طراحی و ساخت سیستم کنترل و مانیتورینگ کامپیوتری شرایط محیطی گلخانه

محمود امید[1]- اردشیر شفایی[2]

چکیده

در این تحقیق، ضمن طراحی، ساخت و پیاده سازی یک سیستم کنترل و مانیتورینگ کامپیوتری برای یک گلخانه مدل، رفتار حرارتی و رطوبتی درون گلخانه در شرایط مختلف جوی مورد بررسی قرار گرفته است۰ بخش کنترلی سیستم از سه قسمت قابل تفکیک سنسورها، عمل کننده ها و کنترل کننده ها تشکیل شده است۰ مدلهای شبیه سازی درجه حرارت و رطوبت داخل گلخانه با استفاده از راه حل های در نظر گرفته شده برای گلخانه مدل ساخته شده محاسبه شده اند۰ چندین عمل کننده و سنسور داخل گلخانه نصب گردیده و اطلاعات آنها بواسطه یک میکروکنترلر از طریق پورت سریال به یک سیستم جمع آوری داده مبتنی بر یک کامپیوتر شخصی متصل شده اند۰ سیستم جمع آوری داده با یک فاصله نمونه برداری یک دقیقه داده ها را در کامپیوتر ثبت و نمایش می دهد۰ عملکرد سیستم در شرایط مختلف جوی در دو وضعیت بدون کنترل و کنترل شده در آذرماه ۱۳۸۲ مورد آزمون و ارزیابی قرارگرفت. در آزمایشات سری اول، نتایج بدست آمده حاکی از تائید اثر گلخانه ای دارند، بدین ترتیب که انرژی تابشی خورشید پس از عبور از پوشش شفاف در محیط گلخانه محبوس شده و بتدریج باعث افزایش دمای محیط گلخانه می گردد۰ ضمنا دمای نواحی مجاور پوشش گلخانه از آهنگ افزایش سریع تری نسبت به نواحی در مجاورت گیاه برخوردار بوده که این امر ناشی از تاثیر بیشتر انرژی تابشی خورشید بر گرمایش گلخانه در مجاورت پوشش است۰ نتایج آزمایشات سری دوم، مبین آن است که سیستم پیشنهادی قادر به تنظیم و تثبیت شرایط محیطی درون گلخانه از طریق فرمان به سیستمهای عمل کننده – با توجه به تنظیمات از پیش تعیین شده رطوبت و دما- در نرم افزار سیستم می باشد۰ عملکرد سیستم برای تثبیت دما در هر دو حالت بسیار مطلوب است و زمان سپری شده برای ثابت نگه داشتن دما در محدوه تنظیمی پائین است، ولی عملکرد سیستم مه پاش در افزایش سریع رطوبت محیط نسبتا کند است.

۱- استادیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران
۲- کارشناسی ارشد ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران

واژه های کلیدی: گلخانه، سیستم جمع آوری داده، طراحی اینترفیس، مانیتورینگ، کنترل

مقدمه

امروزه گلخانه های مدرن تمام کامپیوتری دمای هوا، رطوبت محیط، شدت نور و طول زمان نور دهی، میزان دی اکسید کربن هوا، دمای خاک و سایر پارامترهای مؤثر در گلخانه را بطور دقیق اندازه گیری و مانیتور می نماید. سیستم با توجه به مقادیر لحظه ای پارامترها و بر مبنای الگوریتم های پیچیده کنترلی، وضعیت گلخانه را در حالت بهینه و مورد نظر تثبیت می کند. بر این اساس هدف از این پروژه، طراحی و ساخت مدلی از یک گلخانه با سیستم کنترل کامپیوتری می باشد که قابلیت اندازه گیری،کنترل و مانیتورینگ شرایط محیطی گلخانه را دارا باشد.

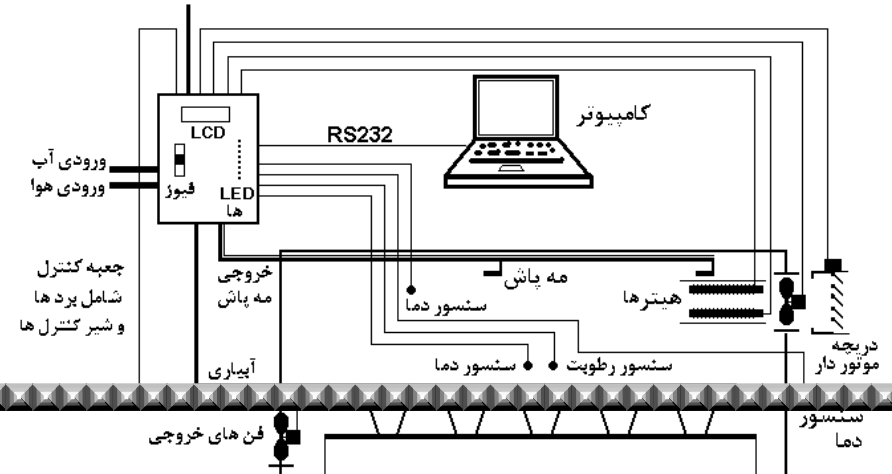
کیفیت گرمایش یک گلخانه، اولین فاکتور مؤثر بر رشد گیاه گلخانه ای و نیز میزان هزینه های جاری یک گلخانه است. بر این اساس در این مرحله تنها دو پارامتر دما و رطوبت گلخانه اندازه گیری، کنترل و مانیتور می گردد. با این حال سیستم کنترل کامپیوتری به گونه ای طراحی می شود که به اندازه کافی قابل توسعه و انعطاف پذیر باشد. بدین ترتیب که با اعمال تغییرات جزئی در همین سیستم امکان اندازه گیری، مانیتورینگ و کنترل سایر پارامترهای موثر در گلخانه، نیز وجود خواهد داشت. همچنین انجام تغییرات نرم افزاری در سیستم برای بهبود کاربری آن ویا ارتقا و توسعه الگوریتم های کنترل،کاملا امکان پذیر می باشد.

نتایج حاصله را می توان برای اتوماسیون گلخانه های کشور، بدون ایجاد تغییرات کلی در ساختار آنها بکار برد. همچنین امکان کنترل ومانیتورینگ دقیق پارامترهای محیطی (خاصا دما) در بسیاری موارد دیگر غیر از گلخانه نیز کاربرد دارد.

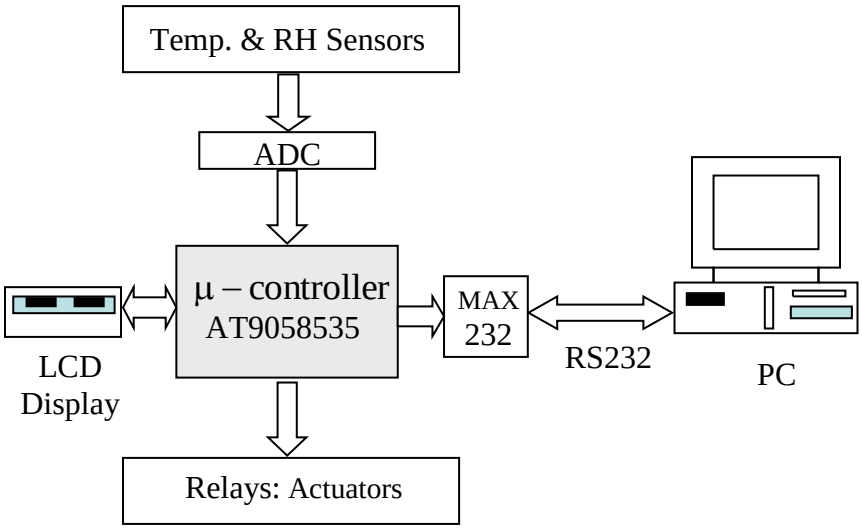
مواد و روشها

شمای کلی از سیستم طراحی و ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده است۰ جزئیات مربوط به طراحی سیستم و نحوه پیاده سازی سیستماتیک آن به تفصیل در [3,4] موجود است

۰



شکل۱. شماتیک گلخانه، تجهیزات کنترلی، سنسور ها و نیز محل نصب و اتصالات



شکل ۲: اجزای اصلی سیستم کنترل و مانیتورینگ کامپیوتری

گلخانه مدل، یک گلخانه قوسی شکل با سطحی به مساحت کف ۸ متر مربع می باشد. سازه های آن ازلوله های پلی اتیلن تهیه شده است. پوشش گلخانه نیز از دو لایه نازک پلاستیکی به ضخامت ۲۰۰ میکرومتر انتخاب شده است. گلخانه ساخته شده، در زمینهای مزروعی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران مستقر می باشد۰ برای کنترل دما، رطوبت، دی اکسید کربن و آبیاری گلخانه، مطابق با شرایط و ابعاد گلخانه، تجهیزات کنترلی مناسب و بهینه، طراحی و نصب گردیدند. مطابق شکل ۳ این تجهیزات شامل سیستمهای گرمایشی، تهویه مکانیکی، توزیع هوای یکنواخت، مه پاش و آبیاری قطره ای می باشند۰

سیستم ابتدا داده های مربوط به وضعیت محیطی گلخانه را با استفاده از سه سنسور دما و یک سنسور رطوبت به یک برد میکروکنترلری منتقل می نماید (شکل ۲)۰ میکرو کنترلر داده های دریافتی را بصورت دیجیتال از طریق پورت سریال برای کامپیوتر جلوی روی اپراتور ارسال می کند و همزمان بر حسب مورد ممکن است فرامین کنترلی ارسالی از کامپیوتر را بصورت دستی یا خودکار را دریافت نماید و متناسب با این فرامین سیستم های کنترلی گلخانه را در جهت تامین شرایط مطلوب تغییر وضعیت دهد. در این تحقیق از یک کنترلر ON/OFF با هیستریسز قابل تنظیم استفاده شده است۰ بخش سخت افزاری این سیستم از سه بخش اصلی شامل سنسور های اندازه گیری پارامترهای گلخانه، میکروکنترلر و کامپیوتر جهت جمع آوری داده ها تشکیل شده است۰ پس از بررسیهای لازم و آینده نگری در خصوص امکان توسعه آتی سیستم، در این طرح میکروکنترلر مدل AVR 8053 ساخت ATMEL انتخاب شد۰ این میکرو کنترلر دارای ۴ چهار پورت ورودی و خروجی می باشد که یکی از آنها برای ورودی های آنالوگ می باشد.

برای اجرای یک چنین الگوریتم کنترل و مانیتورینگ پیچیده ای لازم است برنامه ای مناسب نوشته شود٠در این تحقیق با استفاده از زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک نرم افزار سیستم را طراحی و پیاده سازی شده است٠ این نرم افزار اطلاعات مربوط به سنسورها را از طریق پورت سریال دریافت، ذخیره و بصورت آن لاین نمایش می دهد. این اطلاعات در هر لحظه بشکل نمودارهای مجزا روی نمایشگر کامپیوتر عرضه می شوند. این برنامه علاوه بر مانیتورینگ اطلاعات وظیفه اجرای الگوریتمهای کنترلی سیستم گلخانه را نیز بر عهده دارد. بدین ترتیب که الگوریتمهای کنترلی تعریف شده در برنامه با مقایسه و سنجش لحظه ای اطلاعات مربوط به دما و رطوبت نسبی گلخانه، بر حسب مورد فرامین کنترلی مناسب را به برد میکروکنترلر ارسال می کنند تا میکروکنترلر تجهیزات کنترلی گلخانه را در جهت تامین شرایط محیطی مورد نظر تغییر وضعیت می دهد. در نرم افزار طراحی شده امکانات لازم برای کنترل شرایط محیطی گلخانه در دو حالت دستی و خودکار در نظر گرفته شده است. در حالت اول اپراتور قادر است تا برای انجام فرآیند های کنترلی مختلف، راسا تجهیزات مربوطه را فعال یا غیر فعال سازد، اما در حالت دوم برنامه بر اساس الگوریتمهای کنترلی تعریف شده در نرم افزار فرآیند / فرآیندهای کنترلی لازم را محاسبه و آنها را به طور خودکار اجرا می کند.

نرم افزار از چهار منو که با یکدیگر لینک شده اند تشکیل شده است: منوی اصلی، منوی تنظیمات، منوی تنظیمات پیشرفته و منوی نمایش دقیق٠ منوی اصلی برنامه در شکل ۴ نشان داده شده است٠ این منو شامل دو قسمت کنترل و مانیتورینگ می باشد. قسمت کنترل از سه کادر اصلی تشکیل شده است: در کادرهای A اپراتور می تواند با استفاده از دکمه های Auto و Manual وضعیت کنترل را بترتیب در حالت خودکار و یا دستی قرار دهد. ضمنا در اینجا علاوه بر دکمه ها دو کادر تصویر نیز در نظر گرفته شده است. کادر تصویری اول وضعیت کنترل (خودکار یا دستی) و کادر تصویر دوم تنظیمات انتخابی در وضعیت کنترل خودکار را نشان می دهد. فرآیند یا فرآیند های کنترلی را که در حالت کنترل خودکار در حال اجرا هستند در این قسمت نمایش داده میشود. کادر B در حالت کنترل خودکار و کنترل دستی عملکرد های متفاوتی دارد. در وضعیت کنترل خودکار هنگام اجرای فرآیند های مختلف؛ دستگاههای مختلف گلخانه مثل فن ها، هیتر ها، دریچه تهویه، مه پاش و غیره (که توسط ۸ کادر تصویری مجزا نمایش داده شده اند) را روشن و یا خاموش می کند. اما در حالت کنترل دستی بجای کادر تصویری ۹ دکمه تعبیه شده که اپراتور با فشردن هر کدام از آنها می تواند دستگاه مربوطه را روشن و یا خاموش نماید. این دکمه ها وضعیت دستگاه مربوطه (از لحاظ روشن یا خاموش بودن) را نیز نشان می دهند. کادرهای C و D مربوط به بخش مانیتورینگ هستند٠ اطلاعات لحظه ای مربوط به سنسورهای دما و رطوبت در این کادرها نمایش داده می شوند. در کادر C دما و رطوبت اندازه گیری شده توسط سنسورها در هر لحظه نمایش داده می شوند. در این کادر ها تغییرات دما و رطوبت از لحظه جاری تا ۱۰ دقیقه قبل سیستم، قابل مشاهده است. کادرهای تصویریD در راستای عمودی برای دما و رطوبت نسبت به نقطه تنظیم دما و رطوبت مدرج شده است. این کادرها نیز اطلاعات لحظه ای مربوط به سنسور دمای شماره یک $T_{sp}=T_{mid}$ (دمای در ارتفاع گیاه به عنوان دمای نقطه تنظیم) و نیز سنسور رطوبت نسبی (R.H.) داخل گلخانه را بصورت نمودارهای ستونی و مقادیر عددی متناظرآن نمایش می دهد. در پائین منوی اصلی چند دکمه تعبیه شده است. دکمه Setting که مربوط به تنظیمات عمومی برنامه است، در حالت کنترل دستی فعال می شود و با کلیک کردن آن برنامه وارد منوی مربوطه می شود٠ اپراتور می تواند تنظیمات مورد نظر خود را در آنجا اعمال نماید. در حالت کنترل خودکار این دکمه غیر فعال است. دکمه View Detail نیز برای مشاهده تغییرات دما و رطوبت با فرمتهای مختلف در نظر گرفته شده است. اطلاعات مربوط به مانیتورینگ وضعیت کامل گذشته سیستم در مورد چهار پارامتر اندازه گیری شده در این قسمت قابل مشاهده است. این اطلاعات به صورت ساعت به ساعت، روز به روز و ماه به ماه، بطور نمودار های مجزا قابل نمایش می باشند. برنامه داده های دریافتی از سنسور ها را در ابتدا یک بانک اطلاعاتی مبتنی بر اکسس (ACCESS) در فواصل زمانی ۵ ثانیه ذخیره می کند و اپراتور بعدا می تواند در این منو اطلاعات ذخیره شده را برای فواصل زمانی معین فراخوانی نموده و بصورت نموداری مشاهده نماید.

توضیحات مربوط به سایر منوهای نرم افزار، الگوریتم و فلوچارت مربوط به سایر فرآیند ها شامل رطوبت، تهویه، گردش هوا و آبیاری، پیاده سازی الگوریتمها و همچنین کدهای ویزوال بیسیک برنامه در مرجع [2] موجود است٠

نتایج و بحث

عملکرد سیستم طراحی شده و رفتار حرارتی و رطوبتی درون گلخانه مدل در شرایط مختلف جوی و در دو وضعیت بدون کنترل و کنترل شده در پائیز ۱۳۸۲ مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفت. نتایج بعضی از آزمایشات در شکلهای ۴ و ۵ ارائه شده است۰ در تمام موارد T_{mid} مربوط به دمای دورن گلخانه در ارتفاع رشد گیاه، T_{up} مربوط به دمای محیط گلخانه در مجاورت پوشش سقف، R.H. رطوبت درون گلخانه و T_{out} دمای محیط بیرون می باشد.

آزمایش اول- تست تجهیزات سیستم: این آزمایش به منظور بررسی عملکرد کلی سیستم و تایید اثر گلخانه ای یعنی بررسی تغییرات شرایط محیطی گلخانه (دما و رطوبت) تحت تاثیر تغییرات شرایط محیط بیرون از گلخانه، انجام گرفت. بدین منظور دو آزمایش، یکی در روز ۱۶ آذرماه ۱۳۸۲ در فاصله زمانی از ساعت ۱۰ صبح تا ۱۲ ظهر و دیگری در روز ۲۶ آذر ماه ۱۳۸۲ در فاصله زمانی ۹:۳۰ صبح تا ۱۱ صبح انجام گرفت و اطلاعات مربوط به سنسور های دما و رطوبت بطور پیوسته ثبت گردید. در انتهای آزمایش برای مقایسه نتایج با شرایط کنترل شده در یک فاصله زمانی۲۰ دقیقه ای سیستم در وضعیت کنترل خودکار قرار گرفت.

نتایج سری اول در شکل ۵ نشان داده شده است. در تمام طول مدت آزمایش $T_{mid}, T_{up} > T_{out}$ است. ما این مطلب را تایید کننده اثر گلخانه ای می دانیم۰ بدین ترتیب که انرژی تابشی خورشید پس از عبور از پوشش شفاف در محیط گلخانه محبوس شده و بتدریج باعث افزایش دمای محیط گلخانه می گردد. نرخ تغییرات دما باهم برابر نیست. در روند افزایش دما، همواره T_{up} از نرخ افزایش سریع تری نسبت به T_{mid} برخوردار بوده است۰ علت این امر این است که تاثیر انرژی تابشی خورشید بر گرمایش گلخانه از نواحی مجاور پوشش آغاز و بتدریج به سمت مرکز گلخانه توسعه پیدا می کند.

آزمایش دوم- کنترل دمای داخل گلخانه بطور خودکار: این سری از آزمایشات بمنظور ارزیابی عملکرد و کارائی سیستم برای کنترل دمای داخل گلخانه درحد مطلوب و از پیش تنظیم شده انجام گرفتند. برای این منظور دو آزمایش، یکی در صبح و دیگری در عصر روز ۱۷ آذرماه ۱۳۸۲ انجام گرفت۰ آزمایش اول از ساعت ۹:۲۰ تا ۱۰:۴۵ ادامه یافت و تکرار دوم از ساعت۱۶:۲۰ تا ۱۷:۲۰ برای بررسی عملکرد سیستم در شرایط شب انجام گرفت۰ در آزمایش صبح $T_{SP}=27^0C$ و برای آزمایش عصر $T_{SP}=19^0C$ در قسمت تنظیمات عمومی برنامه منظور گردید۰

نتایج بدست آمده از آزمایشات تکرار دوم در شکل ۶ نشان داده شده است۰ بخاطر کاهش شدت نور در شرایط شب در شروع آزمایش دمای محیط گلخانه در حدود ۸ درجه سانتیگراد بوده است. با قرار گرفتن سیستم در حالت کنترل خودکار فرآیند گرمایش مرحله ۲ فعال شده و پس از گذشت مدت زمانی حدود ۱۵ دقیقه دمای محیط گلخانه به نقطه تنظیم (۱۹ درجه سانتیگراد) افزایش یافته است. از این زمان به بعد دمای محیط گلخانه طبق مقادیر پارامتر های کنترلی در محدوده مقدار تنظیم شده تثبیت شده است. عملکرد سیستم در تثبیت دمای شاخص یعنی بعد از مرحله گرمایش اولیه کاملاً مطلوب بوده و با تنظیمات اعمال شده کاملاً منطبق می باشد. مقدار T_{mid} بواسطه فرآیند گرمایش مرحله ۲ به تناوب بین مقادیر ۱۸ تا ۲۰ در نوسان بوده است که این موضوع موید عملکرد صحیح الگوریتمهای کنترل برای تثبیت دما در حدود نقطه تنظیم ۱۹ درجه سانتیگراد با توجه به پارامتر های کنترلی تنظیم شده در بخش تنظیمات پیشرفته برنامه است. با کم کردن اختلاف بین پارامتر های کنترلی (آفست ها) برای رسیدن به دقت بالاتر می تواند باعث ایجاد نوسانات زیاد در تجهیزات کنترلی گردد۰ در تمام طول مدت آزمایش $T_{out} < T_{mid} < T_{up}$ بوده است و علاوه بر آن برعکس حالت بدون کنترل دراین حالت نرخ افزایش یا کاهش T_{mid} سریع تر از T_{up} بوده است. نتیجه می گیریم که عملکرد سیستم توزیع هوای پلی تیوب برای هدایت هوا به سمت ناحیه رشد گیاه چه در گرمایش و چه در مورد خنک کنندگی مثبت است. پس از رسیدن دما به نقطه تنظیم رطوبت نسبی تغییر محسوسی نداشته است۰

جمعبندی

در این تحقیق ضمن طراحی، ساخت و پیاده سازی یک سیستم کنترل و مانیتورینگ کامپیوتری برای گلخانه مدل، رفتار حرارتی و رطوبتی درون گلخانه در شرایط مختلف جوی مورد بررسی قرار گرفت۰ واسط گرافیکی کاربر با ویژوال بیسیک طراحی شده است۰ این واسط برای بررسی رفتار حرارتی و رطوبتی درون گلخانه در شرایط مختلف جوی در حالتی که سیستم

بطور خودکار نظارت و کنترل اوضاع را در دست می گیرد طراحی شده است٠ برای ارزیابی سیستم آزمایشاتی در صبح و عصر روزهای ۱۶، ۱۷ و ۲۶ پائیز ۱۳۸۲ انجام گرفت٠ آزمایشات در دو حالت بدون کنترل و کنترل شده صورت گرفت٠ نتیجه آزمایشات سری اول ضمن تصدیق عملکرد صحیح سیستم، حاکی از تائید اثر گلخانه ای دارند٠ نتایج آزمایشات سری دوم مبین آن است که سیستم پیشنهادی قادر به تنظیم و تثبیت شرایط محیطی گلخانه از طریق فرمان به سیستمهای عمل کننده – با توجه به تنظیمات از پیش تعیین شده رطوبت و دما در نرم افزار سیستم- می باشد٠ عملکرد سیستم برای تثبیت دما بسیار مطلوب بود و زمان سپری شده برای ثابت نگه داشتن دما در محدوه تنظیمی کوتاه است٠

منابع

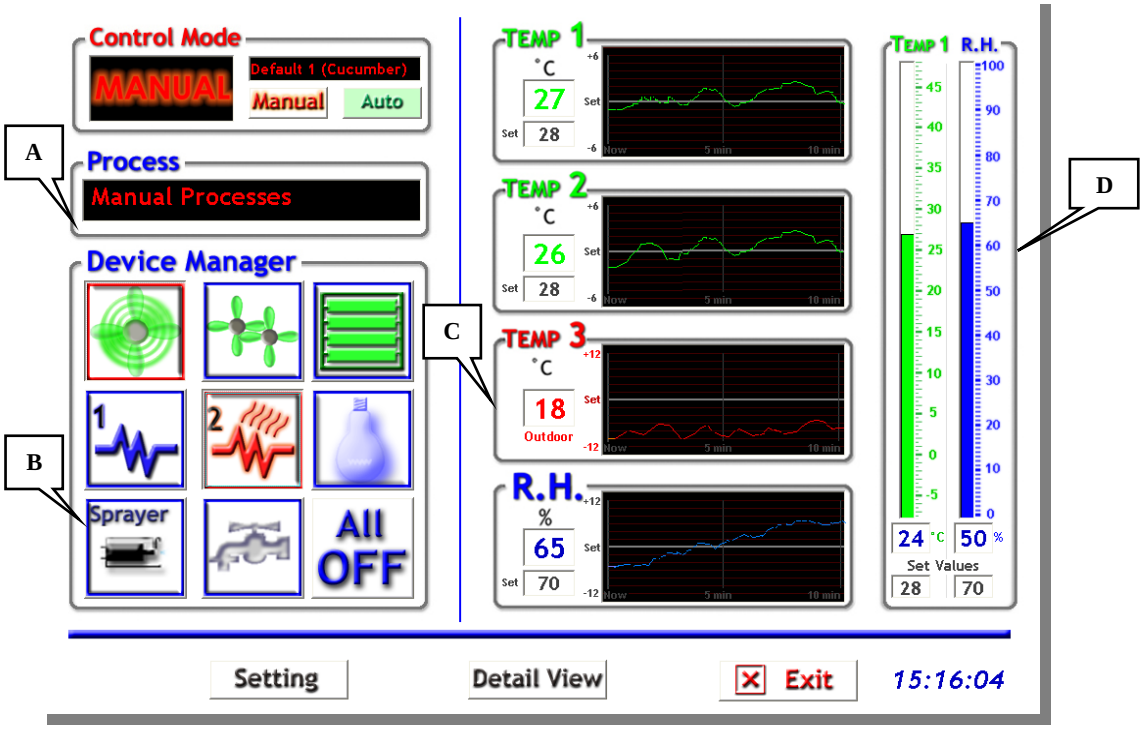
۱- نلسون، پاول، وی، مدیریت گلخانه (ترجمه)، (۱۳۷۴) انتشارات سازمان پارک ها و فضای سبز شهرداری تهران.

۲- شفایی، اردشیر٠ (۱۳۸۲)، "کنترل کامپیوتری شرایط محیطی گلخانه - طراحی و ساخت مدل"، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته ماشینهای کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۴۰ صفحه٠

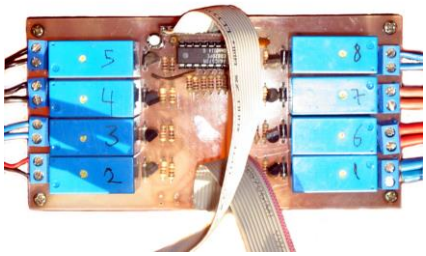
۳- امید، محمود٠ (۱۳۸۲)، "گزارش نهایی طرح پژوهشی کنترل کامپیوتری شرایط محیطی گلخانه - طراحی و ساخت مدل"، شماره طرح ۷۱۹/۳/۶۷۱، تاریخ خاتمه ۱۳۸۲/۱۰/۱۶، معاونت پژوهشی دانشگاه تهران، ۳۰ صفحه٠

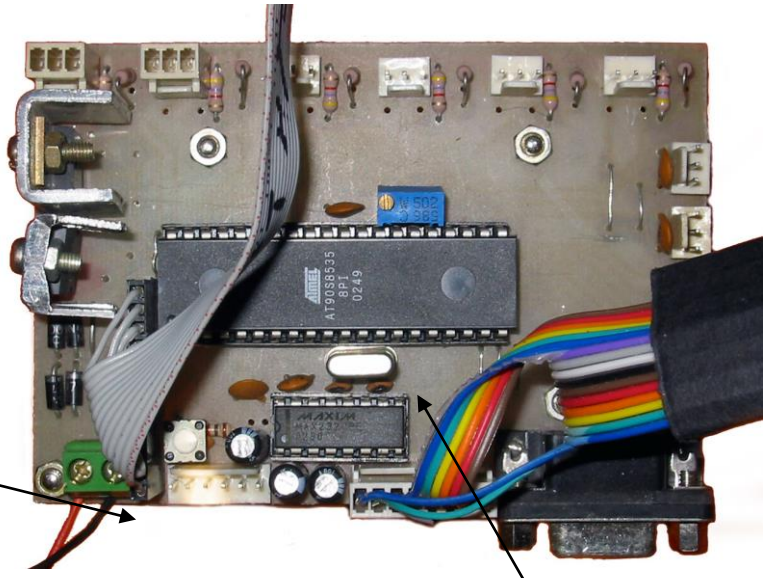
5- NGMA, Greenhouse Environment Control System Considerations, NGMA: pp.1-20.

6- Marhaenanto, B., and G. Singh, (2002). "Development of a Computer-Based Greenhouse Environment Controller." World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources, Brazil , pp 136- 146.

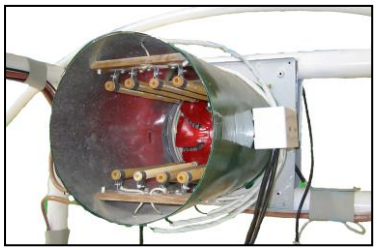


شکل ۴: منوی اصلی نرم افزار مانیتورینگ و کنترل شرایط محیطی گلخانه





رله ها



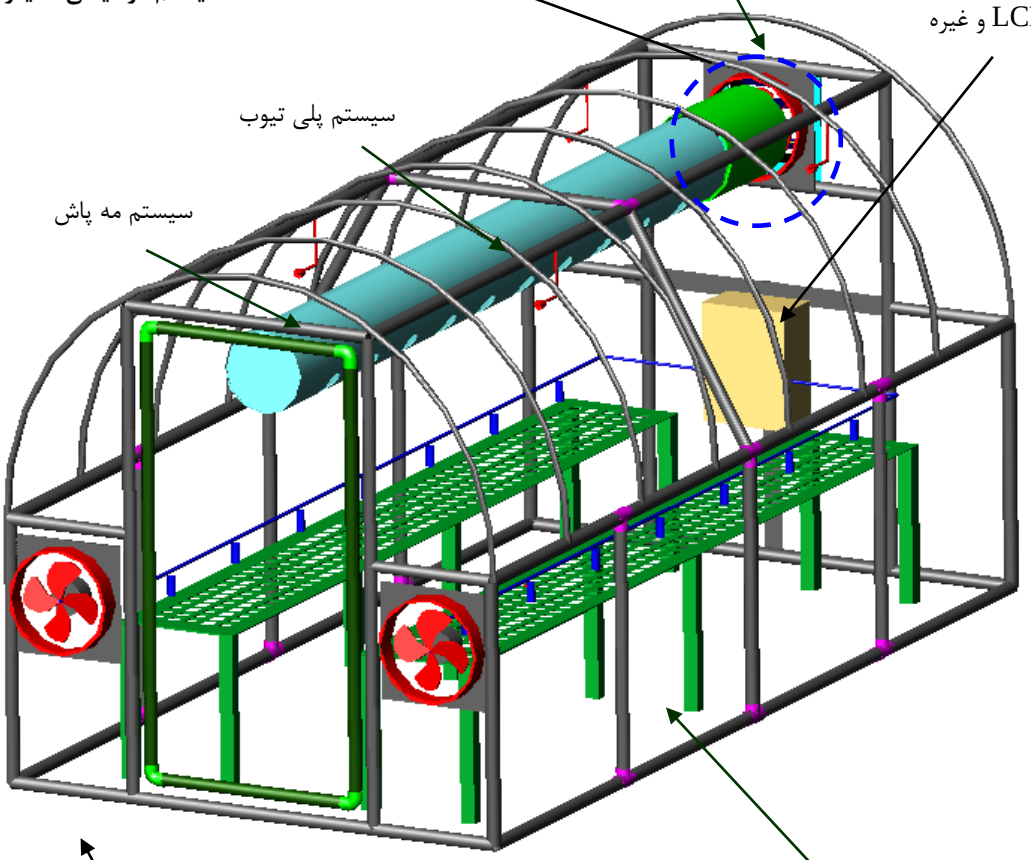
سیستم تهویه (فن و دریچه ورودی)

برد اصلی، رله ها،
LCD و غیره

سیستم گرمایشی (هیتر ها)

سیستم پلی تیوب

سیستم مه پاش

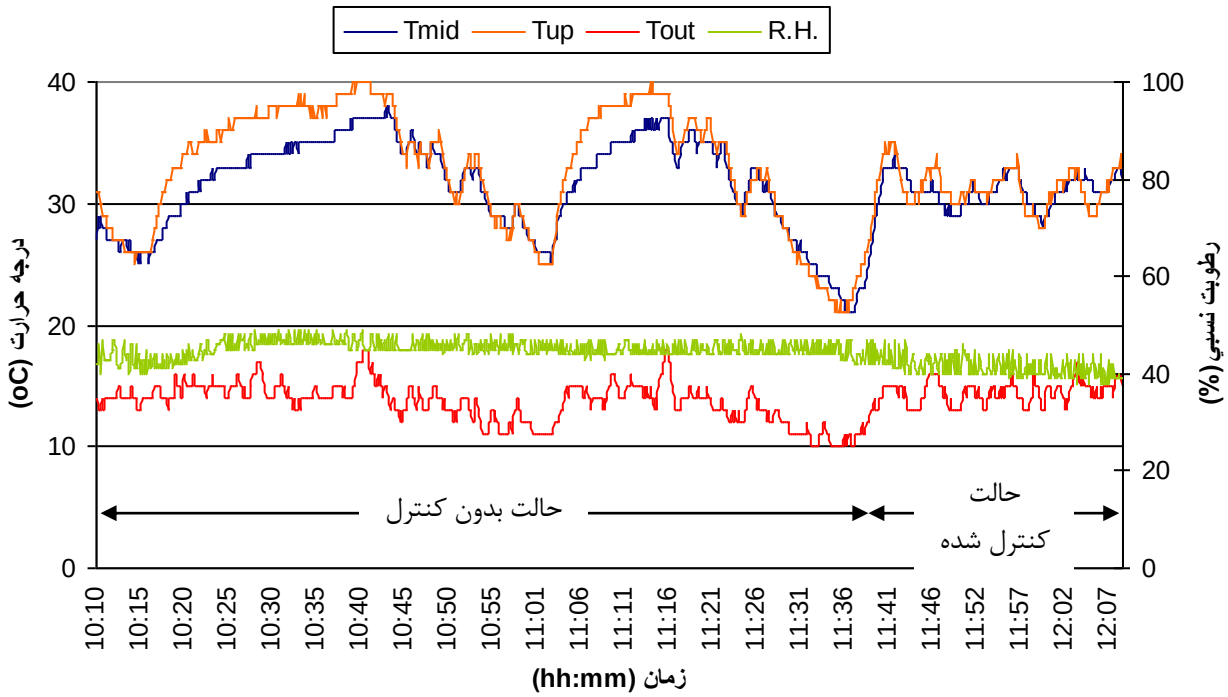


سیستم آبیاری قطره ای

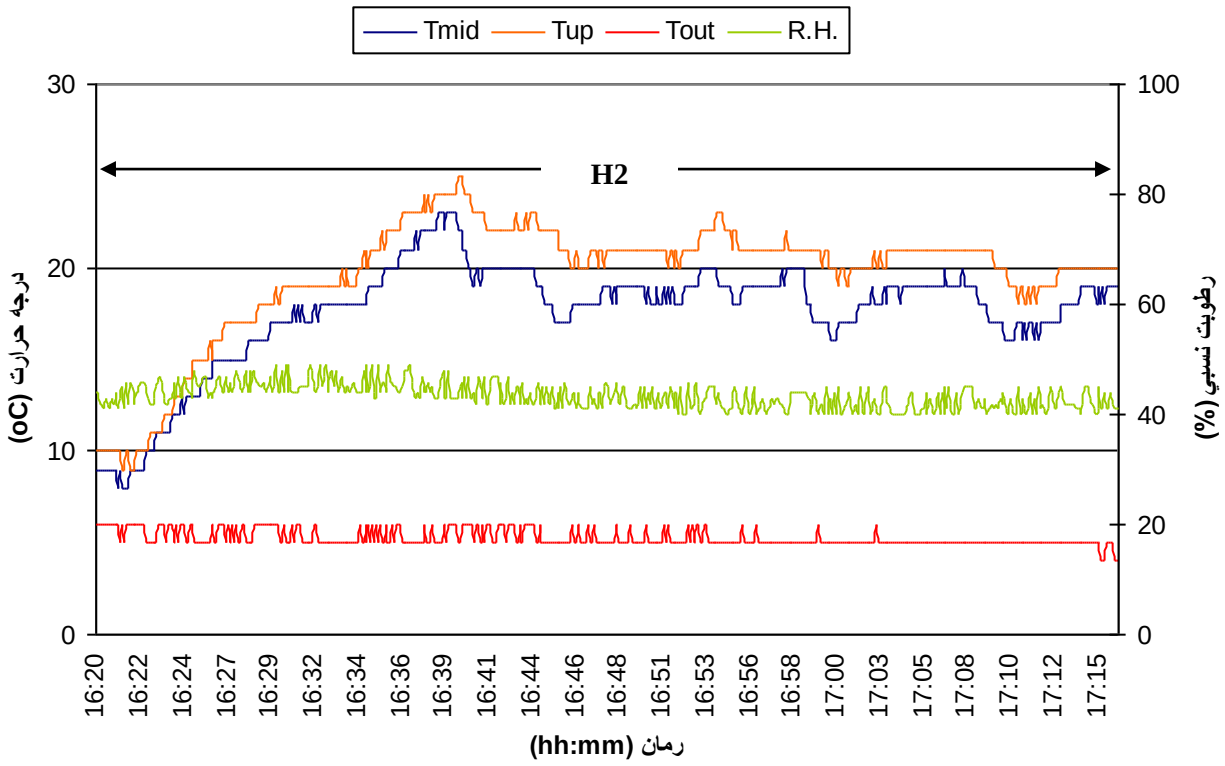
شکل۲. نمایی از گلخانه مدل طراحی شده و تجهیزات کنترلی آن

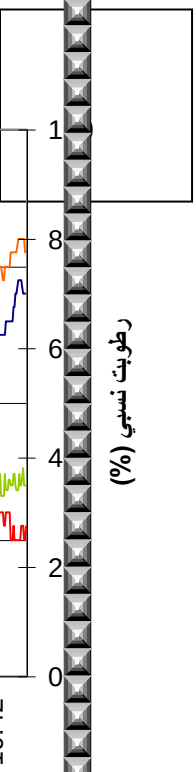
سیستم تهویه (فن های خروجی)

شکل ۳. نمای شماتیک گلخانه و تجهیزات کنترلی آن



شکل۵: نتایج آزمایش سیستم در حالت بدون کنترل (۱۶ آذر ۱۳۸۲)





شکل ۶: نتایج آزمایش مربوط به ارزیابی سیستم در کنترل دما (۱۷ آذر ۱۳۸۲)