

طراحی، ساخت و تعیین موقعیت بهینه نصب سامانه الکترونیکی برای کنترل دما و رطوبت در مرغ‌داری‌ها

جعفر کشاورز^۱، کاظم جعفری نعیمی^{۲*}، مجید محمدی^۳

۱. کارشناسی ارشد، بخش مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۲. استادیار، بخش مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳. دانشیار، بخش کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۶ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۳/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۴/۱۰)

چکیده

در این تحقیق سیستم کنترل الکترونیکی شرایط محیطی (دما و رطوبت) سالن پرورش مرغ گوشتی طراحی و ساخته شد. برای تعیین بهترین مکان قرارگیری حسگرها، ۶۰ نقطه با مختصات متفاوت شامل پنج نقطه طولی در فواصل ۱، ۸/۵، ۱۶، ۲۳/۵ و ۳۱ متر از ابتدای سالن، سه نقطه با فاصله ۱/۶، ۳/۲ و ۴/۸ متر در جهت عرض سالن از دیوار شرقی و چهار ارتفاع مختلف ۰/۰۵، ۰/۲۵، ۰/۴۵ و ۰/۷۵ متر از کف سالن انتخاب گردید. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن نشان داد که قرارگیری حسگرهای اندازه‌گیری دما و رطوبت در نقطه‌ای با مختصات طولی ۲۳/۵ متر، ارتفاع ۰/۷۵ متر و عرض ۱/۶ متر باعث نزدیکی میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده دما به مقدار مطلوب (۲۸ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت (۶۳ درصد) در سالن پرورش به مقدار مطلوب گردید. همچنین قرارگیری حسگر دما و رطوبت در نقطه‌ای با مختصات طولی ۱ متر، ارتفاع ۰/۰۵ متر و عرض ۳/۲ متر باعث کمترین مصرف انرژی برق (۳۹۷/۲ وات ساعت) گردید.

واژه‌های کلیدی: دما، رطوبت، انرژی، کنترل الکترونیکی؛ سالن مرغ‌داری

مقدمه

با توجه به مصرف روز افزون پروتئین به ویژه پروتئین ارزان قیمت و سرمایه‌گذاری در بخش تولید زودبازده و تکیه بر جایگاه پر اهمیت بنگاه‌های زودبازده، نگاهی عمیق بر صنعت مرغ‌داری ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. به کار گرفتن اصول مدیریت علمی در اداره امور مزارع پرورش طیور گوشتی می‌تواند باعث حداکثر بهره‌وری نهاده‌های اولیه و در نتیجه توسعه و سود بیشتر گردد. این امر میسر نیست مگر شرایط مطلوب محیطی (دما و رطوبت) برای طیور ایجاد گردد (Eqbali, 2012). محققین برای کنترل همزمان دما و دی اکسیدکربن از یک کنترل کننده الکترونیکی در گلخانه استفاده کردند. میزان هوای ورودی از دمپر^۱ توسط یک موتور پله‌ای با ۸ حالت مختلف زاویه چرخش کنترل گردید. همچنین CO₂ خالص در ظروف تحت فشار در چهار گوشه گلخانه گذاشته شد که با شیر الکتریکی کنترل می‌شدند. با توجه به کنترل دما، رابطه دقیقی بین میزان تهویه و حالات مختلف موتور پله‌ای بیان شد. با بدست آوردن میزان تهویه، عملکرد حلقه کنترل CO₂ نیز مدل سازی صحیحی شد (Linker et al., 1999). در تحقیقی برای کنترل سیستم تهویه جایگاه‌های پرورش خوک، از دو نوع حسگر رطوبت و دما استفاده شد. نتایج نشان داد در ساختمانی که دارای حسگر کنترل دما^۲ (TC) بود، مقدار رطوبت نسبی در

امروزه در بین کشورهای صنعتی، رقابت فشرده و شدیدی در ارائه راه‌کارهایی برای کنترل بهتر فرآیندهای تولید، وجود دارد که مدیران و مسئولان صنایع در این کشورها را بر آن داشته است تا تجهیزاتی مورد استفاده قرار دهند که سرعت و دقت بالایی داشته باشند. بیشتر این تجهیزات شامل سیستم‌های استوار بر کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی هستند. قابلیت‌های از قبیل توانایی خواندن انواع ورودی‌ها (دیجیتال، آنالوگ، فرکانس بالا و ...)، توانایی انتقال فرمان به سیستم‌ها و قطعات خروجی (مانیتورهای صنعتی، موتور، شیر برقی و ...) و همچنین امکانات اتصال به شبکه، ابعاد بسیار کوچک، سرعت پاسخگویی بسیار بالا، ایمنی، دقت و انعطاف پذیری زیاد این سیستم‌ها باعث شده که بتوان کنترل سیستم‌ها را در محدوده وسیعی انجام داد. یکی از مهم‌ترین بحث‌های کاربردی و مدیریتی، بحث میزان مصرف انرژی و راندمان آن در فعالیتهای مختلف می‌باشد. دانش مصرف انرژی در عملیات تولیدی، روش مفیدی برای تعیین میزان بهره‌وری می‌باشد. با توجه به جایگاه طیور که یکی از بزرگترین و گسترده‌ترین صنایع موجود در کشور می‌باشد نیاز به کنترل شرایط پرورش مطابق با استانداردهای روز دنیا می‌باشد (Naqibzadeh et al., 2010).

1. Damper
2. Temperature-Control

* نویسنده مسئول: jafarinaeimi@uk.ac.ir

اختلاف دمای ± 0.5 درجه سانتی‌گراد دیده شد. ولی در عرض گلخانه یکنواختی کمتری به خاطر وزش باد و زاویه تابش خورشید دیده شد (Arbel et al., 2003; Ahmed et al., 2006). برخی از محققین از یک سامانه کانالی به شکل Y و یک دمپر (دریچه هوا) که باعث تامین هوای ورودی، از خارج و یا از داخل سالن گلخانه می‌شد استفاده کردند. آن‌ها به دنبال درجه حرارت، رطوبت نسبی مطلوب و تهویه مناسب اتاق رشد گیاه بودند. کنترل براساس یک رابطه درجه دوم و برنامه نویسی دینامیکی انجام شد. در استفاده از تکنیک برنامه‌نویسی دینامیک یا پویا، حل مسأله توسط حل مسأله‌های کوچک‌تر بیان می‌شود با این تفاوت که با ذخیره‌سازی از محاسبه دوباره اجتناب می‌شود. با شبیه سازی رفتار دینامیکی تهویه مطبوع، و کنترل آن در محیط نرم افزار Matlab Simulink، دمای خروجی در آغاز به کار سامانه حالت گذرا نشان داد و پس از مدت زمان ۲۰ دقیقه به حالت نرمال (۲۰ درجه سانتی‌گراد) رسید و برای رطوبت در آغاز به کار سامانه نوساناتی دیده شد، که پس از لحظاتی مقدار خطا سه درصد با رطوبت مورد نظر مشاهده شد (Bennis et al., 2006; Tawegoum et al., 2008). برخی پژوهشگران در توزیع دما در ساختمان پرورش مرغ گوشتی، از دینامیک سیالات محاسباتی^۴ (CFD) استفاده کردند و رطوبت را با استفاده از فیزیومتریک^۵ بدست آوردند. از سیستم PID^۶ برای کنترل دما و رطوبت به منظور ثابت ماندن متغیرها در خانه جوجه گوشتی استفاده کردند. نتایج نشان داد که دمای هوای خروجی نسبت به هوای ورودی به علت جذب حرارت در طول سالن بیشتر می‌باشد و همچنین ضریب رگولاسیون برای دما ۹۲ درصد و برای رطوبت ۹۱ درصد می‌باشد (Alimuddin et al., 2011). پژوهشگران دیگری یک مدل ریاضی برای کنترل دما و رطوبت برای سیستم خنک کننده تبخیری مرغ ارائه کردند. در این جرم و روابط تعادل آب برای سیستم در نظر گرفته شد. در این معادلات، اثربخشی پد خنک‌کننده ۱۰۰ درصد و افزایش رطوبت نسبی را ۱۰۰ درصد در نظر گرفتند. خطای خروجی بین مدل ریاضی شبیه‌سازی شده و اطلاعات جمع‌آوری شده ۰/۵ درصد برای دما و ۲/۱ درصد برای رطوبت نسبی بود (Senawong et al., 2011).

در تحقیق دیگری به‌منظور بررسی عملکرد فن در گلخانه، تأثیر صفحه محافظ و کشش تسمه فن بر روی جریان هوا، انرژی مصرفی، فشار استاتیک و سرعت فن بررسی شد. جهت

۸۵ درصد از زمان، نسبت به مقدار تعیین شده ۷۰ درصد، بیشتر شد و به ۸۵ درصد رسید. همچنین در ساختمان دارای حسگر کنترل دما و رطوبت^۱ (THC)، سیستم کنترل‌کننده ۶ تا ۵۴ درصد از زمان در حالت کار بود و رطوبت بین ۷۵-۷۱ درصد، با نقطه تنظیم ۷۰ درصد، دیده شد (Guo et al., 2001). پژوهشگران سامانه‌های کنترل THC و TC را براساس متوسط درجه حرارت، تقاضای انرژی، نوسانات نسبی غلظت رطوبت و دی‌اکسیدکربن که کنترل آن‌ها به صورت P^۲ و PID می‌باشد، را مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج شبیه‌سازی شده یک سامانه TC برای ارائه کنترل موثر رطوبت نسبی (RH^۳) نیاز به حداقل نرخ تهویه دارد. در کنترل THC کاهش نقطه تنظیم رطوبت نسبی از ۸۰ درصد به ۷۰ درصد نیاز به دو برابر انرژی مصرفی دارد. به طور کلی کنترل PID در مقایسه با کنترل P دارای رطوبت نسبی نزدیک‌تر به نقطه تنظیم و غلظت کمتر دی‌اکسیدکربن می‌باشد، با این حال انرژی مورد نیاز ۲/۵ درصد بالاتر بود. شبیه‌سازی‌ها نشان داد که THC با کنترل P به میزان ۱ درصد زمان‌ها با نقطه تنظیم اختلاف دارد (Lambert et al., 2001). در پژوهشی دیگر مدل‌های حسگر جدید رطوبت تحت شرایط موجود در انبار کاه، جو و کنف برای ارزیابی طولانی مدت، مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از واسنجی کردن حسگرها در یک محیط آزمایشگاهی، حسگرها را در ساختمان دام به مدت یک سال نصب کردند. حسگرها در طول سال چندین بار به محیط آزمایشگاه برده شدند تا واسنجی شوند. کالیبراسیون با استفاده از یک رطوبت‌سنج مرجع انجام شد و همچنین خواص آن از جمله دقت، پسماند، خطی بودن و زمان پاسخ بررسی شدند. از ۷۲ حسگر رطوبت با دو پوشش مختلف و شش فیلتر متفاوت استفاده شد. نتایج نشان داد که حسگر با روکش سیلیکون و دارای فیلتر TDK به طور موثر و با دقت، رطوبت نسبی در انبار کاه، جو و کنف را اندازه گرفت، همچنین نیاز به نگهداری و تمیزکاری نداشت (Lemay et al., 2001). محققینی برای سرمایه‌گذاری گلخانه از یک سیستم ترکیبی شامل مه‌پاش و تهویه اجباری گلخانه استفاده کردند. نازل، آب را به صورت اسپری با بالاترین یکنواختی توزیع و در نقاط مختلف سالن پخش کرد. نتایج کار با این سیستم نشان داد که در روزهای تابستان، رطوبت نسبی در داخل گلخانه ۸۰ درصد و دمای داخلی ۲۸ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین باعث یکنواختی دما در طول سالن شد، اما در ارتفاعات مختلف

4. Relative-Humidity.

7. Computational-Fluid-Dynamics

5. Physicochemical-Metric.

6. Proportional-Integral-Differentiation

1. Temperature-Humidity-Control

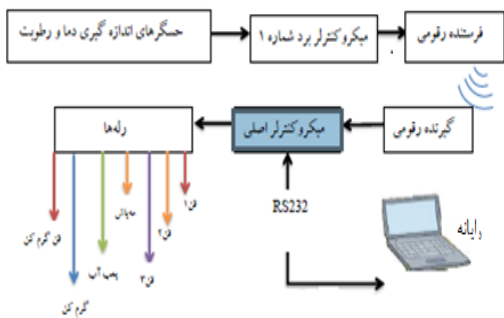
2. Proportional.

3. Relative-Humidity.

راه‌اندازی سیستم‌های تهویه (از جمله فن‌ها، گرمکن، پدهای خنک‌کننده و مه‌پاش‌ها مطابق) با اطلاعات داده شده به سیستم کنترل برای تنظیم پارامترهای محیطی در حد نرمال. بهینه‌سازی مصرف انرژی در طی فرآیند تولید مرغ گوشتی

مواد و روش‌ها

در راستای اهداف این پژوهش (تعیین مکان مناسب برای نصب حسگرهای دما و رطوبت در سالن برای ایجاد حداقل تغییرات عامل‌های مورد بررسی)، 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 عملگرهایی که شرایط داخلی سالن مرغ‌داری را تغییر می‌دهند، ارسال می‌کند. شکل (۱) ارتباط بین قسمت‌های مختلف سامانه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نحوه ارتباط بین قسمت‌های مختلف سامانه

طراحی و ساخت سیستم الکترونیکی

قبل از اقدام به ساخت، سیستم کنترل الکترونیکی توسط نرم‌افزار طراحی مدارات الکترونیک پروتئوس^۳ شبیه‌سازی و از نظر اتصال صحیح بین قطعات الکتریکی ارزیابی شد. مدارات الکترونیکی به دلیل کمبود فضا در محیط نرم‌افزار پروتئوس، در سه صفحه جداگانه ترسیم شدند. برد شماره یک در شکل (۲) شامل حسگرها، پردازش داده‌ها و انتقال اطلاعات می‌باشد و برد شماره دو در شکل (۳) دارای بخش‌های دریافت‌کننده اطلاعات، پردازش مرکزی و ارتباط با رایانه و برد شماره سه در شکل (۴) شامل بخش سوئیچینگ مدار می‌باشد. از بین حسگرهای موجود در بازار، حسگر مدل HS1101 که به شرایط کاری نزدیک‌تر و دارای قیمت مناسبی است برای اندازه‌گیری رطوبت انتخاب شد. همچنین

اندازه‌گیری پارامترهای فشار استاتیک، جریان هوا و سرعت فن، نرم‌افزار استفاده‌شده در سیستم^۱ FANS توسط ویژوال بیسیک نوشته‌شد و جهت اندازه‌گیری انرژی مصرفی فن، توان فن در مدت زمان کارکردش اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بین صفحه محافظ فن با پوششی از گردوغبار و صفحه محافظ عاری از گردوغبار تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. تجمع گردوغبار روی صفحه محافظ فن باعث تحمیل یک مقاومت اضافه شده و در نتیجه جریان هوای خروجی از فن را کاهش می‌دهد. تسمه شل و فرسوده می‌تواند باعث کاهش قابل توجهی در عملکرد فن و سرعت آن شود که کاهش جریان هوای خروجی از فن را به دنبال دارد. به طوری که در فنی که کشش تسمه آن تنظیم شده بود، نرخ جریان هوا، سرعت فن و انرژی مصرفی به ترتیب ۱/۱۳٪ و ۱/۳۰٪ و ۴/۲۰٪ بیشتر از فنی با تسمه تنظیم نشده بود (Zhi et al., 2015).

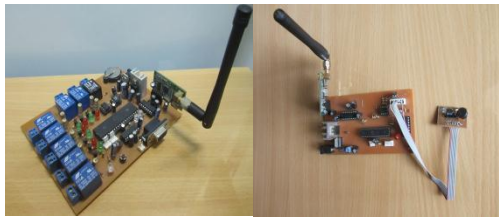
محققان در پژوهشی یک سیستم آبیاری را طراحی کردند. این سیستم کنترل آبیاری قطره‌ای گلخانه‌ای، جهت ارزیابی واحد کنترل، سنسور تعیین سطح آب و نحوه عملکرد برنامه آزمایش شد. این سیستم از دو مخزن، یکی جهت ذخیره آب و آبیاری و دیگری جهت تعیین میزان تبخیر، تشکیل شد. به طوری که یک سنسور، میزان سطح آب درون مخزن را نشان می‌داد. اکتساب داده‌ها در این سیستم کنترل حلقه بسته توسط DAQ^۲ صورت گرفت. سپس میکروکنترلر داده‌ها را بر اساس سیگنال دریافتی سنسور سطح آب، پردازش کرده و فرمان قطع یا شروع آبیاری را صادر می‌کرد. برنامه کنترل آبیاری توسط نرم‌افزار PicBasic Pro نوشته شد. نتایج نشان داد که یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل آبیاری قطره‌ای، محل قرارگیری مخزن سنجش سطح آب و کالیبره کردن سنسور می‌باشد (Yildirim., 2016).

سالن‌های مرغ‌داری از ابتدا تا انتهای سالن و از کف تا ارتفاع بالاتر دارای شرایط متفاوتی از نظر دما و رطوبت هستند. به همین علت تعیین نقطه مناسب قرارگیری حسگرهای اندازه‌گیری پارامترهای محیطی، برای به دست آوردن شرایط متعادل بسیار مهم می‌باشد. اهداف این پژوهش عبارتند از:

گردآوری مقادیر پارامترهای محیطی شامل دما و رطوبت در سالن مرغ‌داری به وسیله حسگرهای دیجیتالی دقیق تعیین مکان مناسب برای نصب حسگرهای دما و رطوبت در سالن برای ایجاد حداقل تغییرات عامل‌های مورد بررسی.

برای اندازه‌گیری دما حسگر مدل LM75 انتخاب شد.

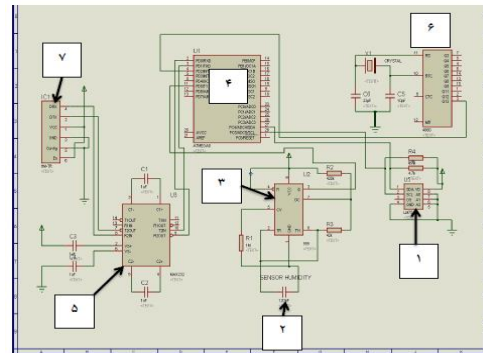
گردید. در شکل (۵) سمت چپ نمای از برد شماره یک، سمت راست نمای از برد شماره دو و سه که بر روی یک صفحه ساخته شده است نشان داده شده است.



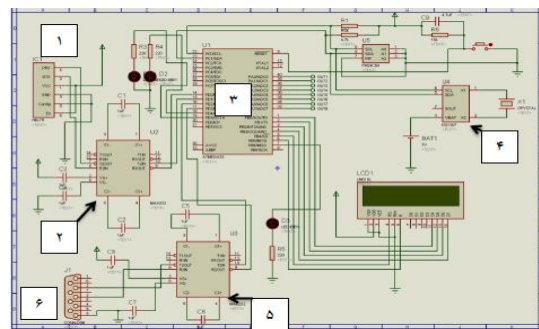
شکل ۵. سیستم کنترل الکترونیکی

برای برنامه‌نویسی میکروکنترلر از کمپایلر کدویژن^۲ استفاده شد. برای ارتباط بین میکروکنترلر برد شماره ۲ و رایانه از رابط RS232 استفاده گردید. همچنین برای ایجاد ارتباط نرم‌افزاری بین میکروکنترلر و رایانه از برنامه کاربردی نوشته شده با زبان ویژوال بیسیک^۳ استفاده شد که اطلاعات و دستورات از میکروکنترلر به کامپیوتر و برعکس منتقل می‌شد. برای نوشتن برنامه کاربردی موردنیاز از نرم‌افزار ویژوال استودیو^۴ نسخه ۲۰۰۵ استفاده شد. با استفاده از این برنامه کاربردی می‌توان مقدار دما و رطوبتی را که عملگرها باید شروع به کار یا توقف کنند تنظیم نمود.

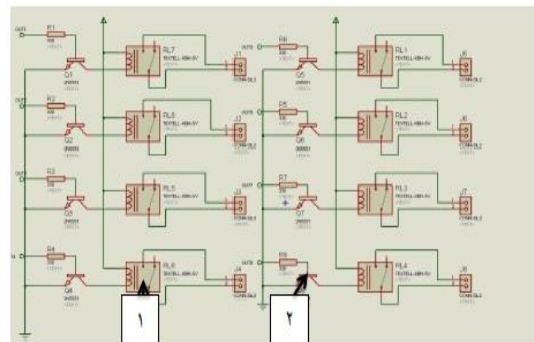
سامانه ساخته‌شده برای کنترل دما و رطوبت در سالن مرغداری، از طریق نظارت بر روشن و یا خاموش شدن تجهیزات (فن‌ها، گرمکن و مه‌پاش) کار می‌کند. سیستم کنترل الکترونیکی قادر است ابتدا با حسگرهای خود پارامترهای محیطی خود را که شامل دما و رطوبت حس کند. اطلاعات دریافتی از حسگرها با تبدیل در مدار واسط به پایه‌های میکروکنترلر ارسال می‌گردد. میکروکنترلر بر اساس برنامه‌ای که به آن داده شده اطلاعات دریافتی را پردازش می‌کند، این داده‌ها از طریق مدار واسط دیگر که وظیفه تبدیل سطح اطلاعات را دارد به واحد فرستنده منتقل می‌شوند، این واحد داده‌ها را به صورت امواج رادیویی به گیرنده برد الکترونیکی شماره ۲ می‌فرستد که داده‌های دریافتی توسط میکروکنترلر ATMEGA32 با توجه به برنامه‌ای که به آن داده شده پردازش می‌شود و میکروکنترلر با دستور دادن به رله‌ها باعث روشن و یا خاموش شدن هر یک از تجهیزات درون مرغداری می‌شود. از طرف دیگر برد الکترونیکی شماره ۲ از طریق کابل رابط به رایانه، متصل می‌شود. دمای مطلوب که سیستم کنترل می‌بایست در



شکل ۲. مدار الکتریکی برد شماره یک، ۱- حسگر دما، ۲- حسگر رطوبت، ۳- آی‌سی مدل NE555P، ۴- میکروکنترلر، ۵- مبدل ولتاژ، ۶- آی‌سی مدل CD4060، ۷- ماژول فرستنده



شکل ۳. مدار الکتریکی برد شماره دو، ۱- ماژول گیرنده، ۲- مبدل ولتاژ، ۳- میکروکنترلر، ۴- آی‌سی مدل DS1307، ۵- مبدل ولتاژ، ۶- پورت خروجی



شکل ۴. مدار الکتریکی برد شماره سه: ۱- رله، ۲- ترانزیستور

با توجه به این که مدار الکترونیکی مورد استفاده با برق DC تغذیه می‌شود از دو عدد آداپتور^۱ برای تبدیل برق شهری AC ۲۲۰V به DC ۱۲V استفاده شد. بعد از طراحی مدار کنترل اقدام به ساخت سیستم کنترل

2. Code Vision AVR
3. Visual Basic
4. Visual Studio 2005

1. Adaptor

میانگین‌ها استفاده گردید.

حسگر اندازه‌گیری دمای سالن در این تحقیق مدل LM75 انتخاب شد. LM75 نوعی حسگر حرارتی صنعتی می‌باشد که به‌صورت آی‌سی SMT است و برای کار با ولتاژ تغذیه ۳/۳-۵ ولت ساخته شده است. همچنین حسگر اندازه‌گیری رطوبت سالن از نوع خازنی و مدل HS1101 می‌باشد که در حالت کاری، ظرفیت خازنی بین دو صفحه حسگر، با توجه به میزان رطوبت تغییر می‌کند. مدت‌زمان طی‌شده از ابتدای جوجه‌ریزی تا انتهای به بهره رسیدن جوجه‌ها مهم می‌باشد، به‌همین منظور از یک آی‌سی مدل DS1307 استفاده شد. آی‌سی به یک عدد باتری ۳ ولت اتصال دارد، استفاده از باتری باعث می‌شود حتی در زمانی که برق قطع است، همچنان زمانی را که می‌گذرد شمارش نماید. همچنین سامانه گرمایش که به‌منظور انجام آزمایش‌ها در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت شامل ۴ عدد گرم‌کن برقی ۵ کیلووات و ۴ عدد دمنده ۲۰۰ وات می‌باشد. برای اندازه‌گیری انرژی مصرفی این سامانه، از یک ترانس‌میتور وات‌متر (TM1510) ساخت شرکت مهندسی تیکا در ایران استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری دمای سالن

نتایج تجزیه واریانس اثر موقعیت نصب حسگر بر میانگین دمای قرائت شده سالن در جدول (۱) آمده است. مشاهده می‌شود که اثرات ساده و دوگانه طول، عرض و ارتفاع قرارگیری حسگر در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات سه‌گانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگر در طول سالن بر روی دما
مطابق جدول (۲) با مقایسه بین میانگین‌ها به روشنی مشخص گردید که با قرارگیری حسگر دما در ابتدای سالن (طول ۱ متر)، میانگین دمای کل سالن بیش از ۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از مقدار مطلوب (۲۸ درجه سانتی‌گراد) می‌گردد (شکل ۵). دلیل این امر هم واضح است که در ابتدای سالن پدهای خنک‌کننده وجود دارد و کاهش دما توسط پدها خیلی زود بر حسگر دما که در ابتدای سالن قرار دارد اثر گذاشته و در نهایت باعث عدم کارکرد تجهیزات (فن‌ها، مه‌پاش و پمپ پد خنک‌کننده) شد. بالا رفتن دما باعث افزایش تنش حرارتی، کاهش بازده تولید و افزایش بیماری‌های تنفسی برای مرغ‌ها می‌شود. از نظر

سالن ایجاد کند ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت مطلوب ۶۳ درصد می‌باشد، این مقادیر را از طریق برنامه کاربردی می‌توان به هر مقدار دلخواه دیگر تغییر داد. در این برنامه می‌توان مقادیر دما و رطوبت مطلوب را برای ۷ هفته از ابتدای جوجه‌ریزی تا انتهای رشد جوجه تنظیم نمود.

انتخاب مناسب‌ترین نقطه برای نصب حسگرها

سالن مرغ‌داری از ابتدا تا انتهای سالن و از کف سالن تا ارتفاع بالاتر دارای شرایط متفاوتی از لحاظ دما و رطوبت می‌باشد، به همین دلیل نقطه قرارگیری حسگرها بسیار مهم می‌باشد. حسگرها باید در نقاطی قرار گیرند که با کارکرد تجهیزات: میانگین دما و رطوبت در کل سالن به مقدار مدنظر نزدیک‌تر شوند.

کمترین مقدار انرژی الکتریکی توسط تجهیزات مصرف

شود.

آزمایش‌های عملی

آزمایش‌ها در یک واحد مرغ‌داری ۳۰۰۰ قطعه‌ای واقع در استان فارس شهرستان مرودشت، شهر رامجرد با ابعاد، ۳۲ متر طول، ۷ متر عرض و ارتفاع متوسط ۲/۲ متر انجام شد. برای به‌دست آوردن بهترین مکان قرارگیری حسگرها، ۶۰ نقطه متفاوت از نظر طول، عرض و ارتفاع در داخل سالن مرغ‌داری انتخاب گردید. موقعیت قرارگیری حسگرها در پنج فاصله طولی ۱، ۸/۵، ۱۶، ۲۳/۵ و ۳۱ متر از ابتدای سالن، در سه فاصله عرضی ۱/۶، ۳/۲ و ۴/۸ متر از دیوار شرقی، و چهار ارتفاع ۰/۰۵، ۰/۲۵، ۰/۴۵ و ۰/۷۵ متر از کف سالن بود. هم‌زمان با قرار دادن حسگرها در نقاط مختلف، برای ارزیابی عملکرد سامانه الکترونیکی، اندازه‌گیری‌های زیر انجام شد:

اندازه‌گیری دما و رطوبت واقعی سالن از طریق ثبت مقدار دما و رطوبت سالن توسط پنج عدد دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتال در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از کف سالن (ارتفاع سر جوجه‌ها)

اندازه‌گیری زمان کارکرد هر یک از تجهیزات در هر نقطه از قرارگیری حسگرها به منظور محاسبه میزان انرژی مصرفی برای نقاط مختلف

این پژوهش از ابتدای جوجه‌ریزی تا انتهای آن به مدت هفت هفته انجام شد. در نهایت تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایشات به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم افزارهای SAS و Mstac انجام شد و از آزمون چند دامنه دانکن نیز برای مقایسه

قرارگیری حسگر در بهترین موقعیت از نظر طول، فاصله ۲۳/۵ میانگین دمای کل سالن به مقدار مطلوب شد. متر با میانگین دمای ۲۸/۱۶ درجه سانتی‌گراد باعث نزدیکی

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل مورد مطالعه بر دما و رطوبت سالن و انرژی مصرفی تجهیزات

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات دما	میانگین مربعات رطوبت	میانگین مربعات انرژی مصرفی
بلوک	۲	۳۰/۱۳ ^{ns}	۴۲/۳۰ ns	۱۹۰۴۸۵/۶۱ ns
طول	۴	۱۰۶/۱۰**	۶۷/۳۷ **	۴۴۶۹۴۰/۴/۰۷ **
ارتفاع	۳	۶/۴**	۱۵/۰۸ **	۲۹۰۶۵۲/۳۳ **
عرض	۲	۱/۱۰**	۰/۷۳ **	۱۰۳۲۱/۶۲ **
طول × ارتفاع	۱۲	۰/۶۴ **	۰/۸۹ **	۳۲۷۶۶/۵۹ **
طول × عرض	۸	۰/۲۷ **	۱/۸۹ **	۵۷۸۳/۶۴ **
عرض × ارتفاع	۶	۰/۲۰ **	۰/۴۵ **	۴۹۶۷/۳۹ **
طول × ارتفاع × عرض	۲۴	۰/۰۷ **	۰/۴۰ **	۳۲۵۴/۰۸ **
خطا	۱۱۸	۰/۰۴ *	۰/۱۰ *	۴۸۱/۲۲ *

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ^{ns} غیر معنی‌دار

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگر در ارتفاع سالن بر روی دما

نتایج جدول (۲) نشان داد، همه چهار ارتفاع مختلف قرارگیری حسگر دما با مقادیر مختلف، باعث شد دمای نهایی سالن پس از عملکرد سامانه کنترلی به بیش از ۲۸ درجه سلسیوس افزایش یابد. ارتفاع ۰/۷۵ متری با اختلاف ۰/۵۳ درجه سانتی‌گراد بالاتر از مقدار مطلوب (۲۸ درجه سانتی‌گراد)، باعث ایجاد بهترین شرایط دمایی در بین نقاط دیگر شد. کاهش دمای سالن با افزایش ارتفاع قرارگیری حسگر، بدین دلیل است که ارتفاع بالاتر دارای گرمای بیشتر است و این گرما باعث کارکرد تجهیزات شد تا دمای آن نقطه را کاهش دهند در نهایت دمای کل سالن کاهش یافت.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگر در عرض سالن بر روی دما

مطابق با جدول (۲) هر سه نقطه عرضی نتوانستند دمای سالن را کاهش دهند و به دمای نرمال ۲۸ درجه سانتی‌گراد برسانند. فاصله عرضی ۱/۶ متر توانست کمترین اختلاف را با دمای مدنظر ایجاد کند. بعد از بررسی کردن تجهیزات نصب‌شده در سالن، مشخص شد که فن شماره ۱ در راستای فاصله عرضی ۱/۶ متر، دارای سرعت دورانی کمتری است که همین علت سبب کاهش اختلاف این فاصله عرضی با دمای مدنظر شد.

همچنین با توجه با نتایج جدول (۲)، بیشترین میانگین دما (۳۱/۷۷ درجه سانتی‌گراد) در نقطه‌ای به طول ۱، ارتفاع ۰/۷۵ و عرض ۴/۸ متر و کمترین میانگین دما (۲۵/۹۹ درجه سانتی‌گراد) در نقطه‌ای به طول ۳/۱، ارتفاع ۰/۷۵ و عرض ۱/۶

به‌دست آمد.

نتایج اندازه‌گیری رطوبت سالن

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل مختلف بر رطوبت سالن در جدول (۱) نشان داد که اثرات ساده، دوگانه و سه‌گانه تمام عوامل مورد مطالعه بر رطوبت سالن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگر در طول سالن بر روی رطوبت

با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (۲) رطوبت سالن تنها در موقعیت طولی ۳۱ متر بیشتر از مقدار رطوبت مدنظر (۶۳ درصد) شد و قرار گرفتن حسگر در ابتدای سالن باعث کاهش میانگین رطوبت کل سالن به مقدار ۵۹/۶۰ درصد شد. وقتی آب بر روی پد خنک‌کننده جاری می‌شود تا دمای سالن را کاهش دهد مقداری رطوبت در اثر مکش فن‌ها به درون سالن هدایت می‌شود و همیشه در فصل تابستان ابتدای سالن دارای رطوبت بیشتری نسبت به انتهای سالن است. این رطوبت بالا توسط حسگر رطوبت حس شده و باعث عدم دستور روشن شدن مه‌پاش توسط سیستم کنترل می‌گردد، بدین ترتیب رطوبت سالن کاهش پیدا می‌کند. بین دو نقطه ۸/۵ و ۱۶ متری اختلاف معنی‌داری در رطوبت سالن مشاهده نشد. تأثیر

جابه‌جایی محل استقرار حسگر در ارتفاع سالن بر روی رطوبت نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین‌ها (۲) با آزمون دانکن نشان داد ارتفاع‌های مختلف دارای تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر رطوبت سالن می‌باشند. با مقایسه بین میانگین‌ها دیده شد که افزایش ارتفاع قرارگیری حسگر، سبب افزایش رطوبت در سالن می‌گردد. در هیچ یک از حالات

قرارگیری حسگر در ارتفاع، رطوبت سالن از مقدار مدنظر ۶۳ ارتفاع ۰/۷۵ متر است زیرا باعث رساندن رطوبت سالن به درصد بالاتر نرفت. بهترین نقطه برای قرارگیری حسگر رطوبت، ۶۲/۳۱ درصد می‌شود و بدترین حالت مربوط به ارتفاع ۰/۰۵

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین‌های مقادیر دما و رطوبت سالن و انرژی مصرفی تجهیزات در سطوح فاکتورهای مختلف

طول	ارتفاع	عرض	میانگین دما (درجه سانتی‌گراد)	میانگین رطوبت (درصد)	زمان رسیدن به حد ثبت شده (دقیقه)	انرژی مصرفی (وات ساعت)
۱	۰/۰۵	۱/۶	۳۱/۰۹ ^{abc}	۵۹/۵۴ ^{t-p}	۱۴/۶۷ ^{q-t}	۴۱۴/۱۷ ^{q-t}
		۳/۲	۳۱/۴۹ ^a	۵۹/۳۴ st	۱۱/۳۴ ^t	۳۴۳/۳۳ st
		۴/۸	۳۱/۱۷ ^{abc}	۵۹/۴ st	۱۳ st	۳۸۳/۳۳ st
		۱/۶	۳۱/۰۵ ^{abc}	۵۹/۰۵ ^t	۱۵/۳۴ ^{q-t}	۴۰۴ ^{rst}
		۳/۲	۳۱/۴۵ ^{ab}	۵۹/۴۵ ^{q-t}	۱۴/۳۴ ^{rst}	۳۸۹ st
		۴/۸	۳۱/۱۵ ^{abc}	۵۹/۴۸ ^{q-t}	۱۴/۳۴ ^{rst}	۳۸۶ st
		۱/۶	۳۰/۸۷ ^{a-e}	۵۹/۹۴ ^{n-t}	۱۷/۳۴ ^{qrs}	۴۳۸/۳۳ ^{o-t}
		۳/۲	۳۱/۱۹ ^{ab}	۵۹/۹۸ ^{m-t}	۱۸/۳۴ ^{qrs}	۴۵۲/۳۳ ^{n-t}
		۴/۸	۳۱/۶۵ ^{ab}	۵۹/۵۵ ^{p-t}	۱۰/۳۴ ^t	۳۴۲/۳۳ st
		۱/۶	۳۱/۳۵ ^{ab}	۵۹/۷۲ ^{o-t}	۹/۶۷ ^t	۳۵۷/۳۳ st
۸/۵	۰/۰۵	۳/۲	۳۰/۹ ^{a-d}	۶۰/۵ ^{k-t}	۲۴/۳۴ ^{nop}	۵۲ ^{m-r}
		۴/۸	۳۱/۷۷ ^a	۵۹/۴۲ ^{rst}	۱۱/۳۴ ^t	۳۳۳/۳۳ ^t
		۱/۶	۳۰/۳۵ ^{a-g}	۵۹/۹۸ ^{m-t}	۲۰/۳۴ ^{nop}	۴۴۵/۸۳ ^{n-t}
		۳/۲	۳۰/۶۵ ^{a-f}	۶۱/۰۷ ^{h-s}	۱۷ ^{qrs}	۴۳۰ ^{p-t}
		۴/۸	۳۰/۴۴ ^{a-g}	۶۰/۸ ^t	۱۹ ^{pqr}	۴۴۳/۳۳ ^{n-r}
		۱/۶	۳۰/۲ ^{b-h}	۶۱/۳ ^{f-q}	۱۹/۶۷ ^{pqr}	۴۵۷/۳۳ ^{n-s}
		۳/۲	۳۰/۳۹ ^{a-g}	۶۱/۳۷ ^{f-p}	۱۷/۶۷ ^{qrs}	۴۳۳/۳۳ ^{o-t}
		۴/۸	۳۰/۶۴ ^{a-f}	۶۱/۳۴ ^{f-p}	۱۷/۶۷ ^{qrs}	۴۳۰ ^{p-t}
		۱/۶	۳۰/۲۲ ^{b-h}	۶۱/۸۷ ^{b-l}	۲۹/۳۴ ^{lmn}	۵۳۰/۶۷ ^{m-q}
		۳/۲	۲۹/۷۴ ^{c-i}	۶۱/۸ ^{c-m}	۲۰ ^{opq}	۴۵۲/۳۳ ^{n-t}
۱۶	۰/۰۵	۴/۸	۳۰/۳۵ ^{a-g}	۶۱/۲۷ ^{f-r}	۲۶ ^{lmn}	۵۳۰/۶۷ ^{m-q}
		۱/۶	۲۹/۴۴ ^{f-k}	۶۲/۴ ^{a-j}	۳۰/۶۷ ^{lm}	۵۶۰/۶۷ ^{lmn}
		۳/۲	۲۹/۳۴ ^{f-l}	۶۲/۳۲ ^{a-k}	۲۹/۳۴ ^{lmn}	۵۵۳/۳۳ ^{l-o}
		۴/۸	۲۹/۵۹ ^{d-j}	۶۲/۴ ^{a-j}	۳۰/۶۷ ^{lm}	۵۵۰ ^{m-p}
		۱/۶	۲۹/۰۵ ^{g-m}	۶۰/۸ ^{d-t}	۳۰ ^{lm}	۶۱۴ ^{lm}
		۳/۲	۲۹/۴۵ ^{e-k}	۶۰/۲۷ ^{l-t}	۲۵/۳۴ ^{mno}	۵۷۴ ^{lm}
		۴/۸	۲۹/۳۷ ^{f-l}	۶۰/۳ ^{l-t}	۲۷ ^{lmn}	۵۸۳/۳۳ ^{lm}
		۱/۶	۲۸/۷۲ ^{i-p}	۶۱/۳ ^{f-q}	۳۱/۶۷ ^l	۶۲۴ ^{lm}
		۳/۲	۲۸/۴۹ ^{i-r}	۶۱/۱۷ ^{g-s}	۳۰ ^{lm}	۶۰۶/۶۷ ^{lm}
		۴/۸	۲۸/۹ ^{h-n}	۶۰/۴۷ ^{k-t}	۳۱ ^{lm}	۶۲۲/۳۳ ^{lm}
۲۳/۵	۰/۰۵	۱/۶	۲۸/۱۷ ^{j-s}	۶۳/۴۴ ^{a-d}	۴۵/۶۷ ^{hij}	۶۶۳/۳۳ ^l
		۳/۲	۲۷/۹۴ ^{l-t}	۶۱/۴۴ ^{f-o}	۴۶/۳۴ ^{hi}	۶۵۸/۳۳ ^l
		۴/۸	۲۸/۴۴ ^{i-r}	۶۱/۶۴ ^{d-n}	۴۶/۶۷ ^{hi}	۶۵۳/۳۳ ^l
		۱/۶	۲۷/۷۷ ^{m-u}	۶۲/۶۸ ^{a-i}	۵۲/۶۷ ^{fg}	۷۸۰ ^k
		۳/۲	۲۷/۵۴ ^{n-v}	۶۳/۲۷ ^{a-e}	۵۰ ^{gh}	۸۰۶/۶۷ ^{jk}
		۴/۸	۲۸/۱ ^{k-s}	۶۱/۹۴ ^{b-l}	۵۸ ^{def}	۸۴۸/۳۳ ^{jk}
		۱/۶	۲۸/۴۴ ^{l-r}	۶۲/۱۷ ^{a-k}	۴۲/۳۴ ^{ijk}	۹۱۴/۳۳ ^{ij}
		۳/۲	۲۸/۸۴ ^{h-o}	۶۱/۷۴ ^{c-n}	۳۹/۳۴ ^k	۸۴۵/۳۳ ^{jk}
		۴/۸	۲۸/۵۷ ^{i-q}	۶۲/۲۷ ^{a-k}	۴۰/۶۷ ^{jk}	۸۹۹/۳۳ ^{ij}
		۱/۶	۲۸/۱ ^{k-s}	۶۲/۴۷ ^{a-j}	۴۵ ^{hij}	۹۶۱/۶۷ ^{hi}
۳۱	۰/۰۵	۳/۲	۲۸/۶۲ ^{i-q}	۶۲/۱۷ ^{a-k}	۴۲ ^{ijk}	۹۷۶/۶۷ ^{ghi}
		۴/۸	۲۸/۳ ^{i-s}	۶۲/۴۷ ^{a-j}	۴۴ ^{ijk}	۹۷۳/۳۳ ^{ghi}
		۱/۶	۲۷/۸۴ ^{m-u}	۶۲/۵۷ ^{a-j}	۵۷ ^{def}	۱۰۷۴/۳۳ ^{d-h}
		۳/۲	۲۸/۰۴ ^{k-s}	۶۲/۴۷ ^{a-j}	۵۵/۳۴ ^{efg}	۱۰۴۰ ^{fgh}
		۴/۸	۲۸/۱۷ ^{j-s}	۶۲/۸۷ ^{a-h}	۵۵/۳۴ ^{efg}	۱۰۳۶/۶۷ ^{fgh}
		۱/۶	۲۷/۳۷ ^{o-w}	۶۳/۰۴ ^{a-g}	۶۶ ^{ab}	۱۱۱۳/۳۳ ^{c-f}
		۳/۲	۲۷/۷۴ ^{m-u}	۶۳/۱۵ ^{a-f}	۶۲/۳۴ ^{bcd}	۱۰۸۶/۶۷ ^{d-g}
		۴/۸	۲۷/۹۷ ^{l-t}	۶۲/۹۷ ^{a-g}	۶۳/۶۷ ^{bc}	۱۰۸۰ ^{d-h}
		۱/۶	۲۷/۲۷ ^{q-w}	۶۲/۶۸ ^{a-i}	۵۸/۳۴ ^{c-f}	۱۰۶۹/۳۳ ^{c-h}
		۳/۲	۲۷/۶۵ ^{m-v}	۶۲/۶ ^{a-i}	۵۵/۳۴ ^{efg}	۹۷۰ ^{ghi}
۰/۰۵	۰/۰۵	۴/۸	۲۷/۳۵ ^{p-w}	۶۲/۶۴ ^{a-i}	۵۵ ^{efg}	۱۰۳۶/۶۷ ^{fgh}
		۱/۶	۲۶/۹ ^{s-w}	۶۳ ^{a-g}	۵۸/۶۷ ^{cde}	۱۲۱۴/۳۳ ^{bc}
		۳/۲	۲۷/۲۵ ^{p-w}	۶۳ ^{a-g}	۴۹/۶۷ ^{gh}	۱۱۷۷ ^{cde}
		۴/۸	۲۷/۰۲ ^{r-w}	۶۳/۱۴ ^{a-f}	۵۴/۳۴ ^{efg}	۱۱۸۵ ^{cd}
		۱/۶	۲۶/۴۴ ^{uvw}	۶۳/۵۴ ^{abc}	۶۷ ^{ab}	۱۳۴۵ ^a
		۳/۲	۲۷/۰۴ ^{r-w}	۶۳/۳۵ ^{a-d}	۵۳ ^{efg}	۱۳۰۳/۳۳ ^{ab}
		۴/۸	۲۶/۵۴ ^{t-w}	۶۳/۹۵ ^a	۵۸/۶۷ ^{cde}	۱۳۵۳/۳۳ ^a
		۱/۶	۲۵/۹۹ ^w	۶۳/۷۵ ^{ab}	۷۱ ^a	۱۳۸۸/۳۳ ^a
		۳/۲	۲۶/۹ ^{s-w}	۶۳/۵ ^{a-d}	۶۹/۳۴ ^a	۱۳۶۳/۳۳ ^a

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

نسبت به انتهای آن باعث شد که بیش از ۳ برابر در مصرف انرژی صرفه‌جویی شود و فاصله ۲۳/۵ متر باعث افزایش ۲/۵ برابری در مصرف انرژی نسبت به فاصله ۱ متری شد. فاصله ۱ متر با میانگین ۳۹۷/۲ وات ساعت نسبت به طول‌های ۸/۵ و ۱۶ متر به ترتیب ۲۲ و ۶۸ درصد باعث کاهش مصرف انرژی شد. این موضوع هم به دلیل گرم‌تر بودن انتهای سالن است که باعث افزایش کارکرد تجهیزات تهویه شد.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگرها در ارتفاع سالن بر روی انرژی مصرفی

از جدول (۲) مقایسه میانگین‌ها مشخص شد بین چهار ارتفاع قرارگیری حسگرها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در مصرف انرژی وجود دارد. در مقایسه بین ۴ ارتفاع قرارگیری حسگرهای واحد اندازه‌گیری، بالاترین مصرف انرژی مربوط به ارتفاع ۰/۷۵ متر است. ارتفاع ۰/۰۵ متر با میانگین مصرف انرژی ۶۶۴/۴۲ وات ساعت نسبت به ارتفاع‌های ۰/۲۵، ۰/۴۵ و ۰/۷۵ متر به ترتیب ۸، ۱۹ و ۲۷ درصد باعث کاهش مصرف انرژی شد. کاهش مصرف انرژی بدین خاطر است که کف سالن دارای رطوبت بیشتر به خاطر فضولات طیور و همچنین دمای خنک‌تر نسبت به ارتفاع بالاتر می‌باشد.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگرها در عرض سالن بر روی انرژی مصرفی

از نتایج بدست آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها (۲) دیده شد که دو فاصله عرضی ۴/۸ و ۳/۲ متر از لحاظ میزان مصرف انرژی تجهیزات سالن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نیستند، و فاصله ۱/۶ متر دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با دو فاصله عرضی دیگر داشت. فاصله ۳/۲ متر با انرژی مصرفی ۷۴۵/۷۸ وات بر ساعت نسبت به عرض‌های ۴/۸ و ۱/۶ متر به ترتیب ۱ و ۴ درصد کاهش مصرف انرژی داشت. به دو دلیل می‌توان گفت که چرا فاصله ۳/۲ متر دارای مصرف انرژی کمتری است:

تداخل دو هوای خنک ورودی در فاصله عرضی ۳/۲ متر. دور بودن از دیوارهای کناری ساختمان مرغ‌داری به خاطر هدایت حرارتی ناشی از بیرون سالن به طرف داخل.

همچنین با توجه با نتایج جدول (۲)، بیشترین میانگین انرژی مصرفی (۱۳۸۸/۳۳ وات ساعت) در نقطه‌ای به طول ۳/۱، ارتفاع ۰/۷۵ و عرض ۱/۶ متر و کمترین میانگین انرژی مصرفی (۳۴۲/۳۳ وات ساعت) در نقطه‌ای به طول ۱، ارتفاع ۰/۴۵ و عرض ۴/۸ و بیشترین میانگین زمان کارکرد هر یک از تجهیزات (۷۱

متر با رساندن مقدار رطوبت به ۶۱/۰۱ درصد است. این موضوع نیز بدین علت است که کف سالن دارای رطوبت و دمای متفاوت‌تری نسبت به ارتفاع بالاتر می‌باشد، به دلیل اینکه آزمایش‌ها در فصل تابستان انجام شده است، هوای گرم قبل از ورود به سالن توسط پد خنک‌کننده، کاهش دما داده می‌شد، هوای خنک تمایل حرکت به طرف کف سالن را دارد و کف سالن خنک‌تر از ارتفاعات بالاتر می‌شود و دارای رطوبت بیشتر به دلیل فضولات طیور می‌باشد، به همین دلیل زودتر به شرایط مطلوب رسید.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگر در عرض سالن بر روی رطوبت

با توجه به جدول (۲) عرض قرارگیری ۱/۶ متر اختلاف معنی‌داری با دیگر فاصله‌ها داشت و بین دو فاصله عرضی ۳/۲ و ۴/۸ متر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد دیده نشد. عرض ۱/۶ متر با ایجاد رطوبت ۶۱/۰۸ درصد بهترین شرایط رطوبت را در سالن نسبت به دیگر فاصله‌ها ایجاد کرد. دلیل این موضوع به خاطر تلاقی دو هوای ورودی از پدهای خنک‌کننده در خط تقارن طولی سالن (فاصله ۳/۲ متر) می‌باشد. فاصله ۱/۶ متر بیشترین مد زمان را به خود اختصاص داده است. زیرا دما در این ناحیه بیشتر از فاصله‌های عرضی دیگر است، به خاطر همین دمای بالا است که زمان بیشتری برای رسیدن به شرایط مطلوب را به خود اختصاص داد.

همچنین با توجه با نتایج جدول (۲)، بیشترین میانگین رطوبت (۶۳/۷۵ درصد) در نقطه‌ای به طول ۳/۱، ارتفاع ۰/۷۵ و عرض ۱/۶ متر و کمترین میانگین دما (۵۹/۰۵ درصد) در نقطه‌ای به طول ۱، ارتفاع ۰/۲۵ و عرض ۱/۶ به دست آمد.

انرژی مصرفی تجهیزات

در این تحقیق با استفاده از اندازه‌گیری زمان کارکرد هر یک از تجهیزات در هر یک از نقاط قرارگیری حسگرها، میزان انرژی مصرفی برای نقاط مختلف محاسبه گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در جدول (۱) نشان داد، اثرات ساده، دوگانه و سه‌گانه تمام فاکتورهای مورد مطالعه بر انرژی مصرفی تجهیزات کنترل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

تأثیر جابه‌جایی محل استقرار حسگرها در طول سالن بر روی انرژی مصرفی

با مقایسه بین طول‌های مختلف در جدول (۲) به روشنی مشخص شد، قرارگیری حسگرهای اندازه‌گیری در ابتدای سالن

۳۱ متر، عرضی ۱/۶ متر و ارتفاع ۰/۷۵ متر باعث نزدیکی میانگین رطوبت در سالن پرورش به مقدار مطلوب (۶۳ درصد) شد.

قرارگیری حسگرهای دما و رطوبت در نقطه‌ای با مختصات طولی ۱ متر، عرضی ۳/۲ متر و ارتفاع ۰/۰۵ متر کمترین مصرف انرژی برق را در پی داشت.

در نهایت به دلیل قرارگیری هر دو حسگر اندازه‌گیری دما و رطوبت بر روی یک برد الکترونیکی نقطه‌ای با مختصات طولی ۲۳/۵ متر، عرضی ۱/۶ متر و ارتفاع ۰/۷۵ متر به دلیل نزدیکی به شرایط محیطی مدنظر، برای قرارگیری حسگرها انتخاب گردید.

دقیقه) در نقطه‌ای به طول ۳۱، ارتفاع ۰/۷۵ و عرض ۱/۶ متر و کمترین میانگین زمان کارکرد هر یک از تجهیزات (۹/۶۷ دقیقه) در نقطه‌ای به طول ۱، ارتفاع ۰/۷۵ و عرض ۱/۶ به دست آمد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق یک سیستم کنترل الکترونیکی برای کنترل شرایط محیطی (دما و رطوبت) داخل سالن پرورش مرغ گوشتی ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد:

قرارگیری حسگر دما در نقطه‌ای با مختصات طولی ۲۳/۵ متر، عرضی ۱/۶ متر و ارتفاع ۰/۷۵ متر باعث نزدیکی میانگین دما در سالن مرغ‌داری به مقدار مطلوب (۲۸ درجه سانتی‌گراد) شد.

قرارگیری حسگر رطوبت در نقطه‌ای با مختصات طولی

REFERENCES

- Ahmed, M., Abdel, G. & Toyoki, K. (2006). Dynamic modeling of the environment in a naturally ventilated, fog-cooled greenhouse. *Renewable Energy*, 31: 1521–1539.
- Alimuddin, K. B., Seminar, I. M., Subrata, S. & Nakao, N. (2011). A Supervisory Control System for Temperature and Humidity in a Closed House Model for Broilers. *International Journal of Electrical and Computer Sciences IJECS-IJENS*, 11: 75-82.
- Arbel, A., Barak, M. & Shklyar, A. (2003). Combination of forced Ventilation and Fogging Systems for Cooling Greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72: 129-36.
- Bennis, N., Duplaix, J., Enea, G., Haloua, M. & Youlal, H. (2008). Greenhouse climate modelling and robust control. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61: 96–107.
- Eqbali, M. (2012). The comprehensive and practical guide for training of broiler (1th ed.).
- Guo, H., Lemay, S. P., Barber, E. M., Crowe, T. G. & Chénard, L. (2001). Humidity control for swine buildings in cold climate - PartII: Development and evaluation of a humidity controller. *Canadian Biosystems Engineering/Legenie biosystemes and Canada*, 43:37-46.
- Lambert, M., Lemay, S. P., Barber, E. M., Crowe, T. G. & Chenard, L. (2001). Humidity control for swine buildings in cold climate. Part I: Modelling of three control strategies. *Biosystems Engineering*, 43: 529–536.
- Lemay, S. P., Guo, H., Barber, E. M. & Zyla, L. (2001). A procedure to evaluate humidity sensor performance under livestock housing conditions. *Canadian Biosystems Engineering*, 43: 5.13-5.21.
- Linker, R., Gutman, P. O. & Seginer, I. (1999). Robust controllers for simultaneous control of temperature and CO₂ concentration in greenhouses. *Control Engineering Practice*, 7: 851-862.
- Naqibzadeh, S., Javadi, A., Rahmati, M. & Mehranzadeh, M. (2010). Evaluation of energy consumption for broiler in the north of Khuzestan. The 6th National Congress on Agr. Machinery Eng. & Mechanization, Tehran University, Tehran, Iran.
- Senawong, H., Winitchai, S. & Radpukdee, T. (2011). Humidity and temperature control in an evaporative cooling system of a poultry house. *Engineering Journal*, 39: 95-111.
- Tawegoum, R., Teixeira, R. & Chasseriaux, G. (2006). Simulation of humidity control and greenhouse temperature tracking in a growth chamber using a passive air conditioning unit. *Control Engineering Practice*, 14: 853-861.
- Yildirim, M. (2016). Drip irrigation automation with a water level sensing system in a greenhouse. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(1): 131-138.
- Zhi, Zh., Gates, R. S., Zhirong, Z. & Xiaohui, H. (2015). Evaluation of ventilation performance and energy efficiency of greenhouse fans. *Int J Agric & Biol Eng*, 8(1):103 –110.