**دوفصلنامهٔ هیدروفیزیک**

دورهٔ نهم، شمارهٔ اول (بهار و تابستان ۱۴۰۲)؛ صفحات ۱۷-۱

**مقالهٔ پژوهشی**

**DOR: 20.1001.1.24767131.1402.9.1.1.6**

درصد همانندی: ۲٪

# طراحی و ساخت سامانه خودکار هواشناسی (بخش اول: راه اندازی یک ایستگاه خودکار هواشناسی)

**حمید مومنی[۱]، مهریار علی محمدی[۲*]، احمد ذادق آبادی[۳]، علی محمدی[۴]**

[۱] کارشناس ارشد علوم ناوبری، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر، ایران. hamid_momeni@gmail.com

[۲*] نویسنده مسئول، استادیار گروه هواشناسی و اقیانوس‌شناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر، ایران.
mhyar_alimohammadi@yahoo.com

[۳] استادیار گروه هواشناسی و اقیانوس‌شناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر، ایران. amirabbas7463@yahoo.com

[۴] استادیار گروه هواشناسی و اقیانوس‌شناسی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر، ایران. mohammadi.a4682@gmail.com

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۰۹/۰۳ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۲/۰۵

**چکیده**

وضعیت جوّی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی برای واحدهای شناور است. از کاستی‌های مرتبط با وضعیت جوّی عدم توجه افسران نگهبان، به برداشت درست داده‌های جوّی از طریق دستگاه‌های موجود در پل فرماندهی شناور است. برای مثال فشار هوا بدون تصحیحات دستگاه و ارتفاع خوانده‌شده و هیچ‌گاه با میانگین بلندمدت مقایسه نمی‌شود. به همین دلیل لازم است روی واحدهای شناور سامانه‌ای ساخته و نصب شود که به‌صورت خودکار بتواند پارامترهای جوّی را اندازه‌گیری کرده و با محاسبه پارامترهای موردنیاز از پارامترهای اندازه‌گیری شده بتواند تصمیمات درست در خصوص مانورهای جلوگیری از دریای خراب را داشته باشد. در این پژوهش، با استفاده از سنسورهای موجود، دستگاه هواشناسی ساخته شده است که می‌تواند داده‌های جوّی را از محیط جمع‌آوری و در رایانه ذخیره نموده و با استفاده از برنامه محاسباتی می‌تواند داده‌های اندازه‌گیری شده را با میانگین بلندمدت مقایسه نموده و ناهنجاری‌های جوّی و اقیانوسی را شناسایی کند.

**واژه‌های کلیدی:** نصب، دستگاه هواشناسی، سنسور، فشار هوا

## ۱. مقدمه

مخاطره هواشناسی از مهم‌ترین مخاطرات دریانوردی است. دریای متلاطم می‌تواند به‌راحتی واحدهای شناور بزرگ را با صدماتی جدّی مواجهه کند. این صدمه وقتی حائز اهمیت است که یک واحد شناور در وسط اقیانوس و بدون هیچ کمکی قرارگرفته است. امروزه هزینه‌های تحقیقاتی زیادی برای پیش‌بینی وضعیت جوّی در اقیانوس به‌منظور تردّد ایمن واحدهای شناور صورت می‌گیرد، که یکی از مهم‌ترین موارد برای انجام پیش‌بینی درست جمع‌آوری داده‌های واحدهای شناور در حال تردّد در اقیانوس‌ها است. امروزه واحدهای شناور زیادی در سراسر کره زمین به ارسال داده‌های جوّی مشغول هستند.

از روزهایی که کشتی‌های بادبانی اولین وسیله تجارت و اکتشاف در دریاهای آزاد بودند، کشتی‌ها محیط دریایی را مشاهده می‌کردند [۱]. به‌استثنای چند سفر تحقیقاتی این مشاهدات اولیه دمای آب دریا، بادها و فشار اتمسفر برای پشتیبانی از عملیات روزانه استفاده می‌شد [۲-۴]. شناورهای سطحی هوشمند و سکوهای ثابت یا متحرّک بزرگ (به‌عنوان‌مثال، سکوهای حفّاری و برج‌های سبک) می‌توانند قابلیت‌های مشاهده‌ای مشابهی را ارائه دهند [۵-۶]. اهمّیت کشتی‌ها برای استقرار فناوری رصد جو و اقیانوس مانند، اندازه‌گیری جو بالا توسط بالون بر پایه شناورهای سطحی [۷]، اندازه‌گیری پروفایل دمای اقیانوس [۸]، شناورهای پروژه آرگو [۹]، جریان سنج [۱۰]، مهار کشتی برای برداشت داده‌ها [۱۱-۱۲] و استفاده از هواپیماهای گلایدر روی اقیانوس [۱۳] بسیار مهم و پررنگ است.

مجموعه مشاهدات (جدول ۱) که می‌تواند از کشتی‌ها انجام شود شامل متغیرهای آب‌وهوایی ضروری [۱۵-۱۴] و متغیرهای اساسی اقیانوس [۱۶]، همراه با پارامترهای دیگری که طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها را موردتوجّه قرار می‌دهند. ابزار دقیق نصب‌شده بر روی کشتی‌ها (همراه با ناظران انسانی) ازانجام اندازه‌گیری در محدوده وسیعی از ارتفاعات در جو و اعماق در اقیانوس پشتیبانی می‌کند. درحالی‌که ما می‌دانیم که ابزارهای مبتنی بر کشتی می‌توانند پروفایل‌های جوّی و اقیانوسی را مشاهده کرده وهم زمان شامل سیستم‌های سنجش‌ازدور مانند رادار، سونار، و پروفیل کننده جریان داپلر آکوستیک نیز باشند.

چشم‌انداز رصدهای جوّی و اقیانوسی بر اساس توصیه‌های جلسه مشاهدات اقیانوسی ۲۰۰۹ استوار است [۱۷]. از ۱۴ توصیه ارائه‌شده در اسمیت و همکاران (۲۰۱۰)، موفقیت‌ها شامل بهبود پیوند بین جوامع فیزیکی، بیولوژیکی و کربن است، به‌عنوان‌مثال، از طریق کمیسیون فنی مشترک برای اقیانوس‌شناسی و هواشناسی دریایی با گروه هماهنگی مشاهدات؛ کار به سمت ابر داده استانداردشده هدایت شود [۱۷]. همگرایی ارگان‌های مسئول باید بر روی استانداردهای ابر داده سیستم یکپارچه مشاهده جهانی سازمان جهانی هواشناسی و توسعه شناسه‌های منحصربه‌فرد برای پلت فرم‌های مشاهده؛ شناسایی کشتی‌های جدید برای ارائه مشاهدات و تشریح رویکردهای جدید برای به‌کارگیری کشتی‌ها از طریق روش‌های غیر سنتی (مانند، تأیید کمیسیون فنی مشترک برای اقیانوس‌شناسی و هواشناسی دریایی در سال ۲۰۱۸ از یک کلاس جدید برای به‌کارگیری کشتی‌های خارج از خدمات ملّی هواشناسی سنتی) باشد. همچنین در توسعه سیستم‌های بارش خودکار برای کشتی‌ها و مدل‌سازی جریان هوا در کشتی‌های جدید مثلاً برای کشتی‌های تحقیقاتی Sikuliaq، سالی راید، و نیل آرمسترانگ در ایالات‌متحده موفقیت‌هایی حاصل شده است [۱۸]. یکی از موفقیت‌های اخیر در زمینه رسیدگی به موانع دیپلماتیک، کارگاه آموزشی تقویت مشاهدات و تحقیقات اقیانوس‌ها و تبادل رایگان داده‌ها برای تقویت خدمات ایمنی جان و مال بود که توسط WMO[1] در فوریه ۲۰۱۹ میزبانی شد [۱۹]. این کارگاه به اهمیت مشاهده آزمایش‌های شبیه‌سازی سیستم و تحلیل‌های حسّاسیّت برای بررسی اهمّیت داده‌های جمع‌آوری‌شده در مناطق انحصاری اقتصادی کشورها پرداخته است. علیرغم موفقیت‌هایی که با تشکیل جلسه مشاهدات اقیانوسی ۲۰۰۹ تا به امروز به‌دست‌آمده است، تعدادی از توصیه‌ها در دهه گذشته پیشرفت چندانی نداشته‌اند. هنوز نیاز به پیشرفت فناوری ابزار برای نمونه‌برداری مستقل، به‌ویژه برای پوشش ابری، نوع ابر و

وضعیت دریا وجود دارد. منابع کافی برای هماهنگ کردن داده‌های کشتی‌های تحقیقاتی، توسعه مجموعه داده‌های دریایی تلفیقی، استانداردسازی ارزیابی کیفیت داده‌ها در برنامه‌های اندازه‌گیری چند کشتی، یا انجام مقایسه‌های سیستماتیک سیستم‌های حسگر مختلف که معمولاً در کشتی‌ها مستقر می‌شوند، در دسترس نبوده است.

نصب سنسورهای خودکار هواشناسی روی واحدهای شناور سبب شده است که واحدهای شناور بدون دخالت انسان، داده‌های هواشناسی را از اعماق اقیانوس‌ها به مراکز تحقیقاتی و عملیاتی هواشناسی ارسال کنند. با استفاده از داده‌های برداشت‌شده می‌توان از طریق سامانه‌های داده‌گواری، داده‌های اولیّه مدل‌های گردش کلی را تقویت کرده و درنهایت پیش‌بینی بهتری از وضعیت جوّی اقیانوس‌ها را تولید نمود. از طرف دیگر نیز می‌توان با برداشت داده‌های جوّی سامانه‌های عبوری را با ثبت مداوم داده‌ها به‌خوبی شناسایی کرد. مجهّز کردن کشتی‌ها به سنسورهای جمع‌آوری داده در کشتی‌ها موجب شده است که کشتی‌ها با ارسال داده نقش مهمی در افزایش کیفیت داده‌های پیش‌بینی داشته باشند. جمع‌آوری داده هواشناسی علاوه بر کمک به افزایش دقّت داده‌های پیش‌بینی می‌تواند در شناخت سامانه جوّی عبوری از اطراف واحد شناور نیز مهم باشد.

در این پژوهش با ساخت سامانه هواشناسی و خودکار برای واحدهای شناور نداجا داده‌های جوّی مانند دما، رطوبت، فشار هوا و سمت و سرعت باد به‌صورت مداوم و در بازه‌های زمانی کوتاه جمع‌آوری می‌شود. این داده‌ها می‌تواند از طریق سرویس‌های ارسال برخط برای ایستگاه‌های ساحلی ارسال شود تا برای فرآیند پیش بینی و داده‌گواری مورد استفاده قرار گیرد.

با استفاده از برداشت مداوم داده در بازه زمانی کوتاه می‌توان به‌راحتی عبور یک مرکز کم‌فشار و جبهه‌های سرد و گرم و کم‌فشار حارّه‌ای را قبل از برخورد با آن پدیده‌های جوّی تعیین کرد. لازم به ذکر است که این عمل با ثبت داده‌ها در دفاتر افسرنگهبان قابل‌دستیابی نیست و لازم است که یک دستگاه پایشگر که به‌صورت مداوم داده‌های برداشت‌شده را تجزیه‌وتحلیل می‌کند، مورداستفاده قرار گیرد. این دستگاه با مقایسه پارامترهای برداشت‌شده با میانگین پارامترها، احتمال وجود هر سامانه جوّی در منطقه را موردبررسی قرار داده، و درصورتی‌که احتمال وجود یک پدیده جوّی بیش از آستانه تعریف‌شده برای دستگاه قرار گیرد، هشدار لازم برای عبور پدیده از روی واحد شناور صادر می‌شود.

از کاستی‌های مرتبط با وضعیت جوّی عدم توجه افسران نگهبان، به برداشت درست داده‌های جوّی از طریق دستگاه‌های موجود در پل فرماندهی است. برای مثال فشار هوا بدون تصحیحات دستگاه و ارتفاع خوانده‌شده و هیچ‌گاه با میانگین بلندمدت مقایسه نمی‌شود. به همین دلیل لازم است روی واحدهای شناور سامانه‌ای ساخته و نصب شود که به‌صورت خودکار بتواند پارامترهای جوّی را اندازه‌گیری کرده و با محاسبه پارامترهای موردنیاز از پارامترهای اندازه‌گیری شده بتواند تصمیمات درست در خصوص مانورهای جلوگیری از دریای خراب را داشته باشد. با توجه به اهمیت موضوع بکارگیری یک دستگاه ثبت کننده پارامترهای هواشناسی بر روی یک شناور و عدم وجود چنین دستگاهی بر روی شناورهای جمهوری اسلامی ایران و همچنین اهمیت آموزش فراگیری نحوه طراحی و نصب آن برای کلیه مبادی ذیربط، در این پژوهش که بصورت عملی انجام پذیرفت به طراحی و ساخت دستگاه ثبت کننده پارامترهای هواشناسی پرداخته می‌شود. مقدمه باید شامل تعریف مسئله، اهمیت و توجیه انجام پژوهش، مروری بر کارهای مستند و مرتبط گذشته و هدف تحقیق باشد.

خزایی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از ساخت یک دستگاه هواشناسی خودکار بر خط هواشناسی در مزرعه، نیاز آبی گیاه ذرت و تأثیر آن برافزایش کارایی مصرف آب را محاسبه نمودند [۲۰]. عبدالنیبی و همکاران (۲۰۱۷) یک ایستگاه هواشناسی خودکار را برای اندازه‌گیری‌های زمان واقعی و محلّی، بر اساس یک سیستم تعبیه‌شده ارائه کردند که به‌طور مداوم چندین فاکتور آب‌وهوایی مانند دما، رطوبت، فشار هوا، سرعت باد، جهت باد و بارندگی را اندازه‌گیری می‌کرد [۲۱]. اولین مسیریابی دریایی مبتنی بر داده‌های اقلیمی توسط

محمدی و همکاران (۱۴۰۲) انجام پذیرفت [۲۲]. در پژوهش آن‌ها یک سامانه ناوبری توسعه داده شده است که با توجه به نقاط چرخش، مسیر دریانوردی را محاسبه کرده و ناوبری تخمینی را انجام می‌دهد. در این سامانه داده‌های اقلیمی باد، دما، فشار، در بازه زمانی چهل‌ساله روی نقاط تخمینی محاسبه شده است. محاسبه داده‌های اقلیمی روی نقاط تخمینی می‌تواند به افسران ناوبر در تصمیمگیری برای انتخاب مسیر دریانوردی کمک کند. در این پژوهش، با استفاده از سنسورهای موجود، دستگاه هواشناسی ساخته شده است که می‌تواند داده‌های جوّی را از محیط جمع‌آوری و در رایانه ذخیره نموده و در پژوهشی دیگر که به موازات این پژوهش در حال انجام می‌باشد با استفاده از برنامه محاسباتی می‌تواند داده‌های اندازه‌گیری شده را با میانگین بلندمدت مقایسه نموده و ناهنجاری‌های جوّی و اقیانوسی را شناسایی کند. با شناسایی ناهنجاری جوّی، پدیده مرتبط با این ناهنجاری نیز شناسایی‌شده و افسرنگهبان پل فرماندهی می‌تواند مانوری مناسب و مرتبط با پدیده شناسایی‌شده را داشته باشد.

جدول ۱. پارامترهای مشاهده‌شده نزدیک سطح توسط انواع شناورها [۱۷]. روش‌های مشاهده معمولی عبارتند از A به معنی سنسور خودکار، M به معنی خواندن با استفاده ابزار دستی و V مشاهده بصری می‌باشد. انواع کشتی شامل C به معنی کشتی‌های تجاری (محموله، ماهیگیری، و غیره) است، R به معنی کشتی‌های تحقیقاتی، P به معنی کشتی‌های مسافربری (به عنوان مثال، کشتی‌های مسافرتی و کشتی)، و G به معنی شناورهای نظامی (به عنوان مثال، گارد ساحلی و ارتش)، Y به معنی شناورهای خصوصی؛ و A به معنی شناورهای بدون سرنشین می‌باشد.

| پارامتر | روش مشاهده | نوع کشتی | سال شروع ثبت مشاهدات |
|---|---|---|---|
| دمای هوا | A,M | C,R,P,G,Y | ۱۷۸۴ |
| بخار آب | A,M | C,R,P,G | ۱۸۷۳ |
| فشار اتمسفر | A,M | C,R,P,G,Y | ۱۷۸۵ |
| سمت و سرعت باد | A,M,V | C,R,P,G,Y | ۱۷۵۰ |
| تابش | A | C,R, G | ۱۹۷۰ |
| ته نشینی | A | C,R,P,G | ۱۹۷۰ |
| ویژگی‌های ابر | M | C,R,P,G | ۱۸۵۲ |
| دمای آب دریا | A,M | C,R,P,G,Y | ۱۸۱۶ |
| شوری | A,M | C,R,P,G,Y | ۱۸۷۳ |
| کربن غیر آلی | A,M | C,R,P,G,Y | ۱۹۵۸ |
| کربن غیر آلی منحل شده | A | R,G | ۱۹۹۰ |
| مواد مغذی | A | R,G | ۱۹۲۱ |
| اکسید نیتروژن | A | R | ۲۰۰۰ |
| اکسیژن | A | R | ۱۹۰۰ |
| رنگ اقیانوس | A | R | ۱۹۵۴ |
| ردیاب‌های گذرا | M | R | ۱۹۸۲ |
| آئروسل ها | M | R | ۱۹۹۵ |
| وضعیت دریا | A,M,V | C,R, G | ۱۸۷۶ |
| جریان‌های سطحی | A | C,R, G,Y | ۱۹۲۰ |
| جریان‌های زیر سطحی | A | C,R, G,Y | ۱۹۸۵ |
| دید | M | C,G | ۱۸۵۴ |
| یخ دریا | A,M | C,R,P,G | ۱۹۵۵ |
| کلروفیل | A | R,G | ۱۹۵۴ |
| قلیایی بودن | A | R,G | ۱۹۷۲ |

## ۲. تجهیزات مورد نیاز

همان‌طور که در مقدمه عنوان شد، سامانه ساخته شده از دو بخش سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تشکیل‌شده است. بخش سخت‌افزاری از دیتالاگر، تابلو برق و سنسورهای دما، رطوبت، فشار، سمت و سرعت باد تشکیل شده است. در پژوهشی دیگر که به موازات این پژوهش در حال انجام می‌باشد به بخش نرم افزاری پرداخته می‌شود.

### ۲-۱. دیتالاگر[۲]

ثبت‌کننده داده یا دیتالاگر یا داده بردار و سیله‌ای الکترونیکی است که داده‌هایی را که به‌وسیله حسگرهای تعبیه‌شده در دستگاه یا ابزار و حسگر خارجی تأمین می‌شوند را در طول زمان یا در رابطه با مکان ذخیره می‌کند. دیتالاگر DL۲۲۲-۴۸۵ یک لاگر هوشمند چندکاناله قابل توسعه بوده که می‌تواند درزمینه‌های هواشناسی، آب‌سنجی، صنعت و به‌طورکلی سامانه‌های دورسنجی کاربرد داشته باشد. این تجهیز دارای ۴ تا ۸ گیگابایت حافظه استاندارد از نوع میکرو اس دی(micro SD)[۳] بوده که با فاصله زمانی (Interval) دلخواه می‌تواند مقادیر کانال‌ها را در قالب پارامترهای آماری موردنیاز همانند مجموع، میانگین، کمینه، بیشینه و... ثبت کند. همچنین پروتکل ارتباطی بسیار ویژه این دیتالاگر، آن را به تجهیزی کارآمد و هماهنگ با مودم‌های GPRS[۴] و RTU[۵] ها جهت استفاده دز سامانه‌های دورسنجی بدل نموده است.

DL۲۲۲-۴۸۵ قادر است با الحاق ماژول‌های توسعه‌ای خود به‌صورت انتخابی انواع سنسورها با انواع خروجی‌های آنالوگ، دیجیتال و دیتا را تا حداکثر ۳۲ کانال متمایز بپذیرد و نیز با انتخاب ماژول‌های توسعه‌ای خروجی انواع ارتباط با آن به‌صورت RS ۲۳۲، RS485[۶]، و رادیویی امکان‌پذیر می گردد. مشخصات فنی دیتالاگر استفاده‌شده در این پژوهش در جدول ۲ بیان شده است.

جدول ۲. مشخصات دیتا لاگر استفاده‌شده در این پژوهش

| | |
|---|---|
| ابعاد | ۳۳ * ۷۰ * ۱۰۵ میلی‌متر |
| وزن | ۱۲۰ گرم |
| دمای عملیاتی | -۲۰+ ~ ۶۰ |
| کانال‌ها | دیجیتال، آنالوگ و باس تا ۳۲ کانال |
| حافظه | ۴~۸ گیگابایت |
| نمایشگر | Text۱۶*۲ |
| فواصل ثبت | ۱ دقیقه الی ۲۴ ساعت |
| فواصل قرائت | ۱ تا ۱۰ ثانیه |
| تغذیه ورودی | ۱۰ تا ۳۵ ولت |
| جریان مصرفی | ۳۰ میلی‌آمپر |

دیتالاگر DL۲۲۲-۴۸۵ به همراه یک نسخه از نرم‌افزار پیکربندی ارائه می‌شود که در ویندوزها ی ۷، ۸، ۱۰ و XP قابل‌نصب هست. این نرم‌افزار ساده از کلیه درگاه‌های ارتباطی امکان پیکربندی و بهره‌برداری سطح غیرحرفه‌ای از دیتالاگر را فراهم می‌نماید. شکل ۱ پنل روبروی دیتالاگر و جداول ۳ و ۴ بخش‌های متفاوت آن را شرح می‌دهد.

شکل ۱. پنل روبروی دیتالاگر

جدول ۳. شرح بخش‌های پنل روبروی دیتا لاگر

| شماره | شرح | شماره | شرح |
|---|---|---|---|
| ۱ | RS485 | ۷ | LED PWR |
| ۲ | RS232 | ۸ | LED ACT |
| ۳ | Voltage supply | ۹ | LED ERR |
| ۴ | Voltage supply | ۱۰ | LED RD |
| ۵ | Digital IN | ۱۱ | LCD |
| ۶ | Digital IN | | |

جدول ۴. شرح ترمینال دیتالاگر

| ترمینال | شرح | ترمینال | شرح |
|---|---|---|---|
| A | RS485-bus interface A | +12V | Voltage supply + |
| B | RS485-bus interface B | DI 1 | Digital IN |
| Tx | RS232 transmit | +5V | +5V |
| Rx | RS232 receive | DI 0 | Digital IN |
| COM | RS232 ground | | |
| GND | Ground | | |

این دیتالاگر به‌تنهایی می‌تواند تا ۳۲ ورودی آنالوگ، دیجیتال و دیتا را پشتیبانی کند. طی یه رویه دائمی و با تواتر قابل تنظیم کلیه کانال‌ها و سنسورهای متصل را سرزده و پس از قرائت آن‌ها ابتدا صحت مقادیر خوانده‌شده بررسی‌شده و پس‌ازآن ضابطه‌ها و درنهایت ضمن ارائه این نتایج به‌عنوان پارامترهای لحظه با استفاده از این نمونه‌های خوانده‌شده پارامترهای آماری از قبیل مجموع، میانگین، کمینه، بیشینه و غیره تولید و در قالب رکوردهایی تحت عنوان "LOG" ثبت می‌گردند.

پس از روشن شدن دیتالاگر کلیه مراحل استارت آپ بر روی نمایشگر قابل‌مشاهده هست و چنانچه در هر مرحله مشکلی رخ دهد ابتدا به مدت چند ثانیه پیام خطا ظاهرشده و سپس دیتالاگر به‌صورت اتوماتیک جهت تلاش برای رفع، مجدداً راه اندازی می‌شود. پس از استارت موفق دیتالاگر وارد فاز عملیات نرمال می‌شود یعنی در یک چرخه دائمی تاریخ، نام و مقادیر کانال‌ها و تعداد لاگ‌های ثبت را بر روی نمایشگر نمایش می‌دهد. دیتالاگر داده‌های ذخیره‌شده در حافظه را به‌صورت یک فایل متنی در حافظه رایانه ذخیره می‌کند. این فایل دارای ساختاری به‌صورت جدول ۵ دارد.

جدول ۵. ساختار فایل ذخیره‌شده دیتا لاگر.

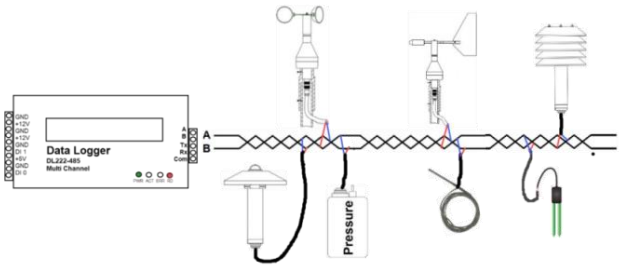
| St Number | St ID | Logger Name | | |
|---|---|---|---|---|
| Date | Time | Variable 1 | Variable 2 | Variable n |
| 2021/1/25 | 15:10:00 | 2.23 | 178 | 2545 |
| 2021/1/25 | 15:20:00 | 2.24 | 192 | 2500 |
| 2021/1/25 | 15:30:00 | 2.33 | 320 | 2800 |
| 2021/1/25 | 15:40:00 | 2.42 | 180 | 2852 |

اینترفیس و عملکرد master دیتالاگر امکان پیکربندی یک سیستم اندازه‌گیری پیچیده را فراهم می‌سازد. در چنین سیستمی مستر فعال قادر به خواندن slaveهای دیگر هست. این قابلیت به شما امکان افزایش تعداد ورودی و خروجی‌ها را می‌دهد. دیتالاگر اول به‌عنوان master و لاگرهای بعدی به‌صورت slave و RS ۴۸۵ می‌باشند. لاگر اصلی مقادیر اندازه‌گیری شده را قرائت می‌کند (فقط مقادیر واقعی لحظه‌ای) ماژول‌های slave به‌صورت خودکار از طریق بأس آن‌ها را در حافظه خود ذخیره می‌کند. با این سیستم‌های پیچیده می‌توان تا ۹۲ کانال تعریف نمود. مزیت این روش توزیع انعطاف‌پذیر است در تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و حسگرها می‌باشد که تا چند کیلومتر را پو شش می‌دهد. ذخیره داده در لاگرا صلی خواهد بود.

### ۲-۱-۱. اتصال سنسورهای هواشناسی به دیتالاگر DL۲۲۲-۴۸۵

برای اتصال سنسورهای هواشناسی به دیتالاگر DL۲۲۲-۴۸۵ دو طرح موجود می‌باشد:

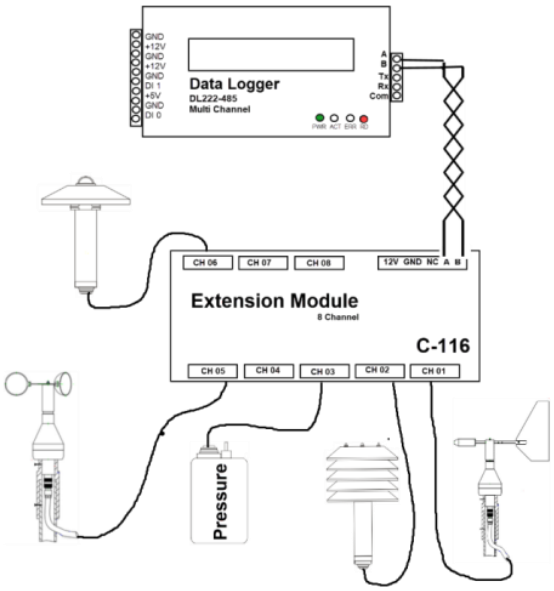
طرح اتصال اول: این توپولوژی مربوط به حالتی است که سنسورهای نوع خروجی Modbus RS۴۸۵ استفاده می‌شوند. این نحوه ارتباط کاملاً مطمئن و ازلحاظ همبندی و صرفه‌جوّیی در ترمینال گذاری داخل جعبه محافظ بسیار مناسب هست (شکل ۲).




شکل ۲. اتصال سنسورها به دیتالاگر.

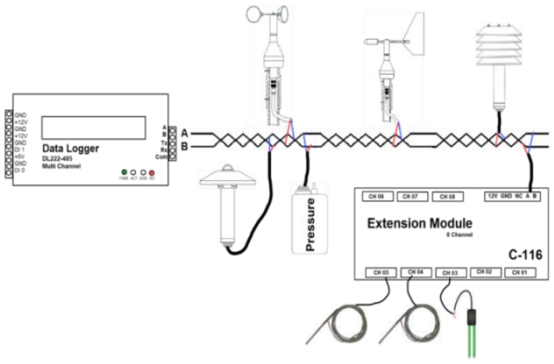
طرح اتصال دوم: این توپولوژی مربوط به حالتی است که سنسورها دارای خروجی‌های گوناگون اعم از فرکانسی، ولتاژی، جریانی و PT 100 باشند. در این طرح لازم است ماژول توسعه کانال‌ها به دیتالاگر متصل شود و سپس سنسور

از طریق این ماژول برای دیتالاگر قابل‌تشخیص می‌شوند (شکل ۳).




شکل ۳. نحوه اتصال لاگر به سنسورهای هواشناسی- طرح اتصال دوم.

طرح اتصال سوم: ترکیبی از طرح اول و دوم هست و در این حالت سنسورهایی که از نوع Modbus RS۴۸۵ هستند مستقیماً به گذرگاه RS ۴۸۵ دیتالاگر متصل می‌شوند و دیگر سنسورها با خروجی‌های گوناگون از طریق ماژول توسعه کانال‌ها به این گذرگاه متصل شده و درنهایت در قالب یک مجموعه واحد عمل می‌کنند (شکل ۴).




شکل ۴. نحوه اتصال لاگر به سنسورهای هواشناسی – طرح اتصال سوم.

## ۲-۲. سنسور دما و رطوبت

این سنسور در بسته‌بندی اصلی خود و به‌صورت پک و مونتاژ شده قرارگرفته است (شکل ۵).

سنسور اندازه‌گیری دما و رطوبت نسبی هوا مدل ^202TH مخصوص استفاده درزمینه اندازه‌گیری خودکار هواشناسی قابلیت اندازه‌گیری درجه حرارت ۳۰° تا ۷۰+° و رطوبت نسبی هوا از ۰ تا ۱۰۰ درصد با دقت اندازه‌گیری ۰/۱° درجه و ۱ درصد را داشته و دارای کیفیت قابل‌رقابت با نمونه‌های خارجی این سنسور هست.

شکل ۵. سنسور دما و رطوبت

این سنسور مطابق با اسناد WMO تولیدشده است و می‌تواند در مناطق با شرایط آب‌وهوایی عادی و همچنین سردسیر نصب شود. خروجی این سنسور بسته به نیاز مشتری می‌تواند فرکانس، ۲~۴ میلی‌آمپر، ولتاژی و RS 485 باشد. شکل ظاهری این سنسور برای تمامی مدل‌های موجود یکسان هست؛ و هر دو سنسور دما و رطوبت نسبی هوا داخل شیلتر محافظ قرار می‌گیرند. درجه حرارت هوا با استفاده از یک مقاومت الکتریکی PT ۱۰۰ پلاتینی حساس به تغییرات دمایی اندازه‌گیری می‌شود. مقدار مقاومت PT ۱۰۰ از طریق ۴ سیم به‌صورت سیگنال الکتریکی نرمال ولتاژی یا جریانی تبدیل می‌شود. برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوا از یک مبدل الکترونیکی خیلی تازه که ظرفیت خازنی آن به‌صورت خطی و بر اساس رطوبت هوا تغییر می‌یابد استفاده می‌شود. این ظرفیت به یک سیگنال نرمال الکتریکی تبدیل‌شده و به‌صورت ولتاژی یا جریانی نمایش داده می‌شود. این مبدل‌های الکترونیکی به‌صورت ثابت درون یک شیلد محافظ قرار می‌گیرند. این محافظ بسیار مقاوم در برابر شرایط آب‌وهوایی سخت، تشعشع خورشیدی و UV[۹] بوده و به رنگ سفید هست تا اثر حرارتی تابش را منعکس کند. جدول ۶ مشخصات فنی و جدول ۷ اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور دما و رطوبت را نشان می‌دهد.

جدول ۶. مشخصات فنی سنسور دما و رطوبت.

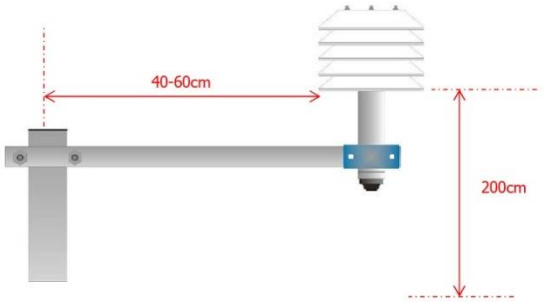
| | |
|---|---|
| دقت | 0.1 C / 1% |
| دمای عملیاتی | ۳۰- تا ۷۰ + سانتی گراد |
| رطوبت عملیاتی | ۱ تا ۱۰۰٪ |
| Cover type | Plastic shield with steel base and resistance on sunny and cold weather |
| خروجی | RS485/Analogue Output |
| power supply | 7mA at 12VDC |
| IP Class | IP65 |

جدول ۷. اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور دما و رطوبت

| جدول سفارش کالا | | |
|---|---|---|
| نام سنسور | دما و رطوبت | TH202 |
| خروجی | 0 ~ 2 ولت | A |
| | 0 ~ 5ولت | B |
| | 0 ~ 20 میلی آمپر | C |
| | 0 ~ 20 میلی آمپر | D |
| | فرکانس | E |
| | RS485 | F |
| | 100PT | G |
| طول کابل | 2 متر | 02 |
| | 5 متر | 05 |
| | سفارشی | xx |
| TH202-G-D-02 : سنسور دما با خروجی 100 PTو رطوبت با خروجی 4 تا 20 میلی‌آمپر و 2 متر کابل | | |

جهت انجام آزمون تأیید عملکرد و کالیبراسیون، چمبر دما و رطوبت پیشنهاد می‌گردد. سنسورها به نگهداری معمول نیاز ندارند، اما توصیه می‌شود به‌صورت دوره‌ای با یک سنسور مرجع بررسی شود. رطوبت می‌تواند تحت تأثیر عوامل محیطی مانند آلودگی هوا قرار بگیرد و در این صورت پروب باید ظرف یک سال تست مجدد شود.

بر اساس استانداردهای WMO سنسور در ارتفاع ۲ متری و بر روی یک بازو به طول ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌تواند نصب شود (شکل ۶).




شکل ۶. نحوه اتصال سنسور دما و رطوبت.

## ۲-۳. سنسور سرعت باد

انواع زیادی از بادسنج‌های کم‌هزینه توسط سازندگان به‌منظور بهره‌برداری فزاینده در برداشت داده‌های هواشناسی وجود دارند [۲۳]. بادسنج‌های سه فنجانی به دلیل سادگی و ویژگی‌های کم‌هزینه در بسیاری از کاربردها استفاده می‌شوند. ماژول‌های بادسنج متداول برای مصارف دستگاه‌های خودکار عموماً عبارت‌اند از ماژول SEN-08942[۱۰]، SEN-15901، WS-2080[۱۱] و ماژول SEN0170 است [۲۴-۳۴].

این سنسور نیز همانند سنسور جهت به‌صورت دو بخش بدنه و فنجانی به همراه آچار آلن شماره ۲ و مستندات در کارتن فلت و در داخل فوم ضدضربه ارائه می‌گردد (شکل ۷).

شکل۷. سنسور سنجنده سرعت باد.

سنسور اندازه‌گیری سرعت باد مدل 350WS مخصوص استفاده درزمینه اندازه‌گیری خودکار هواشناسی قابلیت اندازه‌گیری سرعت باد تا ۶۰ متر بر ثانیه و دقت اندازه‌گیری ۰/۲ متر بر ثانیه را داشته و دارای کیفیت قابل‌رقابت با نمونه‌های خارجی این سنسور هست. این سنسور مطابق با اسناد WMO تولید شده است و می‌تواند در مناطق با شرایط آب‌وهوایی عادی و همچنین سردسیر نصب شود. خروجی این سنسور بسته به نیاز مشتری می‌تواند فرکانس، ۴~۲۰ میلی‌آمپر، ولتاژی و RS 485 باشد.

این سنسور از مواد باقابلیت اطمینان بالا (آلومینیوم آنودایز شده) ساخته‌شده است که باگذشت زمان، صحت و دقت اولیه حفظ می‌شوند. این سنسور از یک آهنربای دوطرفه با ۶ جفت قطبی و اثر هال که چرخش آهنربا را تشخیص می‌دهد استفاده می‌کند که هیچ‌گونه تماسی بین آهنربا و دیتکتور ندارد. اصطکاک به لطف یاتاقان‌های توپی شعاعی در روغن با ماندگاری طولانی‌مدت کاهش می‌یابد. شکل و تعادل فنجان‌ها، همراه با اینرسی مکانیکی که، حسّاسیّت بالا را تأمین می‌کند. قدرت مکانیکی اجازه می‌دهد تا سنسور در برابر بادهای شدید و وزش ناگهانی مقاومت کند. در آخر، با استفاده از مواد عالی آلومینیوم آنودایز شده و ضدزنگ، مقاومت عالی در برابر خوردگی ناشی از عوامل جوّی معمول در ترافیک جاده و شوری را تامین می‌کند. این سنسور همچنین دارای حفاظت الکتریکی است. علاوه بر این، هندسه اجزای مکانیکی حسگر اجازه می‌دهد تا خطاهای ناشی از تلاطم هوا را به حداقل برسانید و ایمنی بالایی در برابر گردوغبار ناشی از باد ایجاد می‌کند (شوری، شن، گردوغبار و غیره ...) سنسور همچنین برای استفاده در شرایط شدید محیطی (سکوهای دریایی، صحرا و غیره....) قابل‌اعتماد است. جدول ۸ مشخصات فنی و جدول ۹ اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور دما و رطوبت را نشان می‌دهد.

جدول ۸ مشخصات فنی سنسور سرعت باد.

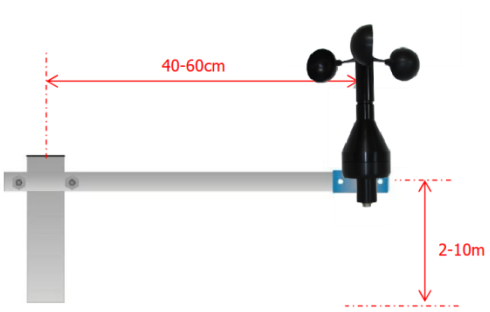
| | |
|---|---|
| حفاظت IP | IP65 |
| دمای عملیاتی | 30– تا70 + سانتی گراد |
| برد عملیاتی | 0 تا 60 متر بر ثانیه |
| دقت | 2.0 متر بر ثانیه |
| خروجی | (فرکانس) دیجیتال<br>RS485<br>0~10V, 0~5V<br>0~20mA, 4~20mA |
| منبع تغذیه | 36 میلی‌آمپر در 12 ولت مستقیم<br>برای گرما، 150 میلی‌آمپر در 12 ولت مستقیم |
| قطر پایه | 35 میلی‌متر |

جدول ۹. اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور سرعت باد.

| | | |
|---|---|---|
| نام سنسور | سرعت باد بدون هیتر | WS350 |
| | سرعت باد با هیتر | WS350R |
| خروجی | 0 ~ 2 ولت | A |
| | 0 ~ 5 ولت | B |
| | 0 ~ 20 میلی آمپر | C |
| | 4 ~ 20 میلی آمپر | D |
| | فرکانس | E |
| | RS485 | F |
| | 0~1 V | H |
| طول کابل | 2 متر | 02 |
| | 5 متر | 05 |
| | 10 متر | 10 |
| | دلخواه | xx |
| WS350-E–10 : سنسور سرعت باد بدون هیتر، خروجی فرکانس و 10 متر کابل | | |

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های دینامیکی سنسور نمونه، از یک تونل باد استفاده می‌شود. سنسور داخل تونل، جایی که سرعت هوا از صفر به حداکثر مقدار تغییر می‌کند قرار داده می‌شود. که وابسته به نوع گواهینامه هست. این آزمایش با مقایسه بسیاری از سنسورهای اندازه‌گیری شده با سرعت‌های مختلفی نسبت به‌اندازه‌گیری‌های به‌دست‌آمده توسط سنسور مرجع در شرایط یکسان انجام می‌شود. سنسورها به نگهداری معمول نیاز ندارند، اما توصیه می‌شود به‌صورت دوره‌ای بررسی شود که احیاناً مقاومت نامنظم بر روی یاتاقان‌ها به دلیل گرفتگی یا گرفتن آن وجود نداشته باشد تا مانعی برای چرخش فنجان‌ها شود.

بر اساس استانداردهای WMO سنسور در ارتفاع ۲ و یا ۱۰متری و بر روی یک بازو به طول ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌تواند نصب شود (شکل ۸).



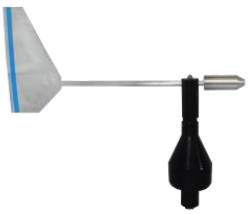

شکل ۸. نحوه اتصال سنسور.

جدول ۱۰. مشخصات فنی سنسور سمت باد.

| | |
|---|---|
| حفاظت IP | IP65 |
| دمای عملیاتی | 30- تا 70+ |
| برد عملیاتی | 0تا 360 درجه |
| خروجی | دیجیتال (فرکانس)<br>RS485<br>ولت,10~0 ولت 5~0<br>میلی آمپر 20~4, 20~0 |
| منبع تغذیه | میلی آمپر 35 ولت در 12 برای گرما ، 150 میلی آمپر در 12 ولت مستقیم |
| قطر پایه | 35 میلی متر |

## ۲-۴. سنسور سمت باد

این سنسور در بسته‌بندی فلت به‌صورت بدنه اصلی و باله جداگانه به همراه آچار آلن مناسب و مستندات در داخل فوم ضدضربه ارائه می‌گردد (شکل ۹).



شکل ۹. سنسور تعیین جهت باد.

سنسور اندازه‌گیری سمت باد مدل 740WD[12] مخصوص استفاده درزمینه اندازه‌گیری خودکار هواشناسی قابلیت اندازه‌گیری سمت باد از ۰ تا ۳۵۹ درجه و دقت اندازه‌گیری ۰/۱ درجه را داشته و دارای کیفیت قابل‌رقابت با نمونه‌های خارجی این سنسور هست.

این سنسور مطابق با اسناد WMO تولیدشده است و می‌تواند در مناطق با شرایط آب‌وهوایی عادی و همچنین سردسیر نصب شود. خروجی این سنسور بسته به نیاز مشتری می‌تواند فرکانس، ۲۰~۴ میلی‌آمپر، ولتاژی و RS 485 باشد.

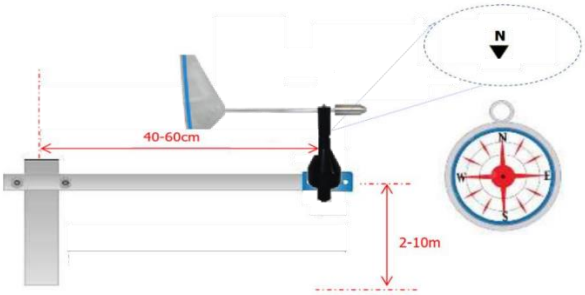
این سنسور از مواد باقابلیت اطمینان بالا (آلومینیوم آنودایز شده) ساخته‌شده است که باگذشت زمان، صحت و دقت اولیه حفظ می‌شوند. اصطکاک به لطف یاتاقان‌های توپی شعاعی در روغن با ماندگاری طولانی‌مدت کاهش می‌یابد. شکل و تعادل فنجان‌ها، همراه با اینرسی مکانیکی کم، حساسیت بالا را تضمین می‌کند. قدرت مکانیکی اجازه می‌دهد تا سنسور در برابر بادهای شدید و وزش ناگهانی مقاومت کند. در آخر، با استفاده از مواد عالی آلومینیوم آنودایز شده و ضدزنگ، مقاومت عالی در برابر خوردگی ناشی از عوامل جوّی معمول در ترافیک جاده و شوری را تضمین می‌کند. این سنسور همچنین دارای حفاظت الکتریکی است. علاوه بر این، هندسه اجزای مکانیکی سنسور اجازه می‌دهد تا خطاهای ناشی از تلاطم هوا را به حداقل برسانید و ایمنی بالایی در برابر گردوغبار ناشی از باد ایجاد می‌کند. (شوری، شن، گردوغبار و غیره ...). سنسور همچنین برای استفاده در شرایط شدید محیطی قابل‌اعتماد است. (سکوهای دریایی، صحرا و غیره). جدول ۱۰ مشخصات فنی و جدول ۱۱ اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور سمت باد را نشان می‌دهد.

پس از مونتاژ سنسور، عملکرد آن بااتصال به یک ابزار اندازه‌گیری مناسب جایی که یک صفحه مدرج موجود باشد آزمایش می‌شود. با نصب یک دیسک زاویه‌بندی شده از ۰تا ۳۶۰ درجه دقیق به‌عنوان یک ابزار مرجع به‌عنوان نمایش زاویه مناسب استفاده می‌شود. آزمایش با مقایسه بسیاری انجام‌شده است. اندازه‌گیری سنسور در موقعیت‌های مختلف زاویه‌ای نسبت به آنچه توسط صفحه مدرج در همان حالت به‌دست‌آمده است انجام می‌شود.

جدول ۱۱- اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور سمت باد.

| | | |
|---|---|---|
| نام سنسور | جهت باد بدون هیتر | WD740 |
| | جهت باد با هیتر | WD740R |
| خروجی | ولت2 ~0 | A |
| | ولت5 ~ 0 | B |
| | میلی‌آمپر20 ~0 | C |
| | میلی آمپر 20 ~4 | D |
| | فرکانس | E |
| | RS485 | F |
| | ولت1~0 | H |
| طول کابل | 5 متر | 05 |
| | 2 متر | 02 |
| | 10 متر | 10 |
| | دلخواه | xx |
| WD740R-G-05: سنسور جهت باد با هیتر، خروجی 485 و 5 متر کابل | | |

تست عمکرد سنسور حتی به‌صورت شهودی با دوره یک ساله پیشنهاد می‌گردد یعنی زاویه پیکان سنسور با شمال با عدد خروجی آن مقایسه شود. بر اساس استانداردهای WMO سنسور در ارتفاع ۲ و یا ۱۰ متری و بر روی یک بازو به طول ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر می‌تواند نصب شود (شکل ۱۰).




شکل ۱۰. نحوه اتصال سنسور سمت باد.

## ۲-۵. سنسور فشار هوا

سنسور فشار هوا مدل AP ۵۵۰ یک فشار سنج الکترونیکی است و می‌تواند با خروجی های مختلفی همچون ۴ تا ۲۰ میلی‌آمپر و یا RS۴۸۵ به یک دیتالاگر متصل شود (شکل ۱۱). مصرف بسیار پایین این سنسور با ابعاد کوچک آن برای سامانه‌های هواشناسی بسیار مناسب است و به دلیل داشتن درجه فازی IP۵۰ قابلیت نصب در تابلو را دارد. این سنسور با استانداردهای سازمان جهانی هواشناسی (WMO) کاملاً مطابقت دارد. جدول ۱۲ مشخصات فنی و جدول ۱۳ اینترفیس و خروجی‌های موجود سنسور فشار هوا را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱. سنسور فشار هوا.

جدول ۱۲. مشخصات فنی سنسور فشار هوا.

| | |
|---|---|
| استاندارد محیطی | IP50 |
| تغذیه | 10 – 30 ولت |
| توان مصرفی | کمتر از 2.0 W |
| دمای عملکرد | -30 ~ +60 C |
| رطوبت عملکرد | 0 ~ 100% |
| بازه اندازه‌گیری | 500 ~ 1100 hPa |
| حساسیت اندازه‌گیری | 0.05 hPa |
| دقت اندازه‌گیری | 0.2 hPa |
| زمان پاسخگویی | ثانیه1 |
| ابعاد | 60*150*35 (W*L*D) |
| وزن | 100 gr |

جدول ۱۳. اینترفیس و خروجی‌های موجود در سنسور فشار هوا.

| | | |
|---|---|---|
| نام سنسور | فشار هوا | AP550 |
| خروجی | 0 ~ 2 ولت | A |
| | 4 ~ 20 میلی آمپر | D |
| | RS485 | F |
| طول کابل | 2 متر | 02 |
| | 5 متر | 05 |
| | سفارشی | xx |
| AP550-D-02: سنسور فشار، خروجی 4 تا 20 میلی‌آمپر و 2 متر کابل | | |

برای سنسور فشار، پس از مونتاژ سنسور، عملکرد آن توسط یک ابزار اندازه‌گیری مناسب مانند دیتالاگر متصل آزمایش می‌شود، که یک سنسور فشار دیگری نیز به‌عنوان یک ابزار مرجع به آن متصل هست. این آزمایش با مقایسه فشار به‌دست‌آمده توسط این دو سنسور انجام می‌شود که نباید با م

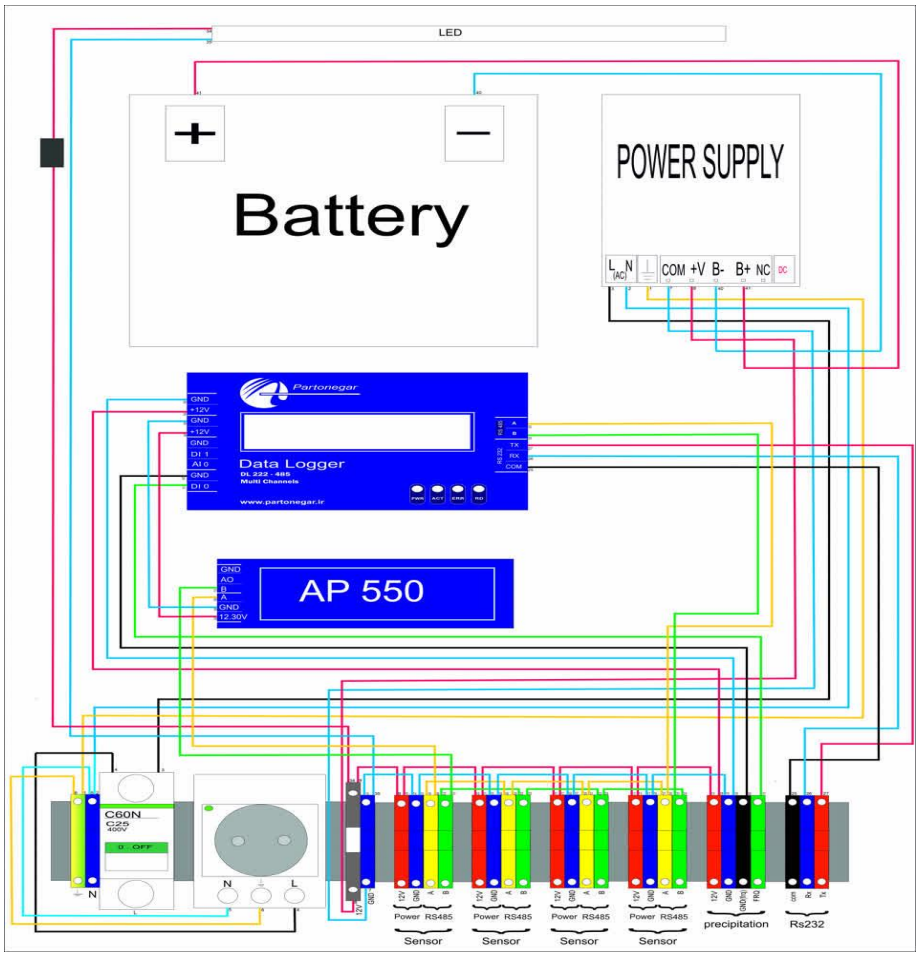
داری بالاتر از دقت سنسور آزمایش‌شده متفاوت باشد. سنسورها به نگهداری معمول نیاز ندارند، اما توصیه می‌شود به‌صورت دوره‌ای با یک سنسور مرجع بررسی شود. این سنسور می‌تواند داخل تابلوی نگه‌دارنده دیتالاگر نصب شود. فقط باید جریان هوا وجود داشته باشد.

## ۳. ساخت ایستگاه

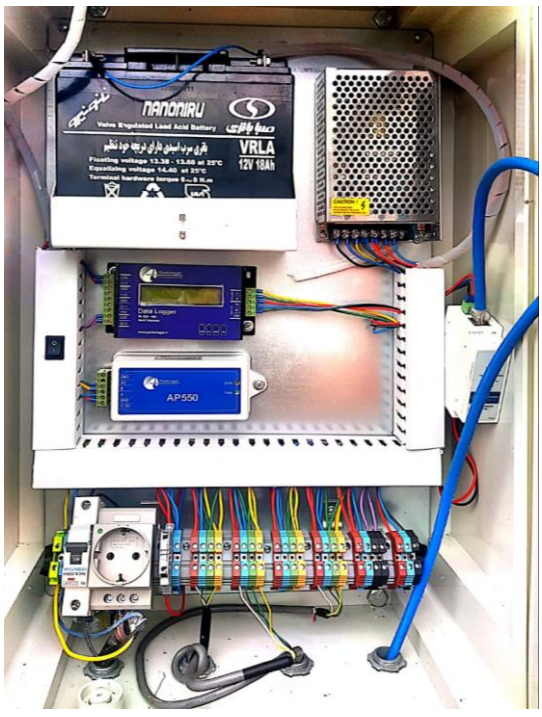
در ادامه با استفاده از سنسورهای تهیه‌شده، ایستگاه هواشناسی در دانشگاه علوم دریایی امام خمینی نوشهر راه‌اندازی شد. برای نصب سنسورها در ابتدا نیاز به یک‌پایه ده متری بود، به همین دلیل از دکل قدیمی که در ایستگاه هواشناسی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی نوشهر مستقر بود استفاده شد. از اولین کارهای انجام‌شده اتصال سنسورها به تابلوی برق بود. لذا در ابتدا لازم است در خصوص تابلو برق صحبت شود. مدار شما تیک تابلوی برق در شکل ۱۲ آورده شده است. همان‌طور که در مدار تابلو برق دیده می‌شود؛ اولین قطعه‌ای که در تابلوی برق موردبحث قرار می‌گیرد منبع تغذیه است. این منبع تغذیه می‌تواند برق شهری را به ولتاژ و جریان مناسب برای سنسورهای مورداستفاده در دستگاه هواشناسی تبدیل کند. منبع تغذیه به یک عدد باتری اتصال داده شده است. عملکرد باتری تأمین برق سنسورها در مواقع قطع برق هست. منبع تغذیه دارای دو قطب مثبت و منفی است که به قطب‌های مثبت و منفی باتری متصل شده است. دیتالاگر و فشارسنج در محفظه تابلو برق قرارگرفته‌اند. سیم‌کشی متناظر بین دیتالاگر و فشارسنج با باتری و منبع تغذیه در شکل ۱۲، نشان داده شده است. ورودی‌های سنسورها در تابلوی برق در قسمت پایین قرار داده شده است. ورودی هر سنسور به‌صورت یک بخش ۱۲ ولت، زمین و ورودی‌های کابل RS485 هست. ورودی‌های کابل RS485داده‌ها را از سنسورها به دیتالاگر انتقال می‌دهد. ورودی A و B دیتالاگر تمامی اطلاعات از سنسورها را دریافت می‌کند. لذا مشاهده می‌شود که ورودی‌های A و B دیتالاگر به اولین ورودی سنسور در سمت راست متصل شده است و بقیه ورودی‌های سنسورها به یکدیگر وصل شده‌اند و این باعث می‌شود که کلیه سنسورها به‌صورت سری داده‌ها را به دیتالاگر منتقل کنند. نکته مهم دیگر نحوه اتصال فشارسنج به دیتالاگر است که همان‌طور که در شکل دیده می‌شود خروجی سنسور فشارسنج به ورودی سنسور سمت چپ متّصل شده است و می‌تواند کلیه داده‌ها را از همان کانال ورودی A و B دیتالاگر ارسال کند. از مهم‌ترین مشکلات این پروژه نحوه انتقال داده‌های سنسورها به رایانه بود. خروجی RS232 که برای دیتالاگر پیش‌بینی شده است فقط می‌تواند تا فاصله ۱۰ متری داده‌ها را انتقال دهد و مسافت‌های بیشتر از ۱۰ متر منجر به شکل‌گیری نویز درروند انتقال داده خواهد شد. به همین علّت چندین راهکار مورد آزمایش قرار گرفت. از مهم‌ترین مواردی که برای انتقال داده از دیتالاگر به رایانه در فاصله حدود ۷۰ متری از طریق کابل شبکه بود. برای انتقال داده RS232 از طریق کابل شبکه نیاز به مبدّل RS232 به شبکه وجود دارد. این مبدّل یک مبدّل کم یاب و تقریباً پرهزینه در بازار است که با رایزنی‌های زیادی در خصوص اعتبار خرید و فروشگاه مناسب درنهایت این تبدیل به دست گروه پژوهش رسید. این مبدّل می‌تواند داده‌هایی را که در خروجی RS232 دیتالاگر موجود است را از طریق کابل شبکه تا فاصله حدود ۱۰۰ متر ارسال کند.

در شکل ۱۴، نحوه اتصال مبدّل RS232 به دیتالاگر توسط محقّق، نشان داده شده است. از دیگر معضل‌های ارسال داده دیتالاگر به رایانه این بود که شیلد تهیه‌شده برای کابل برق و داده به‌صورت یکسان در نظر گرفته‌شده بود که سیم برق می‌تواند روی روند تبادل داده اخلال ایجاد کند. لذا محقّق مجبور به تهیه شیلد جداگانه برای کابل شبکه شده و این روند بسیار مشکل و وقت‌گیر بود.

گام بعدی شامل اتصال سنسورها به دیتالاگر بوده و تابلو برق و سنسورها درنهایت روی دکل سوار شوند. نحوه اتصال سنسور نیز کاری حسّاس بود زیرا در صورت هرگونه خطایی باید سنسورها و تابلوی برق از روی دکل بازشده و کل روند اتصال دوباره تکرار می‌شد، لذا سنسورها به‌صورت جداگانه بر روی زمین یک‌بار به تابلو برق متّصل شده و داده‌ها از طریق دیتالاگر به رایانه ارسال و پس از صحت روند نصب، عملیات سوار کردن سنسور و تابلو برق روی دکل انجام شد.




شکل ۱۲. مدار شماتیک تابلوی برق استفاده‌شده در ساخت دستگاه هواشناسی خودکار




شکل ۱۳. تابلوی برق استفاده در این پژوهش

شکل۱۴. مبدل RS232 به کارت شبکه.

پس از نصب سنسورها روی تابلو برق در مرحله بعدی باید تابلوی برق و سنسورها روی دکل مستقر نصب شود. برای

نصب سنسورها نیاز به بالابر مکانیکی بود که طی هماهنگی‌های انجام‌شده و با انجام تمهیداتی، و اطمینان از ایمنی کامل سنسورها و تابلوی برق روی دکل نصب شدند. پس از نصب سنسورها و تابلوی برق روی دکل اطمینان از ارسال داده از سنسور به تابلو برق و از تابلو برق به رایانه مورد ارزیابی قرار گرفت. که خوشبختانه تمامی مراحل به‌درستی نصب‌شده بود و سیگنال‌ها در رایانه دریافت گردید.

پس از ساخت فیزیکی سنسورها و اتصال آن‌ها روی دکل و دریافت داده‌ها در رایانه، در مرحله بعد باید با استفاده از داده‌های دریافت شده هشدارهای ناوبری صادر شود.

شکل ۱۶. مراحل اجرایی نصب سنسور و تابوی برق روی دکل.

## ۴. جمع‌بندی

ساخت دستگاه هواشناسی برای واحدهای شناور نداجا از موارد مهم تحقیقات هواشناسی هست. واحدهای شناور به‌طورکلی در ثبت اطلاعات جوّی به‌درستی عمل نمی‌کنند یا اطلاعات ثبت‌شده با خطای زیادی همراه است. برای مثال تصحیح فشار هوا در ارتفاع داده نمی‌شود و معمولاً همان فشار مربوط به پل فرماندهی ثبت می‌گردد؛ که با توجه به ارتفاع حدود ۱۰ متری در واحد شناور انتظار خطایی در حدود ۰/۵ تا ۱ هکتوپاسکال وجود دارد و چنانچه ارتفاع پل فرماندهی بیشتر از ۱۰ متر باشد؛ برای مثال در شناورهای تجاری که پل فرماندهی دارای ارتفاع ۲۰ متری است، عدم تصحیح ارتفاع روی فشار هوا می‌تواند خطای ۲ میلی باری را ایجاد کند. در نظر نگرفتن تغییرات روزانه فشار نیز از موارد دیگری است که می‌تواند خطایی در حدود ۳ تا ۵ هکتو پاسکال را از سطح اقیانوس ایجاد کند. بنابراین برداشت داده‌های جوّی در سطح دریا و اقیانوس علی‌رغم اینکه بسیار ساده به نظر می‌رسد؛ ولی چنانچه به‌درستی این کار صورت نگیرد، قابل‌اعتماد و اتّکا نبوده و نمی‌توان از این داده‌ها برای تجزیه‌وتحلیل شرایط حال حاضر استفاده کرد. از دیگر مواردی که می‌تواند عدم قطعیّت در برداشت داده‌های هواشناسی توسط شخص را افزایش دهد، عدم نظم در برداشت روزانه داده‌ها است. داده‌های هواشناسی برای قضاوت لازم است به‌صورت منظّم و هر یک ساعت یک‌بار برداشت شوند و درصورتی‌که این داده‌ها منظّم نباشند نمی‌توان به افت‌وخیزهای پارامترهای هواشناسی توجّه نموده و پدیده‌های ناشی از این افت‌وخیزها را شناسایی کرد. این دلایل سبب شد گروه علوم دریایی که متولّی هواشناسی و اقیانوس‌شناسی در دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر است به فکر ساخت دستگاهی بیافتد که بتواند بدون دخالت انسان داده‌های جوّی و اقیانوسی را با دقت مناسب و در فواصل زمانی برای شناخت پدیده‌ها به‌صورت منظّم برداشت کند.

در ابتدای تعریف پروژه برای ساخت سنسورهای مربوطه با دانشکده برق تعامل شد و درنهایت دانشکده ناوبری و فرماندهی کشتی به این نتیجه رسید که پیچیدگی سنسورهای

برداشت داده‌های جوّی و اقیانوسی به دلیل کاهش خطای نویز قابل ساخت توسط منابع دانشجویی نیست و این سنسورها باید از شرکت بیرونی که دارای منابع بیشتری هستند تأمین شود. درنهایت شرکت پرتونگار برای خرید سنسورها مورد انتخاب قرار گرفت و تمامی سنسورها به همراه تابلو برق از شرکت مزبور خریداری شد. از موارد مهم در این پروژه این است که کلیه موارد اسمبل کردن قطعات و نصب سنسورها که عملی کاملاً تخصّصی و در حیطه کار شرکت است توسط محقّق صورت گرفته است و محقّق برای آموزش اسمبل و نصب تابلو برق چندین مرتبه به شرکت پرتونگار مراجعه نموده و تمامی آموزش‌های لازم برای کالیبره کردن سنسورها و نصب درست این سنسورها را دریافت نموده است.

فرآیند نصب سنسورها روی دکل مستقر در ایستگاه هواشناسی دانشگاه از مهم‌ترین چالش‌های این پروژه بود. تخصّصی بودن فرآیند نصب باعث مشکلات زیادی در فرآیند نصب سنسورها روی دکل شد. درنهایت با تمامی مشکلات سنسورها روی دکل نصب‌شده و اطلاعات سنسورها در رایانه دریافت گردید. که با صورت گرفتن این مرحله فرآیند ساخت سخت‌افزاری دستگاه به اتمام رسید. در ادامه لازم بود با استفاده از داده‌های اقلیمی ERA5 برای فشار هوا، پدیده‌های جوّی مورد شناسایی قرار گیرد که در تحقیقی جداگانه شناسایی طوفان‌های حارّه‌ای به‌عنوان بزرگ‌ترین تهدید دریانوردان در دریا و اقیانوس‌ها موردتوجه قرار گرفت. بر اساس متون موجود میزان افت فشار از فشار میانگین می‌تواند نشانگر وجود طوفان حارّه‌ای در منطقه باشد. بنابراین دستگاه ساخته‌شده بهترین کاندید برای شناخت طوفان حارّه‌ای است. بنابراین می‌تواند داده‌های فشار در دریا را با دقت مناسب و تصحیح ارتفاع برداشت کرده و میانگین فشار در همان زمان برداشت داده را بدون وجود اثرات تغییرات شبانه‌روزی به دست آورد. برای آزمایش بخش نرم‌افزاری دستگاه ساخته‌شده آزمایشی شبیه‌سازی‌شده ترتیب داده می‌شود که در آن‌یک واحد شناور از مبدأ بندرعباس حرکت کرده و بعد از گذشت چندین ساعت در مسیر خودش به طوفان حارّه‌ای گونو برخورد می‌کند[۳۵]. در این شبیه‌سازی نقاط افت فشار از فشار میانگین محاسبه می‌شود.

## ۵. سپاسگزاری

بدین وسیله از کارکنان محترم شرکت پرتونگار بابت در اختیار قراردادن تجهیزات موردنیاز و مشاوره‌های لازم کمال تشکر به عمل می‌آید.

## مراجع

[1] Woodruff SD, Diaz HF, Worley SJ, Reynolds RW, Lubker SJ. Early ship observational data and ICOADS. Climatic Change. 2005;73(1): 169-94.doi: 10.1007/s10584-005-3456-3

[2] Corfield R. The silent landscape: the scientific voyage of HMS Challenger. 1930.

[3] Keynes RD. The Beagle record: selections from the original pictorial records and written accounts of the voyage of HMS Beagle: Cambridge University Press; 2012.

[4] Richardson PL. Benjamin Franklin and Timothy Folger's first printed chart of the Gulf Stream. Science. 1980;207(4431): 643-5.

[5] Caccia M, Bono R, Bruzzone G, Bruzzone G, Spirandelli E, Veruggio G, Stortini AM, editors. Design and exploitation of an autonomous surface vessel for the study of sea-air interactions. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation; 2005: IEEE.

[6] German CR, Jakuba MV, Kinsey JC, Partan J, Suman S, Belani A, Yoerger DR, editors. A long term vision for long-range ship-free deep ocean operations: Persistent presence through coordination of autonomous surface vehicles and autonomous underwater vehicles. 2012 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV); 2012: IEEE.

[7] McBean G, Phillips D, Mathieson J. An intercomparison of two rawinsonde systems. Atmosphere-Ocean. 1986;24(1): 42-51.

[8] Goni GJ, Sprintall J, Bringas F, Cheng L, Cirano M, Dong S, et al. More than 50 years of successful continuous temperature section measurements by the global expendable bathythermograph network, its integrability, societal benefits, and future. Frontiers in Marine Science. 2019;6: 452.

[9] Roemmich D, Johnson GC, Riser S, Davis R, Gilson J, Owens WB, et al. The Argo Program: Observing the global ocean with profiling floats. Oceanography. 2009;22(2): 34-43.

[10] Pazan SE, Niiler P. New global drifter data set available. Wiley Online Library; 2004.

[11] McPhaden MJ, Busalacchi AJ, Cheney R, Donguy JR, Gage KS, Halpern D, et al. The Tropical Ocean-Global Atmosphere observing system: A decade of progress. Journal of Geophysical Research: Oceans. 1998;103(C7): 14169-240.

[12] Hall J, Harrison D, Stammer D, editors. Proceedings of the" OceanObs09: Sustained Ocean Observations and Information for Society". Ocean information for society: sustaining the benfits, realizing the potential; 2010: European Space Agency.

[13] Rudnick DL, Davis RE, Eriksen CC, Fratantoni DM, Perry MJ. Underwater gliders for ocean research. Marine Technology Society Journal. 2004;38(2): 73-84.

[14] Bojinski S, Verstraete M, Peterson TC, Richter C, Simmons A, Zemp M. The concept of essential climate variables in support of climate research, applications, and policy. Bulletin of the American Meteorological Society. 2014;95(9): 1431-43.

[15] Sloyan BM, Roughan M, Hill K. Global ocean observing system. New Frontiers in Operational Oceanography. 2018: 75-89.

[16] 1. Moltmann T, Turton J, Zhang H-M, Nolan G, Gouldman C, Griesbauer L, et al. A global ocean observing system (GOOS), delivered through enhanced collaboration across regions, communities, and new technologies. Frontiers in Marine Science. 2019;6: 291.

[17] Smith SR, Bourassa MA, Bradley EF, Cosca C, Fairall CW, Goni GJ, et al., editors. Automated underway oceanic and atmospheric measurements from ships. OceanObs 09; 2010: European Space Agency.

[18] Klepp C. The oceanic shipboard precipitation measurement network for surface validation—OceanRAIN. Atmospheric Research. 2015;163: 74-90.

[19] Smith SR, Alory G, Andersson A, Asher W, Baker A, Berry DI, et al. Ship-based contributions to global ocean, weather, and climate observing systems. Frontiers in Marine Science. 2019;6: 434.

[20] Khazaei, E, Zakarinia, M, Dehghani S, H, Hazarjaribi, A, and Hossam, M. Application of on-line meteorological devices in the field in calculating the water requirement during corn and its effect on increasing the efficiency of water consumption in Saveh region. Water and Soil Conservation Research (Agricultural Sciences and Natural Resources), 20(2), 2012; 143-159.

[21] Abdul-Niby M, Farhat M, Abdullah M, Nazzal A. A low cost automated weather station for real time local measurements. Engineering, Technology & Applied Science Research. 2017;7(3): 1615-8.

[22] محمدی علی، علی‌محمدی مهریار، ذادق آبادی احمد، تلیکانی عباس. طراحی سامانه ناوبری با در نظرگرفتن داده‌های اقلیمی در طول مسیر دریانوردی. مهندسی دریا. ۱۴۰۲; ۱۹ (۳۹): ۱۲-۳۴.

[23] Zhu Q, Cherqui F, Bertrand-Krajewski J-L. End-user perspective of low-cost sensors for urban stormwater monitoring: a review. Water Science & Technology. 2023;87(11): 2648-84.

[24] Khattab A, Abdelgawad A, Yelmarthi K, editors. Design and implementation of a cloud-based IoT scheme for precision agriculture. 2016 28th international conference on microelectronics (ICM); 2016: IEEE.

[25] Prabhakaran P, Ravindran RM. A survey of wireless sensor network in precision agriculture with different cloud based IoT schemes. Integrated Intelligent Research (IIR). 2019;60: 60-3.

[26] Sarkar I, Pal B, Datta A, Roy S, editors. Wi-Fi-based portable weather station for monitoring temperature, relative humidity, pressure, precipitation, wind speed, and direction. Information and Communication Technology for Sustainable Development: Proceedings of ICT4SD 2018; 2020: Springer.

[27] Flores E. Estación Meteorológica LoRaWAN. 2020.

[28] Kaewwongsri K, Silanon K, editors. Design and implement of a weather monitoring station using CoAP on NB-IoT network. 2020 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON); 2020: IEEE.

[29] Fortes S, Hidalgo-Triana N, Sánchez-la-Chica J-M, García-Ceballos M-L, Cantizani-Estepa J, Pérez-Latorre A-V, et al. Smart tree: An architectural, greening and ICT multidisciplinary approach to smart campus environments. Sensors. 2021;21(21): 7202.

[30] Tai AY-C, Chen L-WA, Wang X, Chow JC, Watson JG. Atmospheric deposition of particles at a sensitive alpine lake: Size-segregated daily and annual fluxes from passive sampling techniques. Science of the Total Environment. 2017;579: 1736-44.

[31] Domínguez-Brito AC, Cabrera-Gámez J, Viera-Pérez M, Rodríguez-Barrera E, Hernández-Calvento L. A DIY low-cost wireless wind data

acquisition system used to study an arid coastal foredune. Sensors. 2020;20(4): 1064.

[32] Nouman AS, Chokhachian A, Santucci D, Auer T. Prototyping of environmental kit for georeferenced transient outdoor comfort assessment. ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019;8(2): 76.

[33] Semenov E, Ivanchenko G, Kharchenko A, Kolobanov R, editors. Mobile weather station based on ATmega2560 microprocessor. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; 2019: IOP Publishing.

[34] Hussein ZK, Hadi HJ, Abdul-Mutaleb MR, Mezaal YS. Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee. Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control). 2020;18(1): 282-8.

[35] سام دلیری حامد، علی‌محمدی مهریار، محمدی علی، محمدمهدیزاده مهدی. شبیه‌سازی امواج ساحلی در زمان طوفان گونو با بکارگیری مدلCOAWST. فصلنامه علمی علوم و فنون آبخاکی. ۱۴۰۲; ۴(۳): ۲۱-۳۴.

## پی‌نوشت‌ها

1. World Meteorological Organization
2. Data Logger
3. Secure Digital
4. General Packet Radio Service
5. Remote Terminal Unit
6. Recommended Standard
7. Platinum
8. Temprature and Humidity
9. Ultra Violet
10. Sensor
11. Wire Speed
12. Wind Direction