

طراحی و ساخت سنسور و سیستم سنجش زاویه خم شدن بدن

آرمان علی اکبری دهشالی^۱ و سامان پروانه^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، a.aliakbari.d@gmail.com

^۲دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، parvaneh@ieee.org

چکیده - در این مقاله، مجموعه فعالیت‌های انجام شده جهت طراحی و ساخت یک دستگاه اندازه گیری جدید تحت عنوان سنسور اندازه گیری زاویه خم شدن بدن شرح داده خواهد شد. در ابتدای این مقاله مقدمه ای آورده شده است که به اهمیت موضوع اندازه گیری زاویه خم شدن در بدن و روش‌های اندازه گیری وضعیت ستون فقرات پرداخته می‌شود. در ادامه اساس شکل گیری طرح ساخت سنسور مشتمل بر معرفی ایده اولیه و مراحل اصلاح آن شرح داده شده است. مراحل ساخت سیستم اندازه گیری و تغییر در نحوه ساخت آن مطرح می‌شود. بخش الکترونیکی سنسور توضیح داده شده و در پایان نتایج و پیشنهادات ذکر می‌شوند.
کلید واژه- ستون فقرات، سنجش زاویه، سنسور، میکروپروسور

ساخت سنسوری بهینه تر و ارزان تر با اصول کارکردی ساده تر جهت اندازه گیری و تشخیص انحراف زاویه چرخش و یا خمش به دست می‌دهد. نحوه کار متفاوت سنسور های جدید، که با بهره گرفتن از اصول ساده فیزیکی و الکتریکی و الکترونیکی در زیر سایه خلاقیت، می‌تواند ارزش و تمایزی به ساخت و کاربرد این سنسور بدهد، در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به مطلب فوق و با توجه به دسترس بودن مواد اولیه همچون جیوه و در نظر گرفتن قابلیت اجرایی در تولید صنعتی و نیز استفاده از الگوریتم ساده برای پردازش در قسمت الکترونیکی، سودمندی استفاده از سنسور پیشنهادی در این مقاله را نشان می‌دهد.

۲- ایده اولیه و مراحل اصلاح آن

لزوم برقراری یک مسیر بسته برای عبور جریان الکتریکی اصل اولیه ای بود که ایده ساخت سنسور بر پایه آن شکل گرفت. بدین صورت که در امتداد یک لوله قائم و در داخل آن دو الکتروود با فاصله ای منطقی و در مقابل هم قرار بگیرند و در بالای لوله یک سیال رسانا در محفظه‌ای موجود باشد. با انحراف لوله از حالت قائم، سیال رسانا از محفظه بالای لوله به داخل لوله سرازیر می‌شود و از میان جفت الکتروود عبور می‌کند، این عبور باعث برقراری مسیر بسته و عبور جریان الکتریکی از مدار می‌شود که نقطه انفصال آن فاصله جفت الکتروود است. بنابراین با

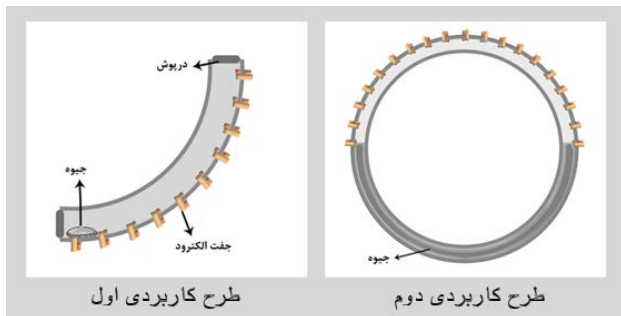
۱- مقدمه

گسترش شهر نشینی و صنعتی شدن جوامع و جایگزینی انواع ماشین‌ها بجای نیروی عضلانی منجر به کاهش حرکات طبیعی انسان شده است. این عوامل خود باعث کاهش میزان کارایی دستگاه‌های مختلف بدن مانند دستگاه قلبی-تنفسی و دستگاه اسکلتی-عضلانی شده است. همچنین عواملی نظیر عدم رعایت وضعیت صحیح نشستن، ضربه زدن، خوابیدن، ورزش کردن [۱] و به طور کلی فعالیت‌هایی که مرکز ثقل بدن را به طور نامتعادل و در خارج از وضعیت مناسب قرار می‌دهد موجب ایجاد ناهنجاری‌ها و بد فرمی‌های ستون فقرات می‌شوند. [2]

اندازه گیری زاویه از لحاظ معاینات پزشکی در بررسی دامنه حرکات استخوان‌ها حول مفاصل (آناتومی حرکات بدن) و وضعیت عضلات و همچنین بررسی وضعیت بدنی مطلوب کاربرد دارد و برای این اندازه گیری از روش‌های گونیامتری، به کارگیری سنسورهای تعیین وضعیت، رادیوگرافی، ارزیابی بر اساس خط شاقول، کایفومتر، اینکلاینومتر، خط کش منعطف و اسپاینال ماوس استفاده می‌شود [۳ و ۴].

کاربردهای بالینی اندازه گیری زاویه چه در تشخیص بیماری‌ها و چه در اصلاح بد فرمی‌های ستون فقرات و نیز کاربردهای وسیع تر در صنعت و علم رباتیک و کنترلرهای زاویه ای حرکت بازوهای مکانیکی، توجیه مناسبی برای طراحی و

نهایی مورد نظر ما برای اندازه گیری بستگی دارد گرچه بهتر است که لوله یک مسیر دایره‌ای کامل باشد (حلقه دایره‌ای) که سمت جاری شدن قطره سیال رسانا محدودیتی در کاربرد سنسور ایجاد نکند. در این طرح به علت استفاده از یک شکل قطره ای از سیال رسانا، در فاصله یک جفت الکتروود از جفت الکتروود بعدی در مسیر لوله که دقت اندازه گیری به آن وابسته است، محدودیتی متناسب با ابعاد قطره مورد استفاده ایجاد می‌کند که تنها یک جفت الکتروود در جریان کار سنسور فعال باشد. مزیت این طرح بهینه بودن آن در مقدار اندازه استفاده از سیال رسانا و قابلیت اندازه گیری زاویه در بازه صفر تا ۳۶۰ درجه می‌باشد. در طرح دوم نیمی از حجم داخلی لوله از سیال رسانا پر می‌شود و مقدار بیشتری سیال رسانا مورد نیاز است. این طرح به منظور اصلاح محدودیت فاصله جفت الکتروودها از هم پیش بینی شده است در حالی که در بازه اندازه گیری محدودیتی ایجاد می‌کند و ۱۸۰ درجه از محدوده اندازه گیری سنسور کاسته می‌شود. شکل ۳ ساختارهای پیشنهادی فوق را نشان می‌دهد.

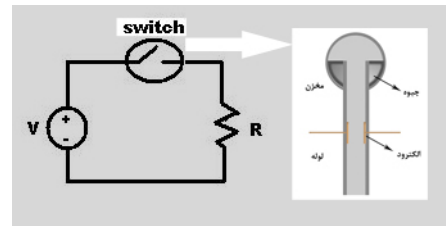


شکل ۳: طرح‌های کاربردی سنسور

۲-۲- جیوه

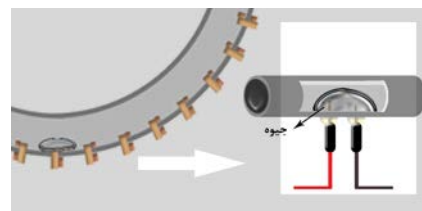
یکی از موارد اصلی در ساخت و ارائه این سنسور این است که سیال رسانا چه باشد. جیوه به خاطر رسانایی الکتریکی بالا [5]، چسبندگی و جرم مولکولی زیاد، به عنوان یک سیال مناسب در این سنسور مورد استفاده قرار گرفت. چسبندگی مولکولی زیاد آن بهره گیری از طرح کاربردی اول به صورت قطره ای را به آسانی امکان پذیر می‌سازد و نیز باعث می‌شود که سیال در طول حرکت پخش نشود و همچنین با انتخاب مناسب جنس داخلی لوله، چسبندگی سطحی میان سیال و جداره داخلی لوله به حداقل می‌رسد. جرم مولکولی بالای آن میزان حساسیت سنسور را افزایش می‌دهد، چرا که گرانش زمین از اصول عملکردی سنسور می‌باشد. در استفاده از جیوه باید توجه داشت که داخل لوله خلأ باشد تا وجود هوا باعث اکسید شدن آن نشود

کنترل اینکه جریانی برقرار شده است یا خیر می‌توان نسبت تغییر وضعیت لوله از حالت قائم قضاوت کرد (شکل ۱).



شکل ۱: ایده اولیه ساخت سنسور

ایده اولیه بسیار ناکارآمد به حساب می‌آید چرا که سیال رسانای مورد استفاده بعد از خارج شدن از محفظه خود به پایین لوله فرو می‌ریزد و محفظه خالی می‌شود و سنسور دیگر کار نمی‌کند. همچنین آنچه مورد نظر ما می‌باشد اندازه گیری و سنجش زاویه است و نه پی بردن به تغییر وضعیت لوله و خارج شدن آن از حالت قائم. پس می‌بایست هم در شکل و هم در نحوه کارکرد تغییراتی صورت می‌پذیرفت. شکل کاربردی مورد نظر ما این گونه طرح شد که مسیر لوله به صورت حلقه دایره‌ای باشد و سیال رسانا در داخل این لوله و بدون نیاز به محفظه نگه دارنده، در قسمت پایین آن پر شود. به علت نیروی جاذبه گرانش زمین همیشه سیال رسانا در قسمت پایین لوله قرار می‌گیرد. جفت الکتروودها نیز در طول مسیر لوله دایره‌ای شکل تعبیه شدند. با چرخش لوله حول مرکز دایره و یا خم شدن لوله نسبت به وضعیت ثابت اولیه، وضعیت پایین لوله تغییر می‌کند به صورتی که جفت الکتروودها از میان سیال رسانا عبور خواهند کرد و جریان الکتریکی در مدار مربوط به هر جفت الکتروود که در مسیر سیال قرار گیرد برقرار می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲: طرح پایه ساخت سنسور

۲-۱- دو طرح کاربردی

دو طرح کارکردی اصلی برای سنسور در نظر گرفته شد. یکی اینکه سیال رسانا به اندازه حداقل مقدار مناسب در لوله قرار گیرد و دیگری اینکه لوله به صورت حلقه دایره ای کاملی باشد که نیمی از آن از سیال رسانا پر شده باشد. در طرح اول مقدار امتداد شکل لوله تا تکمیل مسیر دایره ای شکل به میزان زاویه



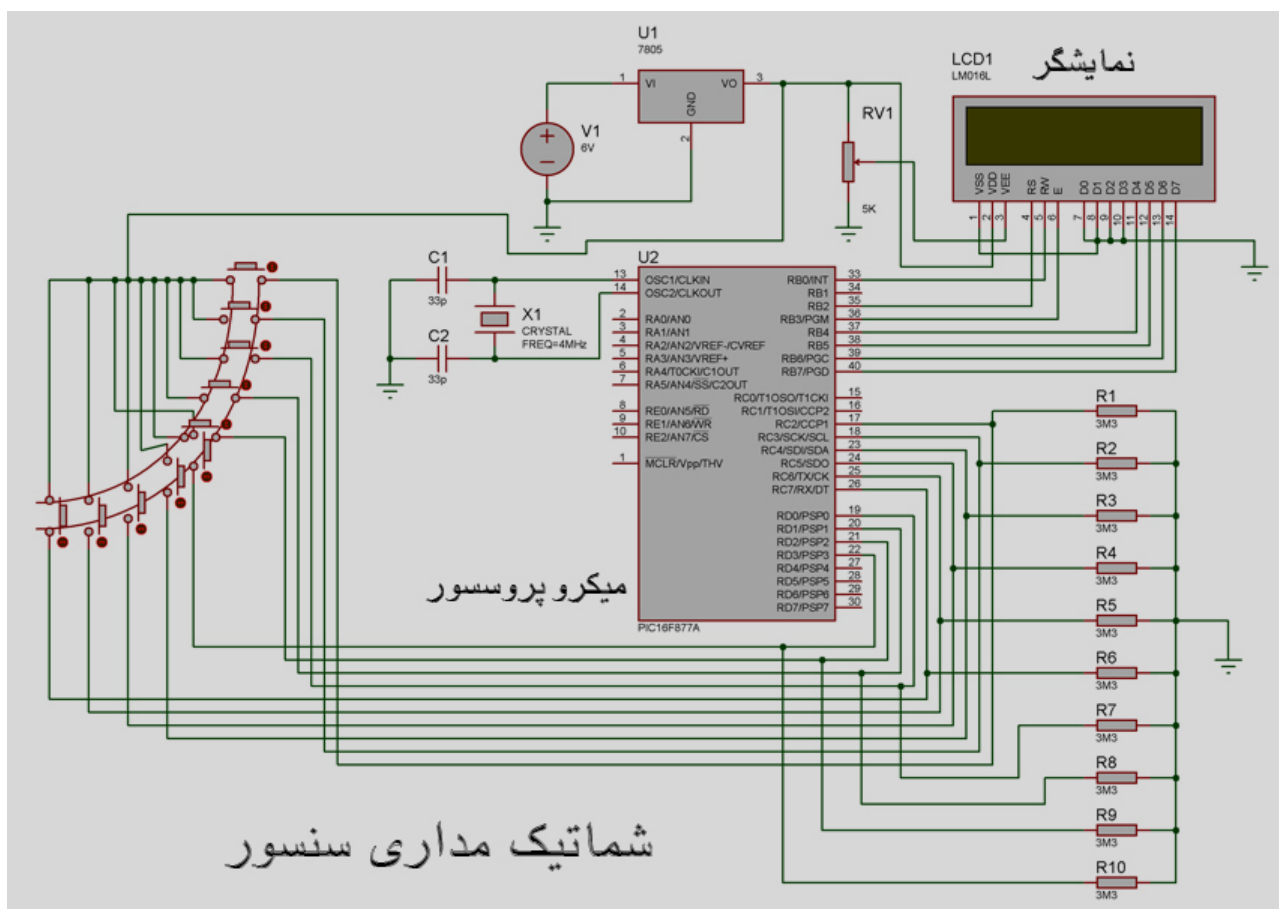
دریافت که سطح ولتاژ تغذیه باید متناسب با نوع میکروکنترلر مورد استفاده و محدودیت اعمال سطح ولتاژ به پورت‌ها یا پایه های ورودی آن باشد. بدیهی است که هر چه رزولوشن اندازه گیری بیشتر باشد تعداد جفت الکترودهای مورد استفاده بیشتر بوده و در پی آن تعداد پایه های ورودی بیشتری نیاز است و بنابراین بسته به اینکه رزولوشن اندازه گیری چقدر باشد از یک تا چند پورت میکروکنترلر مورد استفاده قرار می‌گیرد. برنامه اصلی برای کنترل پورت‌های ورودی شامل چک کردن سطح یک منطقی بر روی پایه های ورودی به صورت حلقه و نمایش زاویه مربوط به آن پایه بر روی نمایشگر می‌باشد.

در طرح کاربردی اول که یک قطره جیوه باعث برقراری ارتباط می‌شود یک جفت الکترودها مبنای در نظر گرفته می‌شود که در ابتدای شروع جفت الکترودها قرار دارد تا بتوان تشخیص داد که حرکت قطره از کدام سمت در لوله اتفاق می‌افتد و بر مبنای آن شمارش درجه و تخصیص درجه به جفت الکترودها از سمت چپ یا از سمت راست صورت پذیرد. در طرح کاربردی دوم که حجمی به هم پیوسته از جیوه باعث برقراری ارتباط جفت الکترودها می‌شود لازم است از بالاترین پایه ورودی در برنامه

زیرا در کیفیت و چسبندگی جیوه بسیار تأثیرگذار است و به شدت از آن می‌کاهد. صاف و صیقلی بودن سطح داخلی لوله نیز بر سرعت حرکت جیوه در داخل لوله تأثیرگذار است و بهتر است الکترودها به صورت صفحه ای در داخل جداره لوله تعبیه شوند تا مانعی برای عبور جیوه و کاهش سرعت حرکت آن نباشد.

۳- بخش مداری و نرم افزاری

شماتیک مداری سنسور و سیستم اندازه‌گیری در شکل ۴ نشان داده شده است. کنترل وضعیت الکترودها و تشخیص برقراری جریان الکتریکی در آن‌ها با یک مدار ساده الکترونیکی امکان پذیر می‌شود. بدین صورت که یک الکترودها با یک سر باتری و یا منبع تغذیه و الکترودها دیگر همان جفت الکترودها با یک میکروکنترلر به سر دیگر تغذیه متصل باشد. با برقراری جریان در جفت الکترودها، پورت ورودی میکروکنترلر که به یکی از الکترودها متصل است دارای سطح ولتاژ یک منطقی می‌شود و با چک کردن اینکه کدام پورت ورودی یک است و مربوط به کدام جفت الکترودها است، در نهایت مشخص می‌شود که میکروکنترلر کدام زاویه را بر روی نمایشگر نشان دهد. می‌توان به سادگی



شکل ۴: شماتیک مداری سنسور

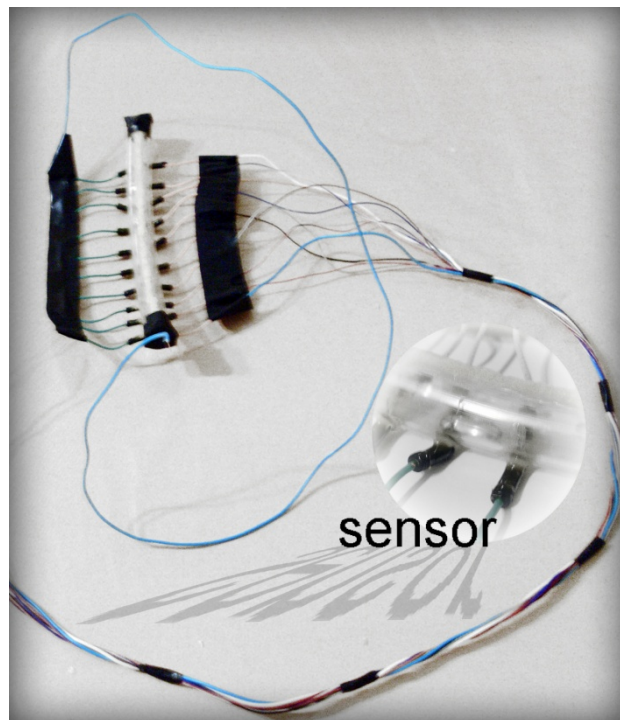


پاره‌هایی از لوله دایره‌ای شکل که هر کدام در زاویه مناسب خود قرار گرفته‌اند به جای یک لوله دایره‌ای شکل کامل استفاده کرد و یا با استفاده از چند لوله دیگر می‌توان امکان اندازه‌گیری زاویه در چند جهت را میسر ساخت. آنچه در اینجا مهم است این است که کارایی روش اندازه‌گیری و طرح اولیه این سنسور به وضوح مشخص و به طور کامل بیان شده است و در ادامه می‌توان قابلیت‌های استفاده از آن را با تغییر و اصلاح در شکل فیزیکی و قسمت پردازش آن گسترش داد. به این ترتیب با در نظر گرفتن ایده اولیه و با استفاده از یک کره‌ی تو خالیکه جیوه در آن قرار دارد می‌توان قابلیت اندازه‌گیری زاویه را در سه بعد مطرح کرد و این روند را به سوی یک طرح کامل و بی نقص و با حداکثر کارایی ادامه داد.

مراجع

- [۱] حسن دانشمندی، مهر علی همتی نژاد، مرضیه ثاقب جو "بررسی ناهنجاری‌های ستون فقرات در زنان ورزشکار و ورزشکاران بازنشسته دو و میدانی" مجله پژوهش در علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، شماره ۱، بهار ۱۳۸۱، صفحات ۵۱-۶۳.
- [2] A. Bracken, Michael B. PhD and B. Aldrich, E. Francois MD, "Clinical Measurement, Statistical Analysis, and Risk-Benefit: Controversies from Trials of Spinal Injury" Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care, Vol. 48, No. 3, pp. 558-561, 2000.
- [۳] استنلی هاپنفلد، مترجمین: تقی نوربخش، مسعود شایسته آذر، عنوان کتاب: معاینه فیزیکی ستون فقرات و اندام‌ها، ماجد، تهران، ۱۳۷۱
- [۴] اصغر اکبری "مقایسه بین دو روش رایج بالینی و پرتونگاری در اندازه‌گیری زاویه انحنای کمر" سیستم نشریات پزشکی ایران، جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۷، صفحات ۱-۶.
- [5] N. F. Mott, "The electrical properties of liquid mercury" *Philosophical magazine*, Vol. 13, No. 125, pp. 989-1014, 1966.

داخلی میکروکنترلر چک شود چرا که بالاترین جفت الکترونی که اتصال در آن برقرار شده است نشانگر زاویه مورد نظر می‌باشد. در نهایت زاویه خمش بر روی یک نمایشگر متنی (LCD) نمایش داده خواهد شد. شکل ۵ نمونه سنسور ساخته شده را به همراه شمای بزرگ شده‌ی آن نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمونه ساخته شده سنسور به همراه شمای بزرگ شده آن

۴- نتیجه گیری

نحوه کار آسان و عدم پیچیدگی در طراحی سنسور، قسمت پردازش و مدار الکترونیکی در این سنسور، این امکان را میسر می‌سازد تا بتوان با ایجاد امکانات جدید و اضافی و ترکیب بخش‌های بیشتر، قابلیت کارکردی و سودمندی سنسور را افزایش داد. به طور مثال برای کاهش ابعاد سنسور می‌توان از