

یادداشت پژوهشی

پیش‌بینی دما، رطوبت و انرژی مصرفی در شرایط محیطی سالن مرغداری به کمک شبکه عصبی

مصنوعی

نعیمه غلامرضایی^{*1} - کوروش قادری² - کاظم جعفری نعیمی³

تاریخ دریافت: 1394/07/30

تاریخ پذیرش: 1395/03/22

چکیده

فراهم شدن شرایط مطلوب سالن‌های صنعتی پرورش مرغ گوشتی، مستلزم ثابت بودن عامل‌های دما و رطوبت داخل سالن در حد بهینه و کاهش دامنه تغییرات آن از مقدار بهینه است. یکی از راه‌های تنظیم و تثبیت این عامل‌ها، استفاده از ابزار دقیق و سامانه‌های الکترونیکی با دقت اندازه‌گیری بالا برای کنترل تجهیزات تهویه است. در این تحقیق از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) به منظور پیش‌بینی دما و رطوبت و همچنین انرژی مصرفی تجهیزات استفاده شد. ورودی‌های مدل شامل طول، عرض و ارتفاع قرارگیری حس‌گرهای واحد کنترل الکترونیکی در 60 نقطه با مختصات متفاوت بودند. شبکه دولایه با ساختار 10-1 با R^2 و MSE به ترتیب برابر با 0/96 و 0/00912 بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی دما داشت. شبکه سه لایه با ساختار 20-10-1 بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی رطوبت با R^2 و MSE به ترتیب برابر با 0/8 و 0/00783 و همچنین شبکه سه لایه با ساختار 10-10-1 بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی انرژی مصرفی با R^2 و MSE به ترتیب برابر با 0/98 و 0/00114 نشان داد. از نتایج تحقیق می‌توان در بهینه‌سازی و مدیریت مصرف انرژی در مرغداری‌ها بهره گرفت.

واژه‌های کلیدی: انرژی، دما، شبکه عصبی مصنوعی، کنترل الکترونیک، مدل‌سازی

مقدمه

زیادی مانند انعطاف‌پذیری، سرعت بالا، دقت، تحلیل‌پذیری، امکان پردازش و ثبت اطلاعات برخوردار هستند، در کشاورزی دقیق و به‌طور کلی در سامانه‌های دقیق از حس‌گرهای الکترونیکی استفاده می‌شود (Storey, 1998). بر اساس یک تحقیق از یک سیستم PID^4 در یک خشک‌کن دوار صنعتی برای خشک کردن ضایعات زیتون استفاده شد. این سیستم کنترل برای کاربری راحت‌تر و افزایش بهره‌وری انرژی به کار رفت (Arjona et al., 2005). در تحقیق دیگری یک شاخه مجهز شده به یک نوک منشوری در قسمت تحتانی، برای تشخیص مقاومت مکانیکی خاک در حین حرکت و برای عمق‌های مختلف خاک‌ورزی ساخته شد. این ابزار مجهز به دو لودسل و دو استرین‌گیج نصب شده بر روی شاخه، برای حس کردن بار وارده و کرنش حاصل از ممان خمشی ایجاد شده در ابزار، در زمان انجام عملیات خاک‌ورزی بود (Adamchuk et al., 2004). امروزه شبکه‌های عصبی در بسیاری از زمینه‌ها از جمله طبقه‌بندی، تشخیص الگو، پیش‌بینی و مدل‌سازی فرآیندها در علوم مختلف به کار گرفته می‌شوند. مزیت روش شبکه عصبی یادگیری مستقیم از روی داده‌ها، بدون نیاز به

امروزه یکی از مهم‌ترین بحث‌های کاربردی و مدیریتی، بحث میزان مصرف انرژی و راندمان آن در فعالیت‌های مختلف است. دانش مصرف انرژی در عملیات تولیدی، روش مفیدی جهت تعیین میزان بهره‌وری است. با توجه به جایگاه طیور که یکی از بزرگ‌ترین و توسعه‌یافته‌ترین صنایع موجود است، نیاز به کنترل شرایط پرورش مطابق با استانداردهای روز دنیا است (Simmons and Loit, 1993). حس‌گرها تغییرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی را به تغییرات پارامترهای الکتریکی تبدیل می‌کنند (Rizzoni, 2000; Storey, 1998). از آن‌جا که مدارهای الکترونیکی از قابلیت‌های

- 1- دانشجوی دکتری بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
- * - نویسنده مسئول: (Email: ngholamrezai@yahoo.com)
- 2- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
- 3- استادیار، بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

مواد و روش‌ها

طراحی و ساخت سیستم کنترل الکترونیکی

این پژوهش در راستای ایجاد شرایط مطلوب محیطی برای پرورش مرغ گوشتی از جمله دما، رطوبت و انرژی مصرفی به‌عنوان تابعی از مختصات مختلف حس‌گرها (طول، ارتفاع و عرض) در سالن مرغداری انجام شد. در این راستا نیاز به یک سامانه کنترل الکترونیکی و قابل برنامه‌ریزی در شرایط متفاوت پرورش مرغ گوشتی است. این سامانه دما و رطوبت را خوانده، آن را به واحد کنترل ارسال کرده و در آنجا متناسب با اطلاعات جمع‌آوری شده و شرایط کاری که از قبل تعریف شده دستور کارکرد و یا عدم کارکرد را به واحدهایی که شرایط داخلی مرغداری را تحت کنترل دارند، ارسال می‌کند. الگوریتم کنترل الکترونیکی میزان دما و رطوبت ساخته شده دارای سه بخش اصلی: اندازه‌گیری و ارسال اطلاعات، تجزیه و تحلیل اطلاعات و دستور کار به تجهیزات است. برای اندازه‌گیری دما و رطوبت به ترتیب از حس‌گرهای مدل LM75 و HS1101 استفاده شد و همچنین برای ارسال اطلاعات از برد الکترونیکی بخش اندازه‌گیری به واحد تجزیه و تحلیل اطلاعات از ماژول HM-TR استفاده شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات توسط میکروکنترلر ATMEGA32 و مدار پالس DS1307 انجام شد. در نهایت دستور کار به تجهیزات تهویه مرغداری (فن‌ها، پمپ پد خنک‌کننده و مه پاش) توسط رله‌ها، با دریافت پالس‌های ارسالی از میکروکنترلر انجام گرفت. در این آزمایش‌ها رطوبت و دمای مطلوب به ترتیب 63 درصد و 28 درجه سانتی‌گراد برای سیستم کنترل الکترونیکی تعریف شد تا شرایط داخل سالن به این مقادیر نزدیک باشد و حداقل اختلاف از این مقادیر در سالن ایجاد شود.

شبکه عصبی

یک شبکه عصبی این قابلیت را دارد که تمایزها و تفاوت‌های مرموز را که در شکل کلی وجود دارد و به راحتی توسط بشر درک نمی‌شوند، را فهمیده و بر مبنای آن آموزش ببیند (Ishikawa and Gulick, 2013). در بسیاری از مسائل علمی و پیچیده داده‌کاوی و شناسایی الگو، از شبکه عصبی پرسپترون برای جداسازی کلاس‌های مختلف بر مبنای الگوهای آموزشی استفاده می‌شود. در این موارد، معیار مناسب بودن طبقه‌بندی‌کننده عصبی، تجربی بوده و در صورتی که جواب خوبی به دست نیاید، سعی می‌شود با تغییر پارامترهای شبکه عصبی (تعداد نرون و لایه) و استفاده از روش سعی و خطا، جواب مطلوب گرفته شود (Moallem and Monajemi, 2007). شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه پیش‌خور راه حل مناسبی برای پیش‌بینی محسوب می‌شوند. در این تحقیق از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) با روش یادگیری پس‌انتشار خطا (BP) استفاده شد. این شبکه‌ها عموماً به الگوریتم

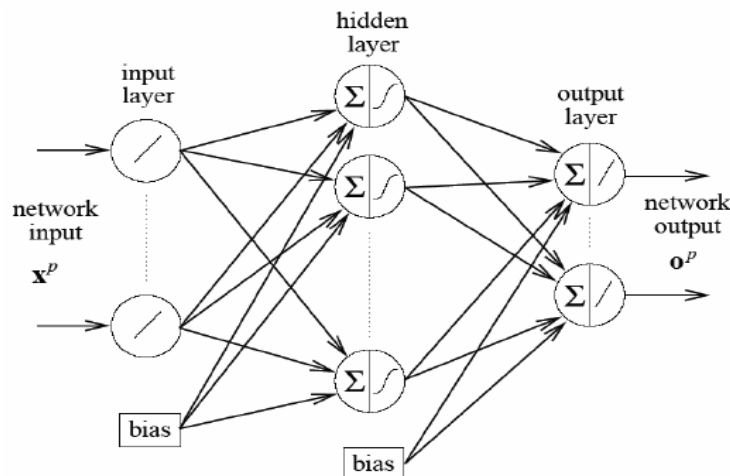
برآورد مشخصات آماری آن‌ها است (Vakil-Baghmisheh, 2002). شبکه عصبی بدون در نظر گرفتن هیچ فرضیه اولیه و همچنین دانش قبلی از روابط بین پارامترهای مورد مطالعه، قادر به پیدا کردن رابطه بین مجموعه‌ای از ورودی‌ها و خروجی‌ها برای پیش‌بینی هر خروجی متناظر با ورودی دلخواه است (Torrecilla et al., 2004; Kaul et al., 2005). ویژگی دیگر شبکه عصبی، تحمل‌پذیری در مقابل خطا است (Azadeh et al., 2006). این مزایا دلایل به کارگیری شبکه عصبی در پیش‌بینی دما، رطوبت و انرژی مصرفی را با استفاده از حس‌گرهای الکترونیکی برای ما روشن می‌سازد. بر اساس یک پژوهش با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، الگوهای مکانی عملکرد سویا در سطح مزرعه پیش‌بینی شد و نقش عوامل ایجادکننده تغییرات مکانی عملکرد از جمله پستی و بلندی و حاصلخیزی خاک نیز مورد بررسی قرار گرفت (Rashed Mohassel et al., 2001). در پژوهش دیگری با هدف پیش‌بینی رطوبت نهایی محصول، آهنگ خشک شدن و شاخص‌های انرژی مصرفی در فرآیند خشک کردن شلتوک از شبکه عصبی استفاده شد. بردار ورودی شامل چهار پارامتر ضخامت لایه، دبی هوای گرم، دمای هوای خشک‌کن و زمان خشک شدن بود (Zhang et al., 2002). بر اساس یک پژوهش با استخراج ویژگی‌های رنگی و بافتی به‌عنوان ورودی شبکه عصبی پس‌انتشار به تشخیص دانه‌های گندم، جو، جو دوسر و چاودار پرداخته شد. دقت‌های طبقه‌بندی با استفاده از این ویژگی‌ها برای همه دانه‌ها بیشتر از 98٪ به دست آمد (Visen et al., 2004). در تحقیق دیگری بر اساس استخراج ویژگی بافت و رنگ به صورت ترکیبی، به تشخیص و طبقه‌بندی چندین محصول باغی و کشاورزی پرداخته شده است به طوری که با این روش و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، بیشترین دقت طبقه‌بندی برای سبزیجات، غلات و میوه‌ها به ترتیب 80٪، 86٪ و 70٪ به دست آمده است (Anami et al., 2011). در این تحقیق، قابلیت مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه¹ (MLP) در پیش‌بینی دما و رطوبت و همچنین انرژی مصرفی در مختصات مختلف قرارگیری حس‌گرهای واحد کنترل الکترونیکی در شرایط محیطی سالن مرغداری، به منظور تعیین نقطه بهینه و مناسب قرارگیری حس‌گرهای دما و رطوبت برای ایجاد کمترین تنش حرارتی و رطوبتی در کل سالن پرورش مرغ گوشتی مورد بررسی قرار گرفته است. در هر نقطه، مختصات (طول، عرض و ارتفاع) قرارگیری حس‌گر در سالن به‌عنوان عامل‌های متغیر می‌باشند.

2- Back propagation (BP)

1- Multi-layer perception network

مقایسه نتایج مدل با نتایج مطلوب در مورد کارایی مدل قضاوت می‌شود. مدلی که در شبکه عصبی در نظر گرفته شد شامل سه ورودی و یک خروجی بود. ورودی‌ها عبارت از طول، عرض و ارتفاع قرارگیری حس‌گر و خروجی مدل‌ها دما، رطوبت و انرژی مصرفی بودند. در شکل 1 یک شبکه MLP نشان داده شده است (Sigari *et al.*, 2012).

پس‌انتشار خطا مشهورند زیرا خطای خروجی مدل به عقب و به داخل سیستم برگردانده می‌شود تا تجدید و تنظیم وزن‌های لایه‌های پنهان انجام گیرد. در این حالت با تصحیح پیوسته خطا، وزن‌های مناسب برای سیستم به دست می‌آید. در حالتی که سیستم آموزش کافی را دیده است و مناسب‌ترین وزن‌ها به دست آمدند، وزن‌های مربوطه تثبیت شده و جهت داده‌های ورودی جدید که در قالب داده‌های مربوط به آزمون کارایی مدل است، اعمال می‌گردد و در این حالت با



شکل 1- شبکه پرسپترون چندلایه
Fig. 1. Multilayer perception network

اندازه‌گیری زمان کارکرد هر یک از تجهیزات در هر نقطه از قرارگیری حس‌گرها، تا از این طریق میزان انرژی مصرفی برای نقاط مختلف محاسبه گردد.

انتخاب بهترین نقطه نصب حس‌گرها

سالن مرغداری از ابتدا تا انتهای سالن و از کف سالن تا ارتفاع بالاتر دارای شرایط متفاوتی از دما و رطوبت است، به همین دلیل نقطه قرارگیری سیستم اندازه‌گیری بسیار مهم است. در این راستا باید نقطه‌ای برای قرارگیری سیستم اندازه‌گیری انتخاب شود که باعث گردد:

میانگین دما و رطوبت در کل سالن به مقدار مدنظر نزدیک‌تر شود.

آن نقطه باعث ایجاد کمترین مصرف انرژی برق برای تجهیزات تهویه شود.

روش آزمایش

آزمایش‌ها به مدت سه ماه در یک واحد مرغداری 3000 قطعه‌ای واقع در استان فارس شهرستان مرودشت (52 درجه و 48 دقیقه طول جغرافیایی و 29 درجه و 52 دقیقه عرض جغرافیایی)، شهر رامجرد با ابعاد، 32 متر طول، 7 متر عرض و ارتفاع متوسط 2/2 متر انجام شد. برای به دست آوردن بهترین مکان قرارگیری حس‌گر، 60 نقطه متفاوت از نظر طول، عرض و ارتفاع در داخل سالن مرغداری انتخاب گردید. فواصل قرارگیری حس‌گر از ابتدای سالن دارای پنج نقطه طولی به فاصله 1، 8/5، 16، 23/5 و 31 متر، در جهت عرض سالن دارای سه فاصله 1/6، 3/2 و 4/8 متر از دیوار شرقی و چهار ارتفاع قرارگیری از کف سالن شامل 0/05، 0/25، 0/45 و 0/75 متر بود (Keshavarz, 2014). هم‌زمان با قرار دادن حس‌گر اندازه‌گیری در مختصات مختلف، داده‌های آزمایشی به ترتیب زیر اندازه‌گیری و تعیین گردید:

دما و رطوبت سالن: یادداشت برداری از میزان دما و رطوبت (5 عدد دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتال) که در ارتفاع 40 سانتی‌متری (ارتفاع سر جوجه‌ها) از کف قرار دارند.

جدول 1- خصوصیات آماری داده‌ها
Table 1- Statistical properties of data

پارامترها Parameters	میانگین Average	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	انحراف معیار Standard deviation
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	28.98	25	32.5	3.43
رطوبت (درصد) Humidity (%)	61.69	57.9	65.5	1.59
انرژی مصرفی (وات ساعت) Energy consumption (W.hr)	756.88	280	1480	332.26

تیین (R²) استفاده شد:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i - P_i)^2}{N} \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^N (P_i - P_{ave})(Q_i - Q_{ave})]^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - P_{ave})^2 \sum_{i=1}^N (Q_i - Q_{ave})^2} \quad (3)$$

در روابط (2) و (3)، N تعداد نمونه، P_i مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل، Q_i مقادیر واقعی، P_{ave} میانگین مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل و Q_{ave} میانگین مقادیر واقعی می‌باشند (Jacovides, 1997). رابطه رگرسیون خطی و چندمتغیره برای پارامترهای تأثیرگذار بر روی دما، رطوبت و انرژی مصرفی، به‌وسیله نرم‌افزار STATGR ver1.1 تعیین گردید. Statgraphics Centurion نرم‌افزاری بصری و قدرتمند برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، تجسم داده‌ها، مدل‌سازی آماری و پیش‌بینی احتمالات است.

نتایج و بحث

در این تحقیق به‌منظور آموزش شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش‌بینی دما، رطوبت و انرژی مصرفی از الگوریتم آموزشی لونیبرگ-مارکوات⁵ (trainlm) استفاده گردید. انتخاب تعداد مناسب لایه‌های میانی و همچنین تعداد نرون‌ها در لایه‌های میانی، بر مبنای مقایسه عملکرد شبکه‌های با تعداد نرون متفاوت در لایه میانی و همچنین تعداد متفاوت لایه‌های میانی انجام گرفت. برای مدل‌سازی دما، رطوبت و انرژی مصرفی، شبکه‌ها به‌ترتیب به‌صورت دو، سه و سه لایه آموزش داده شدند. از بین شبکه‌ها، شبکه‌ای با دولایه با 10 نرون در لایه میانی اول و یک نرون در لایه خروجی دارای بالاترین ضریب همبستگی (R²) برابر با 0/96 و کمترین میانگین مربعات خطا (MSE) برابر با 0/00912 بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی دما داشت.

پیش‌پردازش داده‌ها

در ابتدا داده‌های موجود به سه دسته، مجموعه آموزش¹، 80 درصد کل داده‌ها (144 داده)، مجموعه آزمایش²، 10 درصد کل داده‌ها (18 داده) و مجموعه اعتبارسنجی³، 10 درصد کل داده‌ها (18 داده) تقسیم‌بندی شد و از نرم‌افزار MATIAB R2014a جهت ساخت و ارزیابی شبکه عصبی استفاده گردید. البته اگر این تقسیم‌بندی منجر به نتایج مطلوب نشود، می‌توان این مرحله را مجدداً تکرار کرد (Zhang and Fun, 1998). قبل از به‌کارگیری داده‌های خام اولیه در آموزش و آزمایش، شبکه باید نرمالیزه شود زیرا الگوریتم یادگیری همراه با داده‌های خام نمی‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد و همچنین به دلیل دامنه تغییرات خروجی تابع فعالیت سیگموئیدی⁴ [0-1] به‌کار گرفته شده در لایه میانی این امر ضروری به نظر می‌رسد. در غیر این صورت شبکه در طول فاز آموزش همگرا نخواهد شد و نتایج مطلوب تولید نخواهد شد (Azadeh et al., 2006). برای افزایش دقت و سرعت عملکرد مدل‌ها، داده‌ها در بازه [0-1] طبق رابطه (1) نرمال شدند:

$$x_{norm} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

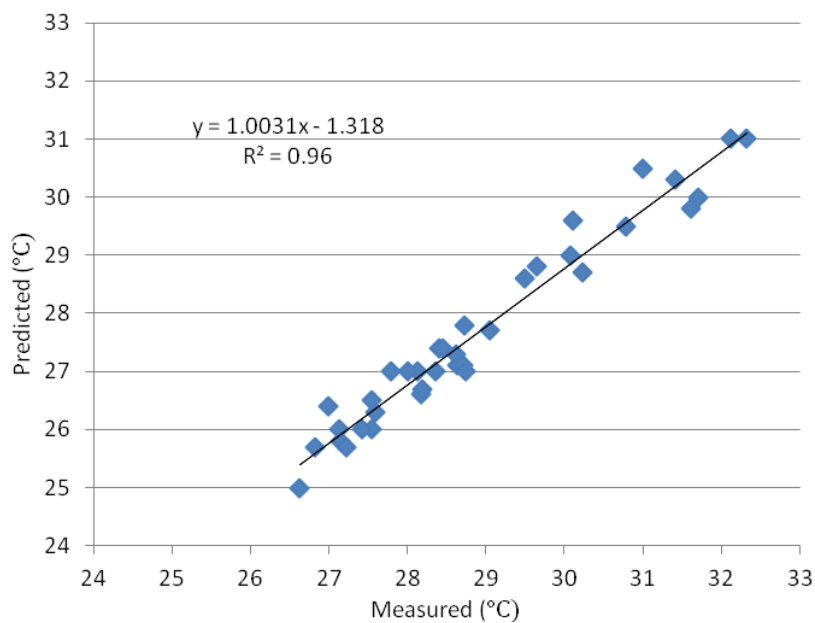
که x: داده خام اولیه، x_n: داده نرمالیزه شده و x_{max}: مقدار بیشینه است.

خصوصیات آماری داده‌ها در جدول 1 نشان داده شده است.

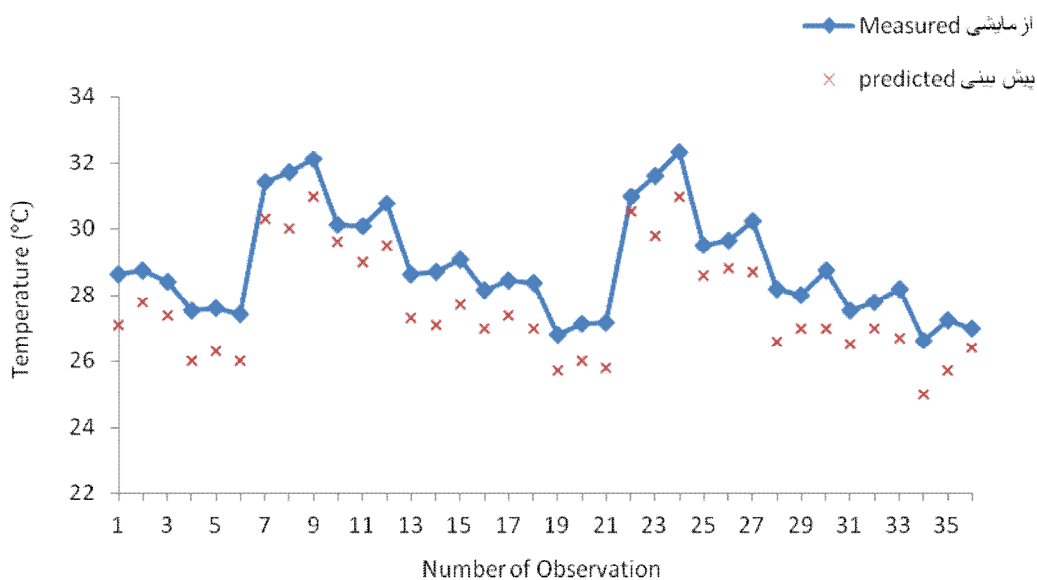
ارزیابی عملکرد مدل

معیارهای مختلفی برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی شده وجود دارد که به‌طور عمده بر اساس اختلاف بین خروجی‌های پیش‌بینی شده و خروجی‌های مطلوب و واقعی استوارند. برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از پارامترهای کمترین میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب

- 1- Training
- 2- Test
- 3- Validation
- 4- Sigmoid transfer function



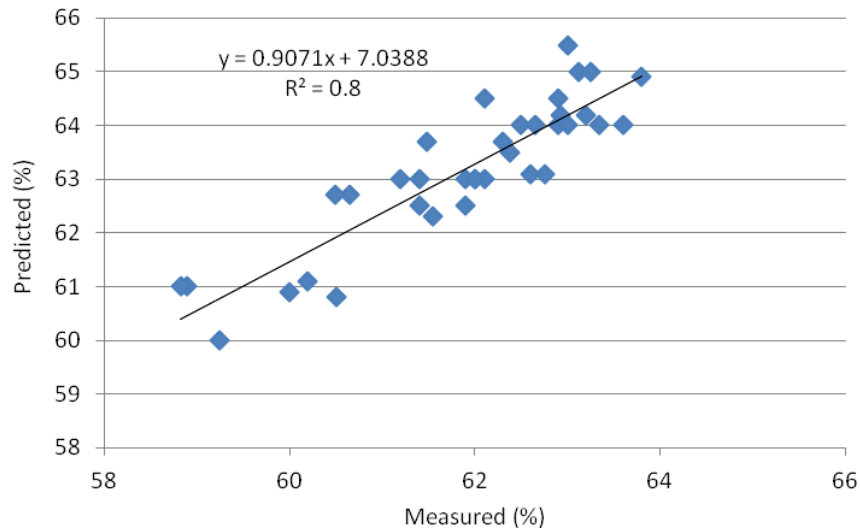
شکل 2- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده دمای حس‌گرهای الکترونیکی
Fig. 2. Correlation between predicted and observed temperature values of electronic sensors



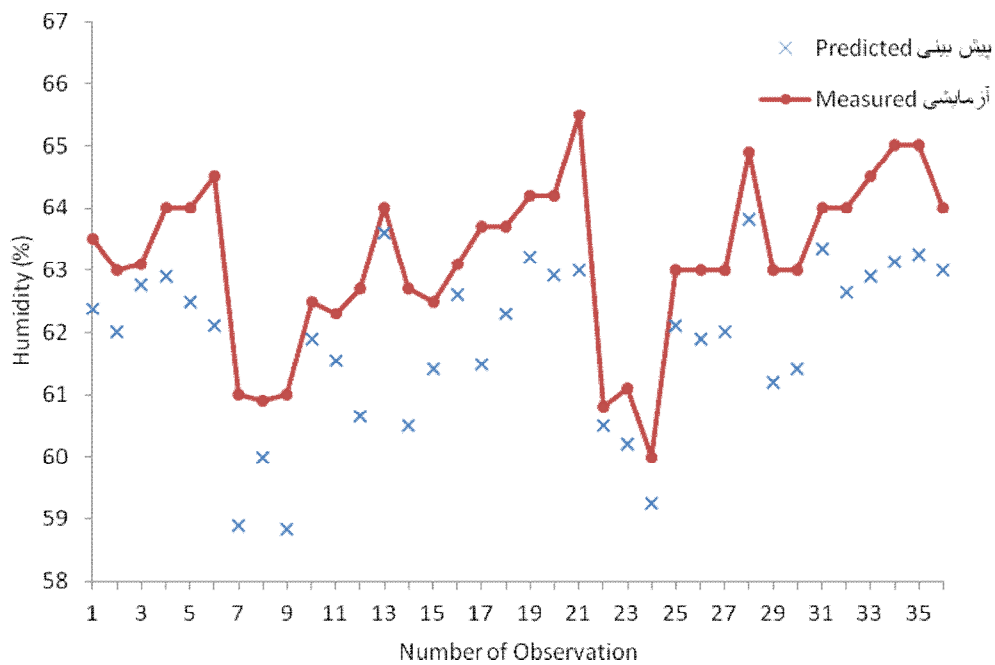
شکل 3- مقایسه مقادیر دمای به‌دست‌آمده و پیش‌بینی شده در فرآیند آزمون
Fig. 3. Comparison of the predicted temperature values and the observed values in the test process

لایه میانی دوم دارای بالاترین ضریب همبستگی (R^2) برابر با 0/8 و کمترین میانگین مربعات خطا (MSE) برابر با 0/00783 است.

برای رطوبت حس‌گرهای الکترونیکی، نتایج نشان داد که شبکه‌ای سه لایه‌ای با 10 نرون در لایه میانی اول و 20 نرون در



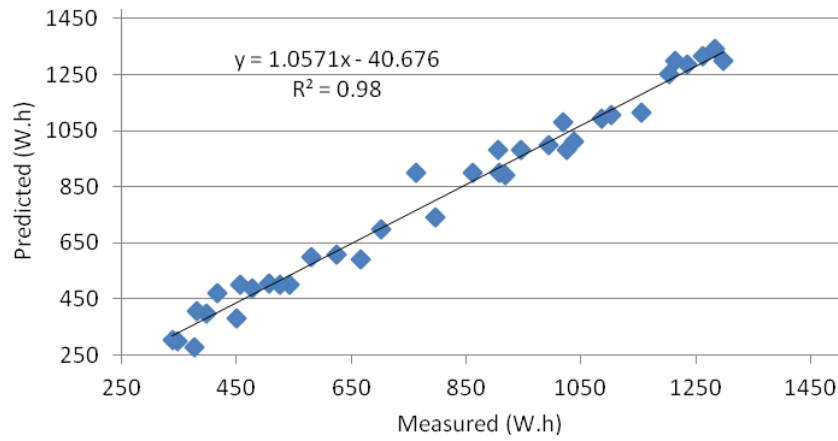
شکل 4- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده رطوبت حس گرهای الکترونیکی
Fig. 4. Correlation between predicted and observed humidity values of electronic sensors



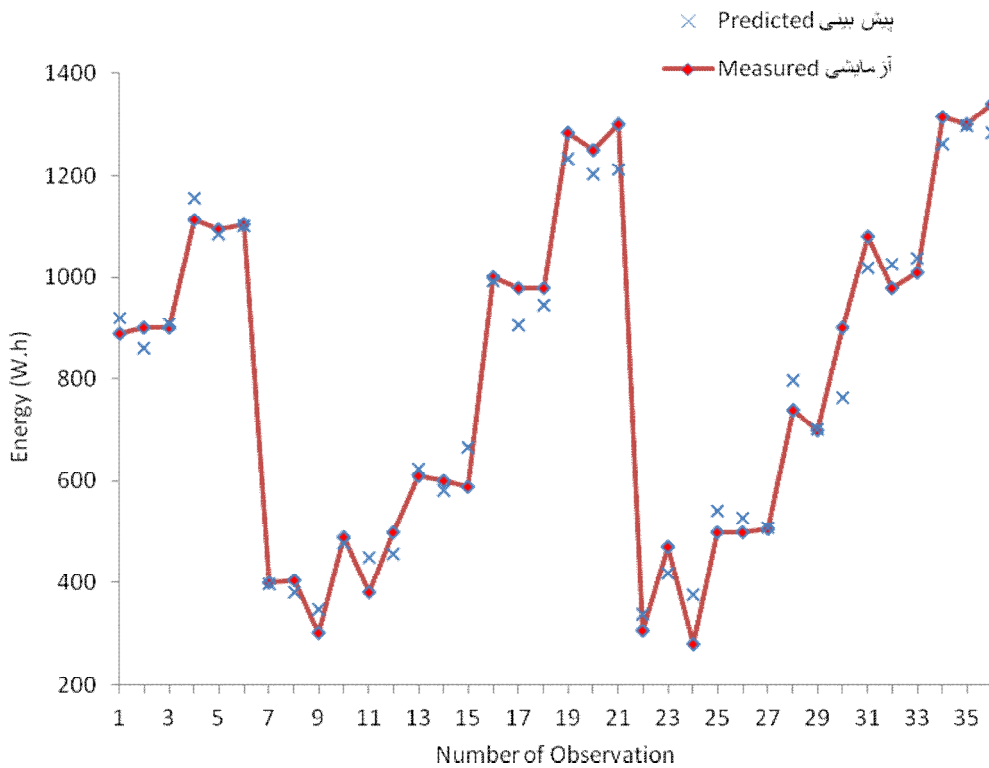
شکل 5- مقایسه مقادیر رطوبت به‌دست‌آمده و پیش‌بینی شده در فرآیند آزمون
Fig. 5. Comparison of the predicted humidity values and the observed values in the test process

مصرفی تجهیزات داشت. برای این توپولوژی مقادیر R^2 و MSE به‌ترتیب برابر با 0/98 و 0/00114 محاسبه شد.

در نهایت شبکه‌ای با سه لایه با 10 نرون در لایه میانی اول و 10 نرون در لایه میانی دوم بهترین نتیجه را برای پیش‌بینی انرژی



شکل 6- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده انرژی مصرفی حس‌گرهای الکترونیکی
Fig. 6. Correlation between predicted and observed energy consumption values of electronic sensors



شکل 7- مقایسه مقادیر انرژی مصرفی به‌دست آمده و پیش‌بینی شده در فرآیند آزمون
Fig. 7. Comparison of the predicted energy consumption values and the observed values in the test process

برای درک بهتر از عملکرد شبکه، نمودار خروجی شبکه در مقابل داده‌های آزمایشگاهی در نمودارهای شکل‌های 2 تا 7 نشان داده شده

جدول 2 عملکرد شبکه عصبی مصنوعی را برای معماری‌های گوناگون ارائه می‌دهد. افزایش تدریجی مقدار ضریب تبیین و کاهش کند مقدار MSE حاکی از بهبود ساختار شبکه و آموزش مناسب شبکه است.

جدول 2- نتایج عملکرد شبکه‌های عصبی آزمون شده برای معماری‌های گوناگون

Table 2- The results of the performance of tested neural network for different architectures

پارامترهای اندازه‌گیری شده Measured parameters	توپولوژی Topology	ضریب همبستگی Correlation coefficient (R ²)	میانگین مربعات خطا Mean square error (MSE)
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	10-10-1	0.95	0.00966
	10-1	0.96	0.00912
	15-1	0.95	0.0092
	20-1	0.96	0.00927
	20-20-1	0.93	0.0095
رطوبت (درصد) Humidity (%)	10-15-1	0.78	0.0089
	10-10-1	0.8	0.009
	20-10-1	0.8	0.00783
	20-15-1	0.79	0.0095
	20-20-1	0.79	0.0079
انرژی مصرفی (وات‌ساعت) Energy consumption (W.hr)	10-10-1	0.98	0.00114
	10-15-1	0.86	0.01215
	10-20-1	0.85	0.027
	20-10-1	0.96	0.00315
	20-20-1	0.95	0.015

انرژی به مقادیر 0/00912، 0/00783 و 0/00114 رسید. نتایج نشان داد که بیشترین دقت و ضریب همبستگی برای پارامتر انرژی مصرفی با شبکه‌ای با دو لایه پنهان حاصل شد.

همچنین نتایج کلی عملکرد شبکه برای پارامترهای دما، رطوبت و انرژی مصرفی در جدول 3 آورده شده است. بعد از این که آموزش کامل شد میانگین مربعات خطا (MSE) به ترتیب برای دما، رطوبت و

جدول 3- مدل‌های شبکه عصبی

Table 3- Neural network models obtained by MATLAB

پارامترهای اندازه‌گیری شده Measured parameters	توپولوژی Topology	مدل رگرسیون Regression model	ضریب همبستگی Correlation coefficient (R ²)	میانگین مربعات خطا Mean square error (MSE)
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	2-10-1	T=1.0031x-1.318	0.96	0.00912
رطوبت (درصد) Humidity (%)	3-20-10-1	M=0.9071x+7.0388	0.8	0.00783
انرژی مصرفی (وات‌ساعت) Energy consumption (W.hr)	3-10-10-1	E=1.0571x-40.676	0.98	0.00114

الکترونیکی قرار گرفته در سالن مرغداری، 82٪ تغییرات مربوط به دما، 61٪ تغییرات مربوط به رطوبت و 92٪ تغییرات مربوط به انرژی مصرفی را توجیه می‌نماید که در مقایسه با ضرایب همبستگی به دست آمده از مدل‌های شبکه عصبی از جدول 2، بیشترین ضریب همبستگی مربوط به پارامتر انرژی و کمترین ضریب همبستگی مربوط به پارامتر رطوبت است.

رابطه رگرسیون خطی و چندمتغیره برای پارامترهای تأثیرگذار بر روی دما و رطوبت سالن و انرژی مصرفی حس‌گرهای الکترونیکی به وسیله نرم‌افزار STATGR ver.1.1 تعیین گردید (Keshavarz, 2014).

در جدول 4، E بیانگر انرژی مصرفی، T دما، M رطوبت، L نقاط مختلف در طول، H نقاط مختلف در ارتفاع و W بیانگر نقاط مختلف در عرض است. ضرایب همبستگی نشان می‌دهند که پارامترهای مورد بررسی شامل طول، ارتفاع و عرض قرارگیری حس‌گرهای کنترل

جدول 4- مدل‌های خطی به دست آمده توسط نرم‌افزار (STATGR ver.1.1)

Table 4- Linear models obtained by STATGR

پارامترهای اندازه‌گیری شده Measured parameters	مدل خطی Linear model	ضریب همبستگی Correlation coefficient (R ²)
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	$T=31.4812-0.142752L-1.25858H+0.0795854W$	0.82
رطوبت (درصد) Humidity (%)	$M=31.4056+0.110593L+1.90852H-0.0651009W$	0.61
انرژی مصرفی (وات‌ساعت) Energy consumption (W.hr)	$E=208.225+29.1509L+266.93H-5.58333W$	0.92

نتیجه‌گیری

پیش‌بینی در مورد دما، رطوبت و انرژی مصرفی حس‌گرهای الکترونیکی را تحت عوامل مطرح شده دارا است. در پیش‌بینی دما، شبکه دولایه با توپولوژی 10-1 بهترین نتیجه را داشت. برای این آزمایش مقدار R² برابر با 0/96 و میزان MSE برابر با 0/00912 بود. در پیش‌بینی رطوبت استفاده از دولایه میانی با تعداد 20 نرون در لایه اول و 10 نرون در لایه دوم، پایین‌ترین خطای شبکه 0/00783 و بالاترین دقت شبیه‌سازی 0/8 را نشان داد. در پیش‌بینی انرژی مصرفی، شبکه سه لایه با توپولوژی 10-10-1 با R² برابر با 0/98 و MSE برابر با 0/00114 بهترین نتیجه را داشت. همچنین مقایسه نتایج به دست آمده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیونی نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با ضرایب همبستگی 0/98، 0/96 و 0/8 به ترتیب برای انرژی مصرفی، دما و رطوبت، داده‌های بسیار نزدیک‌تری به داده‌های واقعی در مقایسه با مدل‌های رگرسیونی با ضرایب همبستگی به ترتیب 0/92، 0/82 و 0/61 ارائه کرد.

دما و رطوبت جزء پارامترهای تأثیرگذار بر فراهم شدن شرایط مطلوب سالن‌های صنعتی پرورش مرغ گوشتی است لذا به منظور تعیین نقطه بهینه و مناسب قرارگیری حس‌گرهای دما و رطوبت برای ایجاد کمترین تنش حرارتی و رطوبتی، پیش‌بینی دما و رطوبت و همچنین انرژی مصرفی حس‌گرهای واحد کنترل الکترونیکی در شرایط محیطی سالن مرغداری از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. شبکه‌ها دارای سه ورودی طول، عرض و ارتفاع قرارگیری حس‌گرهای الکترونیکی و یک خروجی دما، رطوبت و انرژی مصرفی بودند. برای آموزش شبکه‌ها از پرسپترون چندلایه (MLP) با الگوریتم یادگیری پس‌انتشار خطا استفاده گردید و توابع فعالیت در لایه‌های مخفی برای تمام شبکه‌ها از نوع تانژانت سیگموئید و در لایه خروجی، خطی (Purelin) در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان بیان نمود که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان یک ابزار مدل‌سازی غیرخطی، توانایی

References

- Adamchuk, V. I., A. V. Skotnikov, J. D. Speichinger, and M. F. Kocher. 2004. Development of an instrumented deep-tillage implement for sensing of soil mechanical resistance. *Trans. ASAE*. 47: 1913-191.
- Anami, B. S., J. D. Pujari, and R. Yakkhundimath. 2011. Identification and classification of normal and affected agriculture/horticulture produce based on combined color and texture feature extraction. *International Journal of Computer Applications in Engineering Sciences* 1: 356-360.
- Arjona, R., P. Ollero, and F. Vidal. 2005. Automation of an olive waste industrial rotary dryer. *Journal of Food Engineering* 68: 239-242.
- Azadeh, A., S. F. Ghaderi, and S. Sohrabkhani. 2006. Forecasting electrical consumption by integration of Neural Network, time series and ANOVA.
- Ishikawa, S., and V. Gulick. 2013. An automated mineral classifier using Raman spectra. *Computers and Geosciences* 54: 259-268.
- Jacovides, C. P. 1997. Reply to comment on Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration models. *Agricultural Water Management* 3: 95-97.
- Kaul, M., R. L. Hill, and C. Walthall. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. *Agriculture system* 85: 1-18.
- Keshavarz, J. 2014. Design, fabrication and evaluation of the electronic control system of temperature and humidity, in the industrial poultry farm. M. Sc. Thesis, Faculty of Agricultural, Bahonar University.

- (In Farsi).
9. Moallem, P., and A. Monajemi. 2007. A heuristic criterion for goodness of multi layer perceptron as a classifier. First Data Mining Conference. Amir Kabir University, Tehran, Iran. (In Farsi).
 10. Rashed Mohassel, M. H., H. Najafi, and M. D. Akbarzadeh. 2001. Weed Biology and Control. Ferdowsi University Press, 404p. (In Farsi).
 11. Rizzoni, G. 2000. Principles and Applications of Electrical Engineering, 3rd ed., McGraw-Hill, USA.
 12. Sigari, M. H., H. Sigari, and N. Mozayani. 2012. Estimated time of drying food using computer vision and artificial neural network. Fifth National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanisation. Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Farsi).
 13. Simmons, J. D., and B. D. Loit. 1993. Automatic Fan Control, Agricultural Research Service, South Central Poultry Research Laboratory, Mississippi Stat. pp. 323-2230.
 14. Storey, N., 1998. Electronics: A system approach, Prentice Hall, Harlow.
 15. Torrecilla, J. S., L. Otero, and P. D. Sanz. 2004. A neural network approach for thermal/pressure food processing. Food Engineering 62: 89-95.
 16. Vakil-Baghmisheh, M. T. 2002. Farsi Character Recognition Using Artificial Neural Networks. PhD Thesis, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.
 17. Visen, N. S., D. S. Jayas, J. Paliwal, and N. D. G. White. 2004. Comparison of two neural network architectures for classification of singulated cereal grains. Journal of Canadian Biosystem Engineering 46: 7-14.
 18. Zhang, Q., S. Y. Yang, G. S. Mittal, and S. Yi. 2002. Prediction of performance indices and optimal parameters of rough rice drying using neural network. Biosystems Engineering 83 (3): 281-290.
 19. Zhang, Y. F., and J. Y. H. Fun. 1998. A neural network approach for early cost estimation of packaging products. Computers & Industrial Engineering 34: 433-50.

Brief Report

Temperature, Humidity and Energy Consumption Forecasting in the Poultry Hall Using Artificial Neural Network

N. Gholamrezai^{1*} - K. Qaderi² - K. Jafari Naeimi³

Received: 22-10-2015

Accepted: 11-06-2016

Introduction

Energy consumption management is one of the most important issues in poultry halls management. Considering the situation of poultry as one of the largest and most developed industries, it is needed to control growing condition based on world standards. The neural networks as one of the intelligent methods are applied in a lot of fields such as classification, pattern recognition, prediction and modeling of processes. To detect and classify several agricultural crops, a research was conducted based on texture and color feature. The highest classification accuracy for vegetables, grains and fruits with using artificial neural network were 80%, 86% and 70%. In this research, the ability to Multilayer Perceptron (MLP) Neural Network in predicting energy consumption, temperature and humidity in different coordinate placement of electronic control unit sensors in the poultry house environment was examined.

Materials and Methods

The experiments were conducted in a poultry unit (3000 pieces) that is located in Fars province, Marvdasht city, Ramjerd town, with dimensions of 32 meters long, 7 meters wide and 2.2 meters height. To determine the appropriate placement of the sensor, 60 different points in terms of length, width and height in poultry were selected. Initially, the data was divided into two datasets. 80 percent of total data as a training set and 20 percent of total data as a test set. From 180 observations, 144 data were used to train network and 36 data were used to test the process. There are several criteria for evaluating predictive models that they are mainly based according to the difference between the predicted outputs and actual outputs. To evaluate the performance of the model, two statistical indexes, mean squared error (MSE) and the coefficient of determination (R^2) were used.

Results and Discussions

In this study, to train artificial neural network for predicting the temperature, humidity and energy consumption, the trainlm algorithm (Levenberg-Marquardt) was used. To simulate temperature, humidity and energy consumption, networks were trained with two and three layers, respectively. Network with two layers with 10 neurons in the hidden layer and one neuron in the output layer with (R^2) equal to 0.96 and (MSE) equal to 0.00912, was given the best result for predicting temperature. For humidity electronic sensors, results showed that network with three layers with the 10 neurons in the first hidden layer, 20 neurons in the second hidden layer and one neuron in the output layer with (R^2) equal to 0.8 and (MSE) equal to 0.00783 was the best for predicting humidity. Finally, network with two layers with 10 neurons in the first hidden layer, 10 neurons in the second hidden layer and one neuron in the output layer was selected as the optimal structure for predicting energy consumption. For this topology, (R^2) and MSE were determined to 0.98 and 0.00114, respectively. Linear and multivariate regression for the parameters affecting temperature, humidity and energy consumption of electronic sensors was determined by the STATGR software. Correlation coefficients indicated that parameters such as length, height and width of the electronic control sensors placed in the poultry hall justified 82% of the temperature changes, 61% of the humidity changes and 92% of the energy consumption changes. Therefore,

1- Phd Student, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

2- Associate Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

3- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(* - Corresponding Author Email: ngholamrezai@yahoo.com)

comparing with correlation coefficients obtained from the neural network models, the highest correlation coefficient was related to energy parameter and the lowest correlation was linked to humidity parameter.

Conclusions

The results of the study indicated the high performance for predicting temperature, humidity and energy consumption. The networks had three inputs including length, width and height of electronic sensor positions and an output for temperature, humidity and energy consumption. For training networks the multiple layer perceptron (MLP) with error back propagation learning algorithm (BP) was used. Functions activity for all networks in hidden layers were tangentsigmoid and in the output layer, linear (purelin). Comparing the results of artificial neural network and logistic regression model showed that artificial neural network model with correlation coefficients of 0.98 (energy), 0.96 (temperature) and 0.8 (humidity) provided closer data to the actual data compared with regression models with correlation coefficients of 0.92, 0.82 and 0.61 for the energy, temperature and humidity respectively.

Keywords: Artificial neural network, Electronic control, Energy, Modeling, Temperature