نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ – کرج

مدل‌سازی سیستم کنترل پارامترهای موثر در سالن‌های پرورش قارچ

سینا فیض‌الله‌زاده اردبیلی[۱*]، اصغر محمودی[۱] و ترحم مصری گندشمین[۲]

۱ و ۲ – به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی ، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل مکاتبه کننده: sina_fa1990@yahoo.com

چکیده

فائق آمدن بر مشکلاتی مثل کنترل پارامترهای موثر بر تولید قارچ مثل کنترل دما، رطوبت نسبی و غلظت دی‌اکسیدکربن، نقش موثری در تولید موفقیت آمیز قارچ خوراکی ایفا می‌کند. این مطالعه براساس تحقیق تئوری و تجربی در شرکت تولید قارچ انجام گرفته است. سیستم مدل، براساس کنترل فازی عمل می¬کند که کنترلر فازی با به کارگیری داده‌های بدست آمده توسط حسگرهای دقیق طی بازه‌های زمانی مختلف، در شرایط ایده‌آل در سالن پرورش قارچ طراحی شد. قسمت‌های مختلف سیستم در نرم‌افزار مدل‌سازی متلب شبیه سازی و مدل‌سازی شده و خروجی بدست آمده از مدل و از شرایط واقعی، توسط پارامترهای مقایسه‌ای مثل میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین مربعات خطا (RMSE)، درصد میانگین خطای نسبی (MAPE)، ضریب همبستگی پیرسون (R) مقایسه شدند. نتایج به دست آمده حاکی از عملکرد دقیق سیستم کنترلی مدل شده، است. نتایج حاصل از ضریب همبستگی نشان دهنده عملکرد نزدیک دو سیستم نسبت به هم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای مقایسه کننده، کنترلر فازی، پارامترهای موثر، قارچ خوراکی.

۱- مقدمه

همواره محصولات کشاورزی اصلی‌ترین تامین کننده نیازهای غذائی تا به امروز بوده است (امید و شفایی، ۱۳۸۳). مطالعات نشان داده است که پلی‌ساکاریدها و مجموعه پلی‌ساکارید–پروتئین موجود در قارچ دارای خاصیت ضد سرطانی می‌باشد (Hishida et al, 1988. Kurashiga et al, 1997). تعدادی از مطالعات بالینی در ژاپن و ایالات متحده آمریکا نشان داده است که درصد خاصی از پلی ساکاریدها در برابر سرطان سینه، ریه،کبد، پروستات و تومورهای مغزی مؤثر می‌باشد(Zhang et al, 1999). با توجه به فواید بی‌شمار این محصول، نیاز به مصرف این محصول در رژیم غذایی روزانه احساس می‌شود. تولید قارچ از نظر اصول کاری خیلی نزدیک به پرورش گیاهان گلخانه‌ای می‌باشد پرورش موفقیت‌آمیز قارچ شامل چیره شدن بر مشکلاتی مانند: کنترل پارامترهایی هم‌چون دما و رطوبت، کنترل آفات و بیماری‌ها، آماده‌سازی کمپوست می‌باشد. رشد قارچ قویا متاثر از محیط است. دوره رشد این محصول شامل چندین مرحله می‌باشد که هر یک از این مراحل، نیاز متفاوتی

نسبت به پارامتر ها را می‌طلبد(محمدی گل‌تپه و پورجم، ۱۳۸۳). در مجموعه ساختمان‌های احداثی، پارامترهای موردنیاز رشد قارچ با توجه به امکانات موجود لحاظ گردید و به تدریج در طی سال‌ها تجربه به کارگیری تاسیسات و تجهیزات مورد نیاز، سرما و گرما، رطوبت و گاز کربنیک و کلا آب و هوای داخل سالن کشت تحت کنترل قرارگرفت. از جمله پارامترهای آب‌وهوایی تحت کنترل در سالن‌های کشت می‌توان درجه حرارت، غلظت دی اکسید کربن، رطوبت نسبی و سرعت هوا اشاره نمود(Grant and Staunton, 1999). سیستم‌های مبتنی بر دانش فازی، یکی از موفق‌ترین برنامه‌های کاربردی در نظریه فازی و منطق فازی می‌باشند. قوانین فازی، می‌توانند با سادگی و انعطاف‌پذیری خود، دانش را به خوبی پیشرفت‌های نظری در این زمینه بیان کنند. مدل‌سازی و کنترل فازی یک چارچوبی را برای روابط غیرخطی پیچیده، با استفاده از روش قانون محور فراهم می‌کند (وانگ، ۱۳۸۹ .Pasgianos et al, 2013). لافونت و بالمات کنترل‌فازی بهینه شده را مورد بررسی قرار دادند. ایشان توسط یک دستگاهی دما، رطوبت داخل و خارج گلخانه، سرعت باد و تابش ورودی به گلخانه را اندازه گیری نمودند. دستگاه فوق، شامل سیستم گرمایشی، مجاری رطوبت و تهویه داخل گلخانه بود. با استفاده از این دستگاه، زمانی که اختلال در شرایط محیطی گلخانه به‌وجود می‌آمد، وابستگی متقابل رطوبت‌سنجی و دماسنجی هم مشاهده می‌شد، بنابراین آن‌ها روی به بررسی کنترل‌فازی آوردند. این تحقیق نشان می‌دهد که کنترل موفقیّت‌آمیز یک گلخانه با استفاده از این تکنیک ممکن می‌باشد(Lafont and Balmat, 2002). گوربائویی و همکاران یک سیستم کنترلی بر پایه منطق فازی برای تنظیم پارامترهای آب و هوایی گلخانه در نرم افزار Labview برای گرمایش و سرمایش جهت دست‌یابی به یک رنج دما و رطوبت استفاده کردند همچنین برخی رابط‌های کاربری گرافیکی جهت نمایش آنلاین داده‌ها توسط نرم‌افزار Labview توسعه یافتند(Guerbaoui et al, 2013).

هدف از انجام این تحقیق مدلسازی سیستم کنترلی فازی براساس شرایط کنترلی موجود برای سالن های پرورش قارچ می-باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- عملگرها

مهمترین عملگر مورد استفاده در این تحقیق، سیستم هواساز می‌باشد. این سیستم توانایی انجام گرمایش و سرمایش داخل سالن، تامین رطوبت مورد نیاز سالن و کنترل غلظت دی‌اکسیدکربن داخل سالن را دارا است. برای مدل‌سازی این عملگر از روابط انتقال حرارت و روابط مربوط به مبدل‌های حرارتی استفاده شد(فیض‌اله‌زاده اردبیلی، ۱۳۹۳).

$$\overline{Nu_D} = 3.66 + \frac{0.0668\,(D/L)Re_D Pr}{1 + 0.04[(D/L)Re_D Pr]^{\frac{2}{3}}} \qquad (۱)$$

$$\bar{h} \equiv \frac{\overline{Nu}_D k}{D} \qquad (۲)$$

$$\overline{Nu}_{D(NL16)} = C^{m} C_2 Re_{D,max} Pr^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{1/4} \qquad (۳)$$

$$h_o \equiv \frac{\overline{Nu}_{D(NL16)}\,k}{D} \quad (۴)$$

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i}\right)+\left(\frac{1}{h_o}\right)} \quad (۵)$$

$$NTU \equiv \frac{UA}{C_{min}} \quad (۶)$$

$$\epsilon = \frac{T_{h,i}-T_{h,o}}{T_{h,i}-T_{c,i}} = \frac{1-exp\left\{-NTU\left[1+\left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]\right\}}{1+\left(\frac{C_{min}}{C_{max}}\right)} \quad (۷)$$

$$\epsilon = \frac{q}{q_{max}} = \frac{\dot{m}_c c_{p,c}\left(T_{c,o}-T_{c,i}\right)}{C_{min}\left(T_{c,o}-T_{c,i}\right)} \quad (۸)$$

$$q = \epsilon q_{max} \quad (۹)$$

با استفاده از روابط ۱ و ۳ اعداد ناسلت مربوط به جریان داخلی و خارجی استخراج گردیده و با استفاده از روابط ۳–۷ امکان محاسبه نرخ حرارت انتقال یافته به سالن به وجود می‌آید. رطوبت زدن هوا از طریق افزودن مستقیم بخار یا آب به هوا توسط افشانک صورت می‌گیرد. در طول این تحول آنتالپی هوا ممکن است کاهش یا افزایش یابد و یا تغییر نکند، مثلا اگر بخار داغ به هوا اضافه شود آنتالپی هوا افزایش می‌یابد. رطوبت هوا نیز پس از رطوبت زنی می‌تواند افزایش یا کاهش یافته و یا اصلا تغییر نکند (روابط ۸ و ۹) (Tashtoush et al, 2005).

$$t_d = \frac{(m'\ t_{d'} + m''\ t_{d''})}{(m' + m'')} \quad (۸)$$

$$w = \frac{(m'w' + m''\ w'')}{(m' + m'')} \quad (۹)$$

۲–۲– سالن مورد مطالعه

سالن مورد مطالعه جهت انجام این تحقیق، از سالن‌های شرکت کشت‌وصنعت بهمن یاد سبلان(قارچ سبلان) انتخاب گردید. این سالن دارای ابعاد ۲۲ در ٤/٥ در ٦/٥ متر (طول، ارتفاع، عرض) بود. مدل‌سازی سالن مورد مطالعه براساس روابط ارائه شده توسط تاشتوش و مولهیم انجام گرفت. این مدل براساس تعادل دمایی سالن در دیوارهای شمالی و جنوبی، دیوارهای شرقی و غربی و سقف، دمای سالن را محاسبه می‌کند (Tashtoush et al, 2005):

$$\frac{dT_z}{dt} = m_{sa}\,C_{p,a}\,(T_{sa}-T_z) + ۲U_{w۱}\,A_{w۱}\,(T_{w۱}-T_z) + U_r\,A_r\,(T_r-T_z) + ۲U_{w۲}\,A_{w۲}\,(T_{w۲}-T_z) + q(t) \quad (۱۰)$$

$$\frac{dT_{w۱}}{dt} = U_{w۱}\,A_{w۱}\,(T_z-T_{w۱}) + U_{w۱}\,A_{w۱}\,(T_{amb}-T_{w۱}) \quad (۱۱)$$

$$\frac{dT_{w2}}{dt}=U_{w2}\,A_{w2}\,(T_z-T_{w2})+U_{w2}\,A_{w2}\,(T_{amb}-T_{w2}) \quad (۱۲)$$

$$\frac{dT_r}{dt}=U_r\,A_r\,(T_z-T_r)+U_r\,Ar\,(T_{amb}-T_r) \quad (۱۴)$$

۲-۳- اندازه گیری

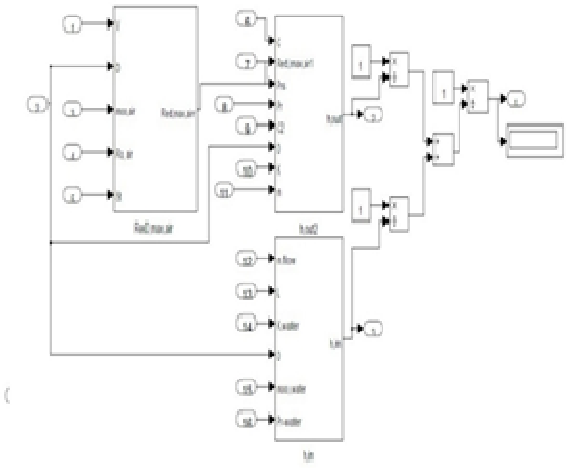
برای اندازه‌گیری پارامترها از سنسورهای دمایی PT100 به تعداد ۳ عدد و سنسور اندازه گیری رطوبت نسبی HIH4000 و برای اندازه گیری غلظت دی‌اکسیدکربن از دستگاه سنجش دستی با دقت ۵۰ واحد، استفاده شد.

۲-٤- کنترل فازی

سادگی و انعطاف پذیری سیستم ها فازی آن‌را قادر ساخته تا با استفاده از قوانین برپایه دانش، پیشرفت‌های تئوریکی در تمامی زمینه‌های علمی را به وجود آورد. مدل فازی ارائه شده دارای ۳ ورودی شامل دما، رطوبت نسبی و غلظت دی‌اکسیدکربن و ٤ خروجی شامل دبی آب داخل کویل‌ها، دبی پمپ تامین رطوبت، موقعیت دریچه هوای چرخشی در سالن و موقعیت دریچه هوای تازه ورودی به سالن. سیستم فازی بر اساس موتور استنتاج فازی ممدانی، فازی ساز مثلثی و غیرفازی ساز مرکز ثقل، طراحی شد. قوانین مربوط به کنترل فازی براساس داده‌های اندازه‌گیری شده از سالن پرورش قارچ، نوشته شدند.

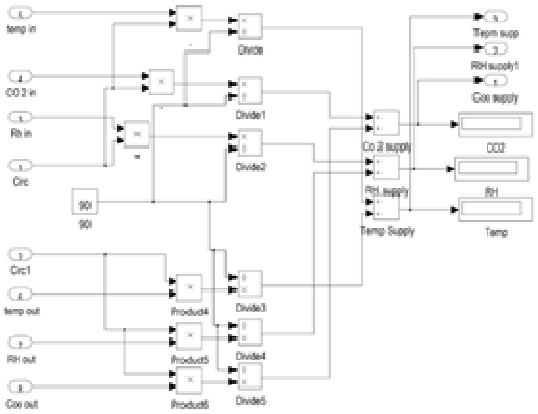
۲-۵- مدل‌سازی

برنامه مدل سازی در نرم‌افزار متلب یک رابط گرافیکی بوده که مدل‌سازی را براساس روابط ریاضی با استفاده از بلوک‌های موجود در نرم‌افزار، انجام می‌دهد. در این بخش مدل‌های ساخته شده برای عملگرها و سالن پرورش قارچ، ارائه شده است. شکل۱ مدل بدست آمده برای سیستم گرمایشی و رطوبت زنی و شکل۲ مدل ساخته شده برای موقعیت دریچه‌ها را نشان می‌دهند. این مدل‌ها بر اساس روابط ۱–۹ طراحی شده اند. مدل بدست آمده برای سالن رشد، در شکل۳ نشان داده شده است. این مدل با ادغام روابط ۱۰–۱۳ و ابعاد واقعی سالن، ساخته شده است.



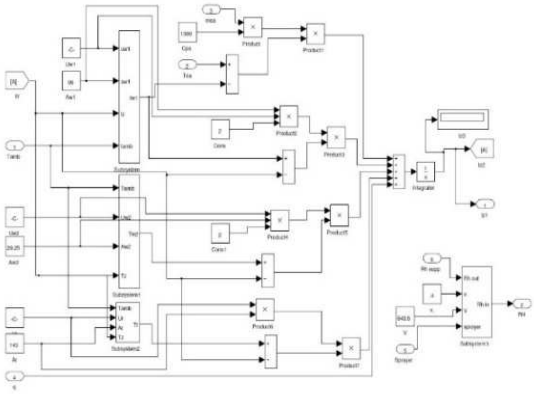
شکل۱: مدل مربوط به سیستم هواساز

سیستم گرمایشی یا سرمایشی ارائه شده در شکل ۱ دارای ٤ ورودی شامل دبی آب ورودی به کویل ها، دبی پمپ تامین رطوبت نسبی، دمای آب ورودی و دمای هوای ورودی و ۳ خروجی شامل ضریب انتقال حرارت کلی، نرخ انتقال حرارات و رطوبت نسبی ورودی به سالن، است. مطابق شکل ۲ مدل مربوط به موقعیت دریچه‌ها دارای ۸ ورودی شامل: دمای هوا، رطوبت نسبی و غلظت دی‌اکسیدکربن داخل و خارج سالن مقدار باز بودن دریچه‌های مربوط به هوای گردشی و هوای تازه، می‌باشد.



شکل۲: مدل مربوط به دریچه‌ها

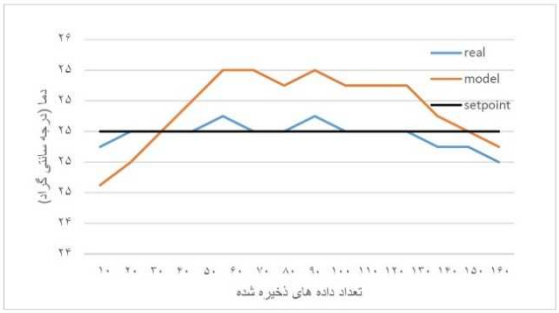
مدل مربوط به سالن کشت قارچ که در شکل ۳ آورده شده است، دارای ۵ ورودی شامل دمای هوای محیط بیرون، دمای هوای ورودی به سالن، نرخ انتقال حرارت کلی، نرخ حجمی هوای ورودی و نرخ حجمی پمپ تامین رطوبت نسبی، می‌باشد.



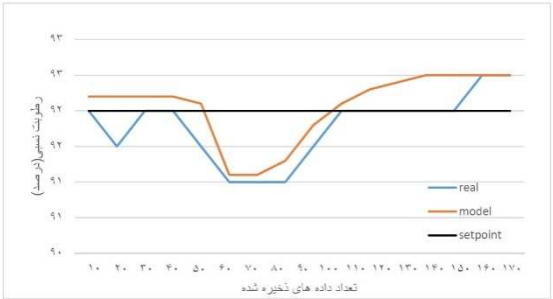
شکل۳: مدل مربوط به سالن

۳- بحث و نتایج

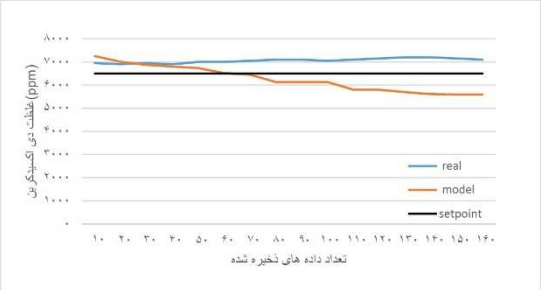
شکل‌های ٤ الی٦ نشان دهنده‌ی خروجی مربوط به پارامترهای مورد نظر در شرایط واقعی و سیستم مدل شده را نشان می‌دهند. خطوط قرمز نشانگر خروجی مدل، خطوط آبی نشانگر خروجی سیستم واقعی و خطوط مشکی نشانگر مقدار تنظیم شده است.



شکل٤: خروجی مربوط به دما



شکل۵: خروجی مربوط به رطوبت نسبی



شکل٦:خروجی مربوط به دی‌اکسیدکربن

به منظور ارزیابی عملکرد سیستم، پارامترهای مقایسه‌ای شامل: میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین مربعات خطا (RMSE)، درصد میانگین خطای نسبی (MAPE)، ضریب همبستگی پیرسون (R)، مطابق جدول ۱ محاسبه شدند.

جدول ۱: نتایج حاصل از پارامترهای مقایسه‌ای

پارامتر	RMSE	MAPE	MAE	R
دما (درجه سانتی‌گراد)	۰/۲۵۳	۰/۰۰۹۲	۰/۲۳۲	۰/٦۷
رطوبت نسبی (درصد)	۰/۳٤۷	۰/۰۰۳	۰/۲۸۵	۰/۹۰۵
غلظت دی‌اکسیدکربن (ppm)	۸۵۹/۱۵	۰/۱۱	۷۷۵/۹	۰/۹۲۱

٤- نتیجه‌گیری

مدل‌سازی سیستم کنترلی و مقایسه با سیستم واقعی برای ۳ پارامتر موثر شامل دما، رطوبت نسبی و غلظت دی‌اکسید کربن، برای حفظ مقدار مطلوب، هدف اصلی این مطالعه بوده است. ورودی‌ها و خروجی‌های مربوطه توسط ابزارهای اندازه‌گیری، از سالن و سیستم تهویه متبوع مورد مطالعه جمع‌آوری شده و سیستم کنترلی براساس کنترل فازی، ایجاد شد. نتایج بدست آمده نشان داد که، مدل طراحی شده به دقت می‌تواند پارامترها را کنترل کرده و نقطه تنظیم را بهتر از سیستم واقعی دنبال کند. خروجی مدل بدست آمده همچنین، دارای محدوده گذر کوچکتر بوده که این عامل موجب جلوگیری از ایجاد تنش های اتمسفری در سالن می‌باشد.

منابع و مآخذ

۱. امید، م. شفایی، ا. ۱۳۸۳. بررسی رفتار حرارتی و رطوبتی داخل گلخانه به کمک یک سیستم جمع آوری اطلاعات کامپیوتری. نشریه پژوهش وسازندگی. شماره ۱۷. ص ٦۷ – ۷۳.

۲. فیض‌اله زاده اردبیلی، س. ۱۳۹۳. شبیه‌سازی و مقایسه سامانه‌های کنترل محیط سالن‌های پرورش قارچ. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

۳. محمدی گل‌تپه، ا. پورجم، الف. ۱۳۸۳. اصول پرورش قارچ‌های خوراکی. چاپ چهارم. تهران. دانشگاه تربیت مدرس.

٤. وانگ، لی. سیستم‌های فازی و کنترل فازی. تشنه‌لب، م. صفارپور، ن. افیونی، ن. ۱۳۸۹. چاپ ششم. تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

5. Grant, j. Staunton, L. 1999. Integrated Environmental Control In Mushroom Tunnels. End of Project Report. Project 4093, Kinsealy Research Centre Horticulture and Farm Forestry.
6. Guerbaoui, M. Ed-dahhak, A. EIAfou, Y. Lachhab, A. Belkoura, L. Bouchikhi, B. 2013. Implementation of Direct fuzzy controller in Greenhouse based on Labview. International J, Elec, Electro, Eng, studies. Vol, 1(1), 1-13.
7. Hishida, I. Nanba, H. Kuroda, H. 1988. Antitumour activity exhibited by orally administered extracts from fruit-body of Grifola frondosa (maitake). Nd Pharm, Bullet. Vol, 36(5), 1819-1827.
8. Kurashiga, S. Akuzawa, Y. Eudo, F. 1997. Effects of Lentinus edodes, Grifola frondosa and Pleurotus ostreatus administration on cancer outbreaks and activities of macrophages and lymphocytes in mice treated with a carcinogen N-butyl-N1-butamolinitreso-amine. Immunopharmacology Immunotoxicology. Vol 19, 175-183.
9. Lafont, F. Balmat, J. F. 2002. Optimized fuzzy control of a greenhouse. Fuzzy Sets Syst,. Vol 128, 47–59.
10. Pasgianos, G. D. Arvanitis, K. G. Polycarpou, P. Sigrimis, N. 2003. A nonlinear feedback technique for greenhouse environmental control. Comput, Electron, Agrc. Vol, 40(1-3), 153-177.
11. Tashtoush, B. Molhim, M. Al-Rousan, M. 2005. Dynamic model of an HVAC system forcontrol analysis. Energy. Vol, 30, 1729–1745.
12. Zhang, H. Gong, F. Feng, Y. Zhang, C. 1999. Flammulin purified from the fruit bodies of Flammulina velutipes (Curt.: Fr.) P. Karst. International J, Medicinal Mushrooms. Vol, 1, 89-92.

Modelling of controlling system for influencing parameters on mushroom growing halls

Abstract

HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) systems are widely used in buildings and industries agriculture. Basis of working in the heating and cooling systems are heat exchanging between fluids. Heat exchanging is doing between two fluids with different temperatures. The aim of this study is to model and compare it with the actual conditions of an air conditioning system for use in the modeling processes. Simulation of system is done for both temperature and relative humidity using Simulink part of MATLAB software with mathematical modeling of the heat exchangers. The model system operates based on fuzzy control system that designed with the obtained data by different precise sensors over timescales. The outputs from the model and the actual air conditioning system are compared using comparing parameters include Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Percentage/Relative error (MAPE). The obtained results from mean comparison and the comparison parameters for two controlled systems indicate the average values of the model system is close to the set point value and it can control the situation well.

Keywords: Fuzzy control, Heat exchanging, HVAC systems, Model system.