

دانشگاه دامغان

دانشگاه دامغان
دانشکده فنی و مهندسی

گزارش پروژه کارشناسی
مهندسی برق

ایستگاه هواشناسی دیجیتال

—

مهدی جمشیدی
محمد ابراهیم طوسی

استاد راهنما
دکتر بهزاد بقراطی

فهرست مطالب

۱	مقدمه	۱
۱	سنجش شدت و جهت باد	۲

مقدمه

ایستگاه هواشناسی، مرکزی مجهز به تجهیزات و ابزارهایی برای اندازه گیری‌های جوی است که به ارائه اطلاعات برای پیش بینی و مطالعه آب و هوا می‌پردازد. اندازه گیری های انجام شده معمولاً شامل دما، فشار هوا، رطوبت، سرعت باد، جهت باد و مقدار بارش است. مشاهدات دستی حداقل یک بار در روز انجام می‌شود، در حالی که اندازه گیری های خودکار حداقل یک بار در ساعت انجام می‌پذیرد. ایستگاه های هواشناسی معمولی مجهز به ابزارهای زیر هستند [۱]:

- رطوبت‌سنج برای اندازه گیری رطوبت
- فشارسنج برای اندازه گیری فشار جو
- دماسنج برای اندازه گیری دمای هوا
- پیرانومتر برای اندازه گیری تشعشعات خورشیدی
- باران‌سنج برای اندازه گیری میزان بارش باران در طی یک دوره زمانی مشخص
- تجهیزاتی نظیر بادسنج، پرچم باد یا جوراب باد برای اندازه گیری سرعت و جهت باد

ایستگاه های پیشرفته تر همچنین ممکن است شاخص فرابنفش، رطوبت برگ، رطوبت خاک، دمای خاک، دمای آب در حوضچه ها، دریاچه ها، نهرها یا رودخانه ها و گاهی داده های دیگر را اندازه گیری کنند. به جز دستگاههایی که نیازمند تماس مستقیم با عناصر مورد اندازه گیری هستند (نظیر بادسنج)، دیگر سنسورها و دستگاهها باید در محفظه‌ای به دور از تابش مستقیم خورشید و وزش باد قرار بگیرند.

ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک ۲۴ ساعته به صورت خودکار هر سه ساعت به سه ساعت پارامترهای جوی را پس از اندازه‌گیری و جمع‌آوری از طریق شبکه‌های مخابراتی منتقل می‌کنند. به طور مشابه ایستگاه‌هایی با نام متار این کار را هر یک ساعت انجام می‌دهند. وظیفه این ایستگاه‌ها جمع‌آوری اطلاعات جوی از محدوده‌هایی وسیع و مخابره به ایستگاه‌های اصلی به منظور اطلاع از وضعیت حال و گذشته و پیش بینی شرایط آب و هوایی مناطق در آینده است.

هدف این پروژه پیاده سازی نوعی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک است که با تجهیزات ارزان و کم‌مصرف دیجیتالی پارامترهای جوی لازم را جمع‌آوری و به صورت بی‌سیم به ایستگاهی جهت ثبت و نمایش مخابره می‌کند. در این پروژه از میکروکنترلرهای ARM سری STM32F10X به عنوان هسته اصلی پردازش در هر دو سمت سنسور و ایستگاه و از ماژول لورا (LoRa) با چیپ SX1278 به منظور برقراری ارتباط بی‌سیم استفاده می‌شود.

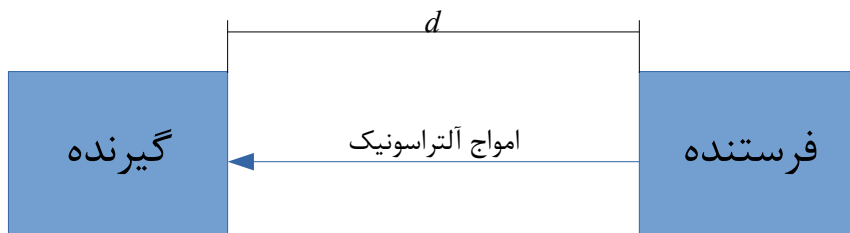
سنجش شدت و جهت باد

در سنجش شدت و سرعت باد در روش مکانیکی از دو ابزار به صورت مستقل (در برخی موارد این دو ابزار در قالب یک دستگاه در کنار هم قرار می‌گیرند)، یک ابزار برای سنجش شدت و ابزاری دیگر برای تعیین جهت، مورد استفاده قرار می‌گیرد. هر دو دستگاه دارای قطعات متحرک اند و یکی با داشتن پره‌هایی شبیه به دم هلی کوپتر با وزش باد در جهت وزش قرار می‌گیرد و دیگری دارای پره‌هایی است که با وزش باد پره‌ها همانند پره‌های توربین به حدکث در می‌آید که با توجه به سرعت چرخش پره‌ها سرعت باد قابل اندازه گیری است. نمونه‌ای از این ابزارها در شکل ۱ آمده است. در اندازه‌گیری‌های این دستگاه‌ها محدودیت‌هایی وجود دارد و اغلب این نوع ابزارها در وزش باد ملایم عملکرد صحیحی از خود نشان نمی‌دهند. همچنین در اندازه گیری زاویه وزش ممکن اند محدود به زوایای خاصی باشند.



شکل ۱: نمونه‌ای از ابزارهای اندازه‌گیری شدت و جهت باد مکانیکی، تصویر از [۲].

در روش اندازه‌گیری شدت و جهت باد با آلتراسونیک اندازه‌گیری‌ها می‌تواند در قالب تنها یک دستگاه، بدون قطعات متحرک و با دقتی بالاتر انجام پذیرد. در این روش ۲ فرستنده و گیرنده آلتراسونیک همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است روبروی یکدیگر در فاصله مشخص d قرار داده می‌شوند.



شکل ۲: نحوه قرار گیری فرستنده و گیرنده آلتراسونیک.

فرستنده امواج صوتی با فرکانس ۴۰ کیلو هرتز تولید می‌کند. فاصله زمانی بین ارسال امواج صوتی از فرستنده و دریافت این امواج در گیرنده اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به رابطه ۱ سرعت v با داشتن فاصله d و زمان تاخیر بین ارسال موج صوتی در فرستنده و دریافت آن در گیرنده t قابل اندازه‌گیری است.

$$v = \frac{d}{t} \quad (1)$$

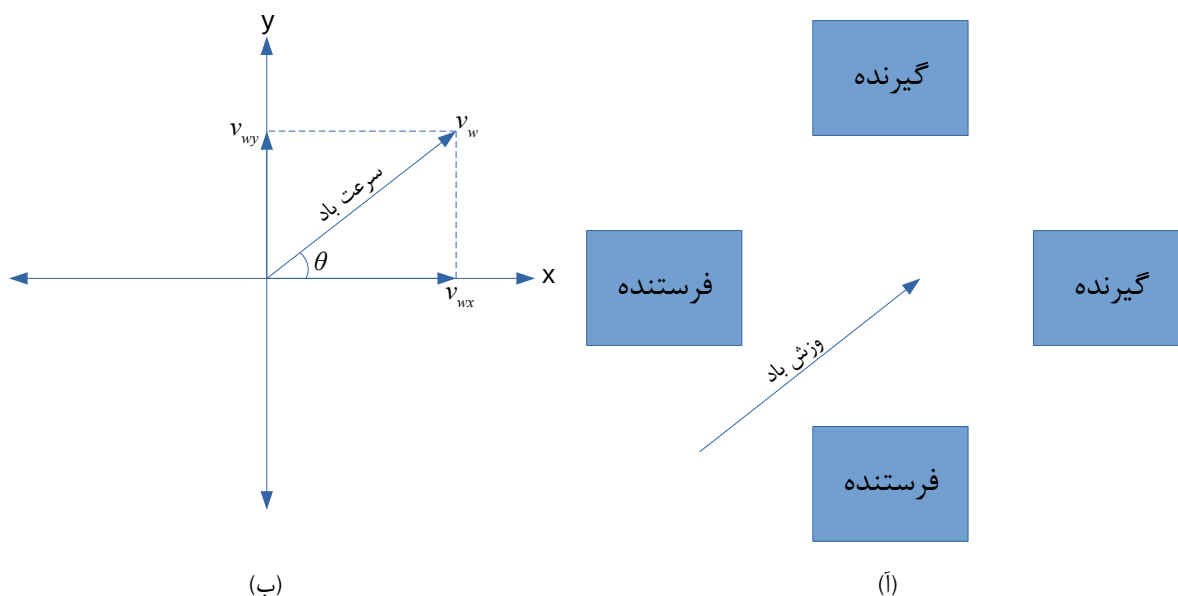
سرعت v بدست آمده از این رابطه مطابق رابطه ۲ متشکل از سرعت صوت v_s و سرعت باد v_{wx} است [۳].

$$v = v_s + v_{wx} \quad (2)$$

در صورتی که وزش باد در جهت موافق حرکت امواج صوتی باشد زمان تاخیر در دریافت امواج نسبت به حالی که باد نوزد کمتر شده و در نتیجه سرعت v نسبت به حالتی که باد نوزد افزایش می‌یابد (یعنی علامت v_{wx} مثبت بوده و $v = v_s + v_{wx}$). در صورتی که وزش باد در خلاف جهت حرکت امواج صوتی باشد زمان تاخیر در دریافت امواج نسبت به حالتی که باد نوزد بیشتر شده و در نتیجه سرعت v کاهش می‌یابد (یعنی علامت v_{wx} منفی بوده و $v = v_s - v_{wx}$). با داشتن سرعت صوت v_s ، فاصله d و محاسبه زمان t میتوان با توجه به معادلات ۱ و ۲ سرعت باد v_{wx} و جهت باد (علامت سرعت v_{wx}) روی یک محور مطابق رابطه ۳ بدست آورد.

$$v_{wx} = \frac{d}{t} - v_s \quad (3)$$

به منظور سنجش شدت و جهت باد در دو بعد می‌توان دو فرستنده و گیرنده دیگر بر روی محوری عمود بر محور متصل کننده فرستنده و گیرنده فعلی قرار داد و با محاسبه دو بردار سرعت، بردار سرعت برآیند را بدست آورد.



شکل ۳: نحوه قرار گیری فرستنده و گیرنده آلتراسونیک دو محوره و نمودار متناظر با آن‌ها.

اگر نحوه قرار گیری فرستنده و گیرنده‌ها مطابق شکل ۳ باشد در این صورت صفحه مختصات متناظر با آن مطابق شکل ۳ ب خواهد بود. اندازه v_w و زاویه θ بردار سرعت باد از طریق روابط ۴ بدست می‌آیند.

$$\begin{aligned} v_w &= \sqrt{v_{wx}^2 + v_{wy}^2} \\ \theta &= \tan^{-1} \left(\frac{v_{wy}}{v_{wx}} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

سرعت صوت v_s به عنوان تابعی از دما، فشار و کسر مولی رطوب و کربن دی اکسید، با استفاده از رابطه ۵ قابل محاسبه است [۴]. ثوابت a_1 تا a_{15} در جدول ۱ آمده اند.

$$\begin{aligned} v_s(\tau, p, x_w, x_c) &= a_0 + a_1\tau + a_2\tau^2 + (a_3 + a_4\tau + a_5\tau^2)x_w \\ &+ (a_6 + a_7\tau + a_8\tau^2)p + (a_9 + a_{10}\tau + a_{11}\tau^2)x_c \\ &+ a_{12}x_w^2 + a_{13}p^2 + a_{14}x_c^2 + a_{15}x_wpx_c \end{aligned} \quad (5)$$

که τ دمای هوا (برحسب درجه سلسیوس)، p فشار هوا (بر حسب پاسکال)، x_w کسر مولی بخار آب در هوا و x_c کسر مولی کربن دی اکسید در هوا است. x_c را ثابت و برابر 400×10^{-6} در نظر می‌گیریم. کسر مولی بخار آب در هوا x_w از رابطه ۶ بدست می‌آید [۵].

$$x_w = \frac{hfp_{sv}}{100p} \quad (6)$$

که h درصد رطوب هوا، p_{sv} فشار اشباع بخار آب در هوا و f ضریب تقویت است و از طریق روابط ۷ و ۸ محاسبه می‌شوند [۶].

$$f = 1.00062 + 3.14 \times 10^{-8}p + 5.6 \times 10^{-7}\tau^2 \quad (7)$$

جدول ۱: ضرایب محاسبه سرعت صوت (فرمول ۵)

ضرایب	
331.5024	a_0
0.603055	a_1
-0.000528	a_2
51.471935	a_3
0.1495874	a_4
-0.000782	a_5
-1.82×10^{-7}	a_6
3.73×10^{-8}	a_7
-2.93×10^{-10}	a_8
-85.20931	a_9
-0.228525	a_{10}
5.91×10^{-5}	a_{11}
-2.835149	a_{12}
-2.15×10^{-13}	a_{13}
29.179762	a_{14}
0.000486	a_{15}

$$p_{sv} = \exp \left(1.2811805 \times 10^{-5} T^2 - 1.9509874 \times 10^{-2} T + 34.04926034 - 6.3536311 \times 10^3 / T \right) \quad (۸)$$

که در این روابط T دمای محیط بر حسب کلون است، یعنی:

$$T = \tau + 273.15 \quad (۹)$$

مراجع

- [1] Wikipedia, "Weather station," 2020. [Online; accessed August 13, 2020].
- [2] Mammadtri, "wind meter," 2018. [Online; accessed August 10, 2020].
- [3] P. Chandran, R. Bhakthavatchalu, and P. P. Kumar, "Time of flight measurement system for an ultrasonic anemometer," in *2016 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*, pp.734–737, 2016.
- [4] O. Cramer, "The variation of the specific heat ratio and the speed of sound in air with temperature, pressure, humidity, and co2 concentration," *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol.93, no.5, pp.2510–2516, 1993.
- [5] K. Rasmussen, "Calculation methods for the physical properties of air used in the calibration of microphones," 1997.
- [6] R. S. Davis, "Equation for the determination of the density of moist air (1981/91)," *Metrologia*, vol.29, no.1, pp.67–70, 1992.