یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

# طراحی و ساخت سامانه دیجیتال داده‌برداری و پایش برای پژوهش‌های کشاورزی

شهریار صرامی[1]، روزبه عباس زاده[2]

[1] استادیار، پژوهشکده کشاورزی سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، Shsarami@irost.ir

[2] استادیار، پژوهشکده کشاورزی سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، Abbaszadeh@irost.ir

**چکیده**

امروزه استفاده از فن‌آوری‌های نوین در وسایل اندازه‌گیری برای انجام پژوهش در رشته‌های مختلف یک ضرورت است. این امر بخصوص در مورد پژوهش‌های کشاورزی صادق است زیرا در این رشته لازم است متغیرهای مختلف مربوط به گیاهان مثل رطوبت خاک و دمای محیط در یک فاصله زمانی طولانی بطور پیوسته اندازه‌گیری گردد. بنابراین در اختیار داشتن تجهیزاتی که این کار را به‌صورت خودکار انجام دهند، دارای اهمیت می‌باشد. در این طرح پژوهشی، قصد بر آن شد که با بکارگیری فن آوری دیجیتال یک سامانه جدید طراحی و ساخته شود تا بوسیله آن عملیات داده‌برداری از متغیرهای اندازه‌گیری و همچنین پایش فرآیندها در پژوهش‌های کشاورزی صورت پذیرد. برای ساخت دستگاه، یک هسته دیجیتال تشکیل‌شده از یک میکروکنترلر AVR انتخاب شد و به واحدهای ورودی و خروجی متنوع تجهیز گردید تا به طیف وسیعی از حسگرها و عملگرهای آنالوگ و دیجیتال اتصال گردد. برای این مجموعه سخت‌افزار، یک برنامه مناسب طراحی گردید و کد آن تحت زبان برنامه‌نویسی سی‌پلاس‌پلاس نوشته و به حافظه آن منتقل شد. این سامانه علاوه بر دریافت، نمایش و ثبت سیگنال‌های حسگرهای مختلف، قادر به اجرای عملیات پایش در فرآیندهای پژوهشی می‌باشد. در حالت پایش، پس از تنظیم توسط کاربر، تجاوز متغیرها از حدود تعیین شده با علائم صوتی و تصویری هشدار داده می‌شود. این سامانه چند منظوره قابلیت استفاده در بسیاری از پروژه های کشاورزی را دارد.

**کلمات کلیدی:** ساخت، دیجیتال، داده‌برداری، پایش، میکروکنترلر، برنامه‌نویسی.

# Design and construction of a Digital Data Logging and Monitoring System for Agricultural Projects

**Shahriar Sarami , Rouzbeh Abbaszadeh**

Assistant professor of Agriculture Research Institute, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Shsarami@irost.ir

***ABSTRACT***

Today, the use of new technologies in measuring instruments is a necessity for conducting research in various fields. This is especially true for agricultural research, since in this field, various variables related to plants, such as soil moisture and ambient temperature, must be measured continuously over a long period. Therefore, it is important to have devices that run it automatically. In this research project, the intention was to design and develop a new system using digital technology to carry out data logging of measuring variables, as well as monitoring processes in agricultural research,. To build the device, a digital core composed of an AVR microcontroller was selected and equipped with various input and output units to connect a wide range of analog and digital sensors. For this hardware set, a corresponding program was designed and coded as C ++ programming language and loaded into its memory. In addition to receiving, displaying and recording various sensor signals, it can perform monitoring of research processes. In its monitoring mode, after the user's setting, the overshooting of the variables is alerted by audio and video signals. This multipurpose system is capable of being used in many agricultural projects.

۱- شهریار صرامی، بزرگراه آزادگان، مسیر شمال به جنوب، احمدآباد مستوفی، بعد از میدان پارسا، انتهای خیابان انقلاب، مجتمع تحقیقاتی عصر انقلاب ۵۶۲۷۶۰۲۰ ۵۶۲۷۶۶۳۹

**Keywords:** Construction, Digital, Data Logging, Monitoring, Microcontroller, Programming

## ۱- مقدمه

امروزه استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری الکترونیکی و رایانه‌ای در انجام پژوهش‌های مختلف رایج می‌باشد. در این میان در زمینه تحقیقات کشاورزی نیز متغیرهایی مانند دما، رطوبت و نور و ... در طی انجام آزمایشات پیوسته اندازه‌گیری می‌شود. معمولا زمان انجام آزمایشات زیستی گیاهی طولانی می‌باشد و لازم است از تجهیزاتی برای اندازه‌گیری پیوسته متغیرها استفاده شود. سامانه داده‌بردار وسیله‌ای الکترونیکی است که داده‌هایی را که بوسیله حس‌گرهای تعبیه شده در دستگاه یا حسگرهای خارجی تأمین می‌شوند را در طول زمان ذخیره می‌کند. سیگنال دریافتی از حسگر ابتدا آمایش می‌شود و اگر آنالوگ است به دیجیتال تبدیل شده و در آخر در حافظه رایانه یا حافظه مستقل ذخیره می‌گردد. در بسیاری از سامانه‌ها اطلاعات حسگرها به‌صورت برخط نمایش نیز داده می‌شود. اکثر دیتالاگرها بر پایه یک پردازنده دیجیتال طراحی و ساخته می‌شوند. آنها عموماً کوچک و قابل حمل بوده و به وسیله باتری تغذیه می‌شوند به علاوه به یک ریزپردازنده مجهز بوده و دارای حافظه داخلی جهت ذخیره‌سازی داده و تعدادی حسگر می‌باشند.

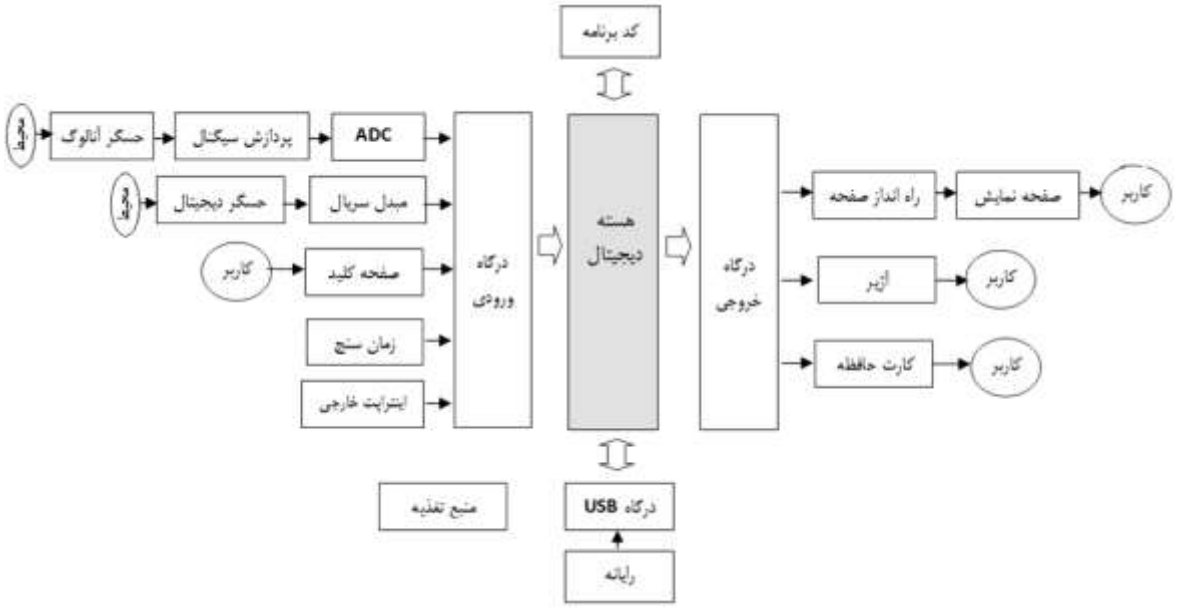
با توجه به تکنولوژی که در ساخت داده‌بردارها دخیل است یا با توجه به شرایط محیطی مختلفی که یک داده‌بردار باید عملیات داده‌برداری را در آنجا انجام بدهد، می‌توانند بسیار گران‌قیمت باشند. برای یک داده‌بردار قیمت‌های در محدوده ۴۰۰$-۱۲۰۰۰$ وجود دارد. ویژگی‌هایی که سامانه‌های داده برداری را از هم تفکیک می‌کند عبارتند از نرخ نمونه برداری، تعداد کانالهای ورودی/خروجی، نوع ورودی/خروجی، رابط گرافیکی کاربر، ضبط داده‌ها، قابلیت جمع‌آوری ۲۴ ساعته البته قابلیت اضافی دیگری نیز مطرح هستند از جمله قابلیت پایش و قابلیت کنترل خودکار.امروزه استفاده از سامانه‌های داده‌برداری در پژوهش‌های کشاورزی مرسوم شده‌است. یکی از استفاده‌های رایج از آنها برای پایش شرایط گلخانه‌ها و مزارع می‌باشد. این سامانه‌ها موجب حذف نیاز به کار مداوم برای پایش و کنترل این محیط‌ها شده‌اند. هرچند برای اینکار از روش‌های مختلفی جهت بهره برداری از سامانه‌های داده‌برداری استفاده می‌شود. یک روش استفاده از یک سوئیچ سیگنال‌های آنالوگ برای نمونه برداری از چندین حسگر و ارسال آنها به یک داده‌بردار بود تا بعدا این اطلاعات به یک رایانه شخصی دانلود شود (Wünsche and Palmer 1997; van Iersel and Bugbee 2000) . مشکلی که در این روش وجود داشت فاصله زیاد حسگرها از داده‌بردار و نیاز به کابل‌های بلند بود و چون سیگنال‌ها از نوع آنالوگ بود بشدت مستعد تاثیرپذیری از تداخلات الکترومغناطیسی بودند. در طراحی ما برای حل مشکل از حسگرهای دیجیتال استفاده می‌شود و در صورت لزوم از حسگر آنالوگ برای ارسال سیگنال آن از کابل‌های شیلد دار استفاده می‌شود. در صورت لزوم از فیلتر پایین گذر و مدار بافر نیز استفاده خواهد شد. (Timlin, et al. 2006). در یک طرح پژوهشی برای ساختن نرم‌افزار سامانه داده‌برداری از نرم‌افزار لب ویو استفاده کردند. کارت داک استفاده شده در پژوهش از شرکت نشنال اینسترومنت و با نرم‌افزار لب ویو سازگاری داشت. این نرم‌افزار نیز تولید شرکت نشنال اینسترومنت می‌باشد که اجازه می‌دهد طراحی برنامه‌های مختلف از جمله داده‌برداری را با استفاده از چینش بلوک‌های عملیاتی و بشیوه کاملا تصویری (در مقابل کدنویسی) انجام دهند (Koutroulis and Kalaitzakis 2003). این موضوع موجب می‌شود تا کار برنامه‌نویسی ساده تر شده و توسط افراد غیر حرفه‌ای نیز صورت پذیرد. با استفاده از بلوک‌ها کارهای مختلف پردازش سیگنال مثل تقویت، فیلتر کردن، عملیات ریاضی و غیره براحتی امکان پذیر می‌باشد. استفاده از این روش عالی بنظر می‌رسد ولی در عمل مشکلاتی نیز بهمراه دارد. نرم‌افزار نوشته شده نمی‌تواند بسادگی مستقل از نرم‌افزار مادر کار کند. برای اینکار می‌بایست نرم‌افزارهای خاص روی رایانه نصب شوند که این کار را پیچیده می‌کند و همگی هزینه بر می‌باشند. بخصوص اگر لازم باشد برنامه روی رایانه دیگری کار کند.

در یک پژوهش جهت میزان مصرف کربن توسط گیاه سیب زمینی آنها را در اتاق‌هایی شفاف قرار داد تا میزان اندازه‌گیری شده از دی اکسید کربن به آن اعمال شود و از نور خورشید جهت عمل فتوسنتز استفاده شود. مشکل این طرح در غیر قابل پیش بینی بودن شدت نور خورشید در روزهای مختلف بود. در طرح ما سامانه داده‌برداری قادر است با بکارگیری یک حسگر نور، شدت نور را در طول زمان اندازه‌گیری و ثبت کند. ضمن آنکه قادر خواهد بود نور مصنوعی کنترل شده را در داخل ساختمان جایگزین نور خورشید نماید و محیط کاملا کنترل شده‌ای را برای رشد گیاه فراهم نماید. (Mendoza-Jasso, et al. 2005). طی یک پژوهش دیگر در رابطه اندازه‌گیری رشد وزنی بوته و محصول گوجه فرنگی، یک سامانه داده‌برداری همراه با نرم‌افزار اختصاصی مبتنی بر رایانه شخصی ساختند. گلدان‌های بوته‌های گوجه فرنگی در گلخانه از یک تیر مجهز به لودسل آویزان بودند و افزایش جرم ناشی از رشد و محصول دهی آنها بطور پیوسته اندازه‌گیری می‌شد. نرم‌افزار طراحی شده داده‌های گلدان‌های مختلف را بطور جداگانه در گروه‌های تعیین شده ذخیره می‌کرد. همچنین فایل‌های بزرگ به فایل‌های کوچکتر تقسیم می‌شدند. همچنین یک واسط گرافیکی به‌صورت بر خط اطلاعات اطلاعات را بر روی صفحه نمایش رایانه شخصی نمایش می‌داد. این نرم‌افزار با زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک نسخه شش نوشته شده بود. (Helme, Ehret and Bittman 2005). برروی یک سامانه داده‌برداری با توانایی دریافت همزمان اطلاعات از چند حسگر در چند گلخانه کار کرد تا داده‌ها با سرعت و دقت زمانی بالایی دریافت و ثبت شوند. برای اینکار از یک سامانه الکترونیکی FPGA استفاده کرد که متفاوت از سامانه‌های الکترونیکی رایج برنامه پذیر عمل می‌کرد. در سامانه‌های مرسوم خطوط فرمان برنامه یک به یک با فرکانس ساعت

مدار اجرا می‌گردند. اما در این سامانه اجزاء سخت‌افزاری جایگزین خطوط برنامه می‌شوند که این منجر به سرعت بسیار بالای اجرای آنها می‌گردد. مثال دیگر از استفاده از این روش در یک پژوهش همراه با الگوریتم منطق فازی بود. اما اصولا پژوهش‌های کشاورزی بدلیل رشد تدریجی گیاهان، از طبیعتی آرام برخوردار هستند و تنها در مواقع نادر نیاز به برداشت همزمان و سریع داده‌ها از حسگرها میشود. در عمل سیکل زمانی مورد نیاز برداشت داده‌ها از حسگرها رویهم در حد دقیقه می‌باشد. (Castañeda-Miranda, et al. 2006). سامانه‌های داده‌برداری برای استفاده‌های صحرایی در مزارع نیز استفاده می‌شوند. در این شرایط احتیاج به تامین برق از باطری یا مولد انرژی‌های نو مثل پنل خورشیدی دارند. بعنوان مثال در یک پژوهش، برق سامانه را به سه طریق مختلف استفاده از پنل خورشیدی، توربین بادی و توربین آبی تامین کرد. مازاد انرژی الکتریکی بدست آمده در یک مجموعه باتری نیکل متال‌هایبرید ذخیره می‌شد. این مجموعه برق یک واحد شامل حسگرهای هواشناسی را تامین می‌کرد. این اطلاعات سپس از طریق یک مودم زیگبی به گیرنده مرکزی ارسال می‌شدند. (Morais, et al. 2008). در مقابل در پژوهش دیگر از روش متفاوتی برای تامین برق استفاده کردند. به این ترتیب که آنها روی برق ذخیره شده در باتری‌های لیتیومی که از تراکم انرژی بالایی برخوردار هستند، تکیه کردند بطوری که با یکبار شارژ برای یک فصل برق مورد نیاز سامانه داده‌برداری را تامین نمودند (Vellidis, et al. 2008). هدف از این پژوهش دستیابی به یک سامانه الکترونیکی دیجیتال جهت اندازه‌گیری، ضبط داده‌ها، پایش و کنترل متغیرهای ورودی و خروجی طرح‌های کشاورزی است.

## ۲- مواد و روشها

**Error! Reference source not found.** ساختار سامانه موردنظر را نشان می‌دهد. آنچه این سامانه را دیجیتال می‌سازد یک هسته دیجیتال است که بعنوان مغز سامانه عمل می‌کند و تقریبا همان میکروکنترلری می‌باشد که در سامانه استفاده شده است. برد سخت‌افزار آردوینو یک میکروکنترلر تک‌بردی متن‌باز است که نرم‌افزار و طرح سخت‌افزار آن به صورت آزاد در اختیار قرار می‌گیرد. سخت‌افزار آن مبتنی بر میکروکنترلر ای‌وی‌آر اتمل است. مزیتی که این برد دارد این است که شرکت‌ها مدارات مکمل به نام شیلد و ماژول برای انجام یک کار خاص طراحی می‌نمایند و همزمان قطعه نرم‌افزار کتابخانه‌ای برای آن به‌طور رایگان ارائه می‌شود.

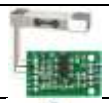



**شکل ۱ نمودار بلوکی ساختار سخت‌افزاری سامانه موردنظر با تمام اجزاء آن.**

یکی از پر مصرف‌ترین سخت‌افزار آردوینو، مدل مگا است که از میکروکنترلر اتمگا۲۵۶۰ استفاده می‌کند و در بسیاری از پروژه‌های عمومی تحقیقاتی کاربرد دارد. این میکروکنترلر دارای رابط یواس‌بی،۱۶پین ورودی آنالوگ و همچنین ۵۴ پین ورودی/خروجی دیجیتال است که اجازه اتصال بردهای توسعه مختلفی را فراهم می‌آورد. سامانه داده برداری پیوسته درتعامل باکاربر است. اطلاعات مربوط پایش را نمایش می-دهد و از او تنظیمات لازم را می‌گیرد.

در این پروژه از یک صفحه نمایش لمسی برای این مهم استفاده شده است. قابلیت بالای سامانه در قابلیت اتصال به طیف وسیعی از حسگرها از اهداف اصلی این طرح بوده‌است. ورودی اصلی سامانه حسگرها می‌باشند که متغیرهای محیط بیرون را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل کرده و به ورودی سامانه ارسال می‌کنند. در **Error! Not a valid bookmark self-reference.** فهرستی از انواع حسگرهای مورد استفاده در پژوهش‌های کشاورزی با بیان مشخصاتی در مورد هر کدام آورده شده‌است. این حسگرها بدقت با توجه به مشخصات و نیاز پژوهش‌های کشاورزی انتخاب شده‌است. حسگرها بطور عملی به سامانه متصل شده و سیگنال آنها خوانده شده‌است. این حسگرها هرکدام نماینده یک سری از انواع موجود می‌باشد و انتخاب آنها صرفا بعنوان یک نمونه از یک گروه بوده‌است. همانطوری که مشاهده می‌شود ویژگی‌های سامانه داده‌برداری در ارائه انواع درگاه ورودی این امکان را فراهم کرده‌است که با طیف وسیعی حسگرها سازگاری داشته باشد.

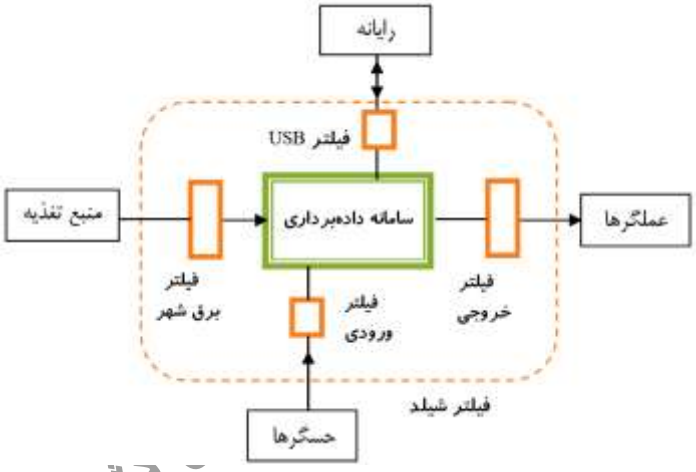
**جدول ۱ فهرست انواع حسگر قابل اتصال به سامانه داده‌برداری با جزئیات مربوطه**

| پارامتر اندازه‌گیری | کاربرد | حسگر | نام ماژول | نحوه ارتباط با میکرو | شکل |
|---|---|---|---|---|---|
| فشار هوا/ بارومتریک | هواشناسی -سنجش ارتفاع از سطح زمین | Piezo-resistive element | BOSCH-BMP280 | I2C<br>SPI | |
| میدان مغناطیس - فاصله نزدیکی | شمارش دور چرخ، میکروسوئیچ درب و میزان باز بودن دریچه بذر | اثر هال | Hall-SENSOR-44E | Ao to Ain<br>Do to Din | |
| نزدیکی/ تشخیص مانع | باز و بسته بودن درب/میزان باز بودن دریچه | مادون قرمز | Infrared Obstacle | Do to Din | |
| سنجش مسافت/فاصله | ارتفاع ادوات از سطح زمین/فاصله سمپاش تا روی گیاهان | آلتراسونیک | HC-SR04 | Trig to Din01<br>Echo to Din02 | |
| شعله، حرارت | هشدار آتش/ گرمای شدید | مادون قرمز | FIRE-SENSOR-S1 | Do to Din | |
| اسیدیته PH | فرآیند بیوگاز | اسیدیته PH | E201-C-9 A27-PH | Po to Ain<br>or ADC Module | |
| زاویه، سرعت و جهت دوران | سرعت چرخ زمین گرد، زاویه، سرعت و جهت محور چرخ و فلک | القای مغناطیسی | Omron E6b2-cwz6c Rotary Encoder | A phase to Din01<br>B phase to Din02 | |
| نیرو | سنجش وزن- سنجش نیروی کششی ادوات | استرین گیج مقاومت الکتریکی | Load Cells and HX711 | I2C |  |
| شتاب، میدان مغناطیسی | سنجش دینامیک ماشین‌ها، فعالیت فیزیکی دام، تحمل ضربه میوه‌ها | MEMS | GY-99 | I2C | |
| گاز آمونیاک | پایش محیط مرغ داری | Sensitive material SnO2 | 137-MQ | Ao to Ain<br>or<br>ADC Module | |
| شدت صوت | پایش صدا در ماشینهای کشاورزی، دامداری | میکروفن خازنی | KY-037 | Ao to Ain<br>Do to Din | |
| جریان آب | پایش آبیاری | توربین- اثر هال | YF-S201 | Signal to Din | |
| شبنم، مه، باران | هواشناسی، پایش محیط گلخانه | مقاومت الکتریکی | CJMCU-606 | Ao to Ain | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| جریان، ولتاژ و توان الکتریکی | پایش الکتریکی پمپ آب و سایر وسایل الکتریکی | - | INA219 | I2C | |
| رنگ | درجه بندی محصولات کشاورزی | فوتودیود و فیلتر نور | GY-33 | UART<br>I2C | |
| موقعیت خطی | سنجش عمق شخم، سنجش حرکت فنربندی | مقاومت الکتریکی | LPPS-200 | Ao to Ain<br>or<br>ADC Module | |

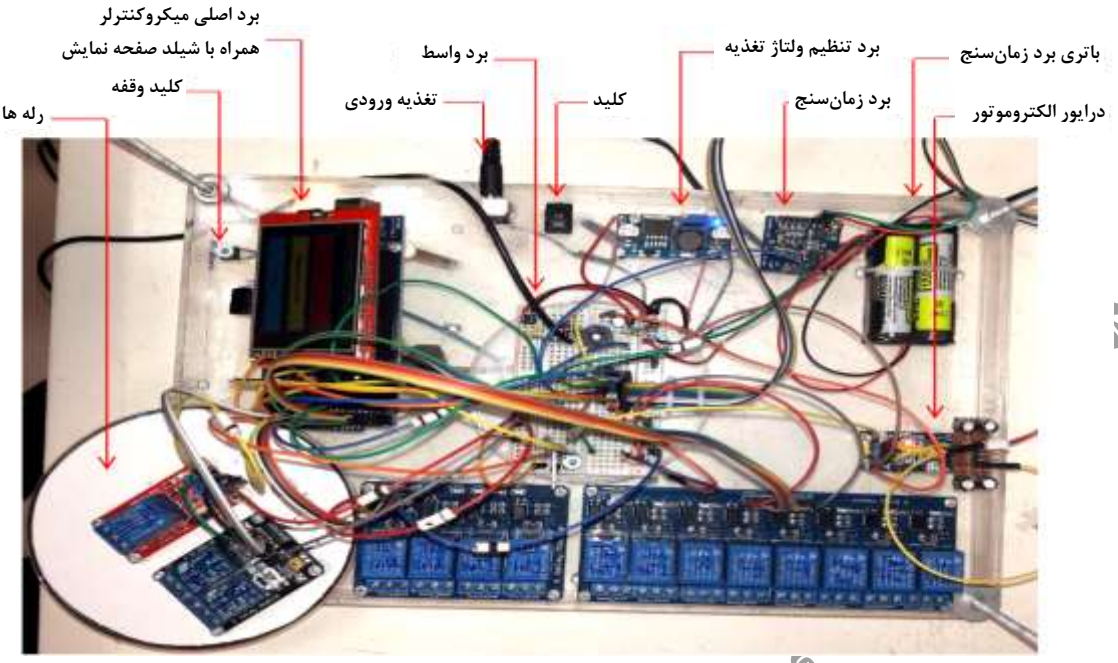
برای ذخیره اطلاعات سامانه داده‌بردار لازم بود تا یک واحد حافظه الکترونیکی بکارگرفته شود. برای اینکار از یک کارت حافظه میکرو اس دی که در سوکت موجود بر پشت شیلد صفحه نمایش لمسی نصب می‌شد، استفاده گردید. با استفاده از این کارت حافظه، میکروکنترلر علاوه بر نمایش پارامترهای اندازه‌گیری، قابلیت ذخیره آنها را نیز دارد و به عنوان سامانه داده‌بردار، تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده توسط سامانه را ثبت و ضبط مینماید.

جهت مقابله با تاثیر نویز که اثری است ناخواسته که از منابعی غیر از فرستنده که باعث تحریف سیگنال می‌شود بالاترین درجه حفاظت پیش بینی شد و فیلترهای پایین گذر در تمامی نقاط ورودی و خروجی به سامانه کار گذاشته شد.(شکل۲).




**شکل ۲ استفاده از فیلترهای پایین گذر در نقاط مختلف سامانه برای جلوگیری از تاثیر نویز**

پس طراحی و ساخت اجزاء سخت افزاری لازم بود کل مجموعه در کنار هم قرارگیرند و با برقراری اتصالات، سامانه از نظر سخت افزاری تکمیل گردد. برای نظم بیشتر کابل‌ها و کاهش تاثیر نویز بر سیگنال‌های ورودی و خروجی از دو ترمینال ورودی و خروجی استفاده گردید. به این صورت که ابتدا تمام ورودی‌ها و خروجی‌ها توسط دو کابل فلت به برد اصلی سامانه متصل شدند. این ترمینال‌ها به نزدیکی دستگاه تحت نظر برده شد و نصب گردید. صفحه‌ای شیشه‌ای به منظور اتصال اجزای مجموعه کنترلگر تهیه شد. بورد آردینو ۲۵۶۰ با چهار اسپیسر یک به صفحه شیشه ای توسط پیچ و مهره متصل گردید. (شکل ).




**شکل ۳ نمایی از مجموعه سخت‌افزاری سامانه داده‌برداری**

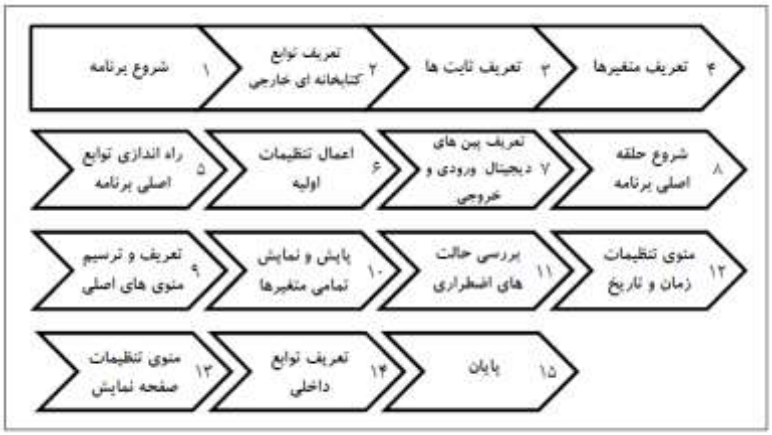
در ادامه شیلد صفحه نمایشگر لمسی ۲،۴ اینچ بر روی بورد آردوینو قرار گرفت. یک کارت حافظه با ظرفیت یک گیگا بایت وارد درگاه صفحه نمایشگر لمسی شد تا به عنوان حافظه سامانه داده‌بردار اطلاعات را ذخیره کند. سپس ماژول ساعت DS1307 بر روی صفحه شیشه‌ای توسط پیچ و مهره متصل گشت. سپس یک پاور جک به منظور اتصال منبع تغذیه ۱۲ ولت به آن برای تامین الکترسیته مجموعه بر روی صفحهٔ شیشه‌ای نصب شد و یک کلید بر سر راه آن به منظور روشن و خاموش کردن مجموعه کنترگر قرار گرفت. ماژول‌های رله پنج ولت روی صفحهٔ شیشه‌ای نصب گردید تا رله‌ها به عملگرها متصل شوند. سپس ماژول درایور الکتروموتور دی‌سی UL2003 و واسط انتقال سیگنال میکروکنترلر به عملگرها بر روی صفحهٔ شیشه‌ای نصب گردید و بازر پنج ولت اکتیو بر روی واسط انتقال سیگنال میکروکنترلر به عملگرها (برد بورد) قرار گرفت. در قدم بعدی سیم کشی‌های اجزای مجموعه کنترگر انجام شد تا مجموعه کنترگر آمادهٔ بهره برداری شود. حسگرها نیز بطور جداگانه به واسط انتقال سیگنال حسگرها به میکروکنترلر، نصب شدند. در انتهای ساخت این مجموعه کنترلگر، کلیدی به عنوان کلید وقفه روی صفحه شیشه‌ای تعبیه شد. این کلید با ارسال سیگنالی به پایه‌های مخصوصی در میکروکنترلر، وقفه ایجاد می‌کند. در شکل برد میکروکنترلر دیده نمی‌شود زیرا در زیر صفحه نمایش قرار گرفته است. همچنین باید توجه داشت که این یک پروتوتایپ از سامانه است و بعلت ماژولار بودن سخت افزار سامانه، این امکان وجود دارد که متناسب با نیاز کاربر در چینش‌های مختلف مونتاژ گردد.

شکل ۴ نمودار بلوکی سامانه داده‌برداری و ارتباط سخت‌افزار، نرم‌افزار و تنظیمات کاربر در آن.

بعد تکمیل قسمت سخت‌افزار مجموعه لازم بود تا برنامه یا همان کد مناسب به آن اعمال گردد تا مانند روحی که به تن وارد می‌شود آن را بکار بیاندازد و همچنین امکان دریافت تنظیمات اولیه کاربر فراهم گردد.(شکل ۴) برنامه مورد استفاده در این پژوهش سی پلاس بود که روی میکروکنترلر نصب شده و سامانه بطور مستقل از رایانه کار می‌کند و اطلاعات را روی کارت حافظه ذخیره می‌کند. این اطلاعات بعد براحتی قابل انتقال به رایانه شخصی جهت تحلیل، نمایش و ذخیره می‌باشند. ابتدا منوها و قسمت‌های مختلف برنامه کنترلی طراحی شد، سپس اجزای سخت-افزاری سامانه کنترلی مانند حسگرها، بازر، کلید وقفه، رله‌های مربوط به عملگرها و ... برای میکروکنترلر تعریف گردید و هریک از پین‌های میکروکنترلر برای اجزای نام برده مورد استفاده قرار گرفت. نرم افزار این قسمت طوری طراحی شد تا طی یک حلقه نرم افزاری یک به یک سیگنال های ورودی را قرائت نموده و در صفحه نمایش آنها را بصورت برخط نمایش می دهد. همزمان این مقادیر خوانده شده طبق فرمت مشخصی نسبت

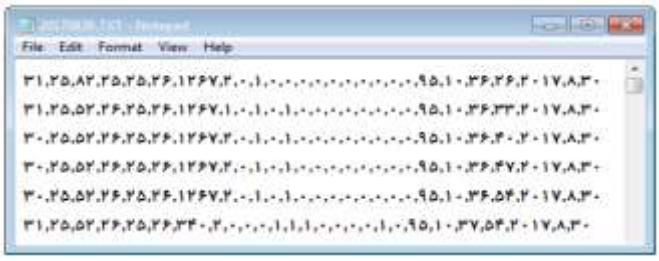
یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

به زمان بر روی کارت حافظه اس دی ذخیره می گردد. رزلوشن خواندن داده ها متناسب به دقت هر سیگنال ورودی در نرم افزار تنظیم می‌گردد. همچنین فاصله زمانی هر قرائت تا خواندن بعدی متناسب با مجموع سرعت عمل حسگرها خواهد بود. نرم افزار در حالت پایش مشابه حالت داده برداری است با این تفاوت که یکجا در میان حلقه اصلی برنامه، مقادیر قرائت شده از حسگرها با حدود از قبل تعریف شده مقایسه می گردد و در صورت تخطی از آنها، هشدار تصویری و صوتی صادر می گردد. همزمان سیگنال‌های از حدود گذشته بر روی صفحه نمایش معرفی می گردند. برنامه نوشته شده برای سامانه از اجزاء پر تعداد و متنوعی تشکیل شده است که هرکدام در جایگاه خود در حلقه اصلی نرم افزار قرار گرفته اند. شکل۵ جریان اجرای برنامه شامل تمامی اجزاء تشکیل‌دهنده آن به ترتیب قرارگیری در برنامه اصلی، نمایش می‌دهد. هر جزء در واقع یک زیربرنامه است. همانطور که مشاهده می شود تا مرحله هفتم تنظیمات اولیه برنامه شامل تعریف متغیرها و توابع کتابخانه‌ای خارجی صورت می‌گیرد و از مرحله هشتم حلقه اصلی برنامه شروع می شود و مرحله آخر ادامه پیدا می‌کند. با رسیدن به این مرحله مجددا به مرحله هشتم بر می‌گردد و حلقه اصلی برنامه شکل می‌گیرد و بصورت بی‌انتها تکرار می شود. کلیه عملیات اجرایی در این حلقه تعریف می‌گردند. برنامه تنها با فشردن دکمه وقفه از این حلقه خارج می‌شود.

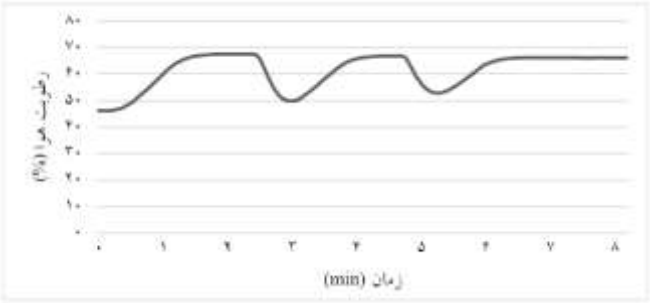



**شکل ۵ جریان کلی برنامه شامل اجزاء تشکیل دهنده آن به ترتیب قرارگیری در برنامه اصلی**

**شکل ۶ نمایی از فایل خام دیتا، ذخیره شده توسط سامانه داده‌برداری**




در سامانه داده‌برداری، اطلاعات در فایل داده‌ای خام با فرمتی ذخیره می‌شود که بسادگی قابل انتقال به نرم‌افزارهای داده صفحه گسترده مانند نرم‌افزار اکسل که مناسب برای دریافت، نمایش و تحلیل داده‌ها هستند، باشد. بدین ترتیب که هر دفعه نمونه برداری به‌صورت یک سطر از داده‌های ضبط می‌گردد و برای نمونه برداری جدید از اول خط سطری جدید ایجاد می‌گردد. در داخل هر سطر نیز داده‌ها با علامت کاما از هم جدا شده‌اند. در ابتدای خواندن فایل داده‌ای خام توسط نرم‌افزارهایی نظیر اکسل، نرم‌افزار می‌خواهد که علامت جداکننده داده‌ها را وارد نمایید. (شکل ۶). همچنین شکل ۷ یک گراف رسم شده از اطلاعات ضبط شده توسط سامانه داده‌برداری را نمایش می‌دهد. رابط گرافیکی کاربر شامل منوی اصلی،منوی پایش - داده برداری ، منوی اصلی تنظیمات، منوی تنظیم زمان و منوی آزمون و نمایش است. (شکل ۸)




**شکل ۷ یک گراف رسم شده از اطلاعات ضبط شده توسط سامانه داده‌برداری نشان دهنده روند تغییرات رطوبت هوا نسبت به زمان.**

**شکل ۸ تصاویر رابط گرافیکی کاربری ۱) صفحه پایش ۲) منوی انتخاب حسگر ۳) منوی تنظیمات عملکرد ۴) منوی تنظیمات ظاهری**

## ۳- نتایج

با توجه به توانایی‌های شرح داده شده این سامانه قادر به بهره برداری در پروژه های مختلف کشاورزی می باشد که بعنوان دستاورد طرح آورده شده است: داده‌برداری، پایش سرعت پیشروی تراکتور، داده‌برداری، پایش سرعت دورانی محورها (موتور، پی تی او و ...)، اندازه‌گیری سطح دانه در مخزن، اندازه‌گیری شدت جریان مواد و رطوبت در انتقال مواد در نقاله‌ها و الواتورها، ارتفاع هد کمباین، دور و فاصله کوبنده‌ها، نیروهای وارد بر سه نقطه اتصال برای کنترل کشش و ارتفاع، اندازه‌گیری نیروی کششی در ادوات (دینامومتر)، ماشینهای نرخ متغیر شامل کارنده‌ها، توزیع کننده‌های کود و سمپاش‌ها، اندازه‌گیری دبی، فشار و سرعت پیشروی جهت پایش و تنظیم سمپاش‌ها، خشک کن‌ها، پایش عوامل محیطی در سرد خانه‌ها، انبارها، سیلوها، گلخانه‌ها و صنعت طیور، کنترل کیفیت محصولات (جداسازی، درجه بندی، بسته بندی و... ).

این پژوهش به هدف اصلی یعنی دستیابی به یک سامانه الکترونیکی دیجیتال جهت اندازه‌گیری، ضبط داده‌ها، پایش متغیرهای طرح‌های کشاورزی خود دست یافت. همچنین اهداف فرعی شامل استفاده از یک سامانه میکروکنترلی قابل برنامه ریزی با ورودی‌ها آنالوگ و دیجیتال، راه-اندازی حسگرهای اندازه‌گیری متغیرهای مختلف مانند دما، شدت نور، رطوبت نسبی هوا وغیره، راه‌اندازی یک نمایشگر جهت اعلان همزمان اطلاعات و یک صفحه کلید جهت اعمال ورودی‌های سامانه از طرف کاربر، ضبط داده‌های دریافتی از حسگرها بر روی یک کارت حافظه، امکان برنامه‌نویسی متن بازمیکروکنترلر توسط رایانه شخصی از طریق اتصال یو اس بی دست پیدا کرد.

هدف تعیین عنوان این طرح بشکل جامع یعنی هر دو عمل داده برداری، پایش در یک دستگاه به جهت نشان دادن قابلیت بالای سامانه‌های دیجیتال مبتنی بر میکروکنترلرها بوده است. همچنین منظور از بیان واژه همه کاره علاوه بر دو عمل ذکر شده، امکان سازگاری ورودی و خروجی-های سامانه با طیف وسیعی از حسگرها و عملگرها بود و این بواسطه انعطاف فوق العاده سامانه‌های دیجیتال می‌باشد. یک مزیت این سامانه دیجیتال در تبدیل سیگنال همه حسگرها به داده‌های دیجیتال می‌باشد و این به معنی امکان کالیبره کردن آنها در طیف گسترده می‌باشد.

با طراحی، ساخت و ارزیابی اولیه سامانه داده برداری این نتیجه کلی بدست آمد که با بکارگیری المان‌های دیجیتال ماژولار همراه با نرم‌افزار-های متن باز می‌توان به پتانسیل بالایی در طراحی و ساخت داخلی بسیای از تجهیزات پیچیده خارجی با کمترین هزینه اقدام کرد. علاوه بر آن دستاوردهای بدست آمده از این نوع پژوهش‌ها کاملا قابل ارائه در میان کارشناسان خواهد بود و به دانش و فن آوری موجود خواهد افزود و امکان رشد پژوهشگران در راستای حل مشکلات پیش روی کشاورزی کشور فراهم می‌کند.

## ۴- نتیجه گیری

در این پروژه تمام سامانه به‌صورت دیجیتال طراحی گردید و این بمعنای گام گذاشتن در مسیر رو به رشد صنعت دیجیتال می‌باشد و این امکان را فراهم می‌کند که سامانه ساخته شده از پیشرفت‌های بدست آمده در این زمینه بهره خواهد برد. بعنوان مثال امروزه سامانه‌های دیجیتال به‌سمت برقراری ارتباط بی سیم پیش می‌روند. هم ارتباط میان اجزاء داخلی سامانه و هم اتصال آن به شبکه جهانی اینترنت که در واقع منجر به باز شدن افق وسیعی پیش روی این نوع سامانه‌ها می‌شود. پیشنهاد می شود با اضافه کردن ماژول GPS به سامانه امکان اضافه کردن اطلاعات مکان داده‌برداری به سایر داده‌ها فراهم شود. این امر در بعضی پژوهش‌ها مانند نمونه برداری از خاک مزارع مختلف بسیار مفید می‌باشد. همچنین قابلیت ارتباطات بی سیم به سامانه شامل مواردی مانند ارتباط بی سیم حسگرها با سامانه، و ارتباط بی‌سیم سامانه به شبکه اینترنت افزوده شود. ضمنا شناسایی موارد بیشتری از متغیرهای اندازه‌گیری مورد نیاز در پژوهش-های کشاورزی شود و حسگرهای عملی مربوطه و تطبیق آنها با سامانه داده برداری پیشنهاد می شود.

## ۵- مراجع

Arduino. www.arduino.cc. (2017). *https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage*

Castañeda-Miranda, R., Ventura-Ramos Jr, E., del Rocío Peniche-Vera, R., & Herrera-Ruiz, G. (2006). Fuzzy greenhouse climate control system based on a field programmable gate array. *Biosystems engineering, 94(2)*, 165-177.

Helmer, T., Ehret, D. L., & Bittman, S. (2005). CropAssist, an automated system for direct measurement of greenhouse tomato growth and water use. *Computers and electronics in Agriculture, 48(3)*, 198-215.

Koutroulis, E., & Kalaitzakis, K. (2003). Development of an integrated data-acquisition system for renewable energy sources systems monitoring. *Renewable Energy, 28(1)*, 139-152.

Mendoza-Jasso, J., Ornelas-Vargas, G., Castañeda-Miranda, R., Ventura-Ramos, E., Zepeda-Garrido, A., & Herrera-Ruiz, G. (2005). FPGA-based real-time remote monitoring system. *Computers and Electronics in Agriculture, 49(2), 272-285.*

Morais, R., Matos, S. G., Fernandes, M. A., Valente, A. L., Soares, S. F., Ferreira, P. J. S. G., & Reis, M. J. C. S. (2008). Sun, wind and water flow as energy supply for small stationary data acquisition platforms. *Computers and electronics in agriculture, 64(2)*, 120-132.

Timlin, D., Lutfor Rahman, S. M., Baker, J., Reddy, V. R., Fleisher, D., & Quebedeaux, B. (2006). Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. *Agronomy Journal, 98(5)*, 1195-1203.

Van Iersel, M. W., & Bugbee, B. (2000). A multiple chamber, semicontinuous, crop carbon dioxide exchange system: design, calibration, and data interpretation. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 125(1)*, 86-92.

Vellidis, G., Tucker, M., Perry, C., Kvien, C., & Bednarz, C. (2008). A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and electronics in agriculture, 61(1)*, 44-50.

Wünsche, J. N., & Palmer, J. W. (1997). Portable through-flow cuvette system for measuring whole-canopy gas exchange of apple trees in the field. *HortScience, 32(4)*, 653-658.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران