دو فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره یازدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰

پیش بینی عملکرد محصول جو دیم با استفاده از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی و شبکه عصبی مصنوعی منطقه مورد مطالعه استانهای خراسان

احد مدنی[1*]، عباس خاشعی[2]، علیرضا خاکزاد سیوکی[3]

۱- استادیار زراعت ، گروه زراعت، واحد گناباد، دانشگاه آزاد اسلامی، گناباد، ایران

۲- استاد مهندسی آبیاری، دانشگاه بیرجند

۳- کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی گناباد

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی :madani_ahad@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۵ آبان ماه ۱۴۰۰ ، تاریخ پذیرش: ۲۳ آبان ماه ۱۴۰۰)

چکیده

در این تحقیق سعی شده تا عملکرد جو دیم در استان های خراسان با پارامترهای اقلیمی و به دو روش شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) پیش بینی شود. محاسبات با نرم افزار Matlab انجام گرفت و سپس ارزیابی عملکرد مدل ها با شاخص های آماری ضریب همبستگی (R_2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) انجام شد. بارندگی و عملکرد سال گذشته نقش موثری در کاهش خطای پیش بینی و افزایش ضریب تعیین هبستگی در هر دو روش ANN و ANFIS داشت. بر اساس نتایج، ورودی عملکرد سال گذشته و تبخیر و تعرق توانست موجب شود تا روش ANFIS در مقایسه با روش ANN پیش بینی عملکردی دقیقتری داشته باشد. بیشترین برتری دقت تخمین عملکرد در ANFIS نسبت به ANN در مدل R مشاهده شد که شامل رطوبت نسبی، دمای نقطه شبنم و دمای ماکزیمم بود. نتایج در هر دو روش ANFIS و ANN برای مدل L که شامل ورودی های بارندگی،رطوبت نسبی و عملکرد سال گذشته بود، نشان داد که این مدل بالاترین دقت را در بین مدل‌های ورودی کسب نموده است. اما برای مدل E نیز که شامل ورودی های تبخیر و تعرق ، بارندگی ، رطوبت نسبی و دمای حداقل بود، نتایج حاکی از دقت بیشتر ANFIS نسبت به روش ANN داشت. وجود پارامتر تشعشع در ورودی ها دقت تخمین عملکرد را در هر دو روش کاهش داد. در مجموع روش ANFIS دقت بیشتری را در تخمین عملکرد جو نسبت به ANN نشان داد.

کلمات کلیدی: آب و هوا، شبکه عصبی مصنوعی، کشاورزی، سیتم های فازی، مدل های پیشگویی

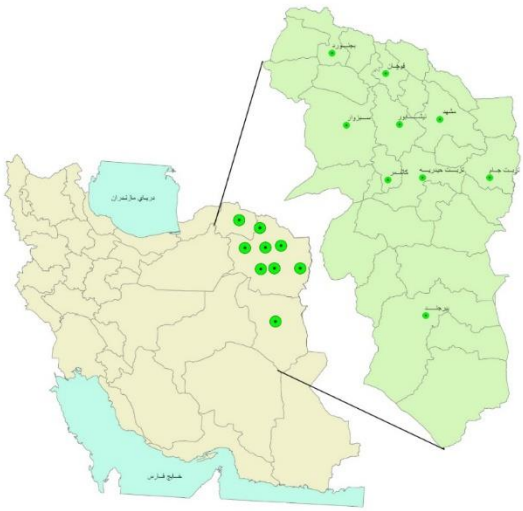
مقدمه :

جو یکی از غلات قدیمی است که در مناطق معتدله جهان کشت میشود، این گیاه دارای فصل رشد کوتاه و عملکرد بالقوه بالایی است که در محیطهای متنوع و وسیعی از زمینهای کشاورزی قابل کشت می باشد(۶) . تولیدات کشاورزی همیشه با احتمال خطر در زمینه ی نو سان آب وهوا و تغییرات بازارهای بین المللی همراه بوده است، گرچه این احتمال خطر، هرگز به طور کامل حذف نمی شود، اما میتوان با شناخت پارامترهای مختلف مؤثّر در رشد گیاه و محصول و تخمین میزان محصول قبل از فصل برداشت، آنها را به حداقل رساند (۹). در ایران علاوه بر کمبود بارش، توزیع نامناسب فصلی بارندگی نیز موجب تشدید اثرات زیان بار خشکسالی می شود (۶). پیش بینی عملکرد محصولات دیم مانند گندم و جو بمنظور برنامه ریزی مناسب تر، توزیع، قیمت گذاری و همچنین واردات و صادرات آن انجام می شود. پیش بینی عملکرد محصول قبل از فصل برداشت می تواند مدیران را در راستای اخذ تصمیمات صحیح مدیریتی در مناطق مختلف یاری دهد تا بتوان در زمینه های مختلف برای سال های آتی برنامه ریزی کرد (۳) . در سالهای اخیر استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی در علوم کشاورزی از جمله زراعت مورد توجه قرار گرفته است. تخمین عملکرد کاهو به روش ANN با پارامترهای پوشش گیاهی مانند کلروفیل و طول موج ها در لایه های کانوپی (۱۲)، تخمین عملکرد سیب زمینی ارگانیک در سیستم های شخم مختلف به روش ANN با پارامترهای ماده آلی خاک و بیوماس گیاه (۸) ، تخمین عملکرد چند نوع گیاه زراعی به روش ANFIS با پارامترهای مرتبط با تغذیه گیاهی و مدیریت خاک (۱۳) ، تخمین عملکرد گیاهان زراعی به روش ANFIS با پارامترهای مرتبط با مصرف نهاده و انرژی (۱۴) نمونه ای از این دست تحقیقات بوده اند. مطالعات پیش بینی عملکرد محصول در داخل کشور محدود بوده است، حافظی و همکاران (۱۳۹۹) دریافتند که تخمین عملکرد نیشکر به روش ANFIS با پاراترهای حداکثر دما، سرعت باد، هدایت الکتریکی خاک و سن گیاه بسیار دقیق خواهد بود. همچنین شیردلی و تو سلی (۱۳۹۵) به این نتیجه رسیدند که روش ANN با استفاده از پارامترهای بارندگی، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی و میانگین دما تخمین دقیقی از عملکرد زعفران را خواهد داشت. . عمده تحقیقات ذکر شده به بررسی کارایی یکی از روش های ANN و ANFIS با پارامترهای مختلف پرداخته اند، در حالی که مقایسه توانایی این دو روش برای تخمین عملکرد با پارامترهای

یک سان بـ سیار کمتر مورد توجه قرار گرفته ا ست. لذا در این تحقیق سعی می شود عملکرد جو با ا ستفاده هر دو روش ANN و ANFIS با پارامترهای مختلف اقلیمی - زارعی در ا ستان های خرا سان تخمین زده شود و بتوان تعیین کرد که هر یک از این روش ها با کدام داده های ورودی (پارامترها) دقت تخمین بهتری خواهند داشت هدف دیگر این تحقیق آزمودن صـــحت این فرض اســـت که نوع و تعداد پارامترهای وروی یک مدل تعیین کننده میزان دقت نســـبی هر یک از روش های ANN و ANFIS در تخمین عملکرد جو می باشـــد و اضـــافه و حذف نمودن پارامترهای ورودی به مدل می تواند در افزایش دقت هر دو روش موثر باشد.

مواد و روشها:

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در استان های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی به عنوان مناطق مورد مطالعه انجام شد (نمودار ۱). داده های ده ساله (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰) در این مطالعه از ایستگاه های هواشناسی و سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان اخذ شد.



نمودار ۱:موقعیت ایستگاه و مناطق مورد استفاده جهت پیش بینی محصول

داده های هوا شنا سی مورد ا ستفاده در این تحقیق شامل میانگین حداقل دمای روزانه، میانگین حداکثر دمای روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه، بارندگی و درجه حرارت نقطه شبنم ا ست. تبخیر و تعرق نیز با ا ستفاده از معادله فائو-پنمن مانتیت (رابطه ۱) محاسبه شد (۶).

(رابطه ۱)

$$ET_0 = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma\left[\frac{890}{T+273}\right]U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U_2)}$$

ET_0: تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/day) ، R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($dMJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، T: متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (^0C) سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($M\ S^{-1}$)، e_a-e_d : کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (KPa)، Δ : شیب منحنی فشار بخار($Kpa\ ^0C^{-1}$)، γ= ضریب رطوبتی ($Kpa\ ^0C^{-1}$)، G: شارژ گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}\ d^{-1}$)

سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) از نوع MLP و شبکه عصبی مصنوعی از نوع پریستون چند لایه انخاب شد. سپس ۴۵۰ داده به دست آمده به سه بخش تقسیم شد که ۶۰ درصد برای آموزش،۲۰درصد جهت آزمون و ۲۰ در صد جهت اعتبار سنجی سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی و شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. قبل از آموزش داده های ورودی به آن نرمال شده که هدف از نرمال سازی این ا ست که داده ها به اعدادی ما بین ۰ و ۱ تبدیل شوند. بدین منظور از معادله زیر برای نرمال سازی داده ها استفاده می شود (رابطه ۲)

$$Xnorm = \frac{X - \min(x)}{Max\ (x) - Min\ (x)}$$ (رابطه ۲)

که در آن Xnorm مقدار نرمال شـــده داده، X مقدار اصـــلی داده و Xmin، Xmax به ترتیب حداقل و حداکثر داده ها می باشند. بنابراین براساس فرض اولیه نرمال بودن پارامترهای مورد استفاده در شبکه عصبی مصنوعی، ابتدا تمامی پارامترهای هواشـــناســـی و عملکردهای جو جهت نرمال بودن مورد بررســـی قرار گرفتند و این نتیجه حاصـــل گردید که تمامی آن ها از فرم نرمال تبعیت می کنند.

سپس برای ارزیابی عملکرد مدل از شاخص های آماری ضریب همبستگی (R_2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده شد (به ترتیب رابطه ۳، رابطه ۴ و رابطه ۵).

بعد از تعیین مدل دقیق با استفاده از جعبه ابزار ANN در نرم افزار MATLAB محاسبات انجام شد.

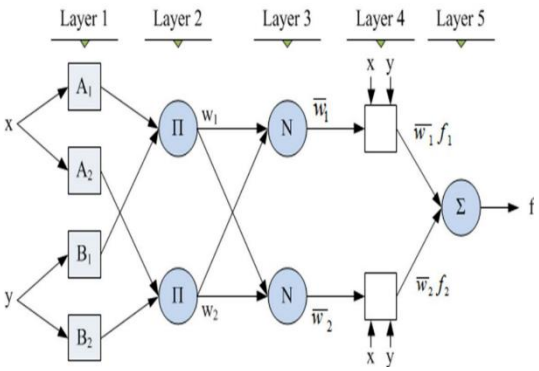
$$R^2 = \left[\sum_{i=1}^{N}(P_i-\bar{P})(O_i-\bar{O})\right]^2 \left[\sum_{i=1}^{N}(P_i-\bar{P})^2(O_i-\bar{O})^2\right]^{-1} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

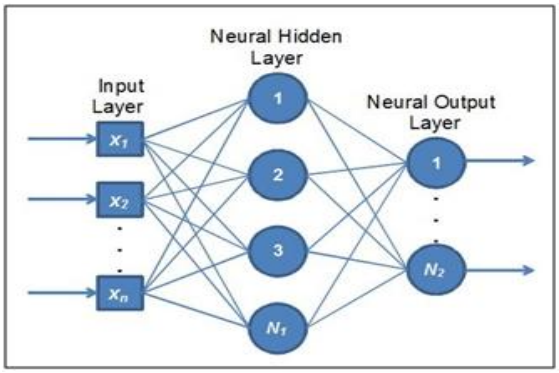
$$RMSE = \left[N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(P_i-O_i)^2\right]^{0.5} \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$MBE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(O_i-P_i) \quad \text{(رابطه ۵)}$$

۱۰ ۸۰

که در این فرمولها N تعداد مشاهدات، Pi مقادیر تخمین زده شده و $i\bar{O}$ مقادیر مشاهده شده است در حالی که $\bar{P}$ و $\bar{o}$ به ترتیب میانگین های Pi و Oi هستند. یستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) ترکیب سیستم‌های فازی که مبتنی بر قواعد منطقی‌اند و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی که توان استخراج دانش از اطلاعات عددی را دارند، منجر به ارائه سیستم استنتاج تطبیقی عصبی-فازی شده است. این سیستم یک شبکه پس‌خور چند لایه است که از الگوریتم‌های یادگیری شبکه عصبی به منظور طراحی نگاشت غیر خطی بین فضای ورودی و خروجی استفاده می‌کند. ANFIS با توجه به توانایی در ترکیب قدرت زبانی یک سیستم فازی با توانایی عددی یک شبکه عصبی، نشان داده است که در مدل سازی فرایندهای غیر خطی بسیار قدرتمند می‌باشد (شکل ۲). شبکه های عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP). از سه لایهی ورودی، پنهانی و خروجی تشکیل شده که برای معماری شبکه در هر لایه تعدادی نرون در نظر گرفته میشود. تعداد نرونهای موجود در لایه های ورودی و خروجی با توجه به ماهیت مسألهی مورد بررسی مشخص میشود، حال آن که تعداد نرونهای موجود در لایه -های پنهانی و همچنین تعداد این لایه ها با سعی و خطا در جهت کاهش مقدار خطا توسط طراح مشخص میگردد شبکه عصبی پرسپترون (ANN) قادر است به راحتی تمایز و تفکیک الگوها را انجام دهد و این همان چیزی است که در بسیاری از مسائل فنی و مهندسی به عنوان راه‌حل اصلی مطرح می‌باشد (شکل ۱)





شکل ۱- سیستم استنتاج تطبیقی عصبی-فازی (چپ) و شبکه های عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (راست)

نتایج و بحث:

مدل تخمین عملکرد اولیه (مدل A)

مدل اولیه که مدل A نامگذاری شده است شامل تبخیر و تعرق گیاه، بارندگی و رطوبت نسبی هوا می باشد. میزان ضریب تعیین همبستگی پایین تر از ۰/۷ در هر دو روش ANFIS و ANN برای مدل A (جدول ۱ و۲)، نشان می دهد که این مدل برای برآورد عملکرد جو کارایی کمتری را نسبت به مدل های برتر دارد. با این وجود رطوبت نسبی در زمان گلدهی به دلیل تاثیر بر گرده افشانی اهمیت زیادی دارد، به نحوی که در رطوبت کمتر از ۴۰ درصد به دلیل پسابیدگی زیاد دانه های گرده و بیشتر از ۹۵ درصد به دلیل جدا نشدن دانه های گرده از پرچمها ، گرده افشانی و لقاح متوقف می شود (۷). شروع خط R_2 در مدل ANN از ۳۰۰ در مدل ANFIS از ۲۰۰ می باشد . بیشترین تراکم نقاط عملکرد در روش ANN بین نقاط ۳۰۰ تا ۵۰۰ و در روش ANFIS بین نقاط ۲۰۰ تا ۶۰۰ می باشد . همچنین شیب خط روش ANFIS اندکی تندتر از روش ANN است.

تعریف و ارزیابی مدل های تخمین عملکرد جدید با اضافه نمودن متغیرهای پیشگو به مدل اولیه

مدل ورودی B که به صورت "A+ عملکرد سل قبل" نیز قابل تعریف است، شامل تبخیر و تعرق ، بارندگی ،رطوبت نسبی و عملکرد سال قبل می باشد. در این مدل دقت روش ANFIS به دلیل ضریب تعیین همبستگی بیشتر (۰/۷۵) بالاتر از روش ANN (۰/۶۹) می باشد (جدول ۱ و۲). در روش ANFIS ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) حدود ۴/۵ کیلوگرم و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) حدود ۳/۵ کیلوگرم کمتر از روش ANN می باشد (جدول ۲ و۳)، که نشان دهنده دقت بالاتر ANFIS برای مدل B است. استفاده از ورودی بارندگی و عملکرد سال قبل می تواند دقت هر دو روش را بهبود بخشد، بررسیها همچنین نشان می دهد که در ورودیهای که از تبخیرو تعرق و عملکرد سال گذشته استفاده شده است مدل ANFIS دقت بهتری داشته است. در معادله خطی $y=ax+b$ حاصل از هر دو روش مقدار a و b بسیار نزدیک به هم می باشد که نشان می دهد شیب خط R_2 برای هر دو روش یکسان است.

مدل C که به صورت "A+ تشعشع" نیز قابل تعریف است، شامل تبخیر و تعرق گیاه ؛ بارندگی ، رطوبت نسبی هوا و تشعشع می باشد، ضریب تعیین همبستگی پایین تر از ۰/۷ در هر دو روش ANFIS و ANN برای مدل C نشان می دهد که این مدل نیز مانند مدل A برای برآورد عملکرد جو کارایی کمی را نسبت به مدل های برتر دارد (جدول ۱ و۲). با این حال تابش خورشیدی عامل بسیار مهم در معادله های برآورد تبخیر و تعرق گیاه می باشد و تخمین مناسب آن در توسعه مدل های شبیه سازی رشد گیاه جو اهمیت زیادی دارد (۶). شروع خط R_2 در هر دو روش از عملکرد ۳۰۰ می باشد و بیشترین تراکم نقاط در هر دو روش بین عملکرد تقریبا ۳۰۰ تا ۵۰۰ مشاهده می شود. مدل و D که به صورت "A+ دمای حداقل" قابل تعریف است شامل تبخیر و تعرق ، بارندگی ، رطوبت نسبی و دمای حداقل می باشد. هر دو روش ANFIS و ANN برای وروی D به دلیل ضریب تعیین همبستگی پایین تر از ۰/۷ دقت کافی را در برآورد عملکرد جو نسبت به مدل های برتر ندارند (جدول ۲ و۳). تراکم بیشتر نقاط همبستگی در هر دو روش بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ و شیب خط یکسان می باشد. با این حال دمای حداقل در غلات زمستانه به دلیل تعیین زمان کشت مناسب اهمیت زیادی دارد، زمان مناسب کاشت هنگامی است که به گیاهان اجازه بدهد قبل از یخبندان به مرحله سه یا ۴ برگی یعنی اوایل پنجه‌زنی برسند (۲)، در این مرحله مقاومت به یخ زدگی به حداکثر خودش می‌رسد. در بسیاری از اکوسیستمهای تحت تنش سرما اولین نیاز گیاهان این است که تا زمان رسیدن بهار در فاز رویشی باقی بمانند. بنابراین کسب مقاومت به سرما یا یخزدگی برای عبور از ماههای سرد زمستان بدون خسارت در تعیین عملکرد غلات پاییزه بسیار مهم و بحرانی می‌باشد بدین منظور چنین گیاهانی باید نسبت به سرما تطابق بیابند (۵). مدل E شامل تبخیر و تعرق ، بارندگی ، رطوبت نسبی و دمای حداقل می باشد که مشابه مدل به صورت "A+ عملکرد سال قبل" قابل تعریف است. بررسیها نشان می دهد که روش ANFIS بر خلاف روش ANN برای مدل E دقت بالایی برای برآورد عملکرد دارد. بطوری که ضریب تعیین در مدل ANFIS حدود ۱۲درصد دقت بهتری (۰/۷۶ در برابر ۰/۶۳) را نشان می دهد (جدول ۱ و۲) . همچنین ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۱۵ کیلوگرم و میانگین قدرخطا حدود ۱۱کیلو گرم خطای پیش بینی کمتری نسبت به مدل ANN نشان می دهد (جدول ۱ و۲). تراکم بیشتر نقاط همبستگی در هر دو روش بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ و شیب خط تقریبا یکسان می باشد. تحقیقات نشان می دهد که ورودیهای با تبخیرو تعرق و عملکرد سال گذشته روش ANFIS دقت بهتری را نسبت به روش ANN نشان

داده است (). از انجایی که روش ANFIS بر اساس پایگاه دانش و قواعد و ارتباط متغیرها آموزش می بیند مشخص است که عملکرد سال گذشته و تبخیر و تعرق متغیر های هستند که نقش موثری در پیش بینی عملکرد غلات دیم دارند (۹).

تعریف و ارزیابی مدل های تخمین عملکرد جدید با حذف و جایگزینی متغیرهای پیشگو اولیه ۱۱۶

مدل F شامل بارندگی ، رطوبت نسبی، تشعشع و دمای شبنم و مدل G شامل بارندگی ، رطوبت نسبی و تشعشع می باشد. هر دو روش ANFIS و ANN به دلیل ضریب تعیین همبستگی پایین تر از ۰/۷ دقت کافی را در مقایسه با مدلهای برتر در برآورد عملکرد جو را ندارند (جدول ۱ و۲). در این دو مدل نیز مانند حالت مدل کم کارامد C وجه مشترک عامل تشعشع است، اما آنچنان که پیشتر نیز ذکر شد تابش خورشیدی عامل بسیار مهمی در توسعه مدل های شبیه سازی رشد گیاه غلات می باشد (۶). برای مدل F شروع خط R_2 در روش ANN حدودا از عملکرد ۳۰۰ شروع شده و تراکم نقاط بین عملکرد ۳۰۰ تا ۵۰۰ می باشد، در حالیکه شیب خط R_2 در مدل ANFIS تندتر و شروع خط R^2 از زیر نقطه ۲۰۰ می باشد و تراکم نقاط بیشتر بین عملکرد ۲۰۰ تا حدود۴۵۰ می باشد (نمودار ۲). بررسیها نشان می دهد که برای مدل G شیب خط R^2 در روش ANFIS بسیار تندتر است از روش ANN می باشد (نمودار ۲). با توجه به معادله خط رگرسیون که $y=ax+b$ شکل نمودار در بهترین حالت باید نیمساز زاویه اول و سوم را قطع نماید که خط روش ANN به این حالت نزدیکتر می باشد (نمودار ۲)، یعنی دقت بهتری نسبت به روش ANFIS دارد. شیب تند روش ANFIS می تواند بدلیل وجود یک یا چند داده پرت باشد که البته در زراعت جو دیم با توجه به وجود فاکتور های زیادی که در عملکرد جو دیم تاثیر گذار است معمول می باشد . مدل H شامل بارندگی ، رطوبت نسبی ، دمای نقطه شبنم و عملکرد سال گذشته می باشد. بررسیها نشان می دهد که ضریب تعیین در مدل ANFIS حدود ۵٪ دقت بهتری نسبت به روش ANN داشته است (جدول ۱ و ۲)، همانطور که قبلا اشاره گردید و در بررسیها ملاحظه شد وجود ورودیهایی همزمان تبخیر و تعرق و عملکرد سال گذشته مدل ANFIS را کاراتر و با دقت بیشتری نسبت به ANN نشان می دهد (باساکین و همکاران، ۲۰۲۱). با این حال در مدل ANN

نیز ضریب تعیین همبستگی کمتر از ۰/۷ می باشد که نسبت به مدل های برتر دقت کمتری برای تخمین عملکرد دارد (جدول ۲ و۳). شیب خط R^2 در هر دو مدل تقریبا یکسان است با این تفاوت که پراکندگی نقاط در روش ANFIS روی خط R^2 ولی در روش ANN بیشتر زیر خط می باشد (نمودار ۲) در مدل I شامل بارندگی، رطوبت نسبی، دمای نقطه شبنم و حداقل دما کارایی روش ANN با دقت حدود ۱۷٪ نشان از برتری این مدل نسبت به مدل ANFIS دارد، ریشه میانگین مربعات خطا نیز در مدل ANN حدود ۸ کیلوگرم دقت بهتری نسبت به مدل ANFIS دارا می باشد (جدول ۱ و۲). همچنین میانگین قدر مطلق خطا در روش ANN حدود ۴ کیلوگرم دقت پیش بینی بهتری نسبت به مدل ANFIS را نشان می دهد (جدول ۲ و۳). با این وجود در روش ANN نیز ضریب تعیین همبستگی کمتر از ۰/۷ می باشد که نسبت به مدل های برتر دقت کمتری برای تخمین عملکرد دارد (جدول ۲ و ۳). با این حال، نقش دماهای حداقل و حداکثر در تخمین عملکرد محصول جو حایز اهمیت است (۶). شیب خط R^2 در مدل ANFIS بسیار تندتر از روش ANN می باشد (نمودار ۲) . شروع خط R^2 نیز دروش ANN از عملکرد ۳۰۰ می باشد تا ۶۰۰ و تراکم نقاط بیشتر بین۳۰۰ تا ۵۰۰ می باشد در حالیکه در روش ANFIS تراکم نقاط بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ می باشد (نمودار ۲). مدل J شامل مدل بارندگی ، رطوبت نسبی ، نقطه شبنم و دما حداقل می باشد . بررسیها نشان می دهد که ضریب تعیین همبستگی در روش ANN حدودا ۱۰٪دقت بهتری نسبت به روش ANFIS دارد (جدول ۲ و۳). برای مدل J، شیب هر دو مدل تقریبا یکسان است تراکم بیشتر نقاط در هر دو مدل بین نقاط ۲۰۰ تا ۴۰۰ عملکرد می باشد (نمودار ۲). ریشه میانگین مربعات خطا نیز در روش ANN حدود ۷ کیلوگرم دقت بهتری نسبت به مدل ANFIS دارا می باشد، همچنین میا نگین قدر مطلق خطا در روش ANN حدود ۹ کیلوگرم دقت پیش بینی بهتری نسبت به روش ANFIS را نشان می دهد (جدول ۱ و۲). با این حال در روش ANN نیز ضریب تعیین همبستگی کمتر از ۰/۷ می باشد که نسبت به مدل های برتر دقت کمتری برای تخمین عملکرد دارد. مدل K شامل بارندگی و رطوبت نسبی می باشد . بررسیها نشان می دهد که روش ANFIS نسبت به روش ANN برای ورودی های K کارایی بالاتری برای برآورد عملکرد دارد. بطوری که ضریب تعیین در مدل ANFIS حدود ۳ درصد دقت بهتری (۰/۷۰ در برابر ۰/۶۷) را نشان می دهد (جدول ۱ و۲). همچنین ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۱۴ کیلوگرم و میانگین قدرخطا حدود ۶ کیلو گرم خطای پیش بینی کمتری نسبت به روش

ANN نشان می دهد (جدول ۱ و۲). شیب خط R^2 در هر دو تقریبا ثابت است و تراکم نقاط در هر دو روش بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ می باشد. مدل L بعنوان بهترین مدل در بین ۱۸ مدل مورد بررسی انتخاب گردید. هر دو روش ANFIS و ANN در این مدل بهترین نتایج را از لحاظ بالاترین دقت ممکن در بین مدلهای مورد بررسی نشان دادند. همانطور که قبلا اشاره گردید و در بررسیها مشخص گردید در مدل هایی که عملکرد سال گذشته بکار گرفته شده روش ANFIS دقت بالاتری نسبت به روش ANN داشته است. ورودیهای بکار گرفته شده در مدل L شامل بارندگی ، رطوبت نسبی و عملکرد سال قبل می باشد. که مدل L روش ANFIS دقت بیشتری نسبت به روش ANN داشته است. ضریب تعیین حدود یک درصد (۰/۷۶ در برابر ۰/۷۵) ،ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۴ کیلو گرم و میانگین قدر مطلق خطا حدود ۹ کیلو گرم دقت پیش بینی بهتری در روش ANFIS نسبت به روش ANN نشان می دهد. تراکم نقاط همبستگی بین نقاط ۲۰۰ تا ۶۰۰ در هر دو مدل بیشتر مشهود است. شیب خط R_2 در هر دو روش تقریبا یکسان می باشد. در مدل M نیز با توجه به استفاده از عملکرد سال گذشته دقت روش ANFIS بیشتر از روش ANN است. در مدل M ورودی های بارندگی , رطوبت نسبی و عملکرد سال گذشته بکار گرفته شده است. روش ANFIS حدود ۵٪ ضریب تعیین و دقت بیشترین نسبت به روش ANN دارد (۰/۷۵ در برابر ۰/۷۰). ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۹ کیلو گرم و میانگین قدر مطلق خطا حدود ۲ کیلوگرم در روش ANFIS کمتر است که دقت پیش بینی بیشتری نسب به روش ANN را نشان می دهد (جدول ۱ و۲) . شیب خط R_2 در روش ANN تندتر از روش ANFIS می باشد. تراکم نقاط در دو روش شکل تقریبا یکسانی دارد. . تراکم نقاط بین عملکرد ۴۰۰ تا ۶۰۰ می باشد. روش ANFIS از دقت بهتری برخوردار است چرا که خط R^2 به نیمساز ربع اول و سوم نزدیکتر است. ورودی N شامل بارندگی , رطوبت نسبی و عملکرد سال گذشته می باشد با توجه به وجود ورودی عملکرد سال گذشته طبق بررسیهای بعمل امد مشخص می باشد که روش ANFIS دقت بهتری نسبت به روش ANN خواهد داشت ..ضریب تعیین و در نتیجه دقت حدود ۷٪ درصد در روش ANFIS بیشتر از مدل ANN است (۰/۷۵ در برابر ۰/۶۷). با وجود شیب تندتر روش ANFIS بدلیل وجود داده پرت در خط ANN دقت بهتری است که احتمالا می باشد. ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۱۵ کیلوگرم و میانگین قدر مطلق خطا حدود ۱۴کیلو گرم در ANFIS کمتر است که دقت پیش بینی بهتر آن را نسبت به روش ANN نشان می دهد (جدول ۱ و۲). مدل O

شامل ورودی های بارندگی ، رطوبت نسبی ، نقطه شبنم و دما می باشد. ضریب تعیین همبستگی در روش ANN ٪۱۲ (۶۵ در برابر ۵۳٪) بیشتر از روش ANFIS اشت و در نتیجه دقت روش ANN بهتر از روش ANFIS می باشد . شیب خط R^2 در روش ANFIS بسیار تند تر از ANN می باشد . شروع خط R^2 در روش ANN از نقطه ۳۰۰ می باشد و تراکم نقاط در این مدل بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ می باشد و لی در روش ANFIS شروع خط R^2 از زیر ۲۰۰ و تراکم نقاط بین عملکرد ۲۰۰ تا ۶۰۰ می باشد (نمودار ۲). ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۲ کیلو گرم و میانگین قدر مطلق خطا حدود ۴ کیلو گرم در روش ANN کمتر است (جدول ۱ و ۲)، که دقت پیش بینی بهتری نسبت به روش ANFIS دارد . ورودی های مدل P شامل بارندگی ، رطوبت نسبی و عملکرد سال گذشته می باشد. وجود ورودی عملکرد سال گذشته بیانگر این است که مدل ANFIS در مقایسه با مدل ANN دقت بهتری ضریب تعیین حدود ۹٪ بالاتر ، دقت بهتر روش ANFIS را در مقایسه با روش ANN نشان می دهد (۰/۷۴ در برابر ۰/۶۵) . شیب خط هر دو روش تقریبا یکسان و بیشترین تراکم نقاط همبستگی در هر دو مدل بین ۲۰۰ تا حدود ۴۵۰ می باشد. ریشه میانگین مربعات خطا نیز در روش ANFIS حدود ۱۸ کیلوگرم و همچنین میانگین قدر مطلق خطا در حدود ۱۱ کیلوگرم کمتر است که نتیجه در پیش بینی بهتری نسبت به روش ANN را دارا می باشد (جدول ۱ و۲). در مدل Q که شامل رطوبت نسبی ، دما و عملکرد سال گذشته می باشد، روش ANFIS دقت بیشتری نسبت به روش ANN نشان می دهد. در ANFIS مقدار ضریب تعیین حدود ۱۱٪ بیشتر از ANN است (۰/۷۵ در برابر ۰/۶۴). بیشترین تراکم نقاط همبستگی در هر دو روش حدودا بین ۱۸۰ تا ۴۰۰ می باشد. ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۱۲کیلو گرم همچنین میانگین قدر مطلق خطا حدود ۱۴ کیلوگرم در روش ANFIS کمتر است و در نتیجه دقت بیشتری از روش ANN دارد (جدول ۱ و۲). بررسیها نشان می دهد که در مدل R با ورودی های رطوبت نسبی، دمای نقطه شبنم و دمای ماکزیمم، روش ANN خیلی دقیق تر از روش ANFIS می باشد. در ANN ضریب تعیین همبستگی حدود ۳۴٪ کمتر از ANFIS است که نشان از دقت خوب روش ANN نسبت به ANFIS روش در این مدل دارد (جدول ۱و ۲). ریشه میانگین مربعات خطا حدود ۵۴کیلو گرم و میانگین قدر مطلق خطا حدود ۲۷ کیلو گرم در ANN بیشتر است که در نتیجه دقت پیش بینی کمتری نسبت به روش ANFIS نشان می دهد (جدول ۱ و۲- نمودر ۲)

نتیجه گیری:

بررسی هر دو روش ANFIS و ANN برای ورودیهای مدل L که شامل بارندگی،رطوبت نسبی و عملکرد سال گذ شته ا ست، ن شان می دهد که این مدل بالاترین دقت را در بین مدلهای ورودی ک سب نموده ا ست. نتایج نشان می دهد که ضریب تعیین همبستگی در این مدل ورودی با بیشترین مقدار دقت به میزان ۰/۷۶ بهترین نتیجه راکسب نمود. ریشه میانگین مربعات خطا به مقدار ۱۲۰،۸۶کیلوگرم و میانگین قدر مطلق خطا به مقدار ۸۹،۸۴ کیلوگرم جزء کمترین مقادیر خطا در مدلهای ورودی ا ست. ورودیهای E شامل تبخیر و تعرق ، بارندگی ؛ رطوبت و عملکرد سال گذشته می باشد که بعد از ورودی مدل L بیشترین دقت را در پیش بینی عملکرد داشته است، البته روش ANFIS در مدل ورودی E دقت بیشتری از روش ANN داشت. در مجموع، نقش پررنگ بارندگی و رطوبت نسبی و همچنین متغیر ورودی عملکرد سال گذ شته که در تمام مدل های ورودی که بعنوان متغیر ورودی محسوب می شد افزایش دقت خطا را به همراه داشت. در هیچ یک از مدل های ورودی در هر دو روش مقدار ضریب تعیین همبستگی کمتر از ۰/۵۵ نبود، به جز مدل ورودی R (رطوبت ؛ دمای نقطه شبنم و دمای ماکزیمم) که در آن روش ANN با ضریب همبتگی ۰/۳۶ دقت بسیار کمتری در تخمین عملکرد نسبت به روش ANFIS با ضریب تاثیر ۰/۷۲ داشت. به عنوان پیشنهاد این تحقیق میتوان بیان داشت که بارندگی و عملکرد سال گذشته نقش موثری در کاهش خطای پیش بینی و افزایش ضریب تعیین داشته است. به-طور کلی دقت روش ANFIS نسبت به روش ANN بهتر بود، به ویژه ورودی عملکرد سال گذشته وتبخیر و تعرق می توانند موجب شوند تا روش ANFIS در مقایسه با روش ANN پیش بینی عملکردی دقیقتری دا شته با شد وجود پارامتر تشعشع در ورودی ها دقت تخمین عملکرد را در هر دو روش کاهش داد.

منابع:

۱-باقری، ع.، سهرابی، ن.، ۱۳۹۷. پیش بینی عملکرد جو دیم و آبی با استفاده از رهیافت شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). بوم شناسی کشاورزی. ۳۶ (۲) : ۵۲۸-۵۱۶.

۲-توکلی، ع.، لیاقت، ع.، علیزاده، ا.، ۱۳۹۲. تعیین عوامل موثر بر توابع تولیداقلیمی جو دیم و تحلیل حساسیت آن در مناطق سرد و نیمه سرد استان لرستان. حفاظت منابع آب و خاک. ۳ (۲): ۵۷ تا ۷۲.

۳ -حافظی, ن.، شیخ‌داودی, ب.،, هوشنگ, ع.,, س.، عنایت‌اله. ۱۳۹۹. تخمین عملکرد کمی و کیفی نیشکر با ا ستفاده از شبکه فازی-ع صبی تطبیقی بهبود یافته با الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات. مهند سی زراعی. ۴۳(۲): ۲۷۶-۲۵۵.

۴-**سلیمانی، م.، مرادی تلاوت، م.ر.، سیادت، س.، ۱۳۹۵**.واکنش جذب تشعشع، ضریب خاموشی نور، عملکرد و اجزای عملکرد جو به الگوی کاشت و میزان بذر. تحقیقات غلات: ۶ (۲): ۱۹۹-۱۸۵.

۵- **شکوهی، م.، سنایی نژاد، ح.، ۱۳۹۳.** تعیین ارتباط شـرایط آب و هوایی با تولید محصـول جو دیم. (مطالعه موردی: آذربایجان شرقی). بوم شناسی کشاورزی: ۶ (۳) : ۶۳۴ تا ۶۴۴.

۶- **شیردلی.، ع, تو سلی. ۱۳۹۵**. پیش بینی عملکرد و کارآیی م صرف آب زعفران با ا ستفاده از مدل های شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای فاکتورهای اقلیمی و آب. علمی پژوهشی زراعت و فناوری زعفران.۳(۲): ۱۳۱-۱۲۱.

۷- یحیی، ا.، ۱۳۹۰ - رحمانی، ا.، لیاقت، ع.، خیلی، علی.، ۱۳۸۷. تخمین عملکرد محصـول جو در آذربایجان شرقی با ا ستفاد ه از پارامترهای هوا شنا سی و شاخص های خشکسالی به روش شبکه عصبی مصنوعی. تحقیقات خاک و آب ایران. ۳۹ (۱): ۴۷ تا ۵۶.

8-**Abrougui, K., Gabsi, K., Mercatoris, B., Khemis, C., Amami, R., Chehaibi, S. 2019**. Prediction of organic potato yield using tillage systems and soil properties by artificial neural network (ANN) and multiple linear regressions (MLR). Soil and Tillage Research. 190: 202-208.

9-**Başakin, E. E., Ekmekcioğlu, Ö., Özger, M., Çelik, A. 2020**. Prediction of Turkey wheat yield by wavelet fuzzy time series and gray prediction methods. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. *7*(3): 246-252.

10-**Cedeño, J. A. R., García-López, Y. J., Leopoldo, C. F., Morales-Ortega, R., Neira-Molina, H., Combita-Niño, H. 2021**. Big data classification using fuzzy logical concepts for paddy yield prediction. Review of International Geographical Education Online. 11(5): 4482-4490.

11-**Garg, B., Sah, T. 2020.** Prediction of Crop Yield Using Fuzzy-Neural System. In EAI International Conference on Big Data Innovation for Sustainable Cognitive Computing (pp. 213-220). Springer, Cham

12-**Kizil, Ü., Genc, L., Inalpulat, M., Şapolyo, D., Mirik, M. 2012.** Lettuce (Lactuca sativa L.) yield prediction under water stress using artificial neural network (ANN) model and vegetation indices. Žemdirbystė= Agriculture. *99*(4): 409-418.

13-**Kuzman, B., Petković, B., Denić, N., Petković, D., Ćirković, B., Stojanović, J., Milić, M. 2021.** Estimation of optimal fertilizers for optimal crop yield by adaptive neuro fuzzy logic. Rhizosphere, 18, 100358.

14-**Naderloo, L., Alimardani, R., Omid, M., Sarmadian, F., Javadikia, P., Torabi, M. Y., Alimardani, F. 2012.** Application of ANFIS to predict crop yield based on different energy inputs. Measurement: *45*(6),:1406-1413.

جدول ۱: خروجی مدل شبکه عصبی مصنوعی بازای مدلهای مختلف روش (ANN)

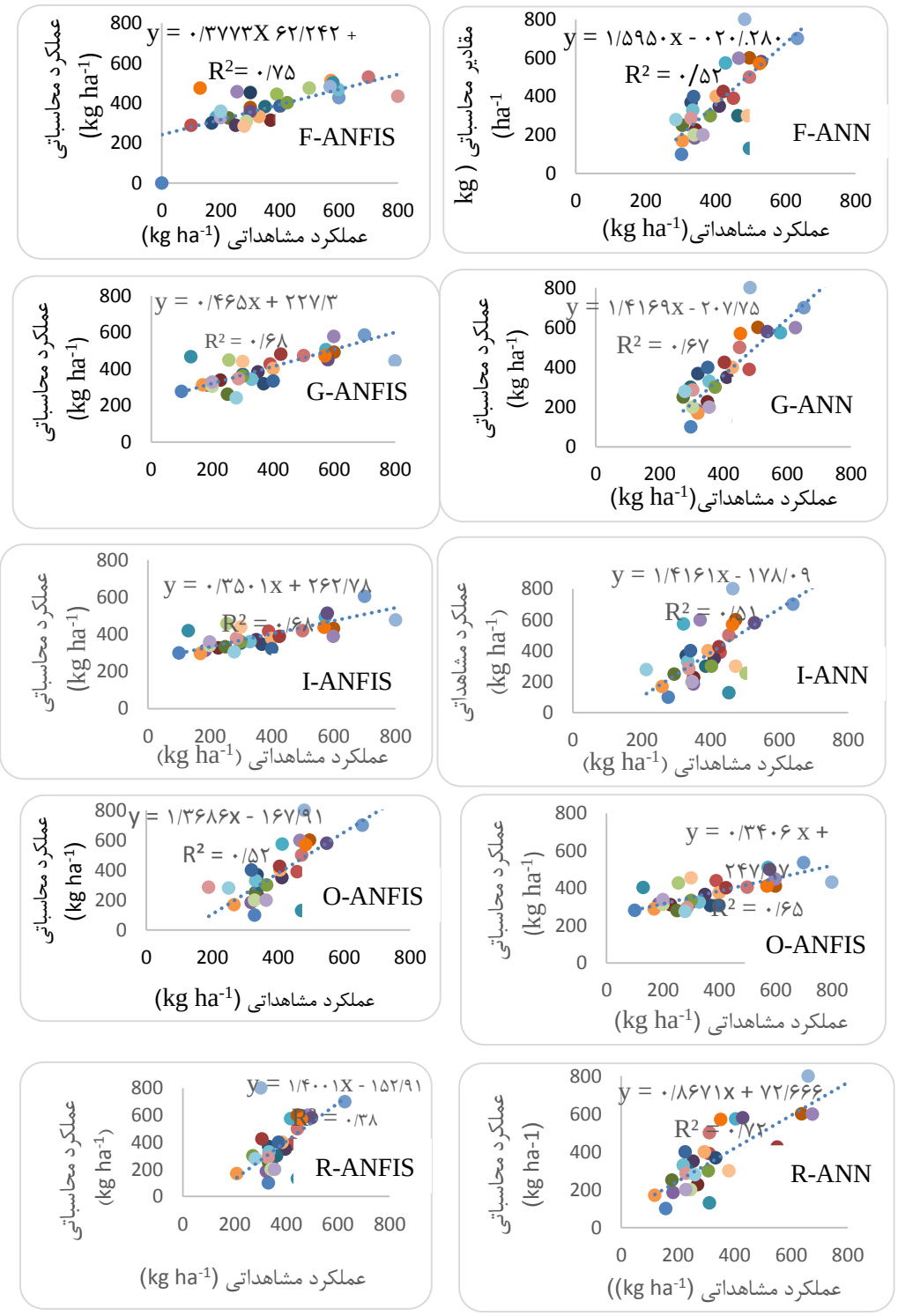
مدل	ورودی ها (در ذیل جدول تعریف شده اند)§															خروجی ها			
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	R_2	RMSE	MAE	Y
A	❊				❊	❊	❊	❊								۰/۶۴	۱۳۸/۹۲	۱۰۰/۹۸	۰/۴۲۷۴ X +۲۲۸/۰۷
B	❊				❊		❊								❊	۰/۶۹	۱۲۶/۱۴	۱۰۰/۸۰	۱/۲۶۷۲ X - ۱۵۲/۸۲
C		❊		❊		❊		❊								۰/۶۲	۱۳۶/۵۰	۱۰۳/۷۱	۰/۴۹۳۲ X +۲۲۳/۷۸
D		❊			❊			❊					❊			۰/۵۸	۱۴۳/۲۵	۱۰۸/۴۱	۱/۲۴۶۸ X - ۱۴۵/۳۶
E		❊				❊		❊							❊	۰/۶۳	۱۳۰/۸۲	۱۰۱/۶۱	۱/۲۲۴۷ X - ۱۲۹/۵۰
F			❊		❊		❊		❊							۰/۵۷	۱۵۷/۷۷	۱۱۷/۸۰	۱/۵۹۵۰ X - ۲۸۰/۰۲
G				❊	❊	❊	❊	❊								۰/۶۸	۱۳۳/۲۵	۱۰۳/۰۰	۱/۴۱۶۹ X- ۲۰۷/۵۷
H					❊		❊		❊	❊	❊	❊	❊	❊	❊	۰/۶۳	۱۹۳/۳۱	۱۰۷/۷۴	۱/۳۳۰۵ X- ۱۷۴/۱۱
I					❊		❊		❊						❊	۰/۶۸	۱۴۷/۱۷	۱۱۸/۱	۱/۴۱۶۱ X - ۱۷۸/۰۹
J					❊			❊	❊				❊			۰/۶۴	۱۴۶/۱۱	۱۰۹/۰۰	۱/۵۴۱۶ X- ۲۲۶/۹۴
K					❊	❊	❊	❊								۰/۷۰	۱۲۳/۰۳	۹۸/۷۹	۱/۳۸۸۹ X - /۲۱۴/۱۲
L					❊	❊	❊						❊			۰/۷۵	۱۲۴/۴۴	۹۸/۳۱	۱/۴۸۷۶ X - ۲۲۶/۲۸
M					❊	❊			❊						❊	۰/۷۰	۱۲۶/۴۸	۹۴/۹۴	۱/۲۴۷۴ X -۱۴۲/۲۷
N					❊		❊	❊							❊	۰/۶۷	۱۳۳/۷۸	۱۰۹/۵۳	۱/۲۵۳۹ X- ۱۴۷/۲۷
O						❊	❊		❊				❊			۰/۶۵	۱۵۰/۱۴	۱۱۳/۶۷	۱/۳۶۸۶ X - ۱۶۷/۹۱
P						❊	❊	❊							❊	۰/۶۵	۱۳۶/۱۸	۱۰۵/۷۲	۱/۲۲۷۱ X - ۱۳۲/۶۲
Q							❊	❊					❊		❊	۰/۶۴	۱۰۳/۱۹	۱۰۸/۷۳	۱/۲۳۸۶ X -۱۴۰/۶۸
R								❊	❊	❊	❊					۰/۷۲	۱۱۷/۲۲	۹۷/۸۶	۰/۸۶۷۱ X + ۷۲/۶۶۶

§ ۱:تبخیر و تعرق کل، ۲: میانگین تبخیر و تعرق، ۳: تشعشع کل، ۴: میانگین تشعشع، ۵: بارندگی کل، ۶: میانگین بارندگی، ۷: رطوبن نسبی کل، ۸: میانگین رطوبت نسبی، ۹: دمای نقطه شبنم کل ۱۰: میانگین دمای نقطه شبنم، ۱۱: دمای حداکثر کل، ۱۲: میانگین دمای حداکثر، ۱۳: دمای حداقل کل، ۱۴: میانگین دمای حداقل، ۱۵: عملکرد سال قبل.

جدول۲: خروجی مدل سیستم عصبی فازی بازای مدلهای مختلف روش (ANFIS)

مدل	ورودی ها (در ذیل جدول تعریف شده اند)§															خروجی ها			
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	R_2	RMSE	MAE	Y
A	❊				❊	❊	❊	❊								۰/۶۶	۱۳۴/۲۹	۹۸/۱۴	۰/۷۵۴۹ X +۱۵۶/۹۸
B	❊				❊		❊								❊	۰/۷۴	۱۲۱/۵۰	۹۸/۳۲	۱/۱۲۹۷ X - ۹۵/۷۹۸
C		❊		❊		❊		❊								۰/۶۳	۱۴۰/۷۷	۱۰۳/۴	۱/۴۶۱۹ X +۲۴۱/۹۹
D		❊			❊			❊					❊			۰/۶۳	۱۳۸/۰۴	۱۰۵/۵۶	۱/۲۲۸۳ X - ۱۲۳/۵۶
E		❊				❊		❊							❊	۰/۷۶	۱۱۵/۱۷	۸۹/۹۵	۱/۰۱۶۱ X - ۲۹/۸۴۹
F			❊		❊		❊		❊							۰/۵۲	۱۶۰/۴۶	۱۲۰/۲۳	۰/۳۰۶۷ X + ۲۷۹/۵۶
G				❊	❊	❊	❊	❊								۰/۶۷	۱۳۵/۶۸	۱۰۰/۸۳	۰/۴۶۵۰ X+ ۲۲۷/۳۰
H					❊		❊		❊	❊	❊	❊	❊	❊	❊	۰/۶۸	۱۳۶/۲۷	۱۱۱/۳۵	۱/۵۱۵۱ X- ۲۳۶/۲۴
I					❊		❊		❊						❊	۰/۵۱	۱۵۵/۴۱	۱۲۲/۶۴	۰/۳۵۰۱ X + ۲۶۲/۸۷
J					❊			❊	❊				❊			۰/۵۵	۱۵۳/۱۵	۱۱۸/۳۷	۱/۷۵۳۷ X- ۲۷۹/۹۶
K					❊	❊	❊	❊								۰/۶۷	۱۳۷/۹۳	۱۰۴/۰۴	۱/۳۹۴۷ X - ۱۶۴/۶۳
L					❊	❊	❊						❊			۰/۷۶	۱۲۰/۹۶	۸۹/۸۴	۱/۱۴۹ X - ۱۲۵/۴۵
M					❊	❊			❊						❊	۰/۷۵	۱۱۷/۴۷	۹۲/۵۸	۱/۳۹۴۷ X -۱۶۴/۶۳
N					❊		❊	❊							❊	۰/۷۵	۱۱۸/۴۴	۹۵/۵۱	۱/۱۱۱۶ X- ۱۰۴/۸۱
O						❊	❊		❊				❊			۰/۵۳	۱۵۲/۶۶	۱۱۷/۷۲	۰/۳۴۰۶ X + ۲۴۷/۹۷
P						❊	❊	❊							❊	۰/۷۴	۱۱۸/۶۳	۹۴/۱۵۰	۱/۲۹۵۳ X - ۱۶۵/۶۵
Q							❊	❊					❊		❊	۰/۷۵	۱۱۸/۱۰	۹۴/۷۴	۱/۰۸۸۶ X -۶۵/۷۷۷
R								❊	❊	❊	❊					۰/۳۸	۱۷۱/۶۲	۱۲۴/۵۶	۱/۴۰۰۱ X - ۱۵۲/۹۱

§ ۱:تبخیر و تعرق کل، ۲: میانگین تبخیر و تعرق، ۳: تشعشع کل، ۴: میانگین تشعشع، ۵: بارندگی کل، ۶: میانگین بارندگی، ۷: رطوبن نسبی کل، ۸: میانگین رطوبت نسبی، ۹: دمای نقطه شبنم کل ۱۰: میانگین دمای نقطه شبنم، ۱۱: دمای حداکثر کل، ۱۲: میانگین دمای حداکثر، ۱۳: دمای حداقل کل، ۱۴: میانگین دمای حداقل، ۱۵: عملکرد سال قبل.



نمودار ۲: نمودار همبستگی بین عمکلرد مشاهداتی و عملکرد محاسباتی در دو روش ANN (ستون راست) و ANFIS (ستون چپ) برای مدل های ورودی F ، G، I، O و R (به ترتیب از بالا به پایین).

Bi-Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 11, Issue 2, autumn and winter 2021

Predicting rainfed barley crop yield using Artificial neural network and fuzzy neural systems in Khorasan Provinces-Iran

Ahad Madani[1*], Abbas Khasheyi[2], Alireza Khakzad Sivaki[3]

1- Assistant professor of Agronomy, Department of Agronomy, Gonabad Branch, Islamc Azad University, Gonabad, Iran

2- Professor of irrigation engineering - Birjand University,

3- Msc in agronomy, IAU- Gonabad

* **Corresponding Author, Email**: madani_ahad@yahoo.com
(Received: 27 October 2021 ; Accepted: 14 November 2021)

Abstract

In this research, we try to predict the yield of rainfed barley in Khorasan provinces using climatic parameters and two methods of artificial nervous netwework (ANN) and fuzzy neural system (ANFIS). Calculations were performed with Matlab software and then the statistical indices of correlation coefficient (R2), root mean square error (RMSE) and full mean error (MAE) were used to evaluate the performance of the models. Last year's yield and rainfall had an effective role in reducing prediction error and increasing correlation coefficient in both ANN and ANFIS methods. Last year's yield and evapotranspiration made the ANFIS method more accurate than the ANN method. The results of both ANFIS and ANN methods for model L inputs, which included rainfall, relative humidity and last year's yield, showed that this model achieved the highest accuracy among the input models. However, in the ANFIS method for model E inputs, which included evapotranspiration, rainfall, relative humidity and minimum temperature, the results showed that it was more accurate than the ANN method. The greatest difference in accuracy in estimating yield between the two ANFIS and ANN methods was observed with R inputs model, which includes moisture inputs, Dew point temperatures and maximum temperatures. The presence of radiation parameters at the inputs reduced the accuracy of yield estimation in both methods. Overall, the ANFIS method was more accurate in estimating yield than ANN

.**Keywords: Artificial neural network; Climate; fuzzy neural system; Prediction models.**