



# دستگاه رطوبت‌سنج با قابلیت اتصال به تلفن همراه

پژوهشگران پایه دهم: ملینا رضایی، ریحانه کریمی

دبیر راهنما: مریم حلوائی

مرکز آموزشی فرزنانگان ۳- تهران



مدرسه ملی  
فناوری ایران



بنیاد توسعه  
باشگاه‌های  
دانش‌آموزی

**چکیده:** خشکسالی یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در جهان است. برنج منبع اصلی غذایی در کشور ایران است که نیاز آبی بالایی دارد؛ به همین دلیل کشت برنج با مشکلاتی روبرو شده است. از سوی دیگر بیشترین تلفات منابع آبی در زمینه کشاورزی صورت می‌گیرد که دلیل اصلی آن نداشتن دقیق رطوبت زمین کشاورزی است، زیرا از آنجایی که رطوبت قسمت ریشه با سطح خاک متفاوت است، کشاورز به اشتباه رطوبت را تشخیص می‌دهد، در نتیجه آبیاری به نادرست انجام می‌شود.

## چکیده

خشکسالی یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در جهان است. برنج منبع اصلی غذایی در کشور ایران است که نیاز آبی بالایی دارد؛ به همین دلیل کشت برنج با مشکلاتی روبرو شده است. از سوی دیگر بیشترین تلفات منابع آبی در زمینه کشاورزی صورت می‌گیرد که دلیل اصلی آن نداشتن دقیق رطوبت زمین کشاورزی است، زیرا از آنجایی که رطوبت قسمت ریشه با سطح خاک متفاوت است، کشاورز به اشتباه رطوبت را تشخیص می‌دهد، در نتیجه آبیاری به نادرست انجام می‌شود.

محققین با بررسی مشکلات مذکور، دستگاه رطوبت‌سنجی با قابلیت اتصال به تلفن همراه ساختند که رطوبت زمین را با ارسال پیامک یا در اپلیکیشن به کشاورز گزارش می‌دهد و در صورت کاهش یا افزایش شدید رطوبت، به کشاورز هشدار می‌دهد یا افزایش زیاد رطوبت زمین ارسال می‌شود، لذا کشاورز می‌تواند از راه دور و بدون نیاز به رفت‌وآمد مکرر، رطوبت زمین را کنترل کند که همین موضوع باعث کاهش اتلاف وقت و انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود و از بار روانی کشاورز کاسته می‌شود. از سوی دیگر این دستگاه کاملاً دانش‌آموزی است و می‌تواند رطوبت انواع محصولات کشاورزی را اندازه‌گیری کند، بدین منظور باید دستگاه بر پایه اطلاعات کشاورزی محصول مورد نظر تنظیم گردد.

ساخت دستگاه در دو فاز سخت‌افزاری و نرم‌افزاری انجام گردید. در فاز اول، بخش‌های سخت‌افزاری دستگاه شامل سنسورها، ماژول‌ها و میکروکنترلر بر برد نصب و بین آنها ارتباط برقرار شد. در بخش نرم‌افزاری، برنامه‌نویسی بر پایه پایتون و پلتفرم Arduino صورت گرفت؛ در نتیجه اطلاعات از سنسورها خوانده شده و به اپلیکیشن پژوهشگران انتقال می‌یابد.

از آنجایی که در مراحل مختلف رشد برنج و دیگر محصولات، میزان رطوبت مورد نیاز متفاوت است؛ بنابراین استفاده از دستگاه‌های رطوبت‌سنج برای تولید محصولات بیشتر با بهترین کیفیت ضروری است. دستگاه ساخته شده محققین، رطوبت خاک را به طور دقیق اندازه‌گیری می‌کند، لذا می‌تواند بسیار کارآمد باشد و به صرفه‌جویی در مصرف آب و بحران خشکسالی کمک شایانی می‌کند.

کلیدواژه: رطوبت – رطوبت‌سنج – برنج – خشکسالی

Keywords: Humidity – Humidity meter – Rice

## مقدمه:

خشکسالی بزرگ‌ترین و مهم‌ترین مشکل امروز در کشور ایران است. بر طبق آمار مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، تا سال ۱۴۲۰، سرانه آب کشور به ۹۷۶ متر مکعب خواهد رسید که نمی‌تواند نیاز جمعیت ۱۰۶ میلیون نفری را تأمین کند. [۱] بنابراین صرفه جویی در مصرف آب به‌ویژه در زمینه کشاورزی اهمیت به‌سزایی دارد. از سوی دیگر برنج یکی از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین غلات در بسیاری از کشورهای دنیا و از جمله ایران است و امنیت غذایی و رفاه مردم به‌طور قابل توجهی به کشت این محصول متکی است ولی به دلیل بالا بودن نیاز آبی برنج، کشت این محصول با چالش کمبود آب مواجه شده است. [۲]

با توجه به مشکلات مطرح شده، از جمله اقداماتی که می‌توان در جهت رفع بحران‌های مذکور انجام داد، استفاده از دستگاه‌های رطوبت‌سنج برای کنترل میزان رطوبت خاک است. گروه پژوهشی با ساخت دستگاه رطوبت‌سنجی که قابلیت اتصال به تلفن همراه دارد، این امکان را به کشاورز می‌دهد تا بدون نیاز به رفت‌وآمدهای مکرر، از طریق پیامک و یا مراجعه به اپلیکیشن، رطوبت زمین را به‌طور دقیق بررسی کند و در صورت نیاز، اقدام به آبیاری کند؛ بنابراین در مصرف آب، صرفه‌جویی و از اتلاف وقت و نیروی انسانی جلوگیری خواهد شد و می‌توان با کمترین مصرف آب، بیشترین و بهترین تولید را داشت.

این دستگاه در زمانی که رطوبت بیش از حد یا کمتر از حد معمول باشد، با ارسال پیامک به کشاورز، به او هشدار می‌دهد تا اقدامات لازم از سوی کشاورز صورت پذیرد.

بر اساس آزمایش‌ها انجام شده، مشخص شد دستگاه ساخته شده می‌تواند رطوبت را به‌طور دقیق اندازه‌گیری کند و این قابلیت را دارد که نه تنها برای برنج، بلکه برای سایر محصولات نیز مورد استفاده قرار بگیرد، تنها کافی است رطوبت گیاه مورد نظر بر روی دستگاه ثبت شود.

## کشاورزی:

به تولید مواد غذایی و کالا از راه زراعت و جنگل‌داری و دامداری است. کشاورزی همان چیزی است که به ظهور تمدن منجر شد. مطالعه کشاورزی به نام علم کشاورزی شناخته می‌شود.

کشاورزی شامل طیف وسیعی از تخصص‌ها و فنون، از جمله راه‌هایی برای گسترش زمین‌های مناسب برای زراعت گیاه، حفر کانال‌ها و فرم‌های مختلف آبیاری می‌باشد.



در دنیای امروز با نگرانی‌های موجود و کمبود منابع نیاز است تا کشاورزی را به سوی کشاورزی پایدار مثلا **کشاورزی زیستی** یا کشاورزی فشرده مثلا **صنعتی** پیش ببریم تا بتوانیم نیازها را در آینده برطرف نماییم.

## کشاورز:

به فردی گفته می‌شود که برای تولید **غذا** و بهره‌برداری اقتصادی به کشت و کار در زمین‌های کشاورزی و یا نگهداری دام‌های اهلی می‌پردازد. یک کشاورز ممکن است در زمین خود به عنوان مالک و یا در زمین‌های افراد دیگر به عنوان **کارگر** مشغول به کار باشد. اصطلاح کشاورز به کسی که در تولید محصولات زراعی، باغی، دامی و طیور فعال است، صدق می‌کند. محصولات کشاورزی می‌تواند تنها برای مصرف خانواده کشاورز و یا **جامعه** تولید شود.

در بسیاری از جوامع اصطلاحات گوناگونی برای فعالین بخش‌های مختلف کشاورزی در نظر گرفته شده است؛ به عنوان مثال، به کسانی که برای بهره‌برداری اقتصادی از **گاو**، **گوسفند** و **بز** نگهداری می‌کنند، دام‌دار یا **چوپان** و به کسانی که در **باغ‌ها** فعال می‌باشند، باغ‌دار و به کسانی که در زمین‌های زراعی فعال می‌باشند، کشاورز گفته می‌شود.

## محصول کشاورزی:

به گیاهی (هر گیاهی) خودرو یا کشت شده گفته می‌شود که محصول آن در مراحل خاصی از رشد گیاه توسط انسان برداشت می‌شود. گیاهانی که کشت نشده اما محصول آن‌ها برداشت می‌شود، به مانند گیاهانی که کشت می‌شوند اما محصول آن‌ها هرگز برداشت نمی‌شود، در واقع به عنوان محصولات کشاورزی طبقه‌بندی نمی‌شوند. **گل‌ها** در رده محصولات کشاورزی طبقه‌بندی می‌شوند زیرا زمانی که مورد کاشت قرار می‌گیرند، برداشت آن‌ها اهداف زیباشناختی را در بر می‌گیرد. محصولات کشاورزی به **گیاهانی** اشاره می‌کند که در مقیاس وسیع برای تامین **غذا**، **پوشاک** و سایر کاربردهای بشر کاشت می‌شوند. محصولات کشاورزی **گونه‌های** غیر **جانوری** یا **وارثه‌هایی** کشت شده هستند که برای مصارفی به مانند غذا، **علوفه دام**، **سوخت** و یا برای هر هدف اقتصادی دیگر (به عنوان مثال برای استفاده در ساخت رنگ‌ها، داروها، و لوازم آرایشی و بهداشتی) برداشت می‌شوند.

عمده‌ترین محصولات کشاورزی عبارتند از: **گندم**، **ذرت**، **نیشکر**، **برنج**، **سیب زمینی**، **سویا**، **پنبه**، **یونجه** و **کدو تنبل** در حالی که اصطلاح محصول کشاورزی اغلب به گیاهان اشاره دارد اما می‌تواند دیگر گونه‌های **زیست‌شناختی** را نیز در بر بگیرد. برای مثال، قارچ **شیتاکه** که در **رده**

**قارچ‌ها** قرار دارد، یک محصول کشاورزی نامیده می‌شود. علاوه بر این، گونه‌های خاصی از **جلیک‌ها** نیز کاشت می‌شوند، هرچند، گاهاً برداشت محصول از موارد وحشی و خودرو هم صورت می‌گیرد. در مقابل، گونه‌های جانوری که توسط انسان پرورش داده می‌شوند به جز مواردی که به عنوان **حیوانات خانگی** نگهداری می‌کردند، **دام** نامیده می‌شوند.

گونه‌های **میکروبی** مانند **باکتری‌ها** و **ویروس‌ها** به کشت‌های (آزمایشگاهی) اشاره می‌کنند. به طور معمول میکروب‌ها برای مصارف غذایی کشت نمی‌شوند، اما در عوض برای تغییر مواد غذایی مصرف می‌گردند. به عنوان مثال، باکتری‌ها برای تخمیر **شیر** به **ماست** مورد استفاده قرار می‌گیرند.

[۳]

## آبیاری:

**آبیاری** از قدیمی‌ترین فعالیت‌های بشری بوده که اصلی‌ترین هدف آن افزایش تولید **محصولات** کشاورزی است. در آبیاری رطوبت خاک باید در حدی حفظ شود که گیاه دچار کمبود آب نشود. باید توجه داشت که کمبود رطوبت در خاک همان قدر برای گیاه مشکل‌ساز است که رطوبت بیش اندازه خاک. بنابراین نباید در آبیاری زیاده‌روی کرد، زیرا باعث می‌شود گیاه از رطوبت بیش از اندازه آسیب ببیند و عملکرد محصول پایین بیاید. هدف آبیاری در بعضی موارد می‌تواند کنترل دمای هوا، رطوبت هوا و کاهش آفات و بیماری‌های گیاهی باشد.

انواع روش‌های آبیاری را می‌توان در دو دسته کلی آبیاری سطحی و آبیاری تحت فشار طبقه‌بندی کرد. اصلی‌ترین تفاوت بین روش‌های آبیاری سطحی و تحت فشار، نوع نیروی به کار رفته برای توزیع آب در مزرعه است. در آبیاری سطحی آب به کمک نیروی جاذبه زمین یا نیروی ثقل در روی زمین پخش می‌شود. به همین علت نام دیگر آبیاری سطحی، آبیاری ثقلی است. در آبیاری تحت فشار از پمپ و لوله برای انتقال آب و از پاشنده‌ها برای پخش آب در سطح مزرعه استفاده می‌گردد. منظور از پاشنده‌ها، **آپاش‌ها** یا **قطره‌چکان‌ها** هستند که بر روی لوله‌ای به نام لوله جانبی قرار دارند. لوله جانبی را لوله لترال نیز می‌نامند. [۴]

## آبیاری برنج:

آبیاری در هر زراعت و تولیدی از مهم‌ترین عملیات است که باید آن را مدنظر داشت خصوصاً در زراعت برنج، چون برنج گیاهی است با مصرف آب بالا که متحمل به شرایط غرقابی است. وجود آب سبب انتقال مواد مختلف از ریشه به ساقه، برگ و دانه‌ها شده و در نتیجه موجب تهیه مواد خشک

می‌گردد. مقدار آب مورد نیاز برای برنج بستگی به روش کاشت، تراکم بوته‌ها، مقدار مصرف مواد تقویت‌کننده، نوع بافت خاک، شرایط اقلیمی و رقم مورد کاشت داشته و به طور کلی در ارقام زودرس نیاز آبی کمتر و در ارقام دیررس نیاز آبی بیشتر است. در تمامی مراحل رشدی گیاه نیاز آبی وجود داشته که البته در دو مرحله یعنی بعد از کاشت بوته‌ها در زمین اصلی و نیز مرحله‌ی آغاز رشد زایشی و خصوصاً ابتدای خوشه‌دهی محسوس‌تر و حساس‌تر است.

## مقدار آب مورد نیاز در مراحل مختلف زراعت برنج:

- مرحله آماده‌کردن زمین: میزان آب مورد نیاز در مرحله آماده‌سازی زمین در حدود ۱۵۰۰-۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار متفاوت است.
- مرحله جوانه‌زنی و رشد بذر در خزانه: مقدار ۴۵-۶۰ مترمکعب آب برای آماده‌کردن خزانه و ۷۵-۱۲۰ مترمکعب برای آبیاری بذر جوانه‌دار از زمان بذرپاشی در خزانه تا پس از ۳۰-۴۰ روز.
- مرحله رشد رویشی: در هفته اول پس از نشاکاری عمق آب ۵-۶ سانتی‌متر و پس از آن در زمان پنجه دهی به ۲-۳ سانتی‌متر کاهش می‌یابد.
- مراحل رشد زایشی: در این دوره عمق آب در کرت بایستی در حدود ۲-۴ سانتی‌متر حفظ گردد.
- مراحل رسیدن: عمق آب باید در این دوره حدود ۱-۲ سانتی‌متر بوده و پس از زردشدن بوته‌های برنج به وجود آب نیازی نیست.

## روش‌های آبیاری برنج:

- آبیاری به روش غرقابی دائم: خود به دو روش غرقابی راکد و غرقابی جاری تقسیم می‌شود. در روش غرقابی راکد، مصرف آب نسبت به غرقابی جاری کمتر بوده، انتقال مواد غذایی نیز کمتر است. در روش غرقابی جاری راندمان آبیاری کم بوده و انتقال مواد غذایی بیشتر است اما در اراضی که نفوذپذیری خاک زیاد است با استفاده از این روش می‌توان از تجمع مواد سمی جلوگیری نموده و درجه حرارت خاک را تنظیم نمود. از مزایای غرقابی دائم، هزینه کمتر در کنترل علف هرز و نظارت کمتر در آبیاری می‌باشد.
- آبیاری به روش تناوبی: در این روش، پس از غرقاب نمودن زمین، آبیاری قطع شده و تا زمانی که زمین به مرحله ترک‌خوردن نرسد آبیاری مجدد صورت نمی‌پذیرد. از مزایای این روش صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش مشکلات ناشی از عدم زهکشی، تهویه خاک و خروج گازهای سمی می‌باشد. با



استفاده از روش فوق تا ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده و عملکرد محصول نیز افزایش می‌یابد. [۵]

## کنترل رطوبت خاک:

سطح کافی رطوبت خاک شرایط مهمی برای تشکیل مناسب گیاه و عملکرد زیاد محصول است. برای گیاه، آب نه تنها به عنوان عامل بازگرداندن رطوبت بلکه به عنوان تنظیم‌کننده دما نیز عمل می‌کند. در فرایند تنظیم مجدد دما، گیاه تا ۹۹٪ از کل آب به دست‌آمده تبخیر می‌شود، و فقط ۲٪ تا ۵٪ برای تشکیل توده رویشی استفاده می‌کند؛ بنابراین می‌توان به راحتی درک کرد که گیاه بسته به شرایط آب و هوایی و مراحل رشد نیازهای مختلفی به رطوبت دارد.

مقدار مشخصی از آب به صورت بخار آب متراکم درآمده و به آب و هوا، توپوگرافی، نوع پوشش گیاهی و همچنین شرایط هیدروژئولوژیکی بستگی دارد. لایه آب بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود: ۱ میلی‌متر باران در هر هکتار (هکتار) مربوط به ۱۰ تن آب است. در نتیجه وظیفه اصلی یک کشاورز حداکثر رساندن انباشت، ذخیره‌سازی و استفاده کارآمد از رطوبت است. البته، هنوز هم چالش‌برانگیز است و بنابراین به تلاش و زحمت بیشتری نیاز دارد.

## اهمیت رطوبت خاک برای کشاورزی کارآمد

هیچ یک از فرایندهای فیزیکی موجود در جو و محیط، بدون وجود آب در سیاره زمین اتفاق نمی‌افتد. رطوبت خاک به میزان بارندگی، شدت مصرف آب توسط گیاهان، دمای هوا و سایر عوامل بستگی دارد. سطح رطوبت کافی از اهمیت بالایی برای عملکرد برخوردار است، بنابراین گیاهان با رطوبت ناکافی **خاک** رشد و نمو نمی‌کنند. [۶]

## روش‌های اندازه‌گیری رطوبت:

(۱) بازتاب سنجی دامنه ظرفیت و فرکانس:

بازتاب سنجی دامنه فرکانس (FDR) کوچک‌تر از TDR است. بازتاب سنجی دامنه فرکانس تخمینی از رطوبت خاک را با تغییر فرکانس سیگنال در نتیجه خواص دی‌الکتریک ارائه می‌دهد. ظرفیت الکتریکی خازنی که از خاک به عنوان دی‌الکتریک استفاده می‌کند به محتوای دی‌الکتریک بستگی دارد. هنگامی که این خازن به یک نوسانگر متصل می‌شود، یک مدار الکتریکی را تشکیل

می‌دهد، تغییر در رطوبت خاک را می‌توان با تغییر در فرکانس کاری مدار اندازه‌گیری کرد. مزیت اصلی این روش این است که اندازه‌گیری دقیق ( $\pm 0.1\%$ ) را پس از کالیبراسیون خاص خاک فراهم می‌کند و می‌تواند در سطح شوری بالا، جایی که TDR شکست می‌خورد، بخواند. علاوه بر این، FDR وضوح بهتری نسبت به TDR ارائه می‌دهد. از سوی دیگر، عیب این روش این است که حوزه نفوذ حسگر نسبتاً کوچک است (حدود ۴ سانتی‌متر) و برای اندازه‌گیری دقیق، داشتن تماس خوب بین سنسور و خاک بسیار حیاتی است. علاوه بر این، این تکنیک نسبت به TDR به دما، چگالی ظاهری، محتوای رس و شکاف هوا بسیار حساس است و نیاز به کالیبراسیون خاص خاک دارد.

## ۲) روش‌های نوترونی:

روش نوترونی اندازه‌گیری محتوای خاک - آب یک روش میدانی غیرمخرب است که بر اساس کاهش سرعت توسط آب نوترون‌های سریع ساطع شده از یک منبع رادیواکتیو است. اندازه‌گیری واقعی معمولاً با پایین آوردن یک کاوشگر متشکل از منبع و یک آشکارساز به عمق مورد نیاز در سوراخ دسترسی مناسب در زمین انجام می‌شود. مقدار کل خاک - آب را می‌توان با یک کاوشگر نوترونی اندازه‌گیری کرد اگر به درستی با نمونه‌برداری وزنی کالیبره شود. مزیت اصلی این روش این است که استفاده از آن نسبتاً آسان و ساده است. علاوه بر این، این روش غیرمخرب است که اندازه‌گیری مشخصات توزیع رطوبت خاک را در چندین اعماق فراهم می‌کند. این روش دقت سطح بالا را بهتر از  $\pm 0.2\%$  در محتوای آب حجمی با کالیبراسیون مناسب ابزارها و قابلیت اندازه‌گیری SMC سطح در شرایط بلادرنج ارائه می‌کند. عیب این روش این است که شامل هزینه‌های بالای خرید تجهیزات و خطر تشعشع می‌شود. علاوه بر این، کاوشگرهای نوترونی به کالیبراسیون مناسب با توجه به هر نوع خاکی که در آن استفاده خواهد شد، نیاز دارند که در عمل زمان جمع‌آوری داده‌ها را افزایش می‌دهد.

## ۳) تضعیف گاما:

تکنیک تضعیف اشعه گاما یک تکنیک غیرمخرب است که در آن نیازی به تماس مستقیم بین ماده مورد مطالعه و مجموعه آشکارساز نیست. قادر به تعیین میزان رطوبت در لایه بالایی خاک (تا ۱ تا ۲ سانتی‌متر) است و ابزاری سریع و غیرمخرب برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری خاک و محتوای خاک - آب فراهم می‌کند. روش تضعیف اشعه گاما مطمئن‌ترین روش برای تعیین چگالی بدون ایجاد اختلال در توده خاک است، حداقل اگر دقت شود که قراردادن لوله باعث اختلال در توده خاک در نزدیکی لوله نشود و دقت این روش  $\pm 1\%$  آب در هر فوت مکعب است. مزیت این روش این است که می‌تواند مقدار متوسط آب را برای عمق پروفیل فراهم کند. علاوه بر این، این روش امکان کاوش پروفیل را با حرکت نمونه دستگاه اندازه‌گیری در داخل لوله فراهم می‌کند و عیب اصلی این روش این است که خاک‌های مختلف منحنی کالیبراسیون یکسانی را ارائه می‌دهند. [۷]



## تحقیقات پیشین:

خاک به عنوان محیطی برای رشد گیاهان عمل می‌کند. آب را جذب می‌کند، رطوبت را حفظ می‌کند و ریشه گیاهان را نگه می‌دارد. برای آبیاری محصولات زراعی، یکی از روش‌های معمول استفاده از کاهش رطوبت خاک است. هنگامی که یک گیاه رشد می‌کند، از آب داخل نیمرخ خاک ناحیه ریشه خود استفاده می‌کند. با استفاده از آب توسط گیاهان، رطوبت در خاک به حدی می‌رسد که آبیاری مورد نیاز است و در غیر این صورت گیاه دچار استرس می‌شود. در صورت عدم استفاده از آب، گیاه به استفاده از مقدار کمی آب باقیمانده ادامه می‌دهد تا در نهایت از تمام آب موجود در خاک استفاده کند و بمیرد. یکی از عواملی که بر رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد، خشکسالی است. خشکسالی عامل اصلی فاجعه کشاورزی بوده است. گفته می‌شود که خشکسالی کشاورزی زمانی رخ می‌دهد که رطوبت خاک برای برآوردن نیازهای آبی محصول ناکافی باشد و منجر به کاهش عملکرد شود.

برای جلوگیری از تلفات محصول، در سال ۲۰۱۸ دستگاهی در هند برای تشخیص سطح رطوبت خاک توسط G A Gines و همکاران ساخته شد. دستگاه در مزرعه قرار می‌گیرد و در سه حالت مرطوب، معمولی و خشک کار می‌کند. در صورت مرطوب و نرمال، دستگاه ثابت می‌ماند. اگر رطوبت خاک در حالت خشک باشد، پمپ آب تا زمانی که به حالت عادی برسد روشن می‌شود. شبکه حسگر بی سیم یکی دیگر از فناوری‌های توسعه یافته در هند است. در سیستم‌های آبیاری خودکار برای افزایش استفاده از آب برای محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. این شامل یک سنسور رطوبت خاک و سنسور دما است که در زیر خاک جایی که ریشه گیاهان می‌رسد قرار می‌گیرد. برای ارائه تکنیک‌های کشاورزی هوشمند به کشاورزان هندی برای نظارت دقیق بر عوامل اساسی رشد محصول، این پروژه توسعه یافته است. این دستگاه سه مورد از مهم‌ترین و اساسی‌ترین پارامترهای رشد گیاهان یعنی رطوبت، دما و رطوبت خاک را اندازه‌گیری می‌کند. میکروکنترلر Arduino Uno است. سنسور رطوبت سنج FC۲۸ و سنسور DHT۱۱ به ترتیب برای اندازه‌گیری رطوبت و دما و رطوبت خاک استفاده می‌شود. سنسورها داده‌ها را خوانده و به برد میکروکنترلر ارسال می‌کنند. سپس برد داده‌ها را مطابق کد پردازش و نقشه برداری می‌کند و در نهایت آن را روی واحد LCD نمایش می‌دهد. [۸]

## روش اجرای طرح:

جدول وسایل مورد نیاز:

مقدار	نوع / ویژگی	ماده
۱ عدد	جهت جمع‌آوری اطلاعات و فرستادن اطلاعات به دستگاه	Node میکروکنترلر MCU
۱ عدد	جهت اندازه‌گیری دما و رطوبت هوا	DHT11 سنسور
۱ عدد	جهت تشخیص رطوبت خاک	YL09 سنسور
۱ عدد	جهت کنترل مقدار ولتاژ	ولت‌متر
۱ عدد	(جهت کاهش ولتاژ) DC به DC	LM35 ماژول
۱ عدد	جهت تأمین برق دستگاه	شارژر
۲ عدد	جهت اتصال میکروکنترلر به کامپیوتر یا لپ‌تاب	USB سیم
۱ عدد	جهت قراردادن ماژول‌ها و ارتباط آنها با یکدیگر	Bread Board برد
۱ عدد	جهت محدود کردن جریان الکترون‌های مدار	مقاومت الکتریکی
۱ عدد	جهت قرارگیری استفاده از سیم‌کارت به منظور ارسال پیامک	ماژول سیم‌کارت Sim۸۰۰C
۱ عدد	جهت ارسال پیامک	سیم‌کارت
۱ عدد	جهت ارسال پیامک	خط ارسال پیامک مجازی
۱ عدد	جهت ارسال پیامک	فضای هاست
به تعداد لازم	جهت اتصال ماژول‌ها، سنسورها و میکروکنترلر به برد و برقراری ارتباط بین آنها	سیم جامپر

## روش انجام تحقیق:

فاز اول: (بخش سخت افزاری)

(استفاده شد. Bread Board به منظور پیاده کردن ماژولها، سنسورها و میکروکنترلر بدون لحیم کاری از برد مورد)

از آنجایی که برای عملکرد صحیح دستگاه به برق ۴ ولت نیاز است و بیش از این مقدار، باعث آسیب به دستگاه می شود، پژوهشگران از یک مبدل استفاده کردند تا برق ورودی را به ۴ ولت تغییر دهد.

به منظور اندازه گیری رطوبت خاک، از سنسور مرتبط به آن استفاده شد. این سنسور دارای ۲ پایه مثبت و منفی است که با برقراری جریان الکتریکی بین ۲ پایه، رطوبت را اندازه گیری می کند. در صورتی که جریان الکتریکی به راحتی از خاک عبور کند، یعنی رطوبت خاک بالاست و در غیر این صورت، رطوبت خاک پایین است

به منظور تأمین برق دستگاه از یک شارژر استفاده شد که ابتدا با ولت متر خروجی شارژر را به دست آورده و به ورودی مبدل وصل شد. سپس با چرخاندن پیچی که روی مبدل قرار دارد، خروجی مبدل در محدوده ۴ ولت تنظیم شد؛ در آخر قسمت منفی مبدل و بخش GND سنسورها، میکروکنترلر و ماژول در یک وصل شد.

قابل ذکر است که برای تأمین برق دستگاه از یک عدد پاوربانک ساده، باتری کتابی، قلمی، شارژی، خورشیدی، باتری موبایل و هر باتری دیگری به جز باتری ساعت می توان استفاده کرد که بهترین مورد، یک عدد باتری کتابی است؛ همچنین جریان برق ورودی به دستگاه، باید از نوع جریان مستقیم باشد تا دستگاه به درستی عمل کند.

فاز دوم (بخش سخت افزاری): برنامه نویسی کار با زبان C++ انجام شد. در واقع پلتفرم Arduino با زبان C++، اطلاعات سنسورها و ماژول (از جمله خاموش شدن دستگاه، حالت Sleep برای کاهش مصرف باتری و دستورات سخت افزاری) را در خود داراست. برنامه نویسی وب اپلیکیشن با زبان پایتون انجام شد که در زبان پایتون از یک پلتفرم ساخت وب اپلیکیشن یعنی Streamlit استفاده شد.

یک ارتباط جداگانه بین آن برد با بخشی که مربوط به سیم کارت است، از طریق AT command ایجاد شد، در نتیجه اطلاعات جمع آوری شده به وسیله Rest API به پلتفرم اینترنتی ThingSpeak فرستاده می شوند.



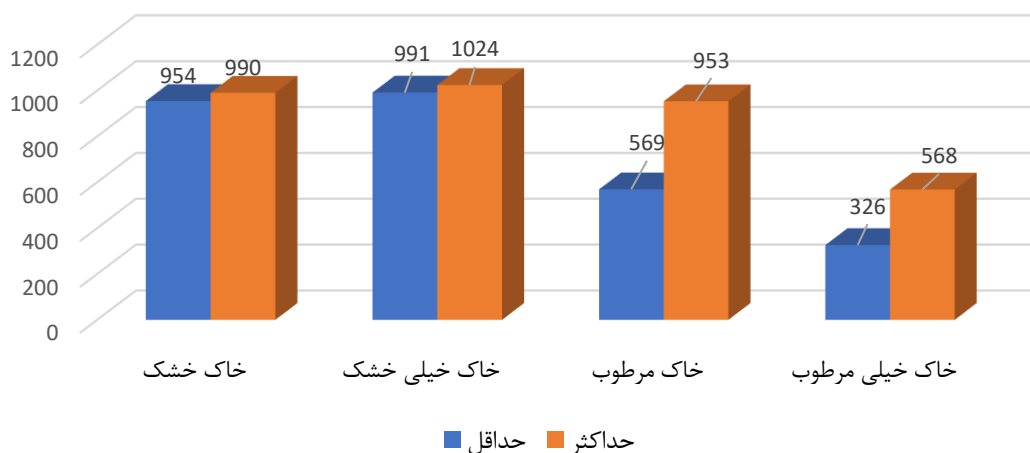
اطلاعات از طریق Rest API و وب اپلیکیشن گرفته می‌شوند و برای خوانده شدن اطلاعات داده شده از پلتفرم Pandas استفاده شد. همچنین برنامه نویسی ارسال اینترنتی پیامک، با Rest API انجام شد.

با برنامه نویسی‌های فوق، اطلاعات از سنسور توسط C++ خوانده می‌شوند، با دستور AT command، از ماژول سیم‌کارت اینترنت گرفته می‌شود، به وسیله Rest API اطلاعات به محلی برای ذخیره فرستاده می‌شوند، سپس از آنجا توسط Rest API اطلاعات به وب اپلیکیشن گروه پژوهشی منتقل می‌شود، وب اپلیکیشن با زبان پایتون، Framework و پلتفرم Streamlit اطلاعات جمع‌آوری شده را به صورت اپلیکیشن در می‌آورد، با کمک Pandas اطلاعات خوانده می‌شوند و اقدامات لازم از قبیل شکل، رنگ، دستور و هشدار بر پایه پایتون و Streamlit برنامه نویسی می‌شود و در صورت نیاز به هشدار و ارسال پیامک، اطلاعات به شماره اینترنتی ارسال و در نهایت پیامک برای کشاورز فرستاده می‌شود.

## بیان مشاهدات (نتایج):

به منظور تست دستگاه، گروه پژوهشی از یک پیمانۀ خاک استفاده کرد. ابتدا رطوبت خاک در زمان خیلی خشک اندازه‌گیری شد؛ سپس در سه حالت دیگر یعنی زمانی که خاک رطوبت کمی دارد، خاک مرطوب و در آب غوطه‌ور آب است، اندازه رطوبت خاک به دست آمد. در نمودار 1-4 امار و ارقام مربوط به اندازه رطوبت قابل مشاهده است.

### نمودار 1-4 : مقدار رطوبت در چهار حالت مرطوب، خیلی مرطوب، خشک و خیلی خشک



## تجزیه و تحلیل داده‌ها (بحث):

میزان آب مصرفی برای کشت برنج در روش‌های سنتی، به دلیل تلفات آب در اثر نشت از انهار، فرونشست عمقی، تبخیر از سطح آزاد آب و آب مصرف شده برای آماده‌سازی زمین بسیار زیاد است. غرقاب ماندن طولانی زمین در این روش روز مشکلاتی در طول دوره رشد برنج از جمله تجمع مواد سمی در محیط ریشه، حساسیت گیاه به آفت و بیماری‌ها و آلودگی آب‌وخاک می‌شود. در نتیجه برای جلوگیری از آسیب‌های مذکور، باید از روش‌های نوین آبیاری به شیوه مناسب استفاده شود. از طرفی مدیریت‌های مختلف آبیاری بر درصد دانه پوک در سطح ۱ درصد تأثیر آماری دارد. این امر بیانگر آن است که آبیاری نقش زیادی در مرحله دانه بندی دارد و هرگونه تنش آبی در این مرحله، منجر به کاهش درصد پرشدن دانه و و درنهایت کاهش عملکرد دانه خواهد شد. [۹]

بر طبق اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسش و مصاحبه با افراد متخصص در زمینه کشت برنج، برنج‌های پرمحصول نسبت به آب حساسیت کمتری دارند، اما برنج‌های کم محصول نسبت به آب حساسیت بیشتری دارند. در صورتی‌که آبیاری نامناسب انجام شود و زمین آب زیادی داشته باشد، پایه زمین شل می‌شود و نیمی از محصول از بین می‌رود و اگر زمین خشک شود، نصف و حتی بیشتر محصول تلف می‌شود.

به منظور کاشت گیاه برنج، ابتدا حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ گرم بذر در خزانه کاشته می‌شود. در چند روز اول بذریاشی نباید روی بستر آب باشد. زیرا معمولاً رطوبت گل برای جوانه‌زنی کافی است. پس از دو تا سه‌برگه شدن و هم‌زمان با هوادهی گیاهچه‌ها باید پای بوته‌ها آب وجود داشته باشد [۱۰]؛ بنابراین دانستن رطوبت زمین بسیار حائز اهمیت است، زیرا اگر کشاورز بداند رطوبت زمین دقیقاً چقدر است، به طور دقیق‌تری اقدام به آبیاری می‌کند و از آسیب به گیاه جلوگیری می‌شود.

پس از رشد نشا در خزانه، در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر زمین اصلی کشت می‌شود. در یک ماه اول وجود آب دائم در پای پوته‌ها در کنترل رشد علف هرز مؤثر است. به منظور مبارزه با علف‌های هرز از دو روش بیولوژیک (رهاسازی جوجه اردک‌ها) و شیمیایی استفاده می‌شود [۱۰]؛ لذا آبیاری مناسب می‌تواند تأثیر به‌سزایی در جلوگیری از رشد علف‌های هرز داشته باشد و مانع از هزینه‌های اضافی شود که به منظور آبیاری دقیق، دانستن رطوبت زمین ضروری است.

با توجه به مطالب بیان شده، استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج در زمین‌های کشاورزی به ویژه برای برنج، بسیار کارآمد و مهم است و می‌تواند بسیار کمک‌کننده باشد.

رطوبت مناسب به منظور کاشت گیاه برنج بین ۷۰ تا ۸۰ درصد است و رطوبت کمتر از ۴۰ درصد عاملی برای گلدهی آن محسوب [۱۱] و رطوبت بالای ۹۶ درصد، منجر به بیماری سوختگی غلاف برنج

می‌شود. [۱۲] بر اساس این اطلاعات، چنانچه رطوبت گیاه کمتر از ۴۰ یا بیشتر از ۹۶ درصد باشد، دستگاه برای کشاورز پیامک ارسال خواهد کرد تا به او هشدار دهد که رطوبت زمین را افزایش دهد. از سوی دیگر، در صورتی که رطوبت برنج بیش از حد معمول باشد، دچار کپک شده و از بین می‌رود؛ در نتیجه در اثر افزایش بیش از حد رطوبت، به کشاورز پیامک ارسال می‌شود تا از وضعیت زمین کشاورزی خود آگاه شود.

## نتیجه‌گیری:

بر اساس آزمایش‌های انجام شده، دستگاه رطوبت‌سنج ساخته شده می‌تواند رطوبت را به طور دقیق اندازه‌گیری کند و همچنین بر طبق اطلاعات به دست آمده از مقالات و سایت‌های معتبر، استفاده از دستگاه‌های رطوبت‌سنج به منظور کنترل رطوبت زمین کشاورزی خصوصاً برای گیاه برنج، کاملاً ضروری است؛ علاوه بر آن، برنامه‌نویسی این دستگاه بر اساس اطلاعات کشاورزی معتبر و به‌روز انجام شد، بنابراین به کشاورزان برنج این امکان را می‌دهد تا در زمان نگهداری از بذر در خزانه و کاشت، داشت و برداشت نشا در زمین اصلی که تا زمان قبل از برداشت، ۷۰ تا ۸۰ درصد رطوبت نیاز است و در زمان برداشت باید رطوبت به حداقل مقدار خود برسد، رطوبت زمین را به خوبی کنترل کنند تا از بروز بیماری‌های برنج جلوگیری شود.

دستگاه ساخته شده می‌تواند نه تنها برای کاشت برنج، بلکه برای سایر محصولات کشاورزی نیز مورد استفاده قرار گیرد. بدین منظور باید دستگاه بر پایه‌ی اطلاعات کشاورزی محصول مورد نظر تنظیم شود، همچنین این دستگاه می‌تواند از اتلاف نیمی از محصول جلوگیری کند و باعث کاهش مصرف آب در زمینه‌ی کشاورزی شود که گامی مؤثر در جهت کمک به بحران خشکسالی و کمبود آب است.

## منابع:

[۱]: اسدی - مراد - مظاهری - مهدی - عبدالمنافی - نرجس - ۱۹ بهمن ۱۴۰۰- بررسی تحلیلی شرایط موجود و تبیین وضعیت آینده بحران آب در کشور -  
<https://rc.majlis.ir/fa/report/show/۱۶۸۱۴۳۶>

[۲]: دهقانپیرش و همکاران. ارزیابی شاخص‌های کمبود آب برای تولید محصول برنج در ایران. مدل سازی و مدیریت آب و خاک ۱۴۰۱ بهمن؛ آماده انتشار

[۳]: احمدی - آذر ۱۳۹۲- کشاورزی چیست؟ <http://farming.blogfa.com/post/۱>





[۴]: شهریور ۱۳۹۸- آشنایی با انواع روش‌های آبیاری در کشاورزی <https://www.vispar.co>

[۵]: کاظم پور - مهدی - آبیاری در زراعت برنج <https://www.jkmaz.ir>

[۶]: سکه چی - فاطمه - اردیبهشت ۱۴۰۰- کنترل رطوبت خاک: یک عامل ضروری برای کشاورزی

<https://mag.dibasabz.com>

[۷]: Sharma P, et al. Assessment of Different Methods for Soil Moisture Estimation: A Review. Journal ۲۰۱۸; ۹(۱): ۵۷-۷۳

[۸]: Gines G. Bea J. Palaoag T. Characterization of Soil Moisture Level for Rice and Maize Crops using GSM Shield and Arduino Microcontroller ۲۰۱۸; ۳۲۵: ۱-۵

[۹]: رضایی ع. صداقت م. عربزاده ب. سیاری ن. تأثیر روش‌های نوین آبیاری بر عملکرد و

اجزای عملکرد گیاه برنج (رقم شیرودی) ۱۳۹۵؛ ۶ (۲): ۱۹۳-۲۰۴

[۱۰]: مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران - ۱۵ اسفند ۱۳۹۷- دستورالعمل فنی

کاشت برنج - <https://www.darsi.areeo.ac.ir/fa->

[IR/Berenjamol.areeo.ac/۴۸۷۷/news/view/۲۱۰۰۹/۱۰۵۴۵۱/Staging](https://www.darsi.areeo.ac.ir/fa-IR/Berenjamol.areeo.ac/۴۸۷۷/news/view/۲۱۰۰۹/۱۰۵۴۵۱/Staging)

[۱۱]: شرایط مناسب برای کشت برنج <http://berenjha.ir>

[۱۲]: ۱۹ تیر ۱۴۰۰- آفات و بیماری‌های مهم برنج - <https://benifershop.com>

مدرسه ملی  
فناوری ایران