول رشد در نوسان بوده و در کلیه موارد در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی دار شده اند (جدول ۶). متغیرهای مؤثر بر فعالیت های فیزیولوژیکی ذرت نیز شامل سرعت باد و دمای بیشینه می باشد که تاثیر هر دوی آن ها بر عملکرد ذرت دانه ای مثبت بوده است. تاثیر مثبت باد در مرحله ی چهارم رشد می تواند به دلیل اثرمثبت باد در زمان گرده افشانی (حدود ۲ تا ۵ متر بر ثانیه) باشد(نیلسون، ۲۰۱۲).

1 . Sweets and Wright

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

جدول(۶). ضرایب همبستگی و وایازی مدل های آماری تخمین عملکرد ذرت دانه ای در کوهدشت

مرحله ی فنولوژیکی	عرض از مبدأ	متغیرهای مستقل همراه ضرایب آنها	ضریب همبستگی(r	ضریب تبیین (R^2)	خطای معیار(kg/ha) و تعداد مشاهدات
جوانه زنی تا دو برگی	-681. 9	2978.78W	0.822^{**}	0.68	1659(n=23)
دو برگی تا پایان برگدهی	-998.5	2872.73W	0.764^{**}	0.58	1878(n=23)
پایان برگ دهی تا ظهور گل آذین نر	-37767.1	$1579.27W+1083.31T_{max}$	0.771^{**}	0.60	1898(n=23)
ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی	-37139.5	$2379.80W+956.13T_{max}$	0.798^{**}	0.64	1795(n=23)
تشکیل تارهای ابریشمی تا بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدن کامل)	-34684.6	$2385.34W+873.47T_{max}$	0.813^{**}	0.66	1736(n=23)

*P<0.05;**P<0.01; W,Wind Speed;T_{max}, Maximum Temperatur

دهلران

تغییرات ضریب همبستگی در دهلران از ۰/۶۰۲ در مرحله ی ظهور گل آذین نر و تشکیل تارهای ابریشمی تا ۰/۷۵۵ در مرحله ی برگ دهی می باشد (جدول ۷). در تمامی مراحل رشد ضرایب همبستگی در سطوح ۵ و ۱ درصد معنی دار بوده اند. در دهلران ۳۶ تا ۵۷ درصد تغییرات عملکرد ذرت دانه ای به دلیل تاثیر متغیرهای دمای بیشینه، دمای کمینه، رطوبت نسبی، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری و ساعات آفتابی دانست. مثبت بودن تاثیر دما های شبانه روزی (دماهای کمینه و بیشینه) بر عملکرد محصول ذرت را می توان به گرمادوست بودن گیاه به خصوص در زمان جوانه زنی و رشد رویشی ربط داد (هان وی[1]،۱۹۷۱؛ نیلد و نیومن[2]،۱۹۹۰؛ نیلسون[3]، ۲۰۱۲).

1 . Hanway
2 . Neild and Newman
3 . Nielsen

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

جدول(۷). ضرایب همبستگی و وایازی مدل های آماری تخمین عملکرد ذرت دانه ای در دهلران

مرحله ی فنولوژیکی	عرض از مبدأ	متغیرهای مستقل همراه ضرایب آنها	ضریب همبستگی(r)	ضریب تبیین (R^2)	خطای معیار(kg/ha) و تعداد مشاهدات
جوانه زنی تا دو برگی	-45088.9	$876.94T_{max}$+316.04 RH +886.32W	0.660*	0.44	1479(n=20)
دو برگی تا پایان برگدهی	-33305.4	582.19Tmax+571.06 SH +190.43RH	0.755**	0.57	1332(n=20)
پایان برگ دهی تا ظهور گل آذین نر	-19792.4	390.40Tmin+836.59S H +160.33 RH	0.740*	0.55	1367(n=20)
ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی	-24560.5	775.67Tmax	0.602**	0.36	1481(n=20)
تشکیل تارهای ابریشمی تا بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدن کامل)***	-	-	-	-	-

*P<0.05;**P<0.01;T_{max}, Maximum Temperatur; RH, Relative Humidity ;W,Wind Speed; SH, Sunshine Hours; T_{min}, Minimum Temperature

***در این مرحله از رشد هیچ یک از متغیرهای مستقل رابطه ی معناداری با عملکرد ذرت نداشتند

دزفول

در دزفول تغییرات ضریب همبستگی از ۰/۵۷۳ تا ۰/۷۸۸ و ضریب تبیین از ۰/۳۳ تا ۰/۶۲ می باشد(جدول ۸). نتایج، تاثیر مثبت دمای کمینه و منفی دمای بیشینه در مرحله ی جوانه زنی را نشان می دهند. این در حالی است که ساعات آفتابی در کلیه مراحل رویشی و زایشی گیاه اثر مثبت بر روی عملکرد را داشته و دمای بیشینه اثر منفی خود را در مرحله ظهور گل آذین نر نشان داده است. اثر منفی دمای بیشینه در مرحله ی ظهور گل آذین نر سبب افزایش تبخیر و تعرق گیاه و ایجاد تنش آبی و در نهایت کاهش عملکرد محصول را بدنبال دارد(نیلد و نیومن،۱۹۹۰). در معادلات آماری فوق تنها از فراسنج های هواشناسی استفاده شده، که طبیعی است چنانچه از متغیرهای دیگری مانند شاخص های بیومتری گیاه (ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ) نیز استفاده شود، تخمین عملکرد محصول با دقت بالاتری صورت خواهد گرفت (لوبل و بورک[1]،۲۰۱۰؛ مورتزینیس و همکاران،۲۰۱۳؛ شی و همکاران[2]، ۲۰۱۳).

1 . Lobell and Burke
2 . Shi et al

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

جدول(۸). ضرایب همبستگی و وایازی مدل های آماری تخمین عملکرد ذرت دانه ای در دزفول

مرحله ی فنولوژیکی	عرض از مبدأ	متغیرهای مستقل همراه ضرایب آنها	ضریب همبستگی(r)	ضریب تبیین (R^2)	خطای معیار (kg/ha) و تعداد مشاهدات
جوانه زنی تا دو برگی	34500.2	$-1075.39T_{max}+777.05T_{min}$	0.652^{**}	0.43	1264(n=24)
دو برگی تا پایان برگدهی	-12597.4	$386.17T_{min}+810.89SH$	0.573*	0.33	1366(n=24)
پایان برگ دهی تا ظهور گل آذین نر	-546.0	$781.70T_{min}+1177.82SH-530.83T_{max}$	0.764**	0.58	1102(n=24)
ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی	-13009.5	$590.70T_{min}+974.58SH$	0.674**	0.46	1231(n=24)
تشکیل تارهای ابریشمی تا بلوغ فیزیولوژیکی (رسیدن کامل)	-501.3	924.51SH	0.788**	0.62	1002(n=24)

*P<0.05;**P<0.01;T_{max}, Maximum Temperatur; T_{min}, Minimum Temperature;SH, Sunshine Hours

انتخاب مدل آماری تخمین عملکرد محصول

انتخاب مدل آماری تخمین عملکرد محصول ذرت دانه ای در منطقه ی مطالعاتی براساس معیار هایی مانند وجود همبستگی معنی دار در سطوح ۱ و یا ۵ درصد، دارا بودن کمترین خطای معیار و همچنین دارا بودن کمترین انحراف نسبی بوده است. بر این اساس از بین مراحل مختلف رشد ، مراحل زیر به عنوان مراحل رشد تخمین محصول ذرت برگزیده شدند.

کرمانشاه، داده های مربوط به مرحله چهارم رشد (از ۱۱ مرداد تا ۵ شهریور هر سال) ؛ کوهدشت، داده های مربوط به مرحله ی چهارم رشد (از ۱۱ تیر تا ۳۱ تیر هر سال)؛ دهلران، داده های مربوط به مرحله ی چهارم رشد (از ۱ مهر تا ۲۵ مهر هر سال) و در دزفول، داده های مربوط به مرحله ی پنجم رشد (از ۱۱ آبان تا ۱۵ آذر هر سال).

بر اساس جدول ۹ در کرمانشاه مقادیر انحراف نسبی از ۱۱- تا ۷ درصد در نوسان می باشد که بیانگر تخمین بیش از مقدار واقعی(Overestimate) در برخی از سال ها و کمتر از مقدار واقعی (Underestimate) می باشد. مدلی می تواند با دقت بالاتر تخمین عملکرد را محاسبه نماید که چنین ویژگی را داشته باشد، یعنی برخی سال ها را بیشتر از مقدار واقعی و بعضی دیگر را کمتر از مقدار واقعی محاسبه نماید (بازگیر، ۲۰۰۵). در واقع چنانچه مدلی مقدار تولید محصول را همیشه بالاتر از مقدار واقعی، تخمین و یا این که همیشه پایین تر از مقدار واقعی محاسبه نماید، مدل مناسبی برای سال های نابهنجار نخواهد بود. در کوهدشت اختلاف عملکرد تخمین زده شده از واقعی در سال ۱۳۷۲ بسیار زیاد است(۱۴۷ درصد)، در حالیکه طی سال

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۸ به ترتیب ۱۱- و ۹ در صد می باشد(جدول ۹). در خصوص دهلران مقادیر انحراف نسبی در سال های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۳ به ترتیب ۹۶، ۱۸ و ۱- در صد محاسبه شده است که مقدار پایین انحراف نسبی در سال ۱۳۸۸ قابل توجه و نشان از دقت بالای مدل دارد. مقادیر انحراف نسبی در دزفول بالاتر از مناطق دیگر می باشد که بیانگر دقت پایین تر مدل آماری مربوطه در تخمین عملکرد ذرت دانه ای نسبت به سایر مناطق می باشد.

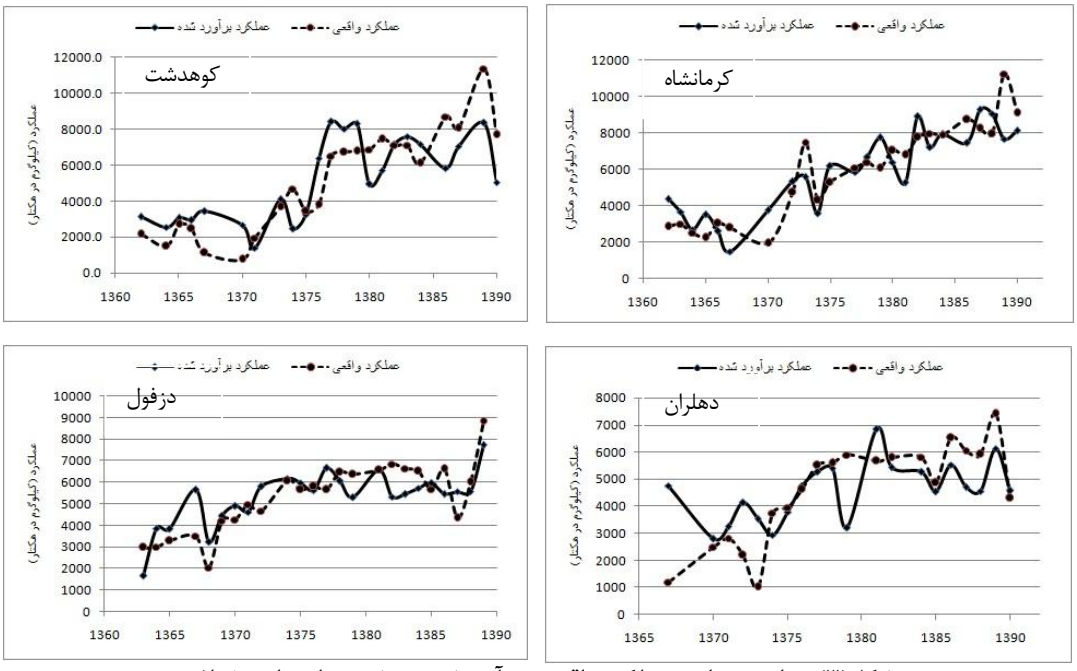
جدول (۹). مقادیر برآورد شده و واقعی عملکرد محصول ذرت دانه ای (کیلوگرم در هکتار) به همراه انحراف نسبی در شهرستان های مورد مطالعه در سال های منتخب برای اعتبار سنجی مدل های آماری

شهرستان	کرمانشاه (مرحله ۴ رشد)			کوهدشت (مرحله ۴ رشد)			دهلران (مرحله ۴ رشد)			دزفول (مرحله ۵ رشد)		
سال	۱۳۷۱	۱۳۷۶	۱۳۸۵	۱۳۷۲	۱۳۸۵	۱۳۸۸	۱۳۶۶	۱۳۸۰	۱۳۸۳	۱۳۶۶	۱۳۷۳	۱۳۸۰
عملکرد واقعی	۲۲۹۳	۵۷۴۷	۸۷۷۰	۱۷۸۷	۸۵۸۷	۵۱۶۴	۱۷۱۷	۴۶۰۰	۶۲۹۳	۲۱۶۹	۵۳۴۸	۶۷۵۰
عملکرد برآورد شده	۲۰۳۲	۵۹۷۸	۹۳۶۶	۴۴۰۶	۷۶۷۴	۵۶۲۵	۳۳۶۴	۵۴۱۱	۶۲۱۸	۶۰۹۰	۴۵۳۷	۵۷۳۰
انحراف نسبی(٪)	-۱۱	۴	۷	۱۴۷	-۱۱	۹	۹۶	۱۸	-۱	۱۸۱	-۱۵	-۱۵

در شکل ۳ مقایسه ی مقادیر برآورد شده ی ذرت دانه ای با عملکرد واقعی در سال های مختلف آمده است. اختلاف مقادیر برآورد شده محصول ذرت دانه ای نسبت به مقادیر واقعی در کرمانشاه از ۲۵۰- تا ۳۵۷۷- کیلوگرم و از ۱۶ تا ۱۸۱۲ کیلوگرم در نوسان بوده است. این تغییرات در کوهدشت لرستان از ۱۶۰- تا ۳۰۰۰- از یک طرف و از ۲۴ تا ۲۵۶۶ کیلوگرم از طرف دیگر در نوسان بوده است. در خصوص دهلران می توان به تغییرات ۲۰۷- تا ۱۳۷۰- و ۲۸۶ تا ۳۵۵۰ کیلوگرم اشاره نمود. در رابطه با دزفول مقادیر تخمین زده شده محصول از ۱۸۸- تا ۱۳۲۲- و از ۲۶ تا ۲۱۳۰ کیلوگرم با مقادیر واقعی اختلاف داشته است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]



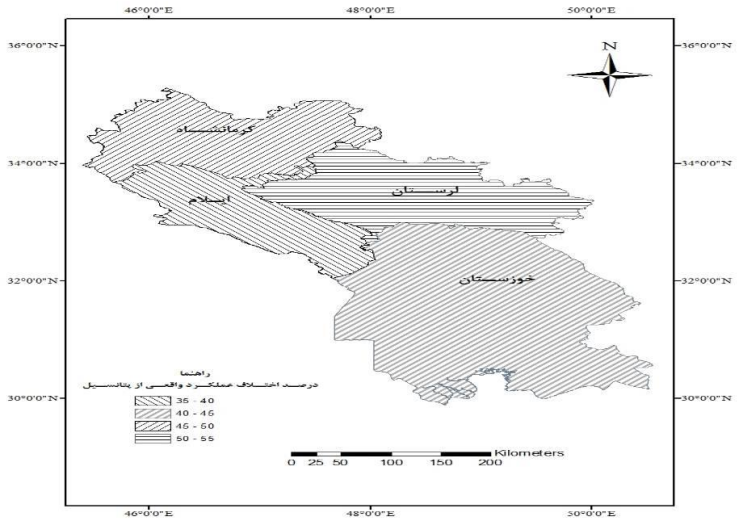
شکل(۳). مقایسه مقادیر عملکرد واقعی و برآوردشده در شهرستان های مختلف

مقایسه عملکرد بالقوه(پتانسیل) و واقعی

چنان چه گیاه تحت تنش های رطوبتی و یا آفت و بیماری نبوده و کلیه عناصر غذایی مورد نیاز در اختیارش باشد، رشد و نمو تحت تأثیر عوامل محیطی مانند تابش، دما و تغییرات دی اکسید کربن و همچنین رقم گیاه بوده و عملکرد نهایی در این شرایط به عنوان عملکرد بالقوه یا پتانسیل نامیده می شود (نصیری محلاتی و کوچکی، ۱۳۸۸). روش های مختلفی برای برآورد عملکرد پتانسیل وجود دارد که پرکاربردترین آن ها استفاده از مدل های شبیه سازی رشد است. در مطالعه اخیر به دلیل نبود داده های مزرعه ای در قالب مدل های ذکر شده به ناچار بیشترین عملکرد طی سال های موجود در هر منطقه به عنوان عملکرد پتانسیل و میانگین عملکرد در طول دوره ی آماری به عنوان عملکرد موجود (واقعی) در نظر گرفته شده است (لوبل و همکاران، ۲۰۰۹). شکل ۴، نقشه درصد اختلاف این دو عملکرد در مناطق تحت مطالعه را نشان می دهد. این اختلاف در لرستان بیشترین (۵۴/۵ درصد) و در ایلام کمترین (۳۸ درصد) مقدار است. در مناطق خوزستان و کرمانشاه اختلاف یاد شده به ترتیب ۴۱ و ۴۸ درصد می باشد. بر اساس نتایج بدست آمده و با توجه به آبی بودن کشت ذرت در هر چهار استان، به نظر می رسد که عنصر دما و به خصوص در مراحل پایانی رشد عامل محدود کننده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

در اختلاف مشاهده شده بین عملکرد های پتانسیل و واقعی می باشد. اگر چه با توجه به گرما دوست بودن گیاه ذرت، عامل دمای هوا در استان های گرم تر (ایلام و خوزستان)کمترین محدودیت و در استان های سردتر یعنی کرمانشاه و لرستان محدودیت بیشتری را برای ذرت ایجاد کرده است. در جدول ۱۰ مقادیر عملکردهای پتانسیل، واقعی و درصد اختلاف این دو عملکرد (خلأ عملکرد[1]) آمده است.



شکل (۱۲). درصد اختلاف عملکرد واقعی از پتانسیل در منطقه مورد مطالعه

جدول (۱۰). مقادیر عملکرد واقعی، پتانسیل (کیلوگرم در هکتار) به همراه خلأ عملکرد

استان	عملکرد واقعی	عملکرد پتانسیل	خلأ عملکرد (٪)
ایلام	۴۵۷۰	۷۴۰۰	۳۸/۰
خوزستان	۵۲۹۰	۸۸۶۵	۴۱/۰
کرمانشاه	۵۸۷۰	۱۱۲۵۰	۴۸/۰
لرستان	۵۱۶۰	۱۱۳۵۰	۵۴/۵

نتیجه گیری

در کرمانشاه بیشترین همبستگی بین عملکرد ذرت و دمای بیشینه مشاهده گردید. با توجه به چهار کربنه بودن مسیر فتوسنتزی ذرت، می توان تاثیر مثبت دما را در مرحله ی ظهور گل

1 .Yield gap

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی توجیه نمود. در همین مرحله اثر منفی رطوبت نسبی هوا به دلیل ایجاد بیماری هایی از قبیل سیاهک و زنگ ذرت می باشد. در منطقه کوهدشت اثر مستقیم و مثبت باد در مرحله چهارم رشد گیاه (ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی) می تواند به دلیل اثرمثبت باد در زمان گرده افشانی باشد. در منطقه دهلران بیشترین همبستگی بین تغییرات عملکرد ذرت دانه ای دماهای بیشینه، کمینه، رطوبت نسبی، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری و ساعات آفتابی دیده شد. از نتایج قابل ذکر می توان به اثر منفی دمای بیشینه در مرحله ی ظهور گل آذین نر در دزفول اشاره نمود که سبب افزایش تبخیر و تعرق گیاه و تنش آبی در ذرت و در نهایت کاهش عملکرد محصول را بدنبال خواهد داشت.

نتایج این تحقیق نشان می دهد که با در نظر گرفتن درصد منطقی از خطا، می توان به برآوردهای حاصل از مدل های آماری هواشناسی در تخمین عملکرد محصول اطمینان داشت. البته بایستی این نکته را بیان نمود که به دلیل استفاده نکردن از متغیرهای دیگری از قبیل اندازه گیری های بیومتری مانند ارتفاع گیاه و ساقه، قطر ساقه و یا متغیرهایی مانند تراکم بوته در واحد سطح و همچنین شاخص سطح برگ دقت مدل های آماری هواشناسی به نسبت پایین تر می باشد. در مجموع با توجه به میانگین عملکرد در هکتار ذرت دانه ای در هر یک از مناطق تحت مطالعه که در کرمانشاه، کوهدشت، دهلران و ایلام به ترتیب برابر ۶۰۲۲، ۵۱۶۱، ۴۱۱۵ و ۵۵۸۵ کیلوگرم می باشد، می توان نتیجه گرفت که درصد خطای برآورد محصول نسبت به مقادیر واقعی طی سال های مختلف از ۰/۴۲- تا ۵۹- درصد و از ۰/۲۷ تا ۳۰ درصد در کرمانشاه، از ۳- تا ۵۸- درصد و از ۰/۴۷ تا ۵۰ درصد در کوهدشت، از ۵- تا ۳۳- درصد و از ۷ تا ۸۶ درصد در دهلران و از ۳- تا ۲۴- درصد و از ۰/۴۷ تا ۳۸ درصد در دزفول بوده است.

ازتفاوت های این مطالعه با تحقیقات دیگران می توان به این نکته اشاره نمود که درجه روزهای رشد از متغیرهایی بوده که همبستگی بالایی در مطالعات باقری و همکاران(۱۳۹۱) داشته است در حالی که در مطالعه اخیر این متغیر از محاسبات حذف گردیده است. از طرف دیگر نتایج این تحقیق در خصوص موثر بودن دما در مرحله ظهور گل آذین نر تا تشکیل تارهای ابریشمی با نتایج مطالعات لوبل و بورک(۲۰۱۰) هم خوانی دارد. شاید بتوان دلیل تفاوت ها و تشابهات مذکور را در رقم محصول و تعداد سال های مورد استفاده در تحلیل آماری ذکر نمود، اگرچه در تخمین دقیق تر عملکرد محصول نبایستی از تنش های محیطی مانند آفات و بیماری ها چشم پوشی نمود.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

منابع و ماخذ

۱. باقری، سارا؛ قیصری، مهدی؛ ایوبی، شمس اله و لوایی، نیلوفر (۱۳۹۱). **پیش بینی عملکرد ذرت علوفه ای با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی،** مجله پژوهش های تولید گیاهی، شماره ۴، صص، ۹۵-۷۷.

۲. پژوهشگاه هواشناسی (۱۳۸۳). **مطالعات اطلس اقلیمی – گردشگری ایران،** تهیه شده در پژوهشگاه هواشناسی سازمان هواشناسی کشور.

۳. ذوالفقاری، حسن؛ فتح نیا، امان الله و شهریاری، مژگان (۱۳۹۴). **تعیین اراضی مناسب کشت نخود دیم در استان کرمانشاه با استفاده از داده های اقلیمی و محیطی،** پژوهش های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۲، ۱۹۶-۱۷۹.

۴. شیخی، محسن؛ ساجدی، نور علی و جیریایی، مجید (۱۳۹۱). **تاثیر تنش کمبود آب بر خصوصیات زراعی هیبریدهای ذرت در شرایط اقلیمی اراک،** مجله زراعت و اصلاح نباتات، شماره ۳، صص، ۱۱۰-۱۰۱.

۵. غلامی، علیرضا و پیرمرادیان، نادر (۱۳۹۰). **واسنجی یک مدل ساده (VSM) جهت پیش بینی عملکرد ذرت تحت مدیریت های مختلف آب و نیتروژن،** نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۲، صص، ۲۵۸-۲۶۵.

۶. محمدی، حسین؛ زینانلو، علی اصغر و روشن، علی اصغر (۱۳۸۷). **مدل سازی سازگاری دمایی زیتون (Olea europaea L.) در ایران،** پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص،۵۱-۳۷.

۷. نصیری محلاتی، مهدی و کوچکی، علیرضا (۱۳۸۸). **پهنه بندی اگرواکولوژیکی گندم در استان خراسان: برآورد پتانسیل و خلاء عملکرد،** مجله پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۷، شماره ۲، صص، ۷۰۹- ۶۹۵.

۸. وزارت جهاد کشاورزی، (۱۳۸۸). **آمارنامه کشاورزی،** جلد۱: محصولات زراعی« سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴».

۹. وزارت جهاد کشاورزی، (۱۳۹۱). سطح زیر کشت و عملکرد ذرت دانه ای. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

۱۰. یزدان پناه، حجت الله؛ کمالی، غلامعلی و رحیمی، داریوش (۱۳۸۷). **تعیین پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی به کمک شبکه های عصبی هوشمند و GIS،** فصل نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲، ۱۰۱-۸۱.

۱۱. یساری ، طلعت (۱۳۹۳). **تعیین تاریخ های کاشت گلرنگ بهاره در استان اصفهان با استفاده از دما و مدل رقومی ارتفاع، پژوهش های جغرافیای طبیعی،** شماره ۳، صص ۴۰۵-۳۸۹.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

۱۲. یوسفی تلابنی، زینب؛ امیری، ابراهیم؛ انصاری، حسین و فرید حسینی، علیرضا (۱۳۹۲). **برآورد عملکرد محصول گیاه ذرت با استفاده از واسنجی و ارزیابی مدل CERES-Maize**، دومین کنفرانس بین المللی مدل سازی گیاه، آب، خاک و هوا، ۱۸ و ۱۹ اردیبهشت ماه، کرمان.

Bair, w. (1977). ***Crop-weather models and their use in yield assessments***. Tech Note. No.151. World Meteorological Organization, Rome, 48pp.

Baier, W. & Robertson, G.W. (1967). ***Estimating yield components of wheat from calculated soil moisture.*** Can. J. Plant. Sci., 47: 617-30.

Barnett, V. (2004). ***Environmental Statistics—Methods and Applications***. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.

Bazgeer, S. (2005). ***Land use change analysis in the sub mountainous region of Punjab using remote sensing, GIS & agro meteorological parameters***. Ph.D. Dissertation, Punjab Agricultural University (PAU), Ludhiana, India. 128pp.

Darby, H. (2015). ***Impact of dry weather on corn growth and development.*** http://www.uvm.edu/extension/cropsoil/wp-content/uploads/Impact-of-Dry-Weather-on-Corn-Growth-and-Development.pdf.

Flood, B., Foster, R. & Hutchison, B. (1995). Sweet corn. In: R. Foster and B. Flood (eds.), ***Vegetable Insect Management with Emphasis on the Midwest***. Meister Publishing Co., Willoughby, Ohio.

Gilmore, E.C. & Rogers, J.S. (1958). ***Heat units as a method of measuring maturity in corn***. Agtonomy Journal, 50: 611-615.

Hanway, J.J. (1971). ***How a Corn Plant Develops*.** Agronomy Journal, 55:487-492.

Kramer, P.J. (1997). ***Plant and soil water Relationships: A Modern Synthesis.*** Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd, New Delhi, pp. 296-345.

Lobell, D.B., Cassman, K.G. and Field, C.B. (2009). ***Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes***. Annual Review of Environment and Resources, 34:179–204.

Lobell, D. B. & Burke, M. B. (2010). ***On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change.*** Agricultural and Forest Meteorology. Vol. 150, (11): 1443–1452.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

Mkhabela , M. S., Bullock, P., Raj, S., Wang, S. & Yang, Y.(2011). ***Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data.*** Agricultural and Forest Meteorology 151: 385–393.

Mkhabela, M. S. & Mashinini, N. N. (2005). ***Early maize yield forecasting in the four agro-ecological regions of Swaziland using NDVI data derived from NOAA's-AVHRR.*** Agricultural and Forest Meteorology. 129: 1-9

Mourtzinis, S., Arriaga, F. ., Balkcom, K. S., & Ortiz, B.V. (2013). ***Corn Grain and Stover Yield Prediction at R1 Growth Stage***. Agronomy Journal. 105(4): 1045-1050.

Neild, R. E. & Newman, J. E. (1990). ***Growing Season Characteristics and Requirements in the Corn Belt***. National Corn Handbook, Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN, http://www.ces.purdue.edu/extmedia/NCH/NCH-40.html

Nielsen, R. L. (Bob). (2010a). ***Silk Development and Emergence in Corn***. Corny News Network, Purdue Univ. http://www .kingcorn.org /news/ timeless/Silks.html [URL verified June 2012].

Nielsen, R. L. (Bob). (2012b). ***Next Big Hurdle: Pollen Shed and Silking***. Corny News Network, Purdue Univ.http ://www .kingcorn.org/news / articles.12/Hurdle-0617.html [URL verified June 2012].

Nuttonson, M.Y. (1955). ***Wheat climate relationships and use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of wheat.*** American Institute of Crop Ecology, Washing DC, pp. 54-55.

Prasad, Anup K., Chai, Lim, P. Singh, Ramesh & Kafatos, Menas (2006). ***Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters***.International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, No. 8, 26-33.

Rao, G.S.L.H.V.P. (2003). ***Agricultural meteorology***. Director of Extension, Kerala Agricultural University, Thrissur, Kerala, India, pp. 95-112.

Reddy, T.Y., & Reddi, G. H. S. (2003). ***Principles of agronomy***. Kalyani Pulishers, Ludhiana, pp: 48-77.

Ritchie, J.T. (1991). ***Wheat Phasic Development***. In Hanks, R.J. and Ritchie, J.T. (Eds). Modeling plant and soil systems. Agronomy Monograph #31. American Society of Agronomy. Miadison, WI, pp. 34-54.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]

Roth, G. (2015). ***Weather Effects on Corn Silage.*** http://www.Spectrumanalytic.com/support/library/ff/Weather_Effects_on_Corn_Silage.htm

Shi, Wenjiao, Tao, F. & Zhang, Z. (2013). ***A review on statistical models for identifying climate contributions to crop yields***. Journal of Geographical Sciences. 23(3):567-576.

Sibley, Adam, Grassini, M. P., Thomas, N. E., Gassman, G., & Lobell, D. B. (2014). **Testing Remote Sensing Approaches for Assessing Yield Variability among Maize Fields.** Agronomy Journal, 106(1): 24-32.

Sweets, L.E., & Wright, S. (2008). ***Corn diseases***, University of Missouri Extension. IPM 1001, (Verified: 7/11/13).

University of California, 2003. ***About degree days, Statewide Integrated Pest Management System,*** Agriculture and Natural Resources, University of California. http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/ddconcepts.html

USDA (2013). ***Weather Effects on Expected Corn and Soybean Yields.*** *Weather Effects on Expected Corn and Soybean Yields, FDS-13g-01*. Economic Research Service/USDA.

Willmott, Cort J. (1982). ***Some Comments on the Evaluation of Model Performance***. Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 63, Issue 11, pp.1309-1369.

Yin, X., JAJA, N., McCLURE, M. A., & HAYES, R.M. (2011). ***Comparison of Models in Assessing Relationship of Corn Yield with Plant Height Measured during Early- to Mid-Season.*** Journal of Agricultural Science, Cambridge 3, 14-24.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.39.8.0]