



Namatek
True Education



Displacement Measurement Sensor

www.namatek.com

انواع سنسور فاصله سنج

فهرست مطالب

۱. سنسور فاصله سنج چیست؟
۲. اصطلاحات پرکاربرد برای سنسور فاصله سنج
۳. تکنولوژی و طراحی ساخت انواع سنسور فاصله سنج
۴. انواع سنسور فاصله سنج

سنسور فاصله سنج یکی از جذاب ترین سنسورهای مورد استفاده در اتوماسیون کردن صنایع است. این سنسورها به علت کارایی خاصی که دارند گاهی به نام سنسورهای هوشمند (smart sensor) شناخته می شوند.

در این مقاله علاوه بر معرفی کاربردها و انواع این سنسورها، تئوری و نحوه طراحی این سنسورها را هم بررسی خواهیم کرد.

#۱ سنسور فاصله سنج چیست؟

تجهیزات صنعتی در دنیای امروز، با سرعت بسیار بالایی در حال پیشرفت هستند. عملاً بدون کمک سنسور فاصله سنج و ویژن سیستم ها، این سطح از تجهیزات پیشرفته و مدرن را نمی توانیم کنترل کنیم. سنسور فاصله سنج همانطور که از نامش پیداست، ابزاری برای تعیین فاصله دو جسم از یک دیگر است که بر خلاف سایر ابزارهای اندازه گیری (مثل متر نواری و...) ماهیت فیزیکی ندارد. در این حسگر ها روش اندازه گیری فاصله بر اساس ارسال و دریافت یک نوع سیگنال انجام می شود به این صورت که سیگنالی با ویژگی های مشخص ارسال شده و سپس ویژگی های سیگنال بازگشتی مثل مدت زمان برگشت، تغییر در شکل سیگنال و ... بررسی می شود.

#۱-۱ تفاوت سنسور اندازه گیری و سنسور جا به جایی

دانشمندان از نظر ادبیات و دانش Sensing (حس کردن)، بین سنسورهای اندازه گیری (Measurement) و سنسورهای جابه جایی (Displacement) تمایز قائل می شوند. سنسور جا به جایی که در واقع همان سنسور فاصله سنج مدنظر ماست؛ این توانایی را دارد که یک مسافت یا مقدار مطلق (مشخص شده) را اندازه گیری کنند. اما سنسور اندازه گیری این توانایی را دارد که یک مقدار نسبی را اندازه گیری کند برای مثال ابعاد یک جعبه یا جسم مشخصی را تعیین می کند. البته این دو سنسور بسیار شبیه هم بوده و رابطه بسیار نزدیکی با هم دارند، به همین خاطر عموماً این دو سنسور با هم مطرح می شوند.



#۱-۲ کاربردهای سنسور اندازه گیری و فاصله سنج

سنسورهای اندازه گیری و جابه جایی در بسیاری از کاربردها و فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً از این سنسورها برای کنترل کیفیت یا مکان یابی و جاگذاری دقیق محصولات استفاده می شود. خیلی از اوقات به ترکیبی از یک یا چندین سنسور با دقت بالا و انجام محاسبات و اندازه گیری های پیچیده به منظور رسیدن به یک نتیجه مطلوب و دقیق نیازمندیم. برای این نوع کارها، به مهندسين توانمند و باتجربه نیاز است.

از جمله کاربردهای این سنسورها می توان موارد زیر را نام برد:

- اندازه گیری شکاف درهای خودرو
- اندازه گیری ضخامت ویفرها
- موقعیت دقیق بازوی ربات
- جابه جایی دقیق شیشه و اجسام شکستنی
- اندازه گیری قطر یک شکاف شفت
- تعیین قطر پیستون
- تشخیص مدارات چاپی (PCB) در یک بُرد
- اندازه گیری سطح یک شیشه
- تعیین جابه جایی
- اندازه گیری سطح مقطع تجهیزات SEMI کوچک
- اندازه گیری سطح مخزن
- سنسورهای خط تولید
- دوربین های کنترل سرعت خودرو
- اندازه گیری ابعاد کوئل
- و...

#۲ اصطلاحات پرکاربرد برای سنسور فاصله سنج

پیش از آنکه به معرفی انواع دیگری از سنسورهای فاصله سنج بپردازیم و کاربردهای بیشتری از این سنسورها را بررسی کنیم نیاز است که با برخی

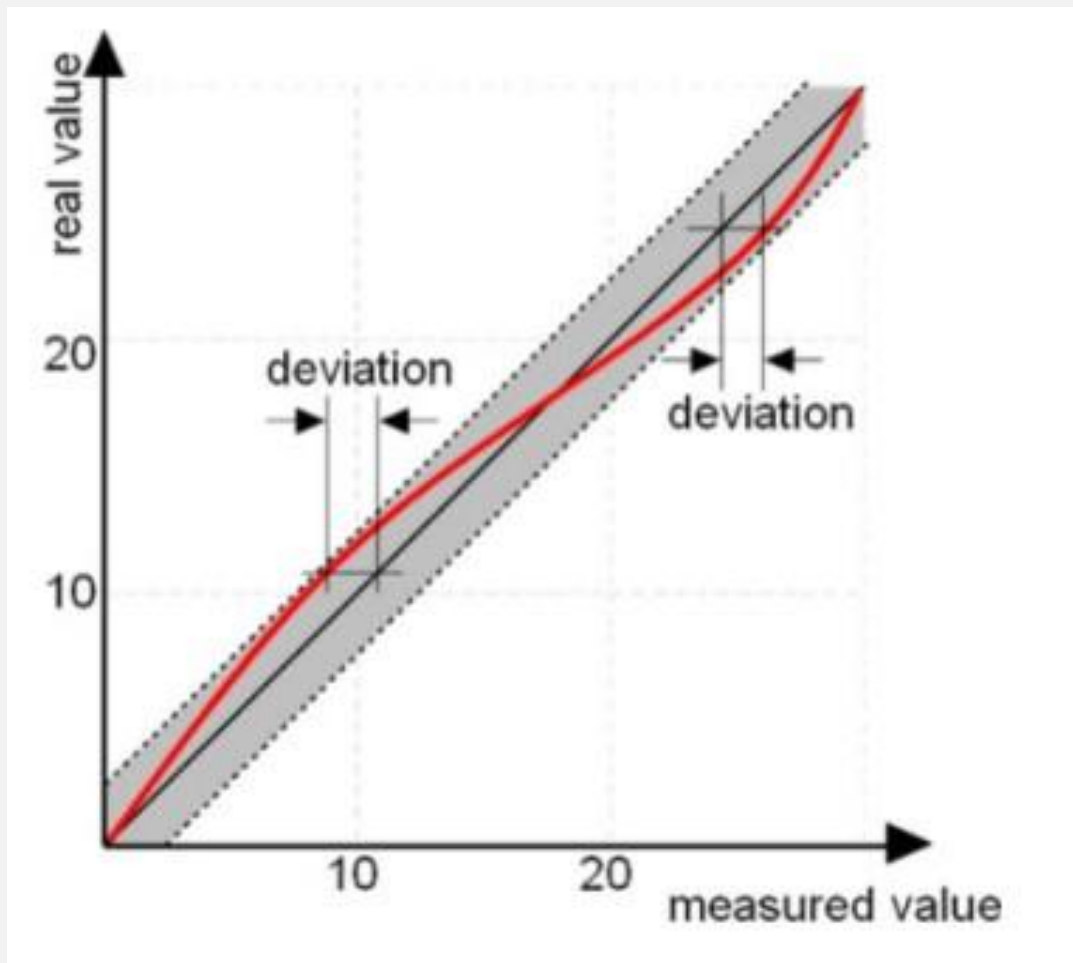
اصطلاحات پرکاربرد آشنا شده تا بهتر بتوانیم کارایی این سنسورها را توضیح دهیم.

این اصطلاحات عبارتند از:

- خطی بودن (Linearity)
- وضوح (Resolution)
- صحت (Accuracy)
- دقت (Precision)

۱-۲# خطی بودن (linearity)

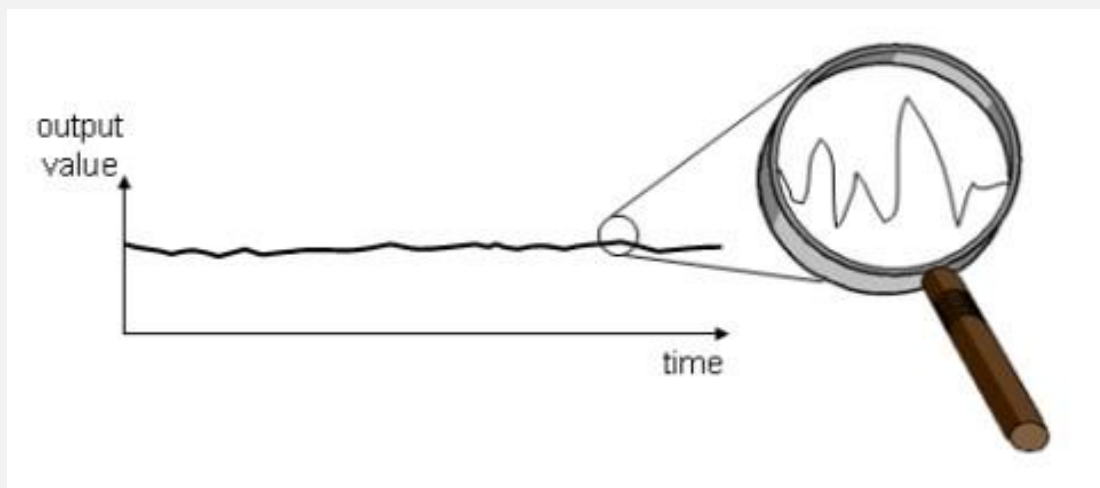
سنسورهای اندازه گیری ایده آل به گونه ای طراحی می شوند که رفتاری خطی داشته باشند. سیگنال خروجی یک سنسور بایستی متناسب با مقداری که اندازه گیری کرده است، خطی سازی شده و به صورت خطی استفاده شود. در حقیقت، میزانی از اختلاف بین مقدار حقیقی یک کمیت مورد اندازه گیری و مقدار خروجی سنسور وجود دارد (به خاطر خطی سازی سیگنال ها). این اختلاف مقادارها، اولین عاملی می باشد که کیفیت یک سنسور اندازه گیری را مشخص می کند. این عامل را تحت عنوان خطی بودن یک سنسور، در دیتاشیت مشخصات یک سنسور ذکر می کنند.



#۲-۲ وضوح (Resolution)

وضوح یک سنسور به میزان بسیار بالایی به دقت سنسور وابسته است و در اثر مقدار نویزی که روی سیگنال سنسور می افتد، وضوح سنسور تغییر می کند. همچنین این پارامتر به شدت وابسته به عواملی همچون رنگ اشیاء، سطح اشیاء و مشخصه های سنسور است. در مشخصات سنسورها رزولوشنی که نوشته می شود، به تغییرات کوچک سیگنال خروجی در حالتی که سنسور و شیء مورد بررسی، ثابت هستند، گفته می شود. در کاربردهایی که اشیاء مورد اندازه گیری در حرکت هستند، وضوح سنسورها

بایستی ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بهتر از مواردی که اشیاء ساکن مورد اندازه گیری قرار می گیرند، باشد.



به منظور بهبود رزولوشن سنسورها چرخه ای از n بار اندازه گیری را، میانگین گیری کرده و محاسبات لازم انجام می شود. برای مثال در دیتاشیت زیر میزان رزولوشن و وضوح اندازه گیری، با میانگین گیری از ۴۰۹۶ چرخه اندازه گیری محاسبه شده است. هرچه تعداد این چرخه های اندازه گیری افزایش یابد، رزولوشن بهبود یافته ولیکن زمان پاسخ گویی افزایش می یابد. بر اساس یک فرمول و قانون سخت گیرانه، رزولوشن مورد استفاده برای هر کاربرد بایستی ۱۰ برابر مقدار رزولوشن موردنیاز برای آن کاربرد باشد. مثلاً اگر در یک کاری رزولوشن $1000 \mu m$ ($1mm$) مورد نیاز باشد، سنسوری را انتخاب کنید که رزولوشن $100 \mu m$ داشته باشد. (بهتر بودن رزولوشن به معنای کوچک بودن مقدار رزولوشن است)

	ZX-LD40	ZX-LD100	ZX-LD300	
Applicable Amplifier Units	ZX-LDA11-N/41-N, ZX-LDA11/41			
Measuring center distance	40mm	100mm	300mm	400mm
Measuring range	±10mm	±40mm	±200mm	±1000mm
Light source	Red semiconductor laser (λ=650nm, 1mW max.)			
Beam diameter (*1)	50μm	100μm	300μm	750μm
Resolution (*2)	2μm	16μm	300μm	2000μm
Linearity (*3)	±0.2%F.S. (Entire range)	±0.2%F.S. (80 to 120mm)	±2%F.S. (200 to 400mm)	±0.5%F.S. (Entire range)
Temperature characteristic (*4)	±0.03%F.S./°C		±0.1%F.S./°C	
Ambient temperature	Operating: 0 to 50°C. Storage: -15 to 60°C (with			

- (*2) Resolution: Fluctuation width ($\pm 3\sigma$) of linear outputs when connected to Amplifier Unit
(With averaging number set to 4096 and the standard work placed at the measuring center distance)
- (*3) Linearity: The error in relation to the ideal displacement output straight line when the standard work is measured (May vary with the sensing object).
Standard work: White ceramics
- (*4) Temperature characteristic: Value obtained when the sensor and object (standard work) are fixed with an aluminum jig (Measured at the measuring center distance)

#۲-۳ دقت و صحت

صحت (Accuracy)، اختلاف مقدار اندازه گیری شده یا محاسبه شده با مقدار حقیقی (صحیح) است. این اختلاف ممکن است به خاطر همه خطاهای ممکن از جمله خطای درجه بندی (کالیبراسیون)، تاثیر دمای محیط و... باشد.

دقت (Precision)، میزان تکرارپذیری و یکسان بودن پاسخ های یک سنسور در اندازه گیری یک کمیت می باشد. در واقع میزان تجمع مقادیر

اندازه گیری شده، در نزدیکی یک مقدار معین. به طور کلی و در بسیاری از کاربردها، دقت سنسور در مقایسه با صحت سنسور بسیار مهم تر است.



#۳ تکنولوژی و طراحی ساخت انواع سنسور فاصله سنج

در طراحی سنسورهای اندازه گیری و جابه جایی، از تکنولوژی های مختلفی استفاده می شود.

در ادامه به بررسی تکنولوژی های پرکاربرد در ساخت این مدل سنسورها می پردازیم:

- سه گانه لیزری (Laser Triangulation)
- میکرومتر لیزری (Laser Micrometer)

- اندازه گیری لمسی (Contact Measurement)
- اندازه گیری القائی (Inductive Measurement)

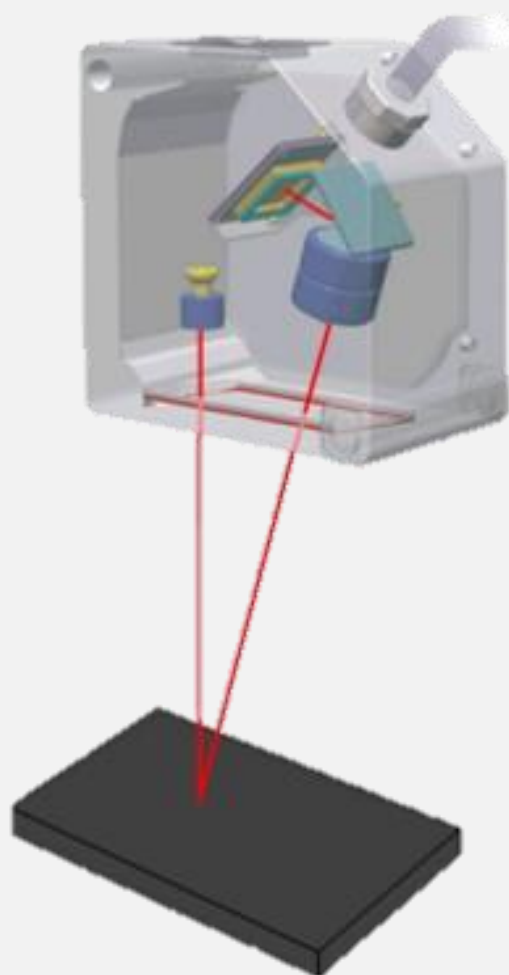


#۱-۳ سه گانه یا مثلث لیزری (Laser Triangulation)

سنسورهایی که بر اساس مثلث لیزری طراحی شده اند، موقعیت یک هدف را با بهره مندی از اندازه گیری نور بازتاب شده از سطح جسم تشخیص می دهند. پرتو لیزر، یک نقطه نور را به سمت هدف می فرستد و بازتاب این نور، از طریق یک لنز نوری (optical lens)، بر روی یک گیرنده حساس به نور متمرکز می شود. اگر موقعیت جسم مورد نظر نسبت به موقعیت قبلی اش تغییر کند، موقعیت آن نقطه نور بر روی گیرنده نیز

تغییر می کند. موقعیت نقطه نوری که بر روی گیرنده ثبت شده است، متناسب با موقعیت هدفمان، به یک سیگنال آنالوگ یا دیجیتال تبدیل می شود.

عواملی از جمله برد بالای تشخیص اجسام، سرعت پاسخ دهی و رزولوشن بالا و ... سنسورهای لیزری اپتیکی را به یکی از بهترین انتخاب ها برای گستره متنوعی از کاربردهای صنعتی تبدیل کرده است.



بهره مندی از تکنولوژی مثلث لیزری، براساس قواعد پیچیده هندسی طراحی شده است که قادر به محاسبه فواصل مختلف است. برای اندازه

گیری سطح مقطع و تغییرات موقعیتی جسمی که در نظر داریم، بایستی به ویژگی های سنسور (Head Sensor) توجه کنید.

۲-۳# ریزسنج لیزری (Laser Micrometer)

میکرومتر لیزری یک باند نور را بین فرستنده (transmitter) و گیرنده (receiver) ارسال می کند. فرستنده یک پرتو لیزر را به یک باند نور تبدیل می کند و در طرف گیرنده، یک آرایه ای از عناصر گیرنده بهترین فاصله ها را تشخیص می دهد.



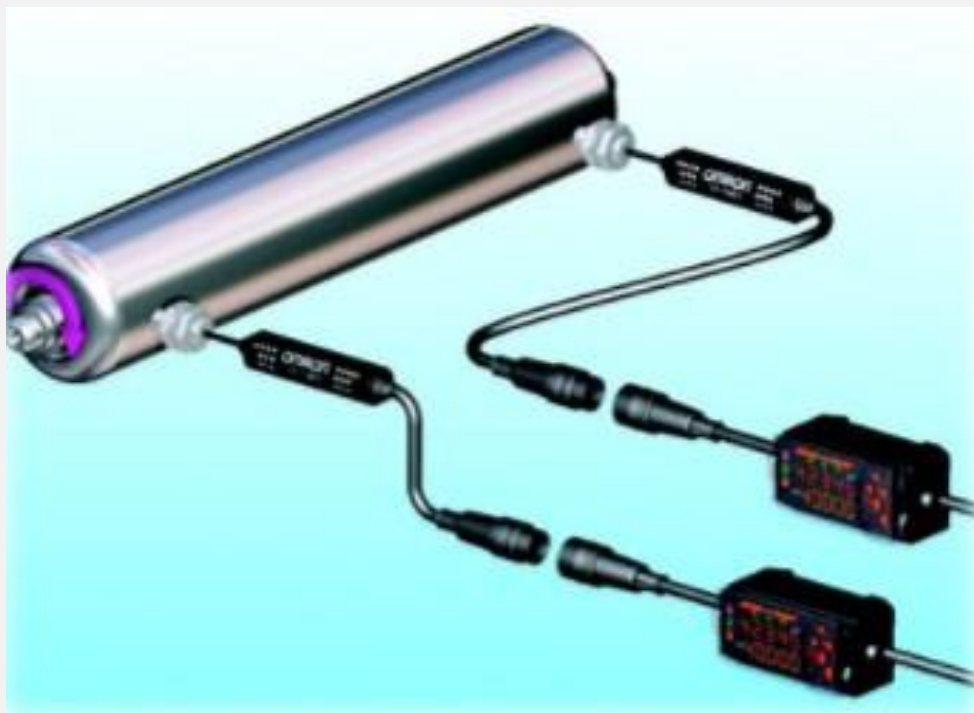
یک میکرومتر لیزر، با دقت بسیار بالا لبه ها، قطر جسم و بسیاری از موارد دیگر را اندازه گیری کرده و قدرت تشخیص بسیار بالایی دارد. معمولاً میکرومتر لیزری رزولوشنی نزدیک به $10\text{ }\mu\text{m}$ دارد.

۳-۳# القائی (Inductive)

سنسورهای جابه جایی القایی از میدان الکترومغناطیسی نوسانی برای اندازه گیری فاصله بین یک جسم استفاده می کنند. از نظر مشخصات فنی، این سنسورها دارای رزولوشن $1\text{ }\mu\text{m}$ و سرعت پاسخ دهی (response time) برابر با $150\text{ }\mu\text{m}$ هستند. معمولاً سنسورهای جابه

جایی القایی در محیط های سخت مثل خودرو یا ماشین آلاتی که با فلزات کار می کنند، استفاده می شوند.

در تصاویر زیر، یکی از کاربردهای این سنسورها در مصارفی که نیاز به کنترل گریز از مرکز هست، را مشاهده می کنید.





۳-۴# اندازه گیری لمسی (Contact Measurement) از سنسور های فاصله سنج

سنسور لمسی برای اندازه گیری ابعاد اجسام مختلف با دقت بسیار بالا مانند ابزار آلات ماشینی یا قسمت های اتوماتیکی استفاده می شود. این سنسورها از بالاترین رزولوشن ممکن در میان سنسورهایی که معرفی کردیم برخوردارند. استفاده از سنسورهای لمسی برای کاربردهایی که اشیاء هدف شامل مواد نفتی یا سازه های بسیار کوچک می باشند، توصیه می شوند. البته از این سنسورها برای مصارفی که نیاز به سرعت پردازش بالا هستیم، نمی توان استفاده کرد.

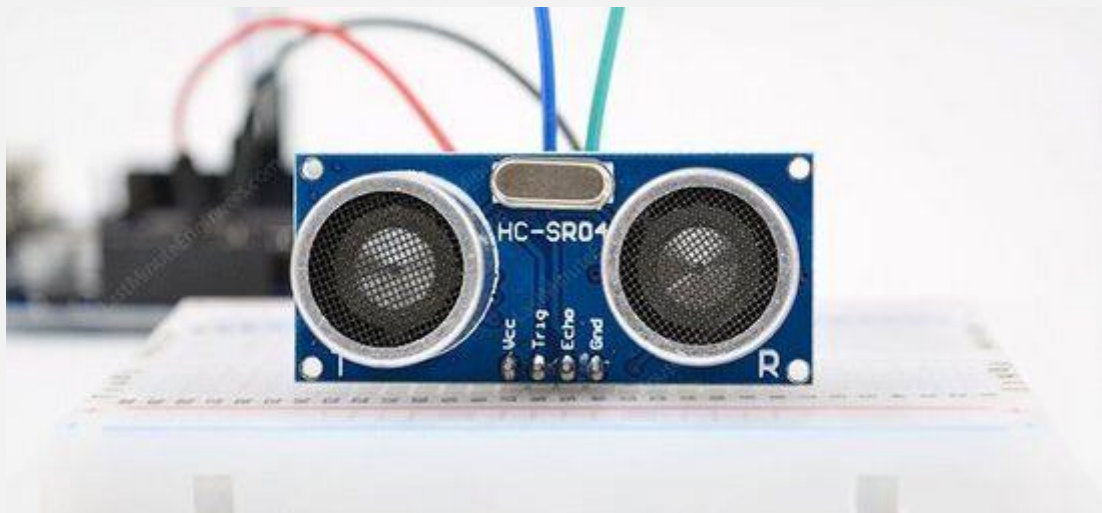


#۴ انواع سنسور فاصله سنج

سنسورهای فاصله سنج بسیاری در صنعت مورد استفاده هستند. ما در ادامه قصد داریم ۴ نوع از مهم ترین این حسگر ها را معرفی کنیم.

#۴-۱ سنسور التراسونیک (Ultrasonic)

این نوع سنسور یکی از رایج ترین انواع مورد استفاده در صنعت است. روش عملکرد این حسگر ها به این صورت است که امواج صوتی فرکانس بالا را به سمت جسم مدنظر ارسال می کنند و زمان رفتن این موج به سمت جسم مدنظر و برگشت آن را اندازه گیری کرده و براساس سرعت صوت فاصله جسم محاسبه می شود.



همانطور که مشخص است این سنسورها از تکنولوژی ساخت التراسونیک استفاده می کنند. به این سنسور ها سونار هم گفته می شود.

مزایا و معایب سنسور فاصله سنج التراسونیک

از مزیت های این نوع سنسور می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم وابستگی سنجش فاصله به رنگ و شفافیت جسم مدنظر
- قابل استفاده در محیط ها کم نور
- مصرف انرژی کمتر
- داشتن چندین گزینه واسطه و رابط برای ارتباط با میکروکنترلرها

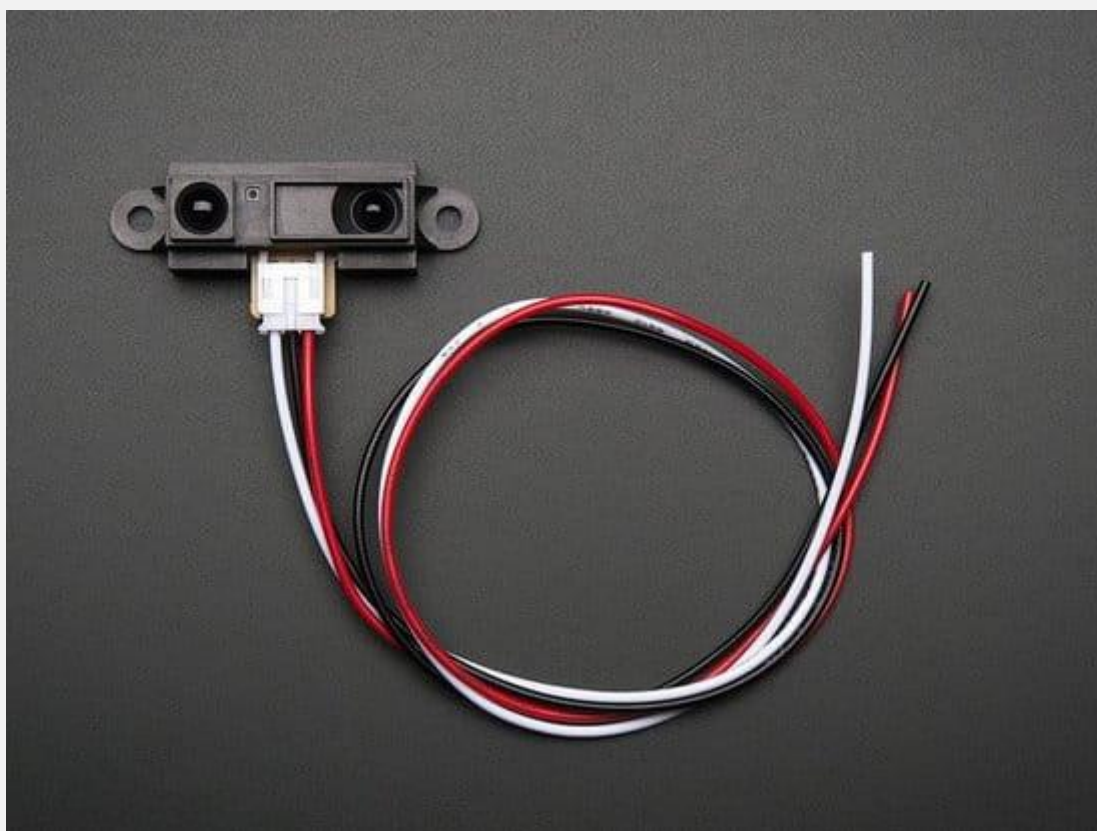
و از معایب آن می توان موارد زیر را برشمرد:

- ناحیه تشخیص محدود
- سرعت پاسخدهی پایین و رزولوشن کم که باعث عدم امکان استفاده برای سوژه های در حال حرکت با سرعت بالا می شود

- عدم قابلیت استفاده برای اجسامی که سطح یا بافت خیلی خشنی دارند

#۲-۴ سنسور مادون قرمز (Infrared)

یکی دیگر از انواع کاربردی و رایج سنسورهای فاصله سنج در صنعت سنسورهای مادون قرمز یا IR هستند که بر اساس زاویه بازتاب شده از نور مادون قرمز ارسالی، فاصله را تشخیص می دهند.



این سنسورها به این صورت کار می کنند که یک ال ای دی (LED) مادون قرمز دارند که به عنوان فرستنده نور عمل می کند و یک آشکارساز نوری (photodetector) دارند که نور بازتاب شده را دریافت می کند. این نوع سنسورها از تکنولوژی ساخت سه گانه یا مثلثی استفاده می کنند.

مزایا و معایب سنسور IR

مزایای این سنسور شامل این موارد است:

- کوچک بودن سائز سنسور
- قابل استفاده در شب و روز (از لحاظ نور محیطی)
- داشتن ارتباط ایمن از طریق خط نوری

توانایی اندازه گیری فاصله اجسام با سطح سختی که التراسونیک امکان اندازه گیری نداشت.

از معایب آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ناحیه تشخیص محدود
- تحت تاثیر شرایط محیطی

#۳-۴ سنسور لیزری LIDAR

اسم این سنسور مخفف عبارت Light Detection and Ranging است که جزوی از سنسورهای خانواده تکنولوژی لیزری هستند. این نوع حسگر ها به جای امواج صوتی یا رادیویی از امواج نوری استفاده می کنند. روش محاسبه مسافت در این سنسور هم مشابه مدل التراسونیک با اندازه گیری زمان رفت و برگشت نور و بر اساس سرعت نور در هوا است.



مزایا و معایب حسگر LIDAR

مزیت های استفاده از این سنسور فاصله سنج شامل موارد زیر است:

- محدوده اندازه گیری و دقت بسیار بالا
- قابل استفاده برای اندازه گیری ساختار های ۳ بعدی
- سرعت پاسخ دهی بالا
- مناسب برای تشخیص اجسام کوچک و ریز به علت استفاده از طول موج کوچک
- قابل استفاده در شب و روز

معایب این مدل موارد زیر هستند:

- دارای قیمت بالاتر در مقایسه با دو سنسور قبلی
- مضر برای چشم انسان

#۴-۴ سنسور فاصله مدت پرواز ال ای دی (LED Time-Of-Flight)

این نوع سنسور از لحاظ ساختار جزو طیف سنسورهای لیدار است که برای محاسبه مسافت از روش مدت پرواز استفاده می کند. در واقع پروسه ارسال و دریافت نور عینا مشابه سیستم های لیزری است با این تفاوت که در این مدل سنسور می توان با تشخیص دقیق مدت زمانی که نور از فرستنده تا گیرنده سپری کرده است، هر سه راستای یک جسم سه بعدی را همزمان تشخیص داد.

به علت استفاده از این تکنولوژی پاسخ های سریع تر، با دقت بیشتر و در محدوده باز تری خواهیم داشت.



مزایا و معایب سنسور (LED Time-Of-Flight)

قطعا شما هم حدس می زنید که مزیت های این سنسور فاصله سنج این موارد هستند:

- قابلیت استفاده برای تمامی ابعاد ریز تا بزرگ سوژه ها
- تصویر سازی سه بعدی
- دقت و سرعت بالای تشخیص فاصله

معایب این سنسور شامل موارد زیر است:

- به علت تکنولوژی استفاده شده، گران قیمت هستند.
- تا به امروز حسگر های ساخته شده در این خانواده در راستای محور Z رزولوشن کمی در رنج ۱ سانتی متر دارند.