

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

...

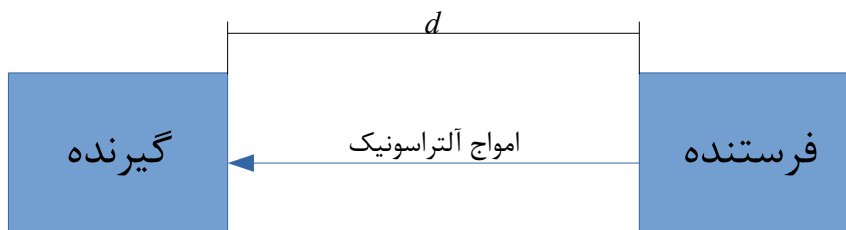
سنجش شدت و جهت باد

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 وزرش باد در جهت وزش قرار میگیرد و دیگری دارای پره‌هایی است که با وزش باد پره‌ها همانند پره‌های توربین به حدکت در می‌آید که با توجه به سرعت چرخش پره‌ها سرعت باد قابل اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری زاویه وزش ممکن اند محدود به زوایای خاصی باشند.



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

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.

$$v = \frac{d}{t} \quad (۱)$$

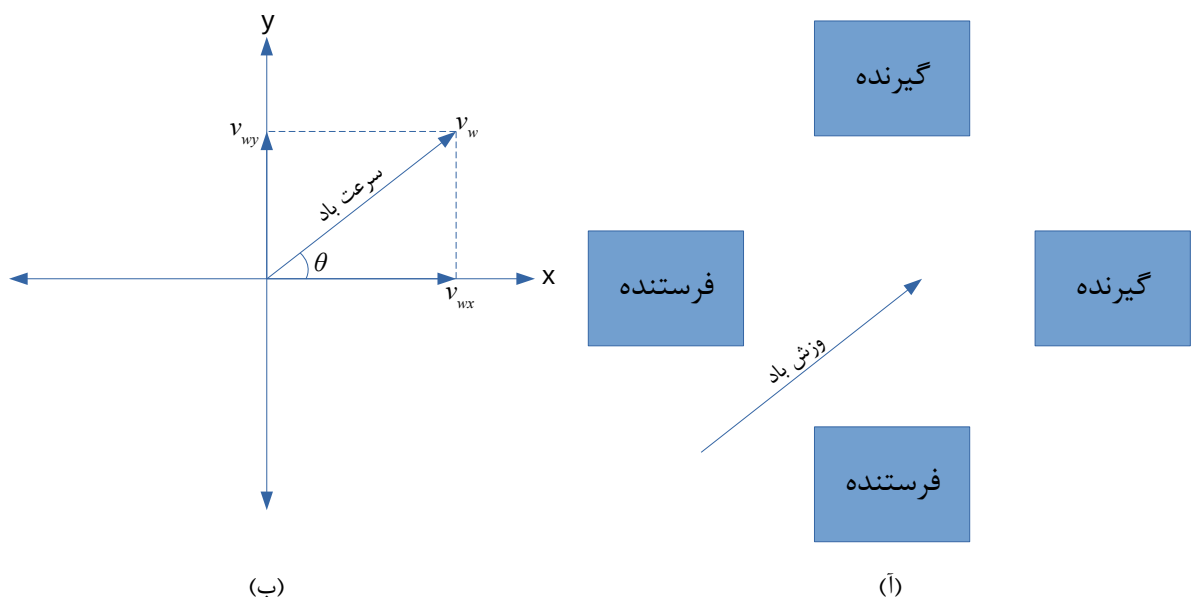
سرعت v بدست آمده از این رابطه مطابق رابطه ۲ متشکل از سرعت صوت v_s و سرعت باد v_{wx} است [۲].

$$v = v_s + v_{wx} \quad (۲)$$

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.

$$v_{wx} = \frac{d}{t} - v_s \quad (۳)$$

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.

$$v_w = \sqrt{v_{wx}^2 + v_{wy}^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{v_{wy}}{v_{wx}} \right) \quad (۴)$$

جدول ۱: ضرایب محاسبه سرعت صوت (فرمول ۵)

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

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 [۳]. ثوابت a_1 تا a_{15} در جدول ۱ آمده اند.

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

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 می گیریم. کسر مولی بخار آب در هوا x_w از رابطه ۶ بدست می آید [۴].

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

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 می شوند [۵].

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

$$p_{sv} = \exp(1.2811805 \times 10^{-5}T^2 - 1.9509874 \times 10^{-2}T + 34.04926034 - 6.3536311 \times 10^3/T) \quad (8)$$

- [1] Mammadtri, “wind meter,” 2018. [Online; accessed August 10, 2020].
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] K. Rasmussen, “Calculation methods for the physical properties of air used in the calibration of microphones,” 1997.
- [5] R. S. Davis, “Equation for the determination of the density of moist air (1981/91),” *Metrologia*, vol.29, no.1, pp.67–70, 1992.