

فصل دهم

سنسورهای روبات

۱-۱۰- مقدمه:

در این فصل به بررسی ارتباط روبات، با محیط اطرافش می‌پردازیم. روباتهای دوره اول و در واقع اکثر روباتهایی که در حال حاضر وجود دارند تقریباً خیلی ساده یا به اصطلاح نادان هستند. آنها تنها کاری را انجام می‌دهند که به آنها دستور داده شده است و اکثراً هم مورد قبول استفاده کنندگان روبات واقع می‌شوند، بخصوص در کارهای مکرری که احتیاج به نیروی زیادی دارد و یا در محیطهای نامطبوع و خطرناکی که کار برای انسان در آن دشوار است. روباتهای دوره اول هیچ آگاهی نسبت به محیط اطراف خود ندارند و بی‌توجه به تغییراتی که ممکن است در اطرافشان به وجود آید تنها دستوری را انجام می‌دهند که به آنها داده شده است. در واقع برای اینکه یک برنامه به خوبی انجام شود باید روبات را در محیطی که به دقت زیر نظر است، قرارداد.

تکامل علم روباتیک باعث به وجود آمدن دوره دوم روباتها شده است که دارای حسهای بینایی (Vision)، لامسه (Tactile)، شنوایی (Hearing)، و حتی بویایی (Smell) و چشایی (Taste) هستند. این حواس خارجی خصوصاً در کار مونتاژ اتوماتیکی

(Automatic Assembly) که اطلاعات بینایی و لامسه در آنها ضروری است اهمیت دارد. تصور کنید که چقدر مشکل است شخص نایبایی که حس لامسه نیز ندارد، بخواهد پیچی را در مهره‌ای بیچاند؟

همه پذیرفته‌اند که روباتهای دوره دوم از نظر اقتصادی خیلی باارزش‌ترند ولی با این وجود هنوز توسعه و پیشرفت و کاربرد چنین روباتهایی کند است و علت این کندی به‌خاطر عواملی مانند پیچیدگی تکنولوژی روباتیک و دودلی (Reluctance) طبیعی صاحبان صنایع به‌مثابه اولین استفاده‌کننده از این سیستم است. اخیراً به‌کارگیری روشهای جدید روباتهایی که از سرعت بالایی برخوردارند و سیستمهای بینایی و سنسورهای متفاوتی دارند در دسترس مصرف‌کنندگان قرار گرفته‌اند. بعد از اینکه روباتها با حسهایی شبیه آنچه آدمی از آن بهره‌مند است مجهز شوند، طبیعی است که این فکر در ما خطور کند که آیا می‌توان قدمی دیگر به‌جلو گذاشت و به روباتها آموخت تا بتوانند مانند انسان فکر کنند. این مسئله معمولاً همیشه باعث بوجود آمدن بحثهای داغ شده است و علت آن بدبینی و ترس آن است که روزی ماشینها قادر باشند به شکل موجودات هوشمندی ظاهر شوند، و علیه آدمی اقدام کنند. به‌رغم اینها روباتهای دوره سوم دارای هوش مصنوعی خواهند بود. به‌نظر می‌آید که آنها دارای رفتاری حساب‌شده و عقلانی باشند. آنها قادر خواهند بود که بفهمند و نسبت به‌زبان طبیعی واکنش نشان دهند و همچنین خواهند توانست مسائل مشکل را در محیطهایی که معمولاً احتیاج به‌انسان متخصص دارد حل کنند. در این تحولات، سنسورها از اهمیت بسیار زیادی برخوردارند که در این فصل به بررسی انواع مختلف آنها می‌پردازیم.

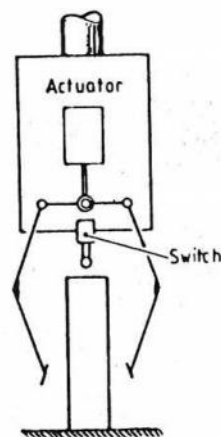
۱۰-۲- سنسورهای لامسه (Touch Sensors):

سنسورهای لامسه در روباتیک برای گرفتن اطلاعات در رابطه با تماس بین بازوی مکانیکی و اجسام به کار می‌روند. اطلاعات لامسه می‌توانند استفاده‌هایی در مشخص کردن مکان و شناسایی اجسام داشته و همچنین نیرویی را که بوسیله بازوی مکانیکی بر روی اجسام به‌وجود می‌آید کنترل کنند. سنسورهای لامسه بر سه نوعند:

۱- سنسورهای تماسی (Binary Sensor or Touch Sensor)، ۲- سنسورهای لمس‌کننده (Analog sensor or Tactile Sensor)، ۳- سنسورهای لغزشی (Slip sensor) که در زیر توضیح مختصری برای هریک از این سنسورها داده شده است.

۱۰-۲-۱- سنسورهای تماسی (Touch or Binary Sensors):

سنسورهای تماسی، دستگاههای ساده‌ای هستند که در یک و یا چند نقطه تماس ایجاد می‌کنند. مانند



شکل ۱-۱۰: استفاده میکروسویچ در داخل گیرنده روبات

میکروسویچ که ترتیب ساده کار بروی آن، قرارگرفتنش در جداره داخلی هریک از انگشتان گیرنده روبات است. شکل ۱-۱۰- نمونه‌ای از استفاده‌های زیاد ماکروسویچ را در گیرنده روبات، که اطلاعات لازم در تعیین مکان جسم و گرفتن آنرا به‌عهده دارد، نشان می‌دهد.

وجود دارد تا بتوان این لغزش را آشکار ساخت. قرار دادن میکروفن در داخل انگشتان روبات، صدایی را که در اثر این لغزش به وجود می‌آید، آشکار می‌کند. روش دیگر قرار دادن غلطک (Roller) در گیرنده روبات است که تحمل یا انعطاف‌پذیری سنسور را در مقابل جسم برداشته شده نشان می‌دهد.

۱۰-۳-۱- سنسورهای نزدیک شونده یا بدون برخورد (Proximity Sensors):

سنسور نزدیک شونده یا بدون برخورد تعیین‌کننده وجود یا عدم وجود جسم یا قسمتی از جسم در محدوده میدان عمل کارگیر یا مؤثر نهایی است. سنسورهای لامسه که قبلاً راجع به آن صحبت کردیم برای پیدا کردن جای دقیق و برداشتن جسم از طریق تماس عمل می‌کند. سنسورهای بدون برخورد (Proximity) دو مزیت بر سنسورهای لامسه (Touch Sensors) دارند.

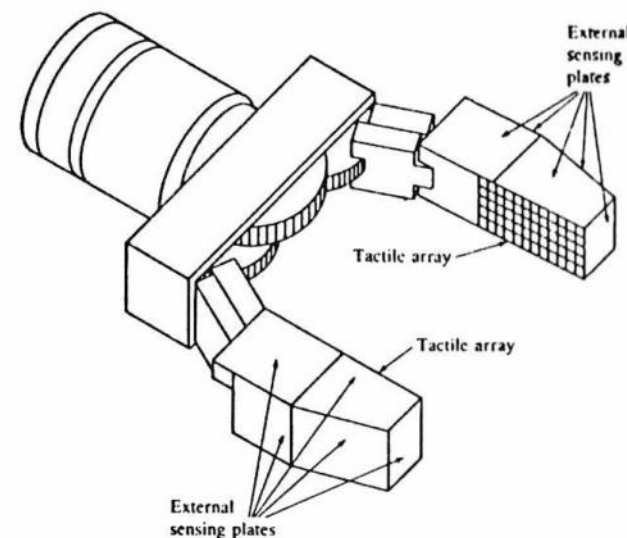
اول اینکه اجسامی که باید شناسایی شوند صدمه نمی‌بینند و دوم اینکه سنسورهای نزدیک شونده در برخورد دائم با اجسام نیستند و این امر باعث می‌شود عمر آنها بیشتر باشد. در زیر درباره انواع سنسورهای نزدیک شونده (Proximity Sensors) توضیح می‌دهیم.

۱۰-۳-۱-۱- سنسورهای اثر هال بدون برخورد (Hall - Effect Proximity Sensors):

این سنسورها را می‌توان جزو گروه سنسورهای الکترومغناطیس بدون برخورد نیز نامید رابطه ولتاژ الکتریکی را بین دو سطح یک نوار فلزی حامل جریان که سطوح آن بر میدان مغناطیسی عمود هستند اثر هال (Hall - Effect) گویند. سنسورهای اثر هال وقتی به تنهایی استفاده می‌شوند، فقط اجسام مغناطیسی را شناسایی می‌کنند، ولی هنگامی که با آهنربای دائم به کار گرفته شوند قابلیت آنها دارند تا تمام اجسام قابل مغناطیس شدن را شناسایی کنند (شکل ۱۰-۳).

۱۰-۲-۲- سنسورهای لمس‌کننده (Analog or Tactile Sensors):

سنسورهای لمس‌کننده به‌طور دائمی نیروی وارده از طرف اجسام خارجی را بر روی خود اندازه‌گیری می‌کنند که نتیجه به دست آمده از سنسور لمس‌کننده متناسب است با نیروی وارد بر آن، در سالهای اخیر تحقیقات زیادی برای طراحی سنسورهای لمس‌کننده صورت گرفته که توانایی جمع‌آوری اطلاعات از مساحت بیشتری را دارد. استفاده چنین دستگاهی در شکل ۱۰-۲ نشان داده شده است که هر یک از جداره‌های داخلی انگشتان روبات پوشیده است با آرایه (Arrays) حسی لمس‌کننده.



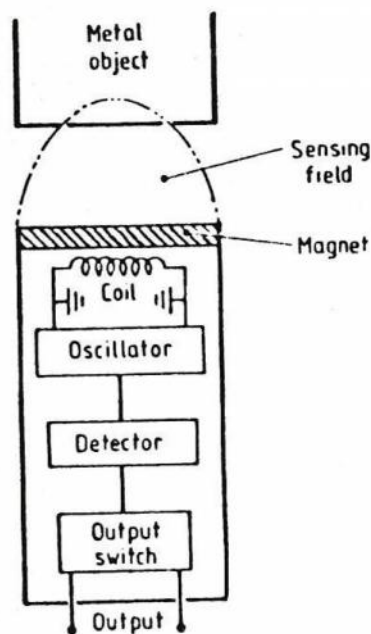
شکل ۱۰-۲: انگشتان روبات که مجهز به آرایه حسی لمس‌کننده است.

۱۰-۲-۳- سنسورهای لغزشی (Slip Sensors):

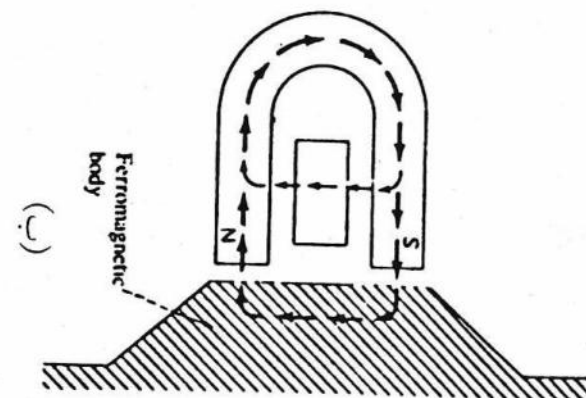
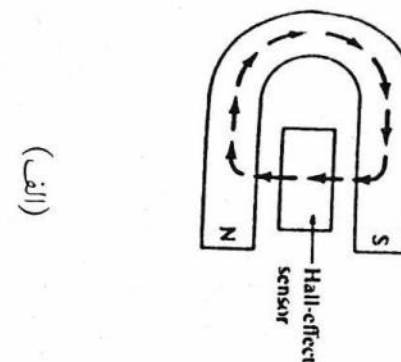
در جابجایی اجسام شکستی به‌وسیله گیرنده روبات این نکته حائز اهمیت است که حداقل نیرو به‌وسیله سنسور بر جسم وارد شود. منظور از حداقل نیرو، نیرویی است که به اندازه کافی اصطکاک ایجاد کند تا جسم مورد نظر لغزشی نداشته باشد، راههای زیادی

۲-۳-۱۰- سنسورهای اندوکتیو بدون برخورد : (Inductive Proximity Sensors)

این سنسورها نیز جزو گروه سنسورهای الکترومغناطیس بدون برخورد محسوب می‌شوند. اساس این نوع سنسورها بر این است که زمانی که اجسام فلزی در معرض آنها قرار می‌گیرند تغییر در اندوکتانس (Inductance) آنها ظاهر می‌شود. این نوع سنسورها یکی از متداولترین سنسورهای نزدیک شونده یا بدون برخوردند. شکل ۴-۱۰ یک کلید اندوکتیو بدون برخورد (Inductive Proximity Switch) را نشان می‌دهد. سیم‌پیچی که در سمت صفحه حس‌کننده قرار دارد قسمتی از فرکانس بالای مدار مولد جریان متناوب (Oscillator Circuit) در اطراف سیم‌پیچ (Coil) قرار دارد. هر هدف هادی (Conducting) که در محوطه این میدان قرارگیرد باعث تغییر در دامنه (Amplitude) سیم‌پیچ شده و از این طریق باعث عملکرد سویچ خروجی می‌شود.



شکل ۴-۱۰: عمل سنسور اندوکتیو بدون برخورد.

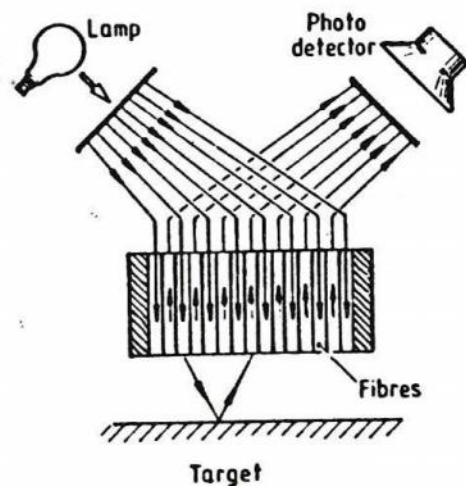


شکل ۳-۱۰: عمل سنسور اثر هال بدون برخورد.

بدین صورت، تازمانی که فلز مغناطیس شونده (Ferromagnet) به دستگاه اثر هال نزدیک می‌شود، میدان مغناطیسی قوی‌تری را از خود نشان می‌دهد (شکل الف-۳-۱۰). ولی زمانی که فلز قابل مغناطیس نزدیک دستگاه اثر هال (Hall Effect System) شود، میدان مغناطیسی در دستگاه کاهش می‌یابد و هر قدر این جسم نزدیکتر شود مقدار میدان مغناطیسی کمتر می‌شود (شکل ب-۳-۱۰).

۳-۳-۱۰- سنسورهای خازنی بدون برخورد (Capacitive Proximity Sensors):

سنسورهای خازنی هم جزو گروه سنسورهای الکترومغناطیسی بدون برخورد است. برعکس سنسورهای اثر هال و اندوکتیو که تنها اجسام مغناطیسی و یا قابل مغناطیس شدن را آشکار می‌سازند، سنسورهای خازنی نزدیک شونده یا بدون برخورد (Capacitive Proximity Sensors) این توانایی و مزایا را دارند تا هر جسمی چه سخت مانند پلاستیک، چوب، شیشه و چه نرم مانند مایعات را نیز آشکار سازند. پایه این نوع سنسورها، شناسایی اجسام در اثر تغییر در ظرفیت الکتریکی خازن (Capacitive Induce) است که از طریق حرکت آنها در مقابل صفحه حس‌کننده آن انجام می‌گیرد. پس می‌توان به این نتیجه رسید که تقریباً مانند سنسورهای اندوکتیو که تغییرات اندوکتانس در آن باعث آشکارسازی اجسام می‌شود، در سنسورهای خازنی، تغییرات ظرفیت الکتریکی خازن باعث همان عمل می‌شود. در ضمن درصد تغییرات در ظرفیت الکتریکی خازن (Capacitance) یک سنسور خازنی بدون برخورد نسبت به فاصله آن، بستگی به نوع جسمی دارد که باید مورد آشکارسازی قرار گیرد.



شکل ۵-۱۰: عمل سنسور نوری بدون برخورد.

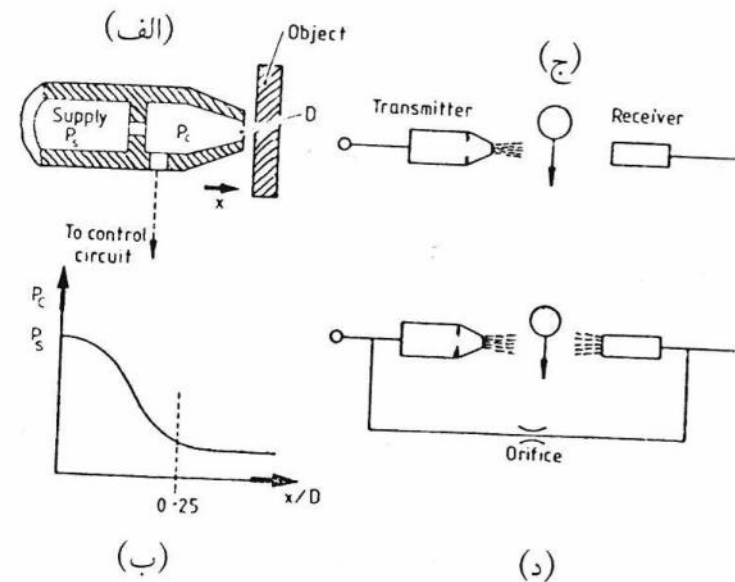
۵-۳-۱۰- سنسورهای پنوماتیکی بدون برخورد (Pneumatic Proximity Sensors):

سنسورهای پنوماتیکی بدون برخورد بر دو نوعند: سنسورهای پنوماتیکی فشار معکوس (Back - Pressure Sensors) و جت قابل توقف (Interruptible Jet) الف سنسورهای پنوماتیکی فشار معکوس (Back - Pressure Sensors): دارای درجه (Gage) اندازه‌گیری هوا هستند که موارد استفاده زیادی نیز دارد. نحوه کار چنین سنسوری را می‌توان در شکل الف ۶-۱۰ مشاهده کرد. پروب (Probe) لوله‌ای که آشکارساز جسم و یا تشخیص دهنده اجسام است در انتهای یک حفره کنترل (Control Chamber) که تحت فشار P_c است قرار دارد و باز این حفره کنترل از طریق ورودی ثابتی (Orifice) به حفره دیگری که تحت فشار ثابت P_s است متصل است. بزرگی حجم P_c به اندازه تغییر در خروجی که به وسیله انتهای لوله با جسمی که باید وجود یا فاصله‌اش آشکار شود بستگی دارد. بدین ترتیب که هرچه این خروجی به جسم نزدیکتر شود، امکان گریز هوای

۴-۳-۱۰- سنسورهای نوری بدون برخورد (Optical Proximity Sensors):

مزایایی که سنسورهای نوری بدون برخورد بر سنسورهای الکترومغناطیسی بدون برخورد (که در بالا به آنها اشاره شد) دارند، ایمنی آنها است که ایجاد جرقه و یا آتش نمی‌کنند. سنسورهای نوری با استفاده از اثر نور، اجسام را آشکار می‌سازند. مثلاً شکل ۵-۱۰، دستگاه ساده‌ای را نشان می‌دهد که با استفاده از فیبر نوری (Fibre Optics) می‌توان فاصله‌ای از میکرومیلیمتر تا میلیمتر را به کمک آن اندازه‌گیری کرد، نور مربوطه بعد از عبور از فیبر نوری به هدف برخورد کرده و مقداری از آن بعد از عبور فیبر گیرنده به آشکارساز نوری (Photo Detector) می‌رسد.

کمتری دارد و در نتیجه فشار P_c بالاتر خواهد رفت. وقتی که مساحت گریز هوا، کمتر از خروجی شود ($X < 0.25D$)، فشار P_c با فاصله X به یک نسبت متغیر خواهد شد (شکل ب - ۱۰-۶). پس سنسور همان‌طوری که قادر به آشکارسازی جسم است قادر به آشکارسازی فاصله آن تا سنسور نیز هست. ب - سنسورهای پنوماتیکی جت قابل توقف (Interruptible Jet): این نوع سنسورها به چشم پنوماتیکی نیز شهرت دارند و همان‌طوری که در شکل ج - ۱۰-۶ نشان داده شده، یک فرستنده فشار کم جریانی از هوا را از طرف روزنه فرستنده به طرف دیگر روزنه گیرنده انتقال می‌دهد که مقداری از این هوا به وسیله گیرنده دریافت می‌شود.



شکل ۱۰-۶: عمل سنسورهای پنوماتیکی فشار معکوس (الف - ب)

عمل سنسورهای پنوماتیکی جت قابل توقف (ج - د)

حال اگر جسمی این جریان را قطع کند، فشار وارده برگرفته کم شده و باعث تغییر در سیگنال می‌شود که خود می‌تواند نشان دهنده وجود جسم باشد. (شکل د - ۱۰-۶)

۴-۱۰- سنسورهای بُردسنج (Range Sensors):

همان‌طور که عنوان شد سنسورهای بدون برخورد یا نزدیک شونده، برای آشکارسازی و یا تعیین فاصله اجسام در محدوده‌ای مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرند، که معمولاً می‌توانند بین میلیمتر تا سانتیمتر را اندازه‌گیری کنند. اما زمانی که فاصله‌ها زیادتر می‌شود (مانند متر و یا کیلومتر) باید از سنسورهای بُردسنج (Range Sensors) که معمولاً از روش فرستادن موج مافوق صوت (Ultra Sonic) یا نور (Optic) بهره می‌برد استفاده کرد.

۴-۱۰-۱- سنسورهای بُردسنج مافوق صوت (Ultrasonic Range - Sensors):

سنسورهای بُردسنج مافوق صوت نیز می‌توانند در آشکارسازی بدون برخورد و یا نزدیک شونده که در قسمت ۱۰-۳ توضیح داده شد برای برد 5-100 cm استفاده شوند که به سنسورهای بُردسنج صوتی (Acoustic - Range Sensor) معروف‌اند. این سنسورها استفاده زیادی در دوربینهای تمرکز اتوماتیک (Automatic Focusing) دارند ولی استفاده اصلی سنسورهای بُردسنج مافوق صوت در برد بالاتر است. در روباتهای متحرک استفاده از چنین سنسورهایی ضروری است تا مسیر معین حرکت روبات نسبت به مانع‌ها، زوایا و غیره را مشخص کند. نحوه عملکرد سنسورهای بُردسنج مافوق صوت بدین طریق است که یک شبکه که دارای ۱۴ فرستنده و گیرنده مافوق صوت است و هر کدام به نوبت چهارسیکل 36 KHZ را می‌فرستد و با شمارش تعداد پالسها بوسیله ساعت 1.536 MHZ می‌تواند فاصله را تا 2 cm با دقت 0.5 cm اندازه‌گیری کند. روباتهای آموزشی تجاری نیز وجود دارند که با استفاده از یک مبدل (Transducer)، می‌توانند هشت سیکل 32 KHZ را در فواصل 0.5 s تولید کنند.

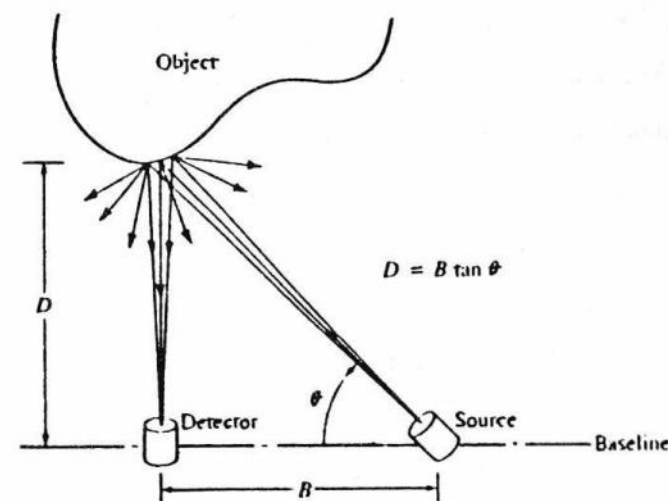
ب: سنسورهای نوری زمان پرواز (Optical Time of Flight Sensors):
در این سنسورها زمان برای رفت و برگشت پاس از مرکز تولید نور (Source) قابل اندازه‌گیری‌اند. این سنسورها بیشتر برای بردهای طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مثلاً کمتر از 10 m و بیشتر از 2 m، زیرا حداقل پهنای پالسی که حدوداً 5 ns است بر روی سطحی بیشتر از 1.5 m پخش می‌شود، همچنین امکان ایجاد رزولوشن (Resolution) بالا مشکل است و برای همین منظور در روباتهای متحرکی که برای مسافتهای تقریباً زیاد (5-10 m) احتیاج به رزولوشن (Resolution) بالا ندارد قابل استفاده است.

۲-۴-۱۰- سنسورهای بردسنج نوری (Optical Range - Sensors):

دقت دستگاههای صوتی (Acoustic) یا مافوق صوت (Ultra Sonic) در اثر لرزشی که از حالت جوی در سرعت صدا به وجود می‌آید تغییر می‌کند، به همین دلیل می‌توان با استفاده از سنسورهای نوری (Optical Sensor) دقت بیشتری را به دست آورد. دو نوع سنسور بردسنج نوری که متداولترین نوع این سنسورها هستند عبارتند از:

الف: سنسورهای نوری مثلث‌بندی (Optical Triangulation Sensor):

این نوع سنسورها که دارای ساده‌ترین روش برای اندازه‌گیری هستند و عملکرد آنها بدین طریق است که جسم به وسیله پرتوهایی از نور نازک از یک منبع نوری بر روی سطح جسم تابانده می‌شود و هر حرکتی را که در این سطح به وجود آید تشخیص می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۷-۱۰ مشاهده می‌کنیم چون فاصله B و زاویه θ معلوم است در نتیجه فاصله D قابل اندازه‌گیری است.



شکل ۷-۱۰: نحوه عملکرد سنسور نوری مثلث‌بندی