

## کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان

سید محمد طاهر حسینی<sup>۱</sup>، عادل سی و سه مرده<sup>۲</sup>، پرویز فتحی<sup>۳</sup>، معروف سی و سه مرده<sup>۴</sup>

### چکیده

پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی نظیر گندم به دلیل اهمیتی که در برنامه ریزی اقتصادی دارند از دیر باز مورد توجه پژوهشگران بوده است. هدف عمده این پژوهش، برآورد تولید محصول قبل از برداشت است. اخیراً کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان ابزاری قوی که قادر به محاسبه معادلات پیچیده و تحلیل عددی با مناسب‌ترین تقریب می‌باشد، گسترش یافته است. پژوهش حاضر به منظور بسط و آزمون یک مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی میزان عملکرد گندم دیم بر اساس داده‌های هواشناسی در منطقه قروه استان کردستان است. داده‌های هواشناسی شامل میانگین حداقل و حداکثر دما، میانگین درجه حرارت در نقطه شب‌نم، رطوبت نسبی، بارش ماهیانه و سالیانه، میانگین دمای سالانه، سرعت باد، تعداد روزهای یخبندان، بارانی و ابری، بیشترین میزان بارندگی روزانه و برخی داده‌های دیگر، بین سال‌های زراعی ۱۳۶۸ الی ۱۳۷۹ مدنظر قرار گرفت. مدل‌های مختلف شبکه تهیه و مقادیر مطلوب پارامترها برای تخمین عملکرد گندم دیم با استفاده از فرایند سعی و خطا تعیین گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در میزان تولید گندم در دشت قروه، مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای حداکثر روزانه، خصوصاً در ماه‌های میانی و انتهایی رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با کوچک‌ترین تغییری در مقدار هر یک از آن‌ها عملکرد محصول به میزان زیادی دست خوش تغییر می‌گردد. نتایج هم‌چنین حاکی از آن بود که مدل شبکه عصبی مصنوعی، مقدار عملکرد گندم دیم را قبل از برداشت محصول با قابلیت برآورد بسیار خوب پیش‌بینی نمود. نتایج روابط رگرسیونی نیز نشان داد که دو عامل بارندگی سالیانه و حداقل رطوبت نسبی هوا برحسب درصد در ماه خرداد ۹۴/۳ درصد تغییرات عملکرد گندم دیم را در منطقه توضیح می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های عصبی مصنوعی، عملکرد گندم دیم، داده‌های هواشناسی، رگرسیون چند متغیره

۱. مربی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج

۲. استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج

۳. استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج

۴. مربی گروه آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد

## مقدمه

شبکه عصبی مصنوعی شبیه‌سازی از دستگاه عصبی انسان است و در واقع تقلیدی از مغز و شبکه اعصاب انسان می‌باشد. در این شبکه سعی بر آن است که ساختاری تهیه شود که همانند مغز قدرت یادگیری، تعمیم‌دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد (منهاج، ۱۳۷۷ و راثو و راثو<sup>۱</sup>، ۱۹۶۶). در این گونه ساختارها هدف این است که با معرفی عملکرد یک سیستم دینامیکی، مدل را آموزش داده، نحوه‌ی عملکرد سیستم را در حافظه مدل ذخیره و از آن برای مواردی که قبلاً با آن مواجه نشده است استفاده شود. کاربرد این سیستم‌ها در ایران و به‌خصوص در علوم کشاورزی در آغاز راه می‌باشد اما به دلیل توانایی آن‌ها در مدل‌سازی فرایندهای بسیار پیچیده که تعداد عوامل تاثیرگذار در آن‌ها زیاد باشد، امکان استفاده گسترده از آن در علوم کشاورزی فراهم می‌باشد. از جمله موارد کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در علوم کشاورزی می‌توان به پیش‌بینی مکان و زمان بارندگی (شیخ شمایل، ۱۳۷۹)، پیش‌بینی عملکرد گندم دیم (بابک مصفا و همکاران، ۱۳۸۲)، پیش‌بینی تبخیر و تعرق (کومار<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲) و پیش‌بینی جریان CO<sub>2</sub> در اکوسیستم‌ها (ملیسی و هانلی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵) اشاره کرد.

کراونر و روش (۲۰۰۱) شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی را برای پیش‌بینی مقدار اسیدهای آمینه در علوفه دامی مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که شبکه‌های عصبی مصنوعی با کارایی بالاتری رابطه بین اسیدهای آمینه و سایر اجزاء تغذیه‌ای را نشان می‌دهند. وو و یین (۱۹۹۲) نیز از دو روش شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره برای پیش‌بینی عملکرد گندم در ارتباط با مصرف کود ازته استفاده کردند و نشان دادند که استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی روش جایگزین مناسبی برای تجزیه و تحلیل رگرسیونی می‌باشد. اسمیت و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که عملکرد پیش‌بینی شده گندم در مرحله طویل شدن ساقه ۴۶٪ تغییرات عملکرد واقعی را

توضیح داد در حالی که عملکرد پیش‌بینی شده در مرحله گرده افشانی ۵۶٪ این تغییرات را توضیح می‌داد. به عبارت دیگر با پیشرفت دوره رشد و وارد شدن تعداد بیشتری از عوامل موثر بر عملکرد در مدل دقت مدل پیش‌بینی در پیش‌بینی عملکرد افزایش یافت. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در شرایط دیم، عوامل جوی تعیین کننده عملکرد می‌باشند، اما لوبل و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از روش‌های رگرسیونی چند متغیره نشان دادند که در شرایط کشت گندم آبی مدیریت زراعی عامل اصلی تعیین کننده عملکرد گندم بوده است.

میزان تولید محصولات دیم، صرف نظر از وابستگی به خصوصیات ژنتیکی رقم، شرایط خاک و فن آوری کاشت، داشت و برداشت به شدت تابع روند وقوع رویدادهای اقلیمی است و در این میان کیفیت نزول بارش و چگونگی هم‌زمانی آن با دما، نوسانات درجه حرارت در طول دوره رشد گیاه، شدت و وزش باد از اهمیت زیادی برخوردار است. با توجه به مکانیسم شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های همبستگی یک یا چند متغیره، امکان دستیابی به روابط یا سیستمی که به کمک داده‌های هواشناسی بتواند میزان محصول یک منطقه را پیش‌بینی نماید، دور از ذهن نیست.

آشکارترین استفاده پیش‌بینی محصول خصوصاً محصول استراتژیک گندم، تعیین اعتبار لازم توسط دولت جهت خرید محصول و نیز تعیین مناسب‌ترین و باصرفه‌ترین مکان‌ها جهت انبار محصول و میزان انبار مورد نیاز می‌باشد. اگر بتوان تولید گندم را پیش‌بینی نمود، دولت می‌تواند قیمت خرید گندم را به‌گونه‌ای تعیین نماید که منافع کشور به بهترین وجه تامین گشته، هم‌چنین ورود و خروج گندم از سیلوها را به نحو دقیق‌تری تنظیم نموده و میزان واردات از خارج را به‌همین منظور از قبل معین کند. در پژوهش حاضر تلاش شده است امکان مدل سازی فرایند پیچیده پیش‌بینی عملکرد گندم دیم در منطقه قروه استان کردستان با تولید سالانه نزدیک به ۲۵۰ هزار تن گندم دیم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و روش‌های رگرسیونی چند متغیره بررسی شود.

1. Rao and Rao
2. Kumar
3. Melesse and Hanley

## شبکه‌ی عصبی مصنوعی

در این روش تلاش بر این است که بر اساس روابط ذاتی میان داده‌ها، نگاشتی غیر خطی بین متغیرهای مستقل و وابسته برقرار گردد. ایده‌ی اصلی این روش بر مبنای شبیه‌سازی عملکرد مغز انسان بوده و می‌تواند در مقیاس خیلی کوچک مانند شبکه‌های زیستی، یادگیری داشته باشد و این یادگیری را تعمیم دهد. مهم‌ترین بخش یک شبکه‌ی زیستی نرون<sup>۱</sup> است. نرون‌ها سلول‌های تشکیل دهنده‌ی دستگاه عصبی انسان هستند. هر شبکه عصبی مصنوعی از لایه‌های ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده است. در هر لایه یک یا چند عنصر پردازشگر (نرون) وجود دارد که عملکرد آن‌ها شبیه به عملکرد نرون‌های مغز انسان است. یک شبکه عصبی مجموعه‌ای از نرون‌هایی است که در آن هر نرون با همه نرون‌های لایه بعدی مرتبط است. هر یک از نرون‌های لایه ورودی در وزنی ضرب می‌شود. مقدار این وزن، همانند عملکرد تقاطعات سیناپتیک در نرون‌های زیستی، تعیین کننده تاثیر هر متغیر بر میزان عملکرد لایه ورودی است. هر عنصر پردازشگر یا نرون از دو بخش تشکیل شده است. در بخش نخست، مجموع وزنی مقادیر ورودی محاسبه می‌شود. در بخش دوم، خروجی بخش نخست در یک تابع ریاضی قرار گرفته و خروجی نرون محاسبه می‌شود. این تابع ریاضی، اصطلاحاً تابع آستانه یا تابع انتقال نام دارد که عملکرد آن شبیه یک فیلتر غیرخطی است و موجب می‌شود تا خروجی نرون در یک محدوده عددی خاصی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### داده‌های مورد نیاز

با توجه به قابلیت دسترسی به محدوده وسیعی از داده‌های هواشناسی در سال‌های زراعی ۶۹-۱۳۶۸ الی ۷۹-۱۳۷۸ (به مدت ۱۱ سال) از داده‌های بازه زمانی فوق در تهیه مدل استفاده گردید. داده‌های هواشناسی مورد استفاده شامل میانگین حداقل درجه حرارت، میانگین حداکثر درجه حرارت، میانگین درجه حرارت نقطه شبنم، متوسط درجه حرارت سالانه، میانگین

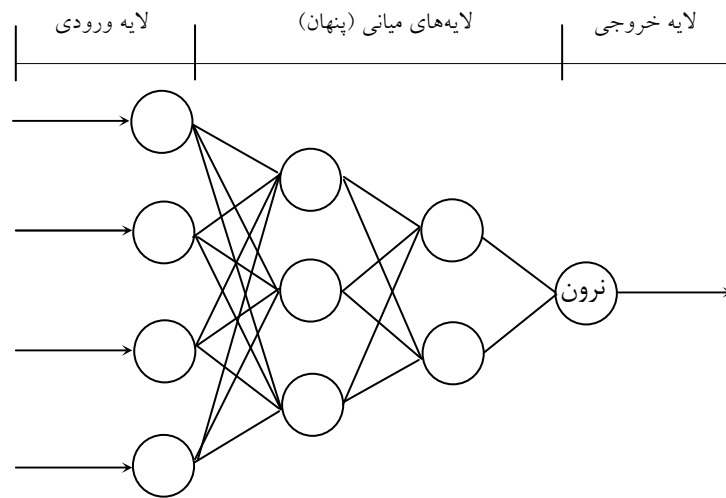
رطوبت نسبی، میانگین حداقل رطوبت نسبی، میانگین حداکثر رطوبت نسبی، تعداد روزهای با حداکثر درجه حرارت کوچکتر یا مساوی صفر، تعداد روزهای با حداقل درجه حرارت کوچکتر یا مساوی ۴-، تعداد روزهای با حداقل درجه حرارت کوچکتر یا مساوی صفر، میزان بارش ماهانه و سالانه، تعداد روزهای با میزان بارش بزرگتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر، تعداد روزهای با میزان بارش بزرگتر یا مساوی ۵ میلی‌متر، تعداد روزهای با میزان بارش بزرگتر یا مساوی ۱ میلی‌متر، تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای برفی، میانگین سرعت باد، تعداد روزهای ابری، میزان حداکثر مطلق درجه حرارت، میزان حداقل مطلق درجه حرارت و بیشترین میزان بارش روزانه بودند.

### نرمال سازی داده‌ها

قبل از آموزش شبکه عصبی، داده‌های ورودی به آن نرمال شدند. هدف از نرمال سازی آن است که داده‌ها به اعدادی مابین صفر تا ۱ تبدیل شوند، زیرا در این پژوهش برای عناصر پردازشگر (نرون‌ها) لایه مخفی تابع آستانه زیگموئیدی انتخاب گردید. خروجی این تابع اعدادی بین صفر تا یک می‌باشد و شکل داده‌های ورودی به آن نقش مهمی در یادگیری شبکه ایفا می‌کند (منهاج، ۱۳۷۷). برای ورودی‌های نزدیک به صفر یا یک، تغییرات وزن نرون‌ها حداقل خواهد بود زیرا در این اعداد عناصر پردازشگر به دلیل شکل تابع زیگموئید، کند عمل می‌کنند ولی برای مقادیر ورودی‌های نزدیک به نیم پاسخ نرون‌ها به سیگنال ورودی سریع‌تر خواهد بود (کومار و همکاران، ۲۰۰۲) با در نظر گرفتن این واقعیت، نرمال سازی داده‌ها به نحوی صورت گرفت که میانگین سری داده‌ها برابر ۰/۵ گردد. بدین‌منظور از رابطه زیر برای نرمال سازی استفاده گردید.

$$x_{norm} = 0.5 \left( \frac{x_0 - \bar{x}}{x_{max} - x_{min}} \right) + 0.5$$

که در آن  $x_{norm}$  مقدار نرمال شده ورودی  $x_0$ ،  $\bar{x}$  میانگین داده‌ها،  $x_{max}$  و  $x_{min}$  به ترتیب حداکثر و حداقل داده‌ها می‌باشد.



شکل ۱. ساختار کلی شبکه عصبی مصنوعی.

یک لایه، اقدام به یافتن تعداد مطلوب نرون‌ها گردید. روش کار به این صورت بود که تعداد نرون‌های لایه نهانی برابر ۱، ۲، و... ۲۰ عدد فرض گردید. در مرحله بعد دو لایه مخفی برای شبکه مورد نظر انتخاب و برای لایه مخفی دوم به ترتیب تعداد ۱، ۲، ۴، ۵ و ۱۰ نرون در نظر گرفته و مجدداً شبکه مورد آموزش قرار گرفت. برای هر حالت، بعد از آموزش شبکه، مقدار میانگین مربعات خطای آن، ثبت گردید. مقایسه مقادیر خطاها نشان داد که شبکه‌ای با یک لایه و ۴ نرون در لایه مخفی کم‌ترین خطا را داشته و بهترین ساختار برای شبکه عصبی در شرایط مورد نظر می‌باشد.

بعد از انتخاب ساختار شبکه‌ی عصبی، به منظور تعیین توابع آستانه نرون‌های لایه مخفی و خروجی، حالت‌های مختلفی برای این توابع در نظر گرفته شد و در نهایت با انتخاب تابع زیگموئید برای تمامی نرون‌های شبکه، مشاهده گردید که شبکه دارای کم‌ترین خطا خواهد بود. تابع سیگموئید که یک تابع صعودی بوده و یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین تابع‌ها در مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی به ویژه شبکه پرسپترون چند

### انتخاب نوع شبکه

بعد از انتخاب داده‌های مورد نیاز، اقدام به طراحی شبکه عصبی برای شرایط خاص این پژوهش گردید. پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که شبکه پرسپترون چند لایه با قانون یادگیری پی انتشار خطا بیش‌ترین کاربرد را در حل مسائل مهندسی دارد و به عنوان یک تقریب‌گر جهانی از آن یاد می‌شود (هیچت<sup>۱</sup>، ۱۹۸۷). شناسایی روابط ذاتی مابین متغیرهای مستقل و وابسته از جمله کارکردهای اصلی این شبکه می‌باشد. در این پژوهش بنا به ماهیت مسئله مورد مطالعه که ایجاد نگاشت مابین متغیرهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم می‌باشد، از این شبکه برای بسط و واسنجی مدل شبکه عصبی استفاده گردید.

### معماری شبکه

طبق پژوهش‌های انجام شده یک شبکه‌ی پرسپترون با یک لایه‌ی مخفی قادر به تقریب زدن هر تابع غیر خطی می‌باشد (منهاج، ۱۳۷۷). بنابراین برای تعیین تعداد لایه‌های مخفی شبکه ابتدا با فرض داشتن

1. Hecht

شبکه گردید و وزن‌های نهایی نرون‌ها تعیین شد و نمودار تغییرات خطای شبکه برحسب تعداد تکرار روندآموزش به صورت شکل ۲ حاصل گردید.

### بسط مدل رگرسیونی

به منظور واسنجی روابط رگرسیونی بین متغیرهای اقلیمی و عملکرد گندم، مدل‌های مختلف رگرسیونی از قبیل Stepwise, Backward, Enter و... با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد استفاده قرار گرفت. بر این اساس متغیرهای معنی‌دار موثر در عملکرد تعیین گردید. به منظور تعیین روابط رگرسیونی ساده بین هر متغیر با عملکرد از نرم افزار Excel استفاده شد. تعدادی از این روابط در جدول ۲ آمده است.

### نتایج و بحث

برای ارزیابی عملکرد مدل شبکه‌ی عصبی، نتایج حاصل از این مدل در برابر داده‌های اندازه‌گیری شده، ترسیم و با برآزش بهترین خط عبوری از میان آن‌ها، مقادیر ضریب همبستگی و شیب بهترین خط عبوری محاسبه و در جدول ۳ ثبت گردید. مقادیر بالای ضریب همبستگی و همچنین شیب بهترین خط عبوری از داده‌ها موید مطلب فوق است. بدیهی است هرچه ضریب همبستگی داده‌ها بالاتر باشد و نیز شیب بهترین خط عبوری از میان داده‌ها به یک نزدیک‌تر باشد، دقت پیش‌بینی مدل بیشتر خواهد بود. در شکل ۳ مقادیر عملکرد پیش‌بینی شده توسط مدل شبکه عصبی و مقادیر اندازه‌گیری شده عملکرد برای الگوهای ورودی مختلف به مدل نمایش داده شده است. مشاهده جدول و شکل ۳ نشان می‌دهد که روش شبکه‌ی عصبی مقدار عملکرد گندم را با دقت بالایی پیش‌بینی می‌کند. هم‌چنان‌که مشاهده می‌شود ضریب همبستگی و شیب بهترین خط عبوری بسیار به یک نزدیک است و نشان می‌دهد که مقادیر پیش‌بینی شده دارای حداکثر انطباق با مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. این مطلب دقت بالای شبکه‌ی عصبی را به اثبات می‌رساند.

لایه می‌باشد. شکل عمومی این تابع به صورت معادله ۱ می‌باشد:

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}} \quad (1)$$

که در آن a پارامتر شیب تابع است که با تغییر آن می‌توان تابع‌ها مختلفی را به دست آورد به طوری که با افزایش آن به تابع آستانه و با کاهش آن تا بی‌نهایت به تابع پله‌ای می‌رسد.

برای انتخاب مقدار بهینه نرخ یادگیری و سایر پارامترهای یادگیری شبکه از روش سعی و خطا استفاده شد. این کار با استفاده از شبکه طراحی شده و در نظر گرفتن تابع زیگموئید برای نرون‌های لایه خروجی و مخفی و همچنین انتخاب مقادیر مختلف آهنگ یادگیری در محدوده صفر تا ۱، انجام شد. مشاهده گردید که با انتخاب مقدار ۰/۲ و ۰/۱۵ به ترتیب برای لایه مخفی و خروجی، خطای آموزش شبکه به حداقل مقدار خود می‌رسد.

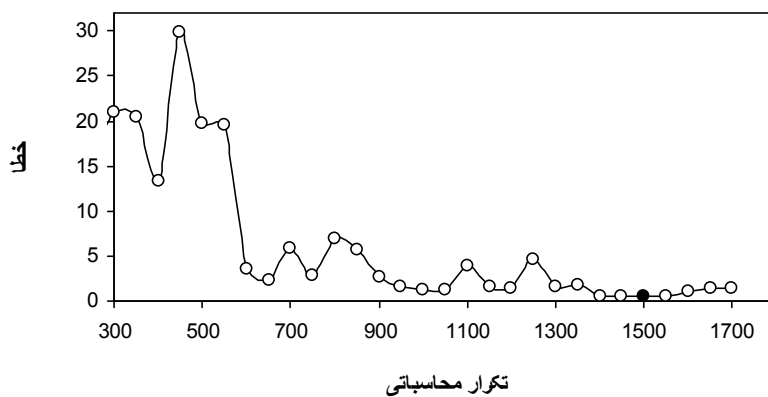
برای تعیین مقدار بهینه تعداد تکرار محاسباتی شبکه نیز از روش سعی و خطا استفاده گردید. بدین صورت که مقادیر مختلفی از تکرارهای محاسباتی برای شبکه طراحی شده فوق‌الذکر استفاده و اقدام به آموزش شبکه گردید. با هر بار آموزش شبکه مقدار خطای پیش‌بینی آن محاسبه گردید. مقایسه نتایج حاصله نشان داد که مقدار تکرار محاسباتی برابر ۱۶ کم‌ترین خطای پیش‌بینی را ایجاد نموده و به عنوان مقدار بهینه آن استفاده گردید. مشخصات فنی شبکه طراحی شده در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات فنی شبکه طراحی شده

تعداد لایه مخفی	تعداد لایه خروجی	نرخ یادگیری	تعداد تکرار محاسباتی	ضریب همبستگی	شیب
۴	۱	زیگموئید	۰/۲	۱۶	

### آموزش نهایی شبکه

بعد از تعیین تعداد لایه، تعداد نرون، توابع آستانه که در قسمت‌های قبلی ذکر شد، اقدام به آموزش نهایی



شکل ۲: تغییرات مقادیر خطا در تکرارهای مختلف در مدل شبکه عصبی مصنوعی



شکل ۳: مقایسه نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی مصنوعی با مقادیر اندازه‌گیری شده عملکرد گندم دیم برای الگوهای ورودی مختلف

جدول ۲: رابطه بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم

شماره رابطه مورد بررسی	رابطه پارامتر جوی با عملکرد	ضریب همبستگی (r)
۱	(متوسط حداکثر دما در اکتبر) ۱۸۱/۱ - ۴۶۷۶ = عملکرد	-۰/۶۱*
۲	(متوسط حداکثر دما در دسامبر) ۶۸/۹ - ۱۵۰۵ = عملکرد	-۰/۶۴*
۳	(متوسط حداکثر دما در می) ۱۰۴/۲ - ۳۳۱۴ = عملکرد	-۰/۶۱*
۴	(متوسط حداکثر دما در ژون) ۱۳۳/۲ - ۴۸۲۸ = عملکرد	-۰/۶۲*
۵	(حداکثر دمای ثبت شده در ژون) ۱۵۷/۹ - ۵۰۲۶ = عملکرد	-۰/۶۳*
۶	(حداکثر دمای ثبت شده در نوامبر) ۸۸/۶۴ - ۲۲۷۴ = عملکرد	-۰/۵۰ <sup>n.s</sup>
۷	(حداکثر دمای ثبت شده در دسامبر) ۷۴/۶ - ۲۳۹۹ = عملکرد	-۰/۸۳**
۸	(متوسط رطوبت نسبی در اکتبر) ۱۷/۴۳ + ۱۳۷/۳ = عملکرد	+۰/۵۵ <sup>n.s</sup>
۹	(متوسط رطوبت نسبی در نوامبر) ۲۹/۸ + ۳۱/۳ = عملکرد	+۰/۵۳ <sup>n.s</sup>
۱۰	(متوسط رطوبت نسبی در دسامبر) ۲۱/۵ + ۲۴۳/۳ = عملکرد	+۰/۵۲ <sup>n.s</sup>
۱۱	(متوسط رطوبت نسبی در آوریل) ۳۴/۸ + ۵۵۶/۸ = عملکرد	+۰/۷۰*
۱۲	(متوسط رطوبت نسبی در می) ۲۷/۰ + ۴۵/۸ = عملکرد	+۰/۷۶**
۱۳	(متوسط رطوبت نسبی در ژوئن) ۴۲/۷ + ۱۰۸/۳ = عملکرد	+۰/۸۱**
۱۴	(بارندگی در آوریل) ۳/۸۹ + ۸۳۶ = عملکرد	+۰/۳۲ <sup>n.s</sup>
۱۵	(بارندگی در می) ۸/۷۸ + ۸۱۰ = عملکرد	+۰/۶۸*
۱۶	(بارندگی در ژوئن) ۳۰/۰۶ + ۹۲۹ = عملکرد	+۰/۷۷**
۱۷	(تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر در نوامبر) ۱۲۱/۴ + ۸۹۷ = عملکرد	+۰/۷۱*
۱۸	(تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۱ میلی‌متر در آوریل) ۵۷/۹ + ۶۴۹ = عملکرد	+۰/۶۲*
۱۹	(تعداد روزهای دارای بارندگی در سال) ۱۱/۰۷ + ۱۹۵/۹ = عملکرد	+۰/۵۸ <sup>n.s</sup>
۲۰	(متوسط رطوبت نسبی سالانه) ۵۵/۱ + ۱۴۰۷ = عملکرد	+۰/۷۲*
۲۱	(متوسط حداکثر دمای ثبت شده سالانه) ۲۴۶/۹ - ۶۷۷۸ = عملکرد	-۰/۷۱*
۲۲	(متوسط سرعت باد در آوریل) ۱۰۲/۷ - ۲۰۶۸ = عملکرد	-۰/۳۹ <sup>n.s</sup>
۲۳	(متوسط سرعت باد در می) ۱۰۶/۲ - ۱۹۵۴ = عملکرد	-۰/۴۹ <sup>n.s</sup>
۲۴	(متوسط سرعت باد در ژوئن) ۱۶۳/۶ - ۲۲۷۱ = عملکرد	-۰/۶۱ <sup>n.s</sup>

\*: در سطح ۵٪ معنی‌دار است. \*\*: در سطح ۱٪ معنی‌دار است. n.s: بدون معنی

جدول شماره ۳. مقادیر شیب و ضریب همبستگی

بهترین خط عبوری	
ضریب همبستگی	شیب خط
۰/۹۹۹	۱/۰۰۰۸

پس از ارزیابی عملکرد با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، ارتباط عملکرد گندم دیم با پارامترهای جوی از طریق روابط رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج پژوهش حاضر، با کاهش متوسط حداکثر دمای روزانه در طی ماه‌های می، ژوئن، اکتبر و دسامبر عملکرد گندم دیم افزایش می‌یابد (جدول‌های ۴ الی ۸ و

روابط ۴-۱ جدول ۲). کاهش متوسط حداکثر دما در ماه می که مصادف با اواسط بهار، دوره بارندگی و مرحله رشد گندم است باعث کاهش تعرق، امکان حفظ رطوبت خاک، تداوم دوره رشد و افزایش کارایی استفاده از آب خواهد شد. دماهای بالاتر در طی پاییز مصادف با شروع رشد گیاهچه‌ای گندم با کاهش عملکرد مرتبط بود (روابط ۱ و ۲ جدول ۲). حتی مشاهده شد که در ماه دسامبر مصادف با اواخر پاییز با کاهش دما و افزایش تعداد روزهای با دمای زیر صفر عملکرد افزایش پیدا کرد (شکل ۴)، بنابراین می‌توان گفت که حتی در طی دوره

لذا مقدار بارش در ماه‌های می و ژوئن در مقدار تولید محصول بسیار حائز اهمیت می‌باشد. مقدار ساعات آفتابی در ماه می به طور مطلق و در ماه دسامبر به صورت نسبی حائز اهمیت است و از ماه ژوئن به بعد تدریجاً از میزان حساسیت نسبت به آن کاسته می‌شود. حساس‌ترین ماه‌ها نسبت به متوسط سرعت باد ماه‌های اکتبر و ژوئن می‌باشد. ماه‌های ژوئن و نوامبر نیز حساس‌ترین ماه‌ها در مقابل میانگین رطوبت نسبی روزانه هستند. البته توجه به این نکته حائز اهمیت است که نتایج این آزمون، ویژه منطقه‌ی قروه کردستان، با شرایط آب و هوایی و اقلیمی خاص خود می‌باشد و بنابراین قابل بسط و تعمیم به سایر نقاط تحت کشت گندم نیست.

در این پژوهش سعی شده است به یک دسته‌بندی به لحاظ اهمیت و نقشی که هر یک از عناصر بر روی میزان عملکرد در منطقه مورد بررسی دارند، دست یابیم. بدین‌گونه به ترتیب اهمیت، عناصر در چهار طبقه قرار گرفتند شامل: طبقه اول: مقدار بارش روزانه، میانگین دمای حداکثر روزانه، طبقه دوم: میزان ساعات آفتابی روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه، طبقه سوم: میانگین سرعت باد روزانه، حداکثر مطلق باد روزانه، میانگین دمای حداقل روزانه و طبقه چهارم: حداقل مطلق دمای حداقل روزانه، حداکثر مطلق دمای حداکثر روزانه. با نگاهی اجمالی به چهار طبقه ذکر شده می‌توان این‌گونه استنباط کرد که در میزان تولید گندم در منطقه قروه کردستان، مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای حداکثر روزانه، خصوصاً در ماه‌های میانی و انتهایی رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با کوچک‌ترین تغییری در مقدار هر یک از آن‌ها عملکرد محصول به میزان زیادی دست‌خوش نوسان و دگرگونی می‌شود که این خود حاکی از اهمیت فراوان بارش و زمان نزول آن در طی دوران رشد گیاه می‌باشد.

در مناطق با آب و هوای مدیترانه‌ای بارندگی‌های پاییزه از ماه نوامبر آغاز می‌شود که مصادف با جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد اولیه گندم است. در این پژوهش نیز مشاهده شد که در طی فصل پاییز بیش‌ترین تاثیر

خنک و سرد پاییز نیز کاهش دما می‌تواند از طریق کاهش تعرق امکان حفظ آب برای دوره رشد بهاره و بهبود عملکرد را فراهم نماید. در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر بالاترین دمای روزانه ثبت شده با کاهش عملکرد همراه بود (روابط ۵ تا ۷ جدول ۲). در ماه دسامبر بالاترین دمای روزانه ثبت شده در حدود ۶۹٪ تغییرات عملکرد گندم را توضیح داد (شکل ۵). کم‌ترین مقدار حداکثر دمای شده در دسامبر مربوط با سال ۱۳۷۳-۷۴ با ۸/۶ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین مقدار حداکثر دمای ثبت شده در دسامبر مربوط با سال ۱۳۷۷-۷۸ با ۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد بود که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد گندم را دارا بودند.

افزایش رطوبت نسبی هوا در طی ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر به دلیل کاهش تعرق با افزایش عملکرد همراه بود (روابط ۱۰-۸ جدول ۲). تاثیر رطوبت نسبی بر عملکرد در ماه‌های آوریل، می و ژوئن که مصادف با بهار است بسیار بیش‌تر از اثر رطوبت نسبی در پاییز بر عملکرد نهایی است (روابط ۱۱-۱۳ جدول ۲). در این میان بیش‌ترین همبستگی بین رطوبت نسبی و عملکرد مربوط به ماه ژوئن بود که مصادف با دوره پرشدن دانه می‌باشد. در طی ۱۱ سال مورد بررسی، بیش‌ترین و کم‌ترین رطوبت نسبی ماه ژوئن به ترتیب سال‌های ۱۳۷۳-۷۴ و ۱۳۷۷-۷۸ به ترتیب با ۴۲٪ و ۱۸٪ بود که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد را نیز دارا بودند. افزایش رطوبت هوا می‌تواند با تولید شبنم در هنگام شب قسمتی از آب مورد نیاز گیاه را تأمین نموده و به افزایش عملکرد کمک نماید.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که بیش‌ترین حساسیت و واکنش نسبت به دمای میانگین حداقل روزانه در ماه‌های اکتبر، نوامبر، دسامبر، می و ژوئن مشاهده می‌شود که در رشد و عملکرد گیاه حائز اهمیت است. بالاترین مقدار حساسیت گندم نسبت به میانگین دمای حداکثر روزانه در ماه‌های ژوئن و جولای رخ می‌دهد. مهم‌ترین عنصر هواشناسی در میزان تولید محصول، مقدار باران می‌باشد و بیش‌ترین نقش را در عملکرد گندم داراست. اما از جمله حساس‌ترین ماه‌ها، ماه‌های می و ژوئن است، پس از آن ماه اکتبر قرار دارد.



کیلوگرم در هکتار افزایش داد، اما هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش حداکثر دمای ثبت شده سالانه عملکرد را ۲۴۷ کیلوگرم در هکتار کاهش داد.

وزش باد باعث افزایش نیاز رطوبتی اتمسفر اطراف سایه انداز گیاه شده و با کاهش مقاومت لایه مرزی با تعرق شدید و اعمال تنش خشکی و کاهش عملکرد همراه است، یکی از اثرات عمده باد در طی دوره پرشدن دانه در اواخر بهار چروکیده شدن و بادزدگی دانه است. در این بررسی نیز مشاهده شد که سرعت باد در طی بهار تاثیر منفی بر عملکرد دارد. تاثیر منفی وزش باد بر عملکرد در طی بهار در ماه‌های آوریل، می و ژوئن به تدریج افزایش یافت (روابط ۲۴-۲۲ جدول ۲) و بیش‌ترین تاثیر را در ماه ژوئن داشت.

نتایج استفاده از رگرسیون چند متغیره با استفاده از مدل‌های Stepwise نشان داد که دو عامل شامل A: بارندگی سالیانه و B: حداقل رطوبت نسبی هوا بر حسب درصد در ماه ژوئن ۹۴/۳ درصد تغییرات عملکرد گندم دیم را توضیح می‌دهند. رابطه عملکرد با دو فاکتور فوق به ترتیب ذیل می‌باشد.

$$\text{عملکرد (Kg/ha)} = -187 + 2/593(A) + 20/072(B) \quad R^2 = 94/3$$

نتایج استفاده از رگرسیون چند متغیره با استفاده از مدل Backward نشان داد که فاکتورهای: متوسط دمای سالانه منطقه (A)، متوسط حداکثر دما در ماه اکتبر (B)، تعداد روزهای با حداقل دمای معادل صفر و یا کم‌تر در ماه دسامبر (D)، تعداد روزهای برفی یا یخبندان در ماه دسامبر (E)، تعداد روزهای با بارندگی معادل یا بیش‌تر از ۵ میلی‌متر در سال (F)، تعداد روزهای با بارندگی معادل یا بیش‌تر از یک میلی‌متر در ماه آوریل (G)، بیش‌ترین بارندگی روزانه بر حسب میلی‌متر در ماه ژوئن (H)، متوسط حداقل رطوبت نسبی هوا در ماه نوامبر (I) و ژوئن (J) در حدود ۹۹ درصد تغییرات عملکرد را توضیح می‌دهند و می‌توان عملکرد گندم را قبل از برداشت محصول پیش‌بینی نمود. بر این اساس مدل رگرسیون چند متغیره زیر را می‌توان برای پیش‌بینی عملکرد گندم دیم منطقه قروه به کاربرد.

$$\text{عملکرد (Kg/ha)} = -87 - 1/4A - 16/6B + 7/8C + 3/1D - 1/2E + 28F + 12/7G + 17/8H + 3I + 13/2J \quad R^2 = 0/99$$

بارندگی بر عملکرد مربوط به این ماه بود (شکل ۶). عملکرد گندم وابستگی معنی‌داری به بارندگی در ماه‌های می و ژوئن داشت (روابط ۱۵ و ۱۶ جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد گندم مربوط به سال ۱۳۷۳-۷۴ بود که در این سال میزان بارندگی در می و ژوئن به ترتیب ۲۸/۷ و ۷۷/۹ میلی‌متر بیش‌ترین مقدار در طی ۱۱ سال مورد بررسی بود.

در طی جوانه زنی بارندگی‌هایی بر عملکرد موثر هستند که به مقدار کافی بوده و تا عمق بذر نفوذ کنند و باعث جوانه‌زنی شوند (بارندگی موثر) که مقدار آن در حدود ۱۰ میلی‌متر می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که در طی ماه نوامبر ارتباط مشخصی بین تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر و عملکرد وجود داشت (رابطه ۱۷ جدول ۲). بارندگی در طی ماه‌های مختلف تاثیر ویژه‌ای بر عملکرد داشت، اما متوسط بارندگی سالانه بیش‌ترین تاثیر را بر عملکرد نشان داد (شکل ۷). متوسط بارندگی سالانه ۸۷ درصد تغییرات عملکرد را توضیح داد. بعلاوه تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارندگی ۸۷٪ تغییرات عملکرد را توضیح داد (شکل ۸)، هم‌چنین تعداد روزهای با بیش از ۱۰ میلی‌متر بارندگی ۶۸٪ (شکل ۹) تغییرات عملکرد را توضیح داد. ریمینگتون و نیکولاس (۱۹۹۳) گزارش کردند که عملکرد گندم در استرالیا به شاخص SOI (Southern Oscillation Index) بستگی دارد. این شاخص برآیندی از پدیده‌های عمده جوی است که میزان بارندگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و لذا می‌تواند بارندگی را پیش‌بینی کند. میزان شاخص فوق قبل از تاریخ کاشت قابل محاسبه بوده و می‌توان با استفاده از آن عملکرد گندم را چند ماه قبل از برداشت محصول پیش‌بینی کرد. متوسط رطوبت نسبی سالانه (رابطه ۲۰ جدول ۲) و متوسط حداکثر دمای ثبت شده سالانه (رابطه ۲۱ جدول ۲) به ترتیب همبستگی مثبت و منفی کاملاً معنی‌داری با عملکرد داشتند که اهمیت این دو را به ترتیب در کاهش و افزایش تعرق نشان می‌دهد. با افزایش رطوبت نسبی عملکرد افزایش یافت و هر یک درصد افزایش رطوبت نسبی سالانه عملکرد را ۵۵

مشابه بوده و هم‌پوشانی داشتند. در کل می‌توان گفت که هر چه تعداد فاکتورهای وارد شده به مدل افزایش پیدا کرد، دقت مدل در پیش‌بینی عملکرد نیز افزایش یافت.

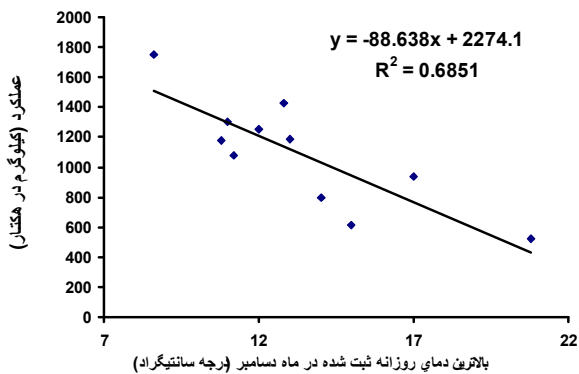
به‌طور کلی می‌توان گفت که هر دو روش شبکه‌ای عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره خطی قادر به پیش‌بینی عملکرد گندم می‌باشند و پارامترهای جوی موثر بر عملکرد در هر دو روش تا حد زیادی

جدول ۴: مشخصات دمایی و رطوبت نسبی موثر در عملکرد گندم در منطقه قروه در سال‌های مورد بررسی

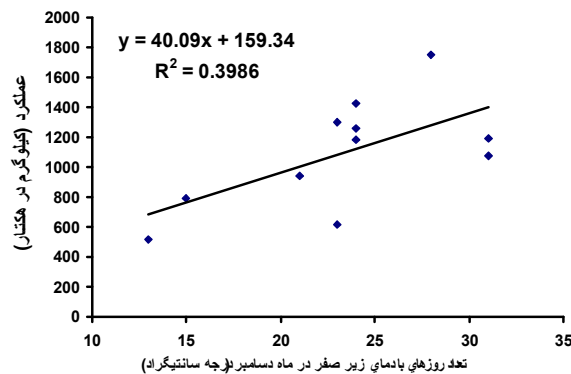
سال زراعی میلادی	سال زراعی شمسی	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	متوسط حداقل دما	متوسط حداکثر دما درجه سانتی‌گراد						متوسط دمای نقطه شبنم بر حسب درجه سانتی‌گراد		متوسط رطوبت نسبی بر حسب درصد		متوسط دما سالیانه
				دسامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	می	ژوئن	آوریل	می	اکتبر	نوامبر	
۸۹-۹۰	۶۸-۶۹	۱۱۹۰	-۵/۹	۲۱/۹	۱۱/۵	۷/۴	۲۳/۷	۲۹/۸	۱/۸	۹/۳	۳۷	۶۳	۱۰/۷	
۹۰-۹۱	۶۹-۷۰	۹۴۰	-۴/۵	۱۹/۵	۱۵/۴	۴/۶	۲۱	۲۸/۷	-۰/۱	۰/۸	۴۲	۴۳	۱۱/۳	
۹۱-۹۲	۷۰-۷۱	۱۱۸۰	-۷/۱	۱۸/۶	۱۳/۳	۰/۸	۱۷/۷	۲۵/۴	-۱/۲	۲/۳	۴۴	۵۳	۸/۷	
۹۲-۹۳	۷۱-۷۲	۱۳۰۲	-۳/۸	۲۰/۱	۱۲	۳	۱۸/۹	۲۷	-۲	۳/۱	۲۹	۴۷	۱۰/۵	
۹۳-۹۴	۷۲-۷۳	۱۴۲۷	-۱/۶	۱۸/۶	۸/۸	۸/۴	۲۰/۹	۲۷/۸	-۰/۳	۱/۸	۳۸	۷۲	۱۱/۹	
۹۴-۹۵	۷۳-۷۴	۱۷۵۳	-۵/۹	۱۷/۸	۱۰/۹	۲/۲	۱۹/۶	۲۵	۱/۴	۴/۴	۵۳	۶۳	۱۱/۳	
۹۵-۹۶	۷۴-۷۵	۱۰۷۶	-۵/۹	۱۹/۵	۱۲/۵	۴/۳	۲۲/۳	۲۷/۸	-۰/۹	۲/۴	۳۳	۴۱	۱۱/۰	
۹۶-۹۷	۷۵-۷۶	۷۹۵	-۰/۵	۱۹/۵	۱۱/۶	۸/۳	۲۰/۹	۲۷/۸	-۲/۶	۰/۹	۳۶	۵۲	۱۱/۳	
۹۷-۹۸	۷۶-۷۷	۱۲۵۵	-۲/۹	۲۰	۹/۶	۴/۹	۲۱/۴	۲۹/۶	-۰/۷	۳/۲	۳۷	۷۰	۱۱/۰	
۹۸-۹۹	۷۷-۷۸	۵۲۰	-۱/۷	۲۱	۱۵/۵	۱۲/۷	۲۴	۲۹/۶	-۳	-۲/۵	۳۵	۴۴	۱۳/۰	
-۲۰۰۰ ۹۹	۷۸-۷۹	۶۱۸	-۳/۱	۲۰/۹	۱۰/۵	۶/۹	۲۳/۶	۲۹/۳	-۱/۸	-۲/۶	۳۲	۵۷	۱۱/۸	

جدول ۵: مقادیر رطوبت نسبی موثر در عملکرد گندم در منطقه قروه در سال‌های مورد بررسی

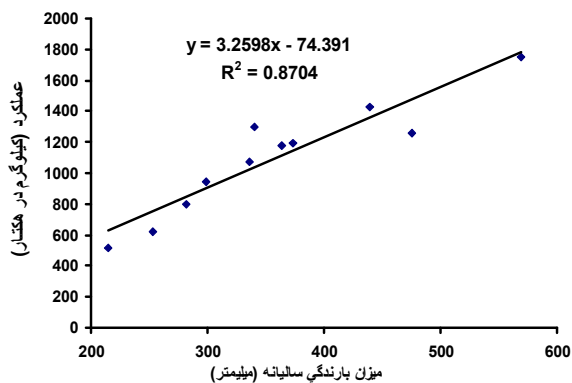
سال زراعی	متوسط حداکثر رطوبت نسبی												
	متوسط رطوبت نسبی بر حسب درصد				متوسط حداکثر رطوبت نسبی بر حسب درصد				متوسط حداقل رطوبت نسبی بر حسب درصد				
	دسامبر	آوریل	می	ژوئن	نوامبر	آوریل	می	ژوئن	اکتبر	نوامبر	آوریل	می	ژوئن
۶۸-۶۹	۷۰	۵۷	۵۸	۲۷	۷۶	۷۳	۶۸	۴۱	۲۷	۵۱	۴۶	۵۰	۱۹
۶۹-۷۰	۵۴	۴۵	۳۸	۳۳	۵۸	۶۸	۵۶	۵۰	۳۰	۳۲	۳۰	۲۸	۲۲
۷۰-۷۱	۷۶	۵۳	۵۳	۳۴	۷۲	۷۵	۷۶	۵۳	۳۰	۳۷	۳۵	۳۶	۲۲
۷۱-۷۲	۶۲	۴۵	۴۸	۳۲	۶۲	۶۳	۶۵	۴۵	۲۱	۳۵	۳۲	۳۶	۲۵
۷۲-۷۳	۶۷	۴۵	۴۰	۲۹	۸۵	۶۵	۵۹	۴۷	۳۰	۵۸	۳۲	۲۸	۱۶
۷۳-۷۴	۶۲	۵۹	۵۲	۴۲	۷۹	۷۷	۷۵	۶۴	۳۶	۵۰	۴۲	۳۶	۲۷
۷۴-۷۵	۵۷	۵۳	۴۱	۲۷	۵۷	۷۴	۶۳	۴۶	۲۱	۲۷	۳۷	۲۷	۱۴
۷۵-۷۶	۵۹	۴۶	۳۹	۲۴	۷۰	۶۷	۶۴	۴۴	۲۳	۳۷	۳۱	۲۴	۱۴
۷۶-۷۷	۶۹	۴۴	۴۳	۲۴	۸۷	۶۷	۶۶	۴۲	۲۵	۵۴	۲۹	۳۰	۱۵
۷۷-۷۸	۴۴	۳۹	۲۶	۱۸	۶۰	۶۱	۴۸	۳۳	۲۳	۳۱	۲۵	۱۵	۱۰
۷۸-۷۹	۶۴	۳۶	۲۷	۲۰	۷۳	۵۷	۴۷	۳۷	۲۲	۴۳	۲۴	۱۵	۹



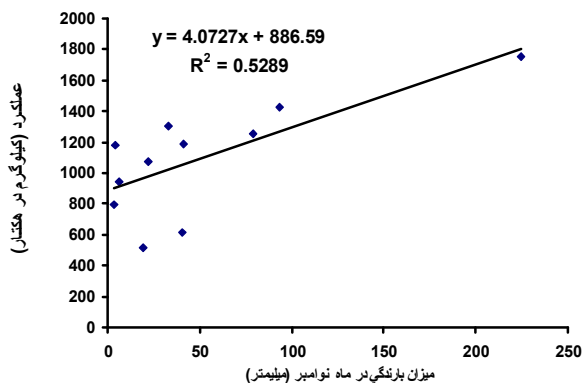
شکل ۵: رابطه بین بالاترین دمای روزانه ثبت شده در ماه دسامبر با عملکرد.



شکل ۴: رابطه بین تعداد روزهای با دمای زیر صفر در ماه دسامبر با عملکرد.



شکل ۷: رابطه بین میزان بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر با عملکرد.



شکل ۶: رابطه بین میزان بارندگی در ماه نوامبر برحسب میلی‌متر با عملکرد.

جدول ۶: مقادیر و مشخصات بارندگی موثر بر عملکرد گندم در منطقه قروه در سال‌های مورد بررسی

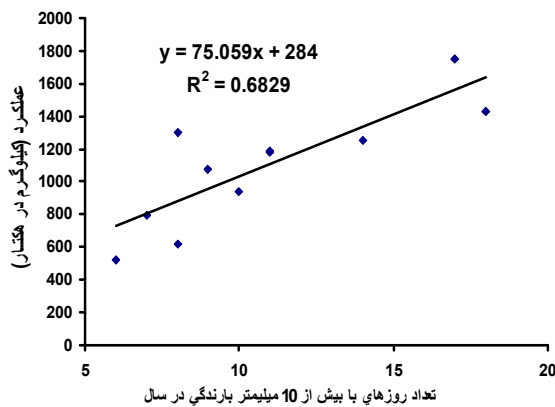
سال زراعی	روزهای با دمای کمتر از صفر	روزهای یخبندان یا برفی	حداکثر دمای ثبت شده برحسب درجه سانتی‌گراد			حداکثر دمای ثبت شده متوسط ماه‌های	بارندگی ماهانه برحسب میلی‌متر			بیشترین بارندگی روزانه برحسب میلی‌متر			بارندگی سالانه
			دسامبر	نوامبر	اکتبر		نوامبر	می	ژوئن	نوامبر	می	ژوئن	
۶۸-۶۹	۳۱	۱	۲۷	۱۶	۱۳	۲۳/۲	۴۱/۱	۸	۰	۱۷	۷	۰	۳۷۴
۶۹-۷۰	۲۱	۳	۲۴	۲۱	۱۷	۲۳/۸	۶	۷/۲	۲	۶	۶	۱	۲۹۹
۷۰-۷۱	۲۴	۶	۲۲/۸	۲۰/۲	۱۰/۸	۲۱/۱	۴	۷۶/۲	۳/۱	۲	۱۹	۲	۳۶۴
۷۱-۷۲	۲۳	۹	۲۳/۸	۱۷/۶	۱۱	۲۲/۴	۳۳/۲	۶۵/۷	۵	۲۳	۱۴	۵	۳۴۰
۷۲-۷۳	۲۴	۲	۲۵	۱۵/۶	۱۲/۸	۲۳/۲	۹۳/۲	۲۲/۹	۱۸	۲۰	۷	۱۸	۴۴۰
۷۳-۷۴	۲۸	۷	۲۳	۱۴/۶	۸/۶	۲۲/۱	۲۲۴	۷۷/۹	۲۸/۷	۶۶	۱۹	۱۵	۵۶۹
۷۴-۷۵	۳۱	۷	۲۵/۴	۱۹/۲	۱۱/۲	۲۲/۸	۲۱/۹	۲۶/۴	۲/۲	۸	۹	۰/۸	۳۳۶
۷۵-۷۶	۱۵	۳	۲۵/۶	۱۹	۱۴	۲۳/۸	۳/۳	۲۱/۸	۰/۹	۲	۶	۰/۶	۲۸۱
۷۶-۷۷	۲۴	۵	۲۴/۲	۱۳/۸	۱۲	۲۲/۱	۷۸/۷	۳۵/۳	۱/۲	۲۲	۱۳	۱	۴۷۶
۷۷-۷۸	۱۳	۰	۲۶/۴	۱۹/۲	۲۰/۸	۲۴/۸	۱۹/۲	۹/۶	۰	۱۶	۵	۰	۲۱۵
۷۸-۷۹	۲۳	۳	۲۶/۶	۱۶	۱۵	۲۳/۸	۴۰/۷	۶/۹	۰	۱۸	۴	۰	۲۵۳

جدول ۷: مشخصات زمانی بارش، موثر در عملکرد گندم دیم منطقه قروه در سال‌های مورد بررسی

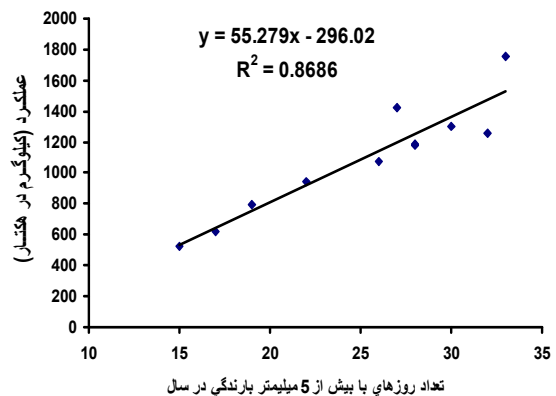
سال زراعی	تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر			تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۵ میلی‌متر			تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۱ میلی‌متر			تعداد روزهای بارانی			
	نوامبر	می	ژوئن	نوامبر	آوریل	می	ژوئن	نوامبر	آوریل	می	ژوئن	نوامبر	سالیانه
۶۸-۶۹	۲	۰	۰	۳	۳	۱	۰	۶	۱۰	۲	۰	۸	۷۰
۶۹-۷۰	۰	۰	۰	۱	۲	۱	۰	۱	۴	۲	۲	۱	۴۴
۷۰-۷۱	۰	۳	۰	۰	۴	۶	۰	۲	۷	۱۱	۱	۲	۹۲
۷۱-۷۲	۱	۲	۰	۲	۴	۸	۱	۲	۷	۹	۱	۸	۷۸
۷۲-۷۳	۳	۰	۱	۷	۳	۲	۱	۱۰	۶	۶	۱	۱۳	۸۷
۷۳-۷۴	۷	۳	۱	۸	۸	۶	۲	۱۲	۱۳	۱۰	۴	۱۳	۱۰۱
۷۴-۷۵	۰	۰	۰	۲	۷	۲	۰	۴	۱۴	۷	۰	۷	۹۸
۷۵-۷۶	۰	۰	۰	۰	۶	۲	۰	۱	۹	۵	۰	۴	۸۵
۷۶-۷۷	۳	۲	۰	۶	۴	۲	۰	۸	۸	۵	۱	۱۴	۱۰۷
۷۷-۷۸	۱	۰	۰	۱	۲	۱	۰	۲	۴	۴	۰	۴	۶۲
۷۸-۷۹	۱	۰	۰	۴	۲	۰	۰	۵	۳	۲	۰	۸	۷۰

جدول ۸: مقادیر سالیانه پارامترهای موثر در عملکرد گندم دیم منطقه قروه در سال‌های مورد بررسی

سال زراعی	متوسط سرعت باد بر حسب نات			متوسط رطوبت نسبی		تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر		تعداد روزهای با بارندگی بیشتر از ۵ میلی‌متر	
	آوریل	می	ژوئن	سالیانه	سالیانه	سالیانه	سالیانه		
۶۸-۶۹	۱۰/۱	۱۰/۴	۸/۱	۵۲/۵	۱۱	۲۸			
۶۹-۷۰	۱۰/۶	۱۱/۵	۷/۷	۴۶/۴	۱۰	۲۲			
۷۰-۷۱	۱۰/۶	۷/۴	۷/۸	۵۰/۹	۱۱	۲۸			
۷۱-۷۲	۱۱/۸	۷/۹	۷/۵	۴۲/۵	۸	۳۰			
۷۲-۷۳	۷/۵	۶/۹	۷/۱	۴۷/۱	۱۸	۲۷			
۷۳-۷۴	۷/۹	۶/۱	۵/۷	۴۹/۳	۱۷	۳۳			
۷۴-۷۵	۸/۵	۷	۶/۸	۴۴/۵	۹	۲۶			
۷۵-۷۶	۹	۷/۷	۷	۴۱/۲	۷	۱۹			
۷۶-۷۷	۷/۹	۶/۵	۶	۴۷/۷	۱۴	۳۲			
۷۷-۷۸	۱۰	۹/۱	۹/۱	۳۷/۸	۶	۱۵			
۷۸-۷۹	۱۰/۲	۸/۴	۶/۲	۳۹/۷	۸	۱۷			



شکل ۹: رابطه بین تعداد روزهای با بیش از ۱۰ میلی‌متر بارندگی در سال و عملکرد



شکل ۸: رابطه بین تعداد روزهای با بیش از ۵ میلی‌متر بارندگی در سال و عملکرد

## منابع

- سی و سه مرده، ع. ۱۳۸۲. جنبه های فیزیولوژیکی رشد و عملکرد در ارقام گندم در ارتباط با مقاومت به خشکی. رساله دکتری. گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- شیخ شمایل، ح. ۱۳۷۹. کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی در تخمین میزان عمق آب شستگی اطراف پایه های پل. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- مصفا، ب.، خلیلی، ع و تشنه لب. م، ۱۳۸۲. پیش بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. نیوار، شماره: ۴۸-۴۹، ص. ۴۷ تا ۶۲.
- منهاج، م. ب. ۱۳۷۷. مبانی شبکه های عصبی. چاپ اول. مرکز نشر پروفسور حسایی.
- Cravener, T. L. and Roush, W. B. 2001. Prediction of amino acid profiles in feed ingredients: genetic algorithm calibration of artificial neural networks. *Animal Feed Science and Technology*. 90: 131-141.
- Hecht, N. R. 1987. Kolmogorov Mapping, Neural network existence theorem. 1<sup>st</sup> IEEE ICNN, Vol.3. san Diego, CA.
- Kumar, M., Raghuwanshi, N. S., Singh, R., Wallender, W. W. and Pruitt, W. O. 2002. Estimating evapotranspiration using artificial neural network. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128(4), 224 – 233.
- Lobell, D. B., Ortiz-Monasterio, J. I., Addams, C. L. and Asner, G. P. 2002. Soil, climate, and management impacts on regional wheat productivity in Mexico from remote sensing. *Agricultural and Forest Meteorology* 114: 31–43
- Melesse, A. M. and Hanley, R. S. 2005. Artificial neural network application for multi-ecosystem carbon flux simulation. *Ecological Modeling*. 189:305-314.
- Rao, V., and Rao, H. 1996. C<sup>++</sup> Neural networks and fuzzy logic, BPB, New Delhi, India, 380-381.
- Rimmington, G. M. and Nicholls, N. 1993. Forecasting wheat yields in Australia with the Southern Oscillation Index. *Australian Journal of Agricultural Research* 44(4) 625 – 632.
- Singh, S., Singh, R. and Rao, V. U. M. 2001. Temporal Dynamics of Dew and Fog Events and Their Impact on Wheat Productivity in Semi-Arid Region of India. Department of Agricultural Meteorology. CCS Haryana Agricultural University. Hisar- Report of Research number: 125 004 India.
- Smith, R. C. G., Adams, J., Stephens, D. J. and Hick, P. T. 1995. Forecasting wheat yield in a Mediterranean-type environment from the NOAA satellite. *Australian Journal of Agricultural Research* 46(1) 113 – 125
- Wu, F. Y. and Yen, K. K. 1992. Application of neural network in regression analysis. *Computers and Industrial Engineering*. 23:93-95.

## Application of Artificial Neural Network (ANN) and Multiple Regression for Estimating Assessing the Performance of Dry Farming Wheat Yield in Ghorveh Region, Kurdistan Province

Hosaini<sup>1</sup>, M. T, Siosemarde<sup>2</sup>, A., Fathi<sup>3</sup>, P. and Siosemarde<sup>4</sup>, M.

### Abstract

Prediction of crop yield such as wheat has always been an interesting topic for researchers because of its importance in economic planning. The main purpose of such studies is to estimate the crop production before harvesting. Recently, the application of Artificial Neural Network (ANN) has been developed as a powerful tool which enables to solve accurately the most complicated equations and to perform appropriate numerical analysis. The goal of this study is to develop and evaluate an ANN to predict the rate of dry farming wheat yield based on meteorological data in to Ghorveh Region, Kurdistan province. The meteorological data used in this study were: both minimum and maximum average of annual temperatures, mean dew point temperature, relative humidity, monthly and annual precipitation, the average of annual temperature, wind speed, number of frozen, rainy and cloudy days, maximum of daily precipitation and etc for an index period of 1989 – 2000. Different ANN models were developed and the optimum values of network parameters were determined to predict dryland wheat yield by trial and error procedures. Result of this study showed that wheat yield in Ghorveh plain has been affected by the amount and distribution of precipitation and the average maximum daily temperature, especially in the middle and ending months during the growth period. The performance of wheat yield was greatly affected by a slight change in the mentioned parameters. In addition The results showed that ANN model could be used to predict and evaluate the yield before harvesting with a good degree of accuracy. In dry farming as illustrated by results from multiple regression method with a regression coefficient of 94.3%; two factors namely annual precipitation and minimum relative humidity in June have an important bearing on the variation of performance of wheat yield production in Ghorveh plain.

**Keywords:** Artificial Neural Network, wheat yield, meteorological data, regression method

---

1. Instructor, Department of Agronomy, Faculty of agriculture, university of kurdistan, Sanandaj

2. Assistance professor assistance Department of Agronomy, Faculty of agriculture, university of Kurdistan, Sanandaj

3. Professor assistance Department of Irrigation, of Faculty agriculture, university of Kurdistan, Sanandaj

4. Instructor Department of Irrigation, Azad University of Mahabad, Mahabad