

# بررسی چهار نوع حسگر نوری و انتخاب بهترین حسگر جهت دستگاه سنجش دوده

محسن رود پیمان<sup>۱</sup> - علیرضا کیهانی<sup>۲</sup> - محمود امید<sup>۳</sup>

## چکیده

دوده و ذرات از آلاینده های مهم هوا بشمار میروند و موتورهای دیزل از منابع مهم تولید آن می باشد. جهت اندازه گیری مقدار دوده موتور دیزل از دستگاهی بنام دوده سنج استفاده می شود. مقاله حاضر نتیجه بخشی از بررسی های انجام شده جهت انتخاب بهترین حسگر در ساخت دستگاه دوده سنج است. در ساخت دستگاه از منطق های الکترونیک نوری استفاده شد و در این ارتباط آزمایشی با ۴ نوع حسگر، سه فاصله مختلف ۱۰، ۱۲ و ۱۴ سانتی متری تا منبع نور و با ۵ تکرار انجام شد. همچنین حساسیت عملکردی حسگرها مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از روش روشهای آماری، حسگر نوع *L14G1* به عنوان بهترین حسگر از نظر حساسیت و خروجی مناسب انتخاب شد.

۲- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی

۳- استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی

## واژه های کلیدی

کدریت سنجی - حسگر - دوده - موتور دیزل - آلاینده

### مقدمه

موتورها به عنوان منابع تولید قدرت در کاربردهای وسیعی به کار گرفته می شوند و به دلیل نسبت تراکم بالا ، بازده حرارتی خوبی داشته و با قابلیت تولید گشتاور بالا مناسب توان برای کارهای سخت کشاورزی می باشند. لذا تجهیز تراکتور با موتورهای دیزل امری رایج محسوب می گردد. هنگامی که سخن از کاهش آلایندهی موتور به میان می آید ، این مقوله عمومیت داشته و تمام موتورها را شامل می گردد زیرا با قبول این منطق که آلایندهی موتور برای سلامتی انسان و محیط زیست مضر است، باید پذیرفت که موتور تراکتور نیز از سایر موتورها مستثنی نبوده و همچنین کاربر تراکتور نیز انسان می باشد و نباید در معرض خطر قرار گیرد. بعلاوه ، در حال حاضر تراکتور ها در سطح شهر نیز جهت امور عمرانی ، مصارف شهرداریها و ..... مورد استفاده قرار می گیرند . همچنین در کاربردهای داخل مزرعه ای نیز در بسیاری از موارد، تراکتورها به صورت ثابت و یا در محلهای سر پوشیده مانند داخل هانگار، مورد استفاده قرار می گیرند .

با توجه به موارد فوق که موید عمومیت مساله و نیز کار برد موضوع در امر کشاورزی میباشد و مضاف بر این ، امروزه سطح آلایندهی موتورها از مواردی است که توسط خریداران هر وسیله موتوری چه در امر صادرات و چه در مصارف درون کشور مورد توجه قرار میگیرد ، لذا مطالعات و تحقیقات انجام شده در این مقوله از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

لازم به ذکر است که گازهای خروجی از موتورهای دیزل حاوی آلاینده هایی از محیط است که مهمترین آنها ذرات ، هیدروکربنها ، اکسیدهای نیتروژن و دی اکسید کربن میباشد که سهم ذرات در بین آنها حدود ۲۵٪ میباشد . [ ۴ ]

ذرات آگروز و همچنین ذرات معلق در هوا با دو استاندارد  $PM_{2.5}$  و  $PM_{10}$  از نظر اندازه شناسایی می شوند و قابل اندازه گیری هستند. که استاندارد اول ذرات کوچکتر از ۲,۵ میکرون و استاندارد دوم ذرات کوچکتر از ۱۰ میکرون را شامل میشوند. [ ۲ ]

در اندازه گیری ذرات روشهای مختلفی وجود دارند که روشهای نوری و کدریت سنجی یکی از انواع آنها می باشد [ ۳ ]

دستگاههای اندازه گیری همواره به عنوان یکی از ارکان تحقیقات محسوب شده و همچنین هزینه زیادی را نیز بخود اختصاص میدهند . مقاله حاضر بخشی از تحقیقات انجام شده در رساله دکتری بوده که جهت ساخت دستگاه سنجش دوده انجام گرفته تا به عنوان ابزار اندازه گیری در آزمایشات مورد استفاده قرار گیرد .

در یک دستگاه اندازه گیری مواردی چون قابلیت اعتماد ، قابلیت تکرار ، قابلیت ردیابی ، دقت و ... حائز اهمیت میباشد . [ ۳ ]

دلایل ساخت دستگاه عمدتاً عبارتند از:

اولاً هزینه یک دستگاه مشابه خارجی بیش از ۴۰ میلیون ریال میباشد.

ثانیاً به جهت اینکه این ابزار در مالیت تجاری شرکت سازنده است ، معمولاً اطلاعات ساخت و اجزای داخلی آنها در دسترس نمیشود.

ثالثاً در داخل کشور منابعی که دستگاه را در اختیار داشته باشند بسیار محدود بوده و نیز در هر زمان که دستگاه مورد نیاز باشد ، دسترسی طولانی مدت به آن مقدور نمیشود .

اندازه گیری ذرات و دوده تکنیکهای مختلفی دارد که از آنجمله روش شمارش ذرات کندانسه، روشهای شیمیایی ، آبرودینامیکی ، لیزری ، کدریت سنجی و پویایی انتشار میشوند.

در ساخت دستگاه دوده سنج از روش کدریت سنجی استفاده شده است و عملکرد دستگاه بر مبنای میزان کدریت گاز خروجی از آگروز میباشد . شکل ۱ نمای کلی دستگاه را نمایش میدهد.[6]

معمول ترین روشهای سنجش دوده عبارتند از روش بوش<sup>۱</sup> و روش هریتیج<sup>۲</sup> که دانسیته دود را بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب و با استفاده از قانون جذب نور توسط ذرات موسوم به قانون بیر- لامبرت<sup>۳</sup> اندازه گیری میکنند [5].

۱ - Bosch

۲ - Haritage

۳- Beer - Lambert

جهت تشخیص میزان کدریت از قابلیت عناصر الکترونیکی حساس به نور استفاده شده است.

عناصری چون فوتورزیستور ، فوتودیود، فوتورزیستور ... این امکان را میدهد که عمل سنجش نور ( و عکس آن کدریت سنجی ) صورت پذیرد و چنانچه این عناصر در مدار مربوطه قرار گیرند ، رابطه ای میان میزان نور تابیده شده به عنصر و مقدار جریان عبوری از آن برقرار میباشد .

هرمقدار از شدت نور تابیده شده به حسگر کاسته شود ، مقاومت حسگر در مدار افزایش یافته و جریان عبوری از آن کمتر میشود و بالعکس .

## مواد و روشها

جهت انجام آزمایشها مداری مطابق شکل ۲ آماده گردید سپس محل قرارگیری حسگرها بر روی یک توب شیشه ای پیرکس مطابق شکل ۳ پیش بینی گردید منبع تغذیه مدار یک آداپتور ۹ ولت ، ۸۵۰ میلی آمپر و از یک لامپ ۶ ولت به عنوان منبع نور استفاده گردید .

کلیه آزمایشات در دمای ۲۵-۲۷ درجه سانتیگراد انجام شده تا تاثیر دمای محیط بر عملکرد سنسورها حذف گردد . همچنین موقعیت قرارگیری حسگر بر روی تیوب با نوار مشکی رنگ پوشانده شده تا حسگر از نور محیط تاثیر نپذیرد .

شکل ۴ انواع حسگرها را نمایش میدهد و چهار نوع *TLN103* ، *TPS603* ، *L14G1* و *PR* می باشند که اثر فاصله منبع نور تا حسگر را بر روی عملکرد حسگر با پنج بار تکرار مورد بررسی قرار داده ایم .

مقادیر ارائه شده در جداول بیانگر ولتاژ بوده و بر حسب ولت می باشند و توسط دستگاه مولتی متر دیجیتالی *Hioki* مدل ۱۰۲۰ قرائت صورت گرفته است .

همچنین جهت اندازه گیری حساسیت حسگرها ، دو مجرا جهت ورود و خروج دود بر روی تیوب تعبیه گردید که دود توسط یک پمپ مکشی مدل ۱۱۰ *RENA* (۲۲۰) ولت به داخل تیوب کشیده شده ( به مدت ۱ دقیقه) و در همین زمان لوله ورودی از مسیر دود خارج شده و هوا به داخل تیوب راه پیدا میکند و مقدار ولتاژ خروجی در هر ۵ ثانیه قرائت گردیده است .  
حسگرها در شرایط کارکرد یکسان از نظر دمایی و ولتاژ تغذیه قرار داشته اند .

## بحث و نتیجه گیری

جدول ۱ نتایج مربوط به بررسی تاثیر فاصله منبع نور تا حسگر را بر روی ولتاژ خروجی حسگر نشان می دهد. تحلیل نتایج توسط نرم افزار *S-Plus* انجام گرفته است .  
به جهت معنی دار بودن نتایج تحلیل آماری جدول ۱ ، از ارائه نتایج آنالیز واریانس داده های مربوطه خودداری شده است و نیز بدلیل وابستگی نتایج به آنالیز داده های جدول ۲ ، به ارائه جدول ۳ اکتفا شده است . این جدول نشان میدهد که حسگرها در تکرارهای مختلف و در زمانهای مختلف در سطح ۵٪ با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند. برهمکنش حسگر در تکرار و تکرار در زمان اختلاف معنی داری ندارند که منطقی به نظر می رسد . اما برهمکنش حسگر در زمان اختلاف معنی دار نشان می دهد که نشان از رفتار مختلف حسگرها با یکدیگر در طول زمان اندازه گیریهاست. حال که اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بین رفتار حسگرها مشاهده شد ، قاکتور حساسیت حسگرها در طول زمان اندازه گیری به همراه پایداری و منطقی بودن قرائتها به عنوان یک شاخص تعیین کننده در نظر گرفته شد. جدول ۲ نتایج بررسی حساسیت حسگرها میباشد.  
چنین کاری با رسم نمودار حساسیت حسگرها در طول زمان آزمایش انجام گرفت و بدلیل اینکه نمودار دارای نوسانات شدید بود از تکنیک *Moving Average* ( میانگین گیری هر سه مقدار متوالی ) جهت بررسی نتایج استفاده گردید و حسگر *L14G1* نسبت به سایر حسگرها حساسیت بهتری داشته و روند نزولی مناسبتری از خود نشان داده است. ( نمودار شماره ۱ )

جدول ۱ : اثر فاصله منبع نور تا حسگر بر هدایت سنسور ( مقادیر بر حسب ولت)

|                      | <i>TPS603</i> | <i>L14 G1</i> | <i>PR</i> | <i>L14 N1</i> |
|----------------------|---------------|---------------|-----------|---------------|
|                      | 1.005         | 5.55          | 4.95      | 3.542         |
|                      | 0.755         | 5.61          | 4.75      | 4.23          |
| فاصله ۱۰ (سانتی متر) | 0.925         | 5.61          | 4.91      | 3.158         |
|                      | 1.683         | 5.14          | 4.7       | 3.807         |
|                      | 0.964         | 5.04          | 5.01      | 3.926         |
|                      | 0.545         | 7.914         | 5.71      | 4.677         |
|                      | 0.784         | 7.94          | 6         | 4.15          |
| فاصله ۱۲ (سانتی متر) | 0.845         | 8.07          | 5.98      | 4.582         |
|                      | 0.88          | 7.98          | 5.63      | 4.106         |
|                      | 0.887         | 7.18          | 6.03      | 4.778         |

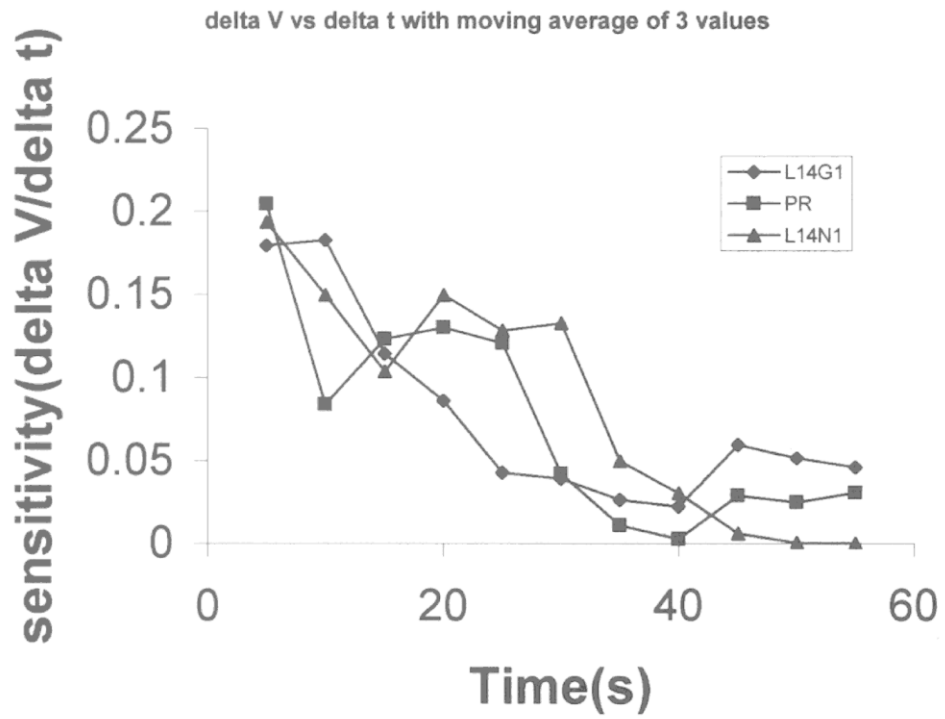
|                    |       |      |      |      |
|--------------------|-------|------|------|------|
|                    | 0.418 | 5.73 | 5.42 | 6.97 |
|                    | 0.565 | 5.83 | 5.79 | 6.2  |
| فاصله ۱۴ (سانیمتر) | 0.584 | 5.91 | 5.22 | 6.55 |
|                    | 0.623 | 6.14 | 5.22 | 6.04 |
|                    | 0.579 | 5.67 | 5.22 | 6.81 |

جدول ۲ : اثر زمان بر هدایت حسگر با بررسی خروج تدریجی دود از تیوب

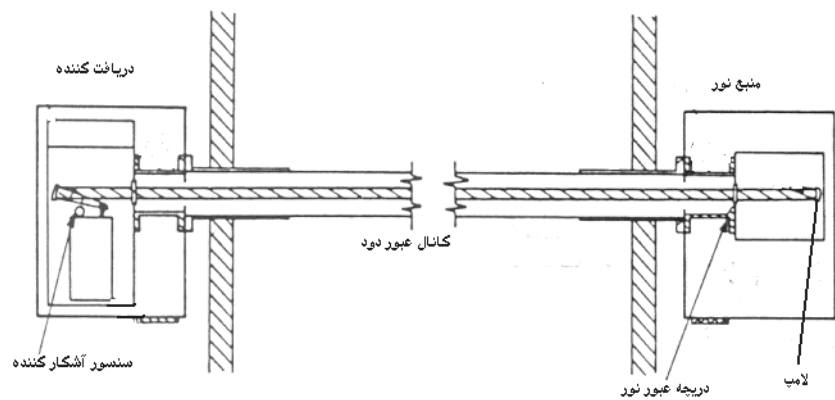
| L14 G1 |      |      | PR   |      |      | L14 N1 |      |      | زمان<br>(ثانیه) |
|--------|------|------|------|------|------|--------|------|------|-----------------|
| 0.64   | 0.71 | 0.38 | 0.48 | 0.45 | 0.37 | 0.51   | 0.69 | 0.41 | 0               |
| 1.37   | 1.5  | 1.09 | 3.26 | 2.04 | 1.94 | 1.78   | 1.97 | 1.67 | 5               |
| 2.49   | 2.62 | 2.48 | 3.52 | 2.89 | 2.81 | 2.81   | 2.93 | 2.64 | 10              |
| 2.97   | 3.1  | 3.74 | 3.34 | 3.59 | 3.57 | 3.35   | 3.56 | 3.4  | 15              |
| 3.85   | 3.97 | 4.36 | 4.62 | 3.24 | 3.16 | 3.96   | 4.2  | 4    | 20              |
| 4.33   | 4.44 | 3.97 | 4.23 | 5.31 | 5.23 | 4.23   | 4.5  | 4.32 | 25              |
| 4.58   | 4.71 | 4.39 | 5.38 | 5.53 | 5.45 | 5.7    | 5.83 | 5.51 | 30              |
| 4.62   | 4.75 | 4.73 | 5.81 | 5.36 | 5.28 | 6.21   | 6.14 | 5.59 | 35              |
| 4.75   | 4.88 | 4.86 | 5.8  | 5.47 | 5.39 | 6.41   | 6.49 | 6.12 | 40              |
| 4.9    | 5.06 | 4.89 | 5.82 | 5.55 | 5.47 | 6.43   | 6.57 | 6.27 | 45              |
| 5.25   | 5.36 | 4.49 | 5.91 | 5.37 | 5.29 | 6.42   | 6.58 | 6.29 | 50              |
| 5.69   | 5.78 | 5.7  | 5.83 | 6.1  | 6.02 | 6.43   | 6.58 | 6.28 | 55              |

جدول ۳ - آنالیز واریانس حساسیت حسگرها

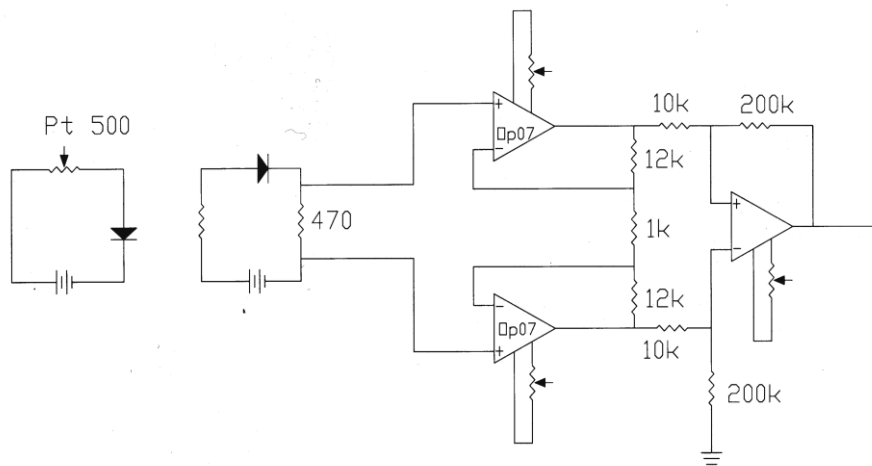
| <i>Pr</i> | <i>F value</i> | <i>MS</i> | <i>SS</i> | <i>DF</i> |             |
|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| 0.01047   | 5.0658         | 0.35491   | 0.7098    | 2         | تکرار       |
| 0         | 396.2          | 27.8      | 305.3     | 11        | زمان        |
| 0.05543   | 2.508          | 0.1757    | 0.7029    | 4         | حسگر×تکرار  |
| 0.000003  | 5.9374         | 0.41597   | 9.1514    | 22        | حسگر× زمان  |
| 0.42571   | 1.0557         | 0.7396    | 1.6272    | 22        | تکرار× زمان |
|           |                | 0.07006   | 3.0827    | 44        | باقیمانده   |



نمودار شماره ۱ - نمودار حساسیت نسبت به زمان



شکل ۱ - نمای کلی دستگاه سنجش دود



شکل ۲ : مدار الکترونیکی تست سنسورها



شکل ۳ : تیوب با چهار مجری (دو خروجی برای قرارگیری سنسورها و دو مجری برای ورود و خروج دود)





شکل ۴ : حسگرهای مورد آزمایش

## منابع

- 1- Bosch . 2000. "Automotive Handbook" 969p. SAE . Robert Bosch . Germany .
- 2- Davidson , J. H., and McKinley, P. J., 1990. "Electrostatic Precipitator " *Aerosol Science and Technology*, 12, 2, 319-334,
- 3- Kittelson D. and F. Watts and M. Arnold.1998. "Review of Diesel Particulate Matter Sampling Methods" [http://www. Itdean.umn.edu](http://www.Itdean.umn.edu)
- 4- Kittelson, D. B. 1990. " Particulate Emissions from Diesel Engines: Influence of In-Cylinder Surface". SAE Paper No. 900645.
- 5- Mathur M.L and Sharam R.P. " internal combustion engines " 2003. chapter18 . Dhanpat Rae pub.
- 6- Noltingk b.e. " instrumentation reference book" 1996 . chapter 3. Butter Worths pub.