بررسی تاثیر استفاده از سوخت پروپانول بر میزان آلاینده‌های یک موتور اشتعال جرقه‌ای

زینب آقاعلیئی[1]، علی نجات لرستانی*[2]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ zinabaghaaliei@gmail.com
[2]دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه رازی، کرمانشاه؛ lorestani@razi.ac.ir

چکیده

افزایش استفاده از سوخت های فسیلی در موتورهای احتراق داخلی و اثر منفی انتشار آلاینده‌های خروجی از سوختن این سوخت ها به محیط زیست منجر به افزایش علاقه به منابع انرژی جایگزین شده است. از طرف دیگر مادهٔ افزودنی MTBE به بنزین پایه علی رغم بالا بردن عدد اکتان، موجب آثار مخرب زیست‌محیطی می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی سنجش میزان آلایندگی یک ترکیب سوخت جایگزین به صورت مخلوط ۱- پروپانول و بنزین پایه در موتور بنزینی پراید انجام شد. ۱- پروپانول در درصدهای حجمی مختلف (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰)، به بنزین پایه افزوده و میزان آلایندگی در سه سرعت دورانی ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه، با دستگاه تست آلاینده‌سنج اندازه گیری شد. این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن و فرض خطای ۰/۰۵ انجام شد. نتایج نشان داد تمام حالات اعم از نوع سوخت و دورهای مختلف موتور دارای اثر معنی داری بر روی میزان آلایندگی بود، اثرات متقابل نوع سوخت و دور موتور نیز در دو مورد CO_2 و UHC معنی دار بود. با افزایش ۱- پروپانول در سوخت به میزان ۲۰٪، انتشار آلاینده های CO و UHC کاهش یافت، اما تغییرات NO_X نامنظم و به‌طور کلی در مقایسه با بنزین معمولی افزایش یافت. افزایش دور موتور منجر به کاهش CO و UHC و افزایش NO_X و CO_2 شد.

کلمات کلیدی: موتوراحتراق داخلی،**MTBE**، بنزین پایه، ۱- پروپانول، آلاینده‌های خروجی.

The Investigation of propanol fuel effects on emissions of a spark ignition engine

Z. Aghaaliee[1], A. N. Lorestani[2*]

1- MSc. Graduate of Mechanical Engineering of Biosystem Department, Razi University, Kermanshah, Iran.
2- Mechanical Engineering of Biosystem Department, Razi University, Kermanshah, Iran,
lorestani@razi.ac.ir*

ABSTRACT

An increase in the using of fossil fuels in internal combustion engines and the negative effect of emissions from burning these fuels into the environment have led to an increase in interest in alternative energy sources. On the other hand, the addition of MTBE to base gasoline, despite the increase in octane number, is destructive of the environment effects and malignant diseases. This study by aims of examines the amount of adsorbent of an alternative fuel, in the form of a mixture of 1-propanol and base gasoline in the gasoline pride engine. This engine has a Siemens fuel system. 1- Propanol was added to the base gasoline in various volumetric percentages (0, 5, 10, 15 and 20), and the rate of emission at 3 speeds of 1000, 2000 and 3000 rpm was measured by the emission Test device. This study was a factorial experiment in a completely randomized design. Data analysis was performed using SAS statistical software and Checked out the effect of fuel type treatments and engine speed on exhaust emissions. Comparison of means with Duncan's multiple range Test and error assumption 0.05 were used. The results showed that all modes, including fuel type treatments and different engine speeds, had a significant effect on the amount of emissions, Mutual effects of fuel type and engine speed was significant in both CO_2 and UHC. The addition of 1- propanol in fuel in up to 20%, reduced emissions of CO and UHC, but

* نویسنده مسئول: علی نجات لرستانی، دانشیار دانشگاه رازی، تلفن: ۰۸۳۳۸۳۲۴۸۲۰، نمابر: ۰۸۳۳۸۳۲۱۰۸۳، رایانامه: Lorestani@razi.ac.ir

NO_X changes were irregular and generally increased compared to conventional gasoline. The increase in engine speed led to a decrease in CO and UHC and increased NO_X and CO_2.

Keywords: Internal combustion engine, MTBE, Base gasoline, 1- propanol, Exhaust emissions

۱- مقدمه

انرژی نقش حیاتی را در پیشرفت بشر ایفا می‌کند. در قرن ۲۱ کشورهای مختلف انرژی بیش‌تری را بـرای گسـترش صـنعت، حمل‌ونقـل و اهـداف داخلی موردنیاز دارند. با توجه به رشد تقاضا برای انرژی و وابستگی به منابع محدود، انرژی به یکی از مشکلات عمده بشریت در قرن حاضر تبدیل‌شـده است (Modi, 2010).

اخیرا اثرات زیست‌محیطی، کاهش منابع سوخت فسیلی، انحصار کشورهای واردکننده نفت و دلایل سیاسی دیگر موجب شده است که جستجو برای جایگزین نفت در میان منابع تجدید پذیر، که شامل زیست‌توده‌های الکلی، بیودیزل و بیوپلاستی است، به یک اولویت جهانی تبدیل شود. ازآنجاکه یک‌پنجم از کل انتشار دی‌اکسید کربن توسط بخش حمل‌ونقل صورت می‌پذیرد، سوخت جایگزینی پاک‌تر موردنیاز است. استفاده از سوخت‌های تجدید پذیر برای امنیت انرژی ضروری است، چون ۹۴ درصد از نیازهای حمل‌ونقل جهانی در حال حاضر با استفاده از مشتقات نفت خام انجام می‌گیرد (Inokuma, Liao, Okamoto, & Hanai, 2010; Wu, Chen, Pu, & Lin, 2004). سوخت‌های زیستی به سوخت‌های مایع یا گازی که عمدتاً توسط بخش حمل‌ونقل استفاده‌شده و از زیست‌توده تولید می‌شود، اشاره می‌کند. ازآنجاکه درصد زیادی از مصرف انرژی برای رفع نیازهای حمل‌ونقل ضروری است، گزینه‌های سوخت جایگزین و پایدارتر بررسی شود (Modi, 2010). افزایش آلودگی محیط‌زیست یک مسئله ضروری است که باید آن را کاهش داد. عوامل اصلی این آلودگی شامل مونوکسید کربن (CO)، دی‌اکسید کربن (CO_2)، هیدروکربن (UHC) و اکسیدهای نیتروژن (NO_X) منتشرشده از اگزوز خودروها است (Agarwal et al., 2015; Al-Hasan, 2003).

اضافه کردن ترکیبات اکسیژن‌دار مانند متیل ترشیاری بوتیل اتر (MTBE) به سوخت باعث بهبود خصوصیات سوخت و شرایط احتراق می‌شود (Franklin, Koshland, Lucas, & Sawyer, 2001; Shih, Wangpaichitr, & Suffet, 2003). ترکیبات اکسیژن‌دار مانند اترها، استرها و الکل‌ها سوخت‌های جایگزین و مواد سوختی امیدوارکننده‌ای هستند، به‌ویژه زمانی که از منابع تجدید پذیر مانند زیست‌توده تولید شوند، می‌توانند سبب کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای شوند (Li et al., 2007)، از این ترکیبات به عنوان جایگزینی برای متیل ترشیاری بوتیل اتر استفاده می‌شود. روش‌های شیمیایی کاهش آلاینده‌ها، قابلیت اجرا و راندمان خوبی ندارند بنابراین محققان به استفاده از سوخت‌های جایگزین الکلی (اتانول و متانول و....) روی آوردند.

محققی در یک آزمایش به بررسی میزان آلاینده‌های خروجی CO، CO_2، UHC و NO_X ناشی از موتور در مخلوط اتانول و بنزین پرداخت. اتانول با درصدهای حجمی ۵، ۱۰ و ۱۵ به بنزین اضافه شد.این آزمایش در سرعت و بارهای مختلف موتور انجام شد. نتیجه‌ی استفاده از افزودنی اتانول کاهش قابل توجه در انتشار آلاینده‌های ناشی از موتور بود و CO با کاهش ۳۵٪، بیشترین درصد کاهش در بین آلاینده‌ها را داشت (Ghazikhani, Hatami, Safari, & Ganji, 2013). در پژوهشی دیگر Al-Hasan اثر استفاده از مخلوط بنزین بدون سرب و اتانول بر عملکرد موتور SI را موردبررسی قرار داد. نتایج نشان داد که ترکیب بنزین بدون سرب با اتانول سبب افزایش توان ترمزی، گشتاور، حجم و بازده حرارتی ترمزی و مصرف سوخت می‌شود، درحالی‌که مصرف سوخت ویژه ترمزی و نسبت هوا نسبت به سوخت مشابه است. غلظت انتشار CO و HC در موتور اگزوز کاهش یافت، درحالی‌که مقدار CO2 افزایش یافت (Al-Hasan, 2003). با توجه به این‌که الکل‌های با کربن‌های بیش‌تر خواص احتراق را بهبود می‌بخشند، محققان به بررسی ترکیب مخلوطی از سوخت‌های دیزل و بیودیزل (به‌دست‌آمده از روغن پسماند خوراکی) و ترکیب این مخلوط با پروپانول، n- بوتانول و ۱- پنتانول پرداختند. اثرات آن‌ها بر عملکرد موتور و آلایندگی خروجی از موتور را در چهار بار موتور (۱، ۳، ۶ و ۹ کیلو وات) در دور موتور ثابت ۱۸۰۰ دور بر دقیقه پرداختند. در تمام ترکیب‌های الکل‌های مختلف انتشار NOx کاهش پیدا کرد (Atmanli, 2016). الکل‌های با زنجیره کربنی بالاتر مانند پروپانول، بوتانول و پنتانول می‌تواند به‌عنوان مواد افزودنی به بنزین استفاده شود. این الکل‌ها می‌توانند از تخمیر گاز سنتز و تولید میکروبی با استفاده از میکروارگانیسم‌ها به روش مهندسی متابولیک به‌صورت صنعتی به دست بیایند. در نتیجه استفاده از این سوخت‌های الکی حداقل ازلحاظ منشأ تولیدشان یک روش جذاب و قابل‌توجه هستند (Gravalos et al., 2013; Walther & François, 2016).

بحران کاهش منابع سوخت‌های فسیلی از یک طرف و مسئله آلودگی محیط‌زیست از سوی دیگر، باعث شد محققان در دهه‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای برای یافتن یک منبع انرژی جایگزین به‌گونه‌ای که سازگار با محیط‌زیست باشد، انجام دهند (Schubert, 2006; Srirangan, Akawi, Moo-Young, & Chou, 2012). گر چه افزودن اتانول زیستی به بنزین موتور می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد، اما موجب هزینه اضافی برای تعمیر و نگه‌داری سیستم سوخت خودرو و زیرساخت‌های سوخت می‌شود. همچنین برخی از خواص نامطلوب اتانول زیستی، مانند خورندگی و جذب رطوبت بالا از ضعف‌های این سوخت محسوب می‌شود (Connor & Liao, 2009). بنابراین ۱- پروپانول می‌تواند سوختی زیستی و

جایگزین باشد حتی بهتر از اتانول زیستی، با چگالی انرژی بالاتر و جذب کم‌تر رطوبت. علاوه بر این، ۱-پروپانول ترکیب شیمیایی محبوبی است که به‌طور گسترده در بخش صنعت یا به‌عنوان حلال در تولید محصولات تجاری، مانند رنگ‌ها، لوازم آرایشی، و آفت‌کش‌ها، و یا به‌عنوان یک واسطه برای تولید سایر مشتقات آلی استفاده می‌شود (Ammar, Wang, & Yang, 2013). ۱-پروپانول می‌تواند آب خود را از دست بدهد برای تولید پروپیلن، یک ماده خام برای پلی پروپیلن که بخش مهمی از مواد پلاستیکی است. همچنین می‌تواند جایگزین متانول در واکنش ترانس استریفیکاسیون برای جلوگیری از استفاده از حلال‌های آلی در طی فرآیند تولید سوخت بیودیزل با لیپاز ثابت شود (Iso, Chen, Eguchi, Kudo, & Shrestha, 2001)..

۲- مواد و روش‌ها

در ابتدا بنزین پایه (بنزین بدون ترکیبات اکسیژن‌دار) مورد استفاده در پژوهش حاضر از پالایشگاه کرمانشاه تهیه شد. سوخت مورداستفاده برای انجام آزمون‌ها و بررسی آلاینده سنجی شامل سه نوع بود. بنزین معمولی، بنزین بدون متیل ترشیاری بوتیل اتر (بنزین پایه) و ترکیب بنزین پایه با الکل ۱- پروپانول به‌عنوان سوخت‌های موردبررسی در نظر گرفته شدند. سطوح ترکیب بنزین و پروپانول مطابق کارهای مشابهی که بر روی آلاینده سنجی ترکیب الکل با سوخت‌های دیگر انجام شده (Keskin & Gürü, 2011; Tsai, Lin, Mwangi, Chen, & Wu, 2015)، انتخاب گردید. بر این اساس ماکزیمم درصد الکل مورداستفاده ۲۰ ٪ حجمی در نظر گرفته شد. الکل مورداستفاده در پژوهش حاضر ۱- پروپانول (n-propanol) با فرمول شیمیایی ($CH_3(CH_2)_2OH$) با خلوص بالای ۹۹ ٪ و ساخت کشور کره جنوبی بود. ویژگی‌های الکل مورداستفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های الکل مورداستفاده در پژوهش

Table 1. Characteristics of alcohol used in this research.

Characteristic	value
chemical formula	$CH_3(CH_2)_2OH$
Molecular mass	60.1 g/mol
Boiling point	96.5-98 ºC
Melting point	-127 ºC
Density	0.8 g/cm^3
Ph	7
Ignition point	22 ºC

در این تحقیق از دو نوع بنزین استفاده شد. از بنزین معمولی (Gasoline)، بنزین پایه یا همان بنزین که ترکیبات اکسیژن‌دار مانند MTBE به آن اضافه نشده است، نیز به‌عنوان سوخت ترکیبی با الکل ۱- پروپانول به‌منظور تهیه سطوح سوخت مورداستفاده قرار گرفت. موتور مورداستفاده چهار سیلندر بنزینی مدل M13NI (پراید انژکتوری) بود. سیستم سوخت‌رسانی موتور تحقیقاتی نیز حائز اهمیت است. سیستم سوخت‌رسانی موتور، زیمنس بود. این سیستم سوخت‌رسانی به شتاب گیری موتور و همچنین میزان مصرف سوخت کمک می‌کند.

برای اندازه‌گیری میزان آلاینده‌ها از دستگاه آزمون پنج گاز MOTORSCAN مدل EuoroGas 8020 و ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. این دستگاه توانایی اندازه‌گیری ۵ نوع گاز O_2، CO، CO_2، UHC و NO_X که همگی از گازهای حاصل از احتراق موتور هستند را داشت. سوخت بنزین معمولی به میزان ۲۰ لیتر از جایگاه سوخت تهیه شد، مخلوط‌های بنزین پایه و ۱- پروپانول با درصدهای حجمی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ از ۱-پروپانول با بنزین پایه تهیه شد. برای این کار از یک ظرف مدرج ۳ لیتری و استوانه مدرج (100 cc) استفاده شد. سوخت برای هرکدام از مخلوط‌ها به میزان ۴ لیتر مخلوط و آماده شد

سپس مخلوط سوخت در باک تعبیه‌شده برای موتور ریخته شد و ابتدا اجازه داده شد که موتور به میزان ۲۰ دقیقه با دور موردنظر کار کند، پس‌ازآن حس‌گر دستگاه آزمون در داخل اگزوز به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه قرار داده و عدد ثبت‌شده توسط دستگاه برای هرکدام از گازها به‌عنوان داده حاصل ثبت گشت. البته لازم به ذکر است که دستگاه آزمون پنج گاز در ابتدا که روشن‌شده، به مدت‌زمانی جهت کالیبره کردن و آماده شدن نیاز دارد (به‌صورت تقریبی ۱۰ دقیقه) پس از طی این مدت‌زمان دستگاه آماده‌ی داده‌برداری شد. این کار برای هر نوع سوخت و تمام دورها (۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه) و در سه تکرار انجام شد. هر بار باک موتور به‌صورت کامل از سوخت تخلیه شد و سپس سوخت دیگر به داخل باک ریخته شد و داده‌ها برای تمام آلاینده‌ها ثبت شد.

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ سطح سوخت و ۳ تکرار انجام گرفت. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ (SAS، 2014) انجام شد. آنالیز داده‌ها، با هدف اثرات اصلی سوخت الکلی، سطوح الکل و دور موتور انجام و برای تعیین تفاوت بین دور موتور و همچنین سطوح سوخت با هم مورد مقایسه قرار گرفت. در رابطه با صفاتی که اثر سوخت و دور بر آن‌ها معنی‌دار بود، مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ی دانکن و فرض خطای ۰/۰۵ انجام شد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۳- نتایج و بحث

پس از به دست آوردن میزان آلایندگی گازهای خروجی از اگزوز (CO_2, CO, NO_X , UHC) نتیجه حاصل از هر سوخت تحت دورهای مختلف با میزان آلایندگی حاصل از سایر سوخت‌ها مقایسه و با استفاده از آنالیزهای مقایسه میانگین مورد مقایسه قرار گرفت.

۳-۱ تجزیه‌وتحلیل میزان ترکیبات آلاینده‌های خروجی از اگزوز

قبل از معرفی و بررسی اجزای خروجی از اگزوز، باید خاطرنشان شد که اصلی‌ترین ترکیبات حاصل از احتراق سوخت‌های بنزینی و خروجی از اگزوز خودروها N_2، CO_2، H_2O و O_2 هستند (LU, 2011). اما مهم‌ترین مسئله در بحث آلاینده سنجی، اجزای سمی خارج‌شده از اگزوز خودروها از قبیل CO، NO_X، SO_2، HC و ... هستند. این آلاینده‌ها تأثیرات بسیار جدی و غیرقابل برگشتی را بر سلامت انسان و محیطی که در آن زندگی می‌کنیم، می‌گذارند. در این پژوهش نیز سعی بر بررسی گازهای سمی خروجی از اگزوز شد. در جدول ۲ نتیجه تجزیه واریانس اثرات نوع سوخت و دور موتور بر روی میزان آلاینده‌های مختلف (CO, CO_2, NO_X, UHC) آورده شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای مختلف مورد بررسی.

Table 2. Analysis of variance of different parameters studied.

pr<F	F	MS	SS	df		S.O.V
0.0001<	13.91	0.0006	0.0033	5	Co	Fuel
0.0001<	21.27	0.082	0.4138	5	CO_2	
0.0001<	94.54	332.65	1663.25	5	UHC	
0.0419	2.60	1874.73	9373.648	5	NO_X	
0.0001<	16.19	0.0007	0.0015	2	CO	rpm
0.0001<	423.48	1.64	3.29	2	CO_2	
0.0001<	713.15	2509.24	5018.48	2	UHC	
0.0001<	859.65	620935.970	1241871.815	2	NO_X	
0.2098	1.42	0.00006	0.0006	10	CO	rpm× Fuel
0.0001<	7.80	0.030	0.3034	10	CO_2	
0.0001<	7.15	25.17	251.74	10	UHC	
0.1149	1.72	1239.107	12391.074	10	NO_X	
		0.00004	0.0017	36	CO	E
		0.0038	0.1400	36	CO_2	
		3.51	126.66	36	UHC	
		722.31	26003.3	36	NO_X	
			0.0073	53	CO	G
			4.15	53	CO_2	
			7060.48	53	UHC	
			1289639.87	53	NO_X	

ازآنجاکه این تحقیق در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد، برای هرکدام از تیمارهای موردبررسی که عدد pr کوچک‌تر از ۰/۰۵ بود نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار پارامتر و در صورت بزرگ‌تر بودن، نشان‌دهنده اثر غیر معنادار پارامتر موردنظر بر میزان آلایندگی است. با توجه به توضیح گفته‌شده تمام حالات اعم از نوع سوخت و دورهای مختلف موتور دارای اثر معنی‌داری بر روی میزان آلایندگی بودند. اثرات متقابل نوع سوخت و دور موتور نیز در دو مورد CO_2 و UHC دارای اثر معنی‌داری بود.

۳-۲ بررسی اثر نوع سوخت بر روی میزان آلایندگی

با استفاده از نرم‌افزار SAS آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه میانگین مورداستفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمون برای نوع سوخت در جدول ۳ آورده شده است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

جدول ۳- نتایج آزمون چند دامنه دانکن برای مقایسه میانگین انواع سوخت‌ها و تأثیر آن بر روی هرکدام از آلاینده‌ها.

Table 3. Duncan's Multiple Domain Results to Compare the Average Fuel Types and its Effect on Each Pollutant.

Fuel	CO (%)	CO_2 (%)	UHC (ppm)	NOx (ppm)
Gasoline	0.0433^{b}	13.40111^{b}	45.111^{a}	270.56^{a}
0%P	0.050^{a}	13.44189^{b}	34.5556^{c}	256.67^{ab}
5%P	0.03777^{bc}	13.396667^{b}	40.7778^{b}	242.33^{b}
10%P	0.034444^{cd}	13.56111^{a}	34.6667^{c}	278^{a}
15%P	0.030^{de}	13.59222^{a}	29.3333^{d}	274^{a}
20%P	0.026667^{e}	13.60333^{a}	30.4444^{d}	279^{a}

در جدول ۳ بر اساس تفاوت در انتشار هر آلاینده خاص در سوخت‌های مختلف در سطح احتمال ۰/۰۵ با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن، مقایسه میانگین‌ها انجام گرفت. در هر ستون از جدول که حروف مشترک بین دو میانگین باشد نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دومیانگین و عدم وجود حروف مشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین دو میانگین است.

۱-۲-۳- بررسی اثر نوع سوخت بر میزان انتشار CO

روند میزان انتشار آلاینده CO در شکل ۱ آورده شده است.

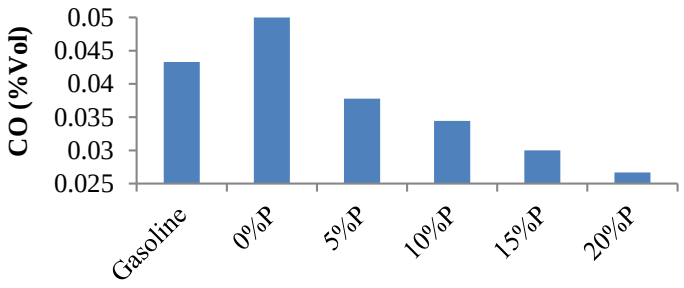

Figure 1. The amount of CO emissions from different fuels.

شکل ۱- میزان آلایندگی CO در برابر سوخت‌های مختلف.

همان‌گونه که در شکل ۱ نمایش داده شده مشاهده شد که با افزایش میزان درصد حجمی پروپانول به بنزین پایه با توجه به این مسئله که پروپانول سوختی الکلی است با بهبود خواص احتراق و افزایش میزان اکسیژن در فرایند احتراق، میزان کربن مونواکسید را که به دلیل احتراق ناقص و کمبود اکسیژن صورت می‌گیرد را کاهش داد (Ithnin, Noge, Kadir, & Jazair, 2014). در سوخت ترکیبی ۲۰٪ حجمی پروپانول و ۸۰٪ بنزین پایه، میزان انتشار CO نسبت به سوخت ۱۰۰٪ بنزین پایه بسیار کاهش‌یافته و تقریباً نصف شد که نتیجه بسیار مناسبی بود. این مسئله که اضافه کردن سوخت‌های الکلی به سوخت باعث کاهش میزان انتشار CO می‌شود درنتیجه تحقیق سایر پژوهشگران نیز مشاهده‌شده است (Cairns et al., 2009; Cooney, Worm, & Naber, 2008)و با نتیجه این پژوهش کاملاً مطابقت داشت.

۲-۲-۳- بررسی اثر نوع سوخت بر میزان انتشار CO_2

در شکل ۲ روند میزان انتشار آلاینده CO_2 با سوخت‌های مختلف به کار برده شده، نمایش داده شده است.

فرآورده اصلی احتراق CO_2 است (Yao, Ling, & Wu, 2016) و هر چه مقدار این فرآورده بیش‌تر باشد نشان‌دهنده انجام بهتر فرایند احتراق (احتراق کامل) است. در پژوهش حاضر با افزایش پروپانول به بنزین پایه میزان CO_2 به مرور افزایش یافت و روالی صعودی داشت. با اضافه کردن الکل پروپانول که سوختی با عدد اکتان بالاتر و همچنین شرایط بهتری از جهت وجود اکسیژن بیش‌تر در ساختار بود، توانست شرایط احتراق را به نسبت بنزین پایه و حتی بنزین معمولی نیز بهبود ببخشد. باید توجه داشت که هر چه میزان درصد پروپانول در سوخت بیش‌تر شد میزان CO_2 نیز افزایش یافت که نشان از بهبود شرایط احتراق دارد. این نتیجه در پژوهش دیگری که با اضافه کردن ایزو پروپانول به بنزین انجام شد، نیز به‌صورت مشابه به دست آمد، به‌صورتی که در آن تحقیق نیز با اضافه شدن ایزو پروپانول به بنزین میزان CO_2 افزایش یافت (ALTUN, ÖNER, & FIRAT, 2010).

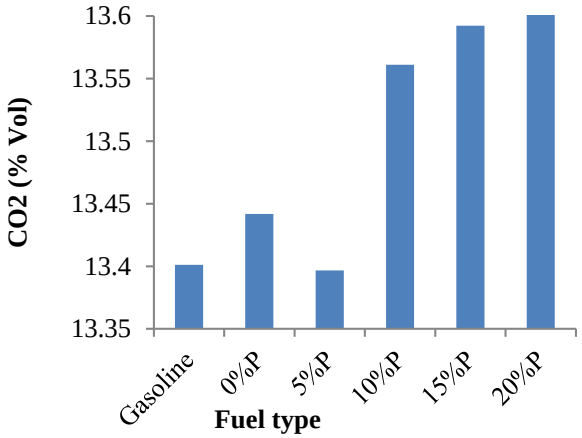

Figure 2. The amount of CO_2 emissions from different fuels.

شکل ۲- میزان آلایندگی CO_2 در برابر سوخت‌های مختلف.

۳-۲-۳- بررسی اثر نوع سوخت بر میزان انتشار UHC

روند میزان انتشار آلاینده UHC در شکل ۳ آورده شده است.

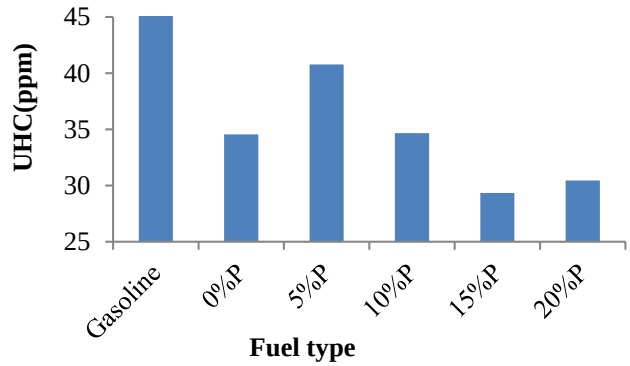

Figure 3. The amount of UHC emissions from different fuels.

شکل ۳- میزان آلایندگی UHC در برابر سوخت‌های مختلف.

در شکل ۳ مشاهده می‌شود که بیش‌ترین میزان انتشار هیدروکربن‌های نسوخته مربوط به بنزین معمولی بود. با اضافه کردن الکل پروپانول به بنزین پایه، به دلیل حضور اکسیژن بیشتر، میزان انتشار این آلاینده کاهش و روندی نزولی در نمودار مشاهده شد. در نسبت ۱۵٪ حجمی پروپانول کم‌ترین میزان انتشار UHC مشاهده شد و با افزایش میزان درصد حجمی پروپانول به ۲۰٪ میزان انتشار این آلاینده به‌مقدار کمی در حدود ۱ ppm میزان آلایندگی را افزایش داد که مقدار قابل‌توجهی نبود. با توجه به روند نمودار که حاصل از نتایج آزمون چند دامنه دانکن است، می‌توان گفت که اضافه کردن پروپانول بسیار با موفقیت توانست میزان آلایندگی UHC را کاهش دهد. در کارهای مشابه نتایجی مشابه با این پژوهش گزارش‌شده است (Gravalos et al., 2013). در تحقیق دیگری نیز که بر روی اضافه کردن اتانول به بنزین و بررسی آلاینده سنجی موتور چهار سیلندر انجام شد، نتایج مشابه با این پژوهش به دست آمد و میزان انتشار هیدروکربن‌های نسوخته با اضافه کردن سوخت الکلی کاهش یافت (Al-Hasan, 2003).

۳-۲-۴- بررسی اثر نوع سوخت بر میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن دار (NO_X)

روند میزان انتشار آلاینده NO_X با انواع سوخت‌های مختلف در شکل ۴ ترسیم شد.

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، نمودار روند نوسانی را داراست ولی به‌طور کلی با اضافه شدن درصد ۱- پروپانول و کاهش درصد بنزین پایه، با توجه به افزایش میزان اکسیژن در سوخت میزان NO_X افزایش یافت. اما در تیمار ۵٪ پروپانول کم‌ترین میزان NO_X منتشر شد. علت این امر می‌تواند ناشی از این موضوع باشد که، انتشار آلاینده NO_X علاوه بر محتوای سوخت به شرایط و عملکرد موتور نیز وابسته است. این نتیجه به‌صورت مشابه در کار سایر پژوهشگران نیز به‌دست‌آمده است (Can, Celikten, & Usta, 2004).

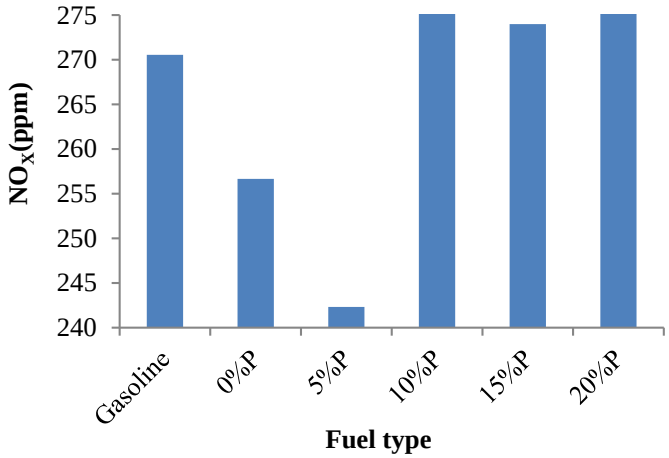

Figure 4. The amount of NOx emissions from different fuels.

شکل ۴- میزان آلایندگی NOx در برابر سوخت‌های مختلف.

۳-۳ بررسی اثر دورهای مختلف موتور بر روی میزان آلایندگی

در پژوهش حاضر سه دور مختلف ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه با استفاده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از مقایسه میانگین آزمون چند دامنه دانکن موردبررسی قرار گرفت. نتایج در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون مقایسه میانگین چند دامنه دانکن و تأثیر دورهای مختلف موتور بر میزان آلایندگی.

Table 4. Results of Duncan's Multiple Domain and effect of different motor speed on the amount of pollution

rpm	CO (%)	CO_2 (%)	UHC (ppm)	NO_X (ppm)
1000	0.041111[a]	13.21444[c]	46.7222[a]	109.22[c]
2000	0.040556[a]	13.47000[b]	37.4444[b]	219.500[b]
3000	0.029444[b]	13.81722[a]	23.2778[c]	471.556[a]

۱-۳-۳- بررسی اثر دورهای مختلف بر میزان انتشار کربن مونوکسید (CO)

اثر دورهای مختلف بر میزان انتشار کربن مونوکسید (CO) در شکل ۵ نمایش داده شده است. میزان انتشار مونوکسید کربن با افزایش دور از rpm ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ و سپس به ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به شدت تحت تأثیر دور قرار گرفت، اما بیش‌ترین تأثیر از افزایش دور از ۱۰۰۰ به ۲۰۰۰ دور بر دقیقه مشاهده شد. در دورهای بالاتر میزان انتشار مونوکسید کربن کاهش قابل‌ملاحظه ای نشان داد که این در پژوهش سایر محققین نیز به‌صورت مشابه به دست آمد (ALTUN et al., 2010).

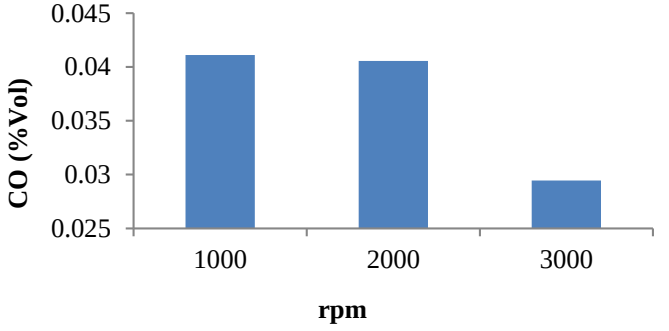

Figure 5. The amount of CO emissions in the different engine speed.

شکل ۵- میزان آلایندگی CO در دورهای مختلف موتور.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۲-۳-۳- بررسی اثر دورهای مختلف بر میزان انتشار کربن دی‌اکسید (CO_2)

همان‌گونه که در شکل ۶ نمایش داده شده است با افزایش دور موتور میزان انتشار دی‌اکسید کربن به‌صورت قابل ملاحضه‌ای افزایش یافت. بیش‌ترین میزان دی‌اکسید کربن در دور موتور ۳۰۰۰ rpm با مقدار ۱۳/۸۱٪ مشاهده شد که در مقایسه با دور موتورهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰؛ به مقدار ۰/۶ و ۰/۴ ٪ افزایش در میزان CO_2 مشاهده شد. این مسئله به‌صورت مشابه در تحقیق سایر پژوهشگران مشاهده شد (ALTUN et al., 2010; Ghazikhani, Hatami, Safari, & Ganji, 2013; Turner et al., 2018). روند میزان آلایندگی مونوکسید کربن و دی‌اکسید کربن به دلیل کلمل شدن احتراق معمولا مخالف یکدیگر است که این مسئله در شکل‌های ۵ و ۶ نیز کاملاً رؤیت شد.

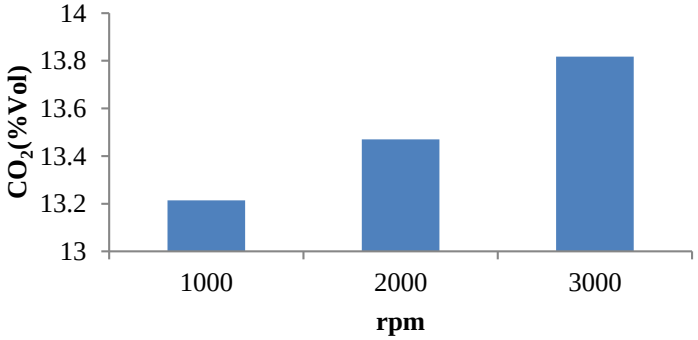

Figure 6. The amount of CO_2 emissions in the different engine speed.

شکل ۶- میزان آلایندگی CO_2 در دورهای مختلف موتور.

۳-۳-۳-بررسی اثر دورهای مختلف بر میزان انتشار هیدروکربن‌های نسوخته (UHC)

در شکل ۷ می‌توان مشاهده کرد که، با افزایش دور، میزان انتشار هیدروکربن‌های نسوخته سیر نزولی داشت و بسیار کاهش یافت.تفاوت در میزان انتشار آلاینده هیدروکربن‌های نسوخته در دور ۱۰۰۰ rpm و ۳۰۰۰rpm نزدیک به ۲۵ ppm بود.. کاهش در میزان انتشار هیدروکربن‌های نسوخته در استفاده از سوخت‌های الکلی در کارهای مشابه نیز گزارش شد (Elfasakhany, 2015; Feng et al., 2015)، که تاییدی بر نتیجه این پژوهش است. با افزایش دور موتور، روند کارکرد موتور بهبود یافته و به انجام اکسیژن‌رسانی و انجام فرآیند احتراق کامل کمک کرد که نتیجه آن کم شدن قابل ملاحظه میزان هیدروکربن‌های نسوخته بود.

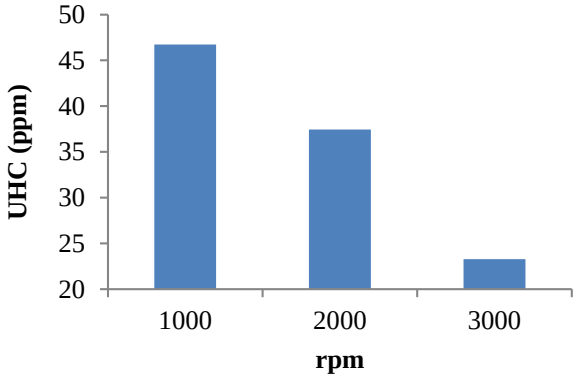

Figure 7. The amount of UHC emissions in the different engine speed.

شکل ۷- میزان آلایندگی UHC در دورهای مختلف موتور.

۴-۳-۳- بررسی اثر دورهای مختلف بر میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن دار (NOx)

همان‌طور که در شکل ۸ قابل مشاهده است، با افزایش دور میزان اکسیدهای نیتروژن دار به شدت افزایش داشت. و در قیاس بین دور ۱۰۰۰ rpm و ۳۰۰۰rpm می‌توان مشاهده کرد که میزان این آلاینده در ۳۰۰۰ دور بر دقیقه تقریباً ۴ برابر میزان این آلاینده در دور ۱۰۰۰ بود. این نتیجه به‌طور مشابه در پژوهش سایر محققین که از سوخت‌های الکلی در ترکیب با بنزین استفاده کردند مشاهده شد (Costagliola, De Simio, Iannaccone, &

(Prati, 2013; Elfasakhany, 2015). هرچند که در برخی موارد نیز شاهد نتایج عکس و کاهش در میزان NO_X بوده‌ایم (Puli & Ravi Kumar, 2015)، اما غالباً نتیجه سایر پژوهش‌ها با این پژوهش هم‌خوانی داشت.

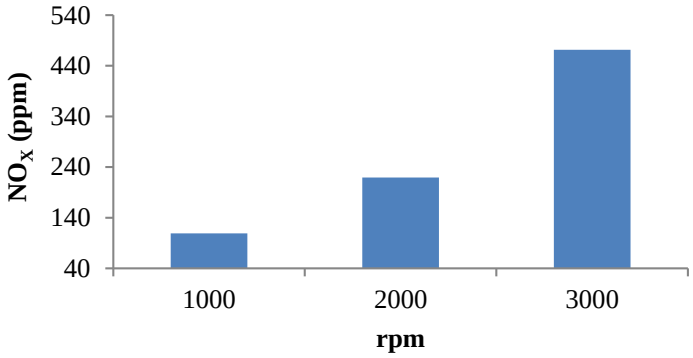

Figure 8. The amount of NO_X emissions in the different engine speed.

شکل ۸- میزان آلایندگی NO_X در دورهای مختلف موتور.

۳-۴- برر سی اثر متقابل دور موتور و نوع سوخت بر میزان آلایندگی

اثر متقابل دور موتور و نوع سوخت‌های متفاوت بر میزان آلایندگی در این قسمت بررسی شد. بر همین اساس بهترین دور و نوع سوخت برای هرکدام از آلایندگی‌ها بر اساس آزمون چند دامنه دانکن بررسی و انتخاب شد.

۱-۴-۳- بررسی اثر متقابل دور موتور و نوع سوخت بر روی میزان انتشار CO

نتایج آزمون چند دامنه دانکن برای میزان انتشار مونوکسید کربن، در اثر متقابل نوع سوخت و دورهای مختلف موتور در شکل ۹ نمایش داده شده است.

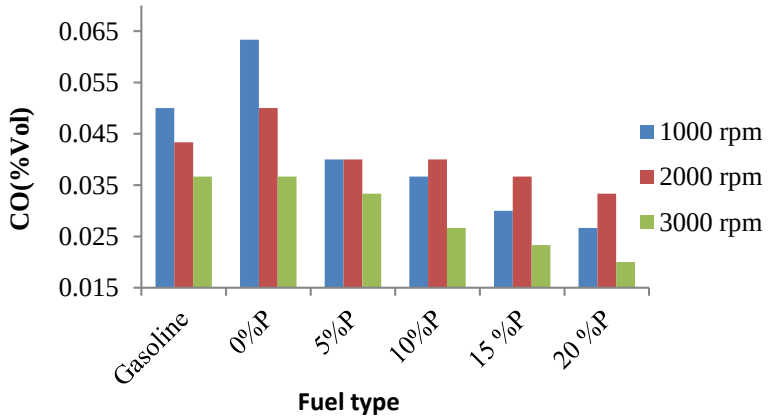

Figure 9. The interaction between fuel type and engine speeds on CO emissions.

شکل ۹- اثر متقابل نوع سوخت و دورهای مختلف موتور بر روی مقدار آلایندگی CO.

همان‌گونه از شکل ۹ به‌خوبی قابل‌مشاهده است بیش‌ترین میزان انتشار CO مربوط به بنزین پایه و دور ۱۰۰۰ rpm بود، این مسئله می‌تواند به دلیل مناسب نبودن سوخت بنزین پایه ازلحاظ ترکیب به دلیل عدم وجود ترکیبات اکسیژن‌دار معمول ازجمله MTBE و یا جایگزین‌های آن باشد. کم‌ترین میزان انتشار مربوط به دور ۳۰۰۰ rpm و ترکیب ۲۰٪ پروپانول با ۸۰٪ بنزین پایه بود. این ترکیب از سوخت به‌صورت کلی در تمام‌دورها نیز میزان آلایندگی کم‌تری نشان داد که نشان‌دهنده تأثیر بسیار مثبت سوخت الکلی پروپانول بر روی فرآیند احتراق بود. در دور ۲۰۰۰ rpm اضافه کردن سوخت الکلی به بنزین پایه تأثیر ناچیزی بر روی کم کردن میزان آلایندگی داشت به‌صورتی که در نسبت‌های بالا از پروپانول این مسئله مشاهده شد

که میزان آلایندگی CO در دور ۲۰۰۰ از هر دو دور موتور دیگر بیش‌تر بود. روال کلی میزان انتشار CO تحت تأثیر نوع سوخت‌های مختلف در یک دور موتور خاص، سیری نزولی داشت. شیب نمودارهای ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ دور بر دقیقه بیش‌تر بود که نشان‌دهنده تأثیر بیش‌تر این دور موتورها از اضافه کردن الکل پروپانول به بنزین پایه داشت.

۲-۴-۳- بررسی اثر متقابل دور موتور و نوع سوخت بر روی میزان انتشار CO_2

با توجه به شکل ۱۰ می‌توان گفت که با افزایش دور موتور در هر یک از انواع سوخت، انتشار دی‌اکسید کربن افزایش یافت. در سوخت‌های ترکیبی بنزین پایه و الکل پروپانول به‌صورت کلی با افزایش درصد الکل پروپانول و هم‌چنین افزایش دور موتور، میزان انتشار دی‌اکسید کربن افزایش یافت. افزایش میزان دی‌اکسید کربن در مخلوط ۵٪ پروپانول با مخلوط ۱۰٪ پروپانول بسیار محسوس بود که این امر نشان‌دهنده بهبود شرایط احتراق و انجام بهتر فرآیند احتراق بود. اما با افزایش درصد پروپانول از ۱۰٪ به ۱۵٪ پروپانول افزایش اندکی در انتشار دی‌اکسید کربن مشاهده شد. با توجه به شکل ۱۰، دور موتور ۳۰۰۰ rpm و سوخت دارای ۱۵٪ پروپانول و ۸۵٪ بنزین پایه بیش‌ترین میزان را نشان دادند که می‌تواند نشان‌دهنده شرایط کاملاً مناسب احتراق باشد.

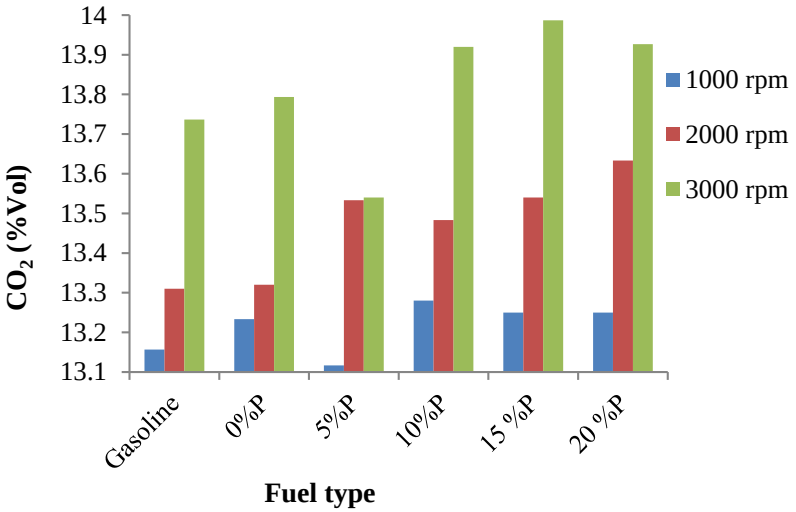

Figure 10. The interaction between fuel type and engine speeds on CO_2 emissions.

شکل ۱۰- اثر متقابل نوع سوخت و دورهای مختلف موتور بر روی مقدار آلایندگی CO_2.

۳-۴-۳- بررسی اثر متقابل دور موتور و نوع سوخت بر میزان انتشار UHC

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اثرات متقابل نوع سوخت و دور موتور بر میزان هیدروکربن‌های نسوخته که در شکل ۱۱ نشان داده شده است به‌صورت کلی با افزایش دور و هم‌چنین افزایش میزان درصد الکل پروپانول با بهبود خواص سوخت بنزین پایه، از میزان هیدروکربن‌های نسوخته کاسته شد. کم‌ترین میزان هیدروکربن‌های نسوخته در دور ۳۰۰۰ rpm و در میزان ۱۵٪ الکل پروپانول مشاهده شد. به‌صورت کلی در کل دورها اختلاف ناچیزی بین دو نوع سوخت ۱۵ و ۲۰٪ پروپانول مشاهده شد. بنابراین دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و تیمار ۱۵٪ پروپانول و ۸۵٪ بنزین پایه، کم‌ترین میزان هیدروکربن‌های نسوخته را نشان داد. همان‌گونه که از روی نمودار نیز قابل‌مشاهده است با افزایش الکل پروپانول، در هر دور موتور میزان هیدروکربن‌های نسوخته کاهش یافت که نتیجه‌ای کاملاً مناسب بود.

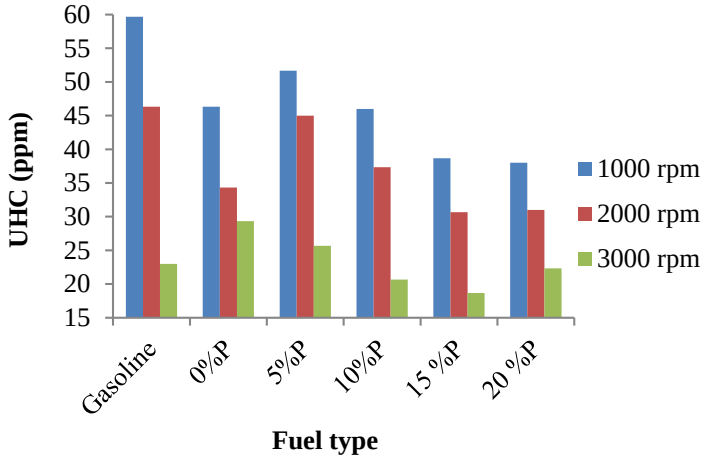

Figure 11. The interaction between fuel type and engine speeds on UHC emissions.

شکل ۱۱- اثر متقابل نوع سوخت و دورهای مختلف موتور بر روی مقدار آلایندگی UHC.

۴-۴-۳- بررسی اثر متقابل دور موتور و نوع سوخت بر روی میزان انتشار NOx

همان‌گونه که در شکل ۱۵ نمایش داده شده است، با افزایش دور میزان اکسیدهای نیتروژن دار به شدت تحت تأثیر قرارگرفته و افزایش یافت. سوخت‌های مختلف تأثیر آن‌چنانی بر روی میزان این آلاینده نداشتند و تقریباً میزان انتشار این آلاینده ثابت بود. در تیمار ٪۵ پروپانول در دور rpm ۳۰۰۰ میزان انتشار اکسیدهای نیتروژن دار مقدار کمی بود. ازلحاظ میزان انتشار این آلاینده، دور موتور ۳۰۰۰ و سوخت ۵٪ پروپانول بهترین عملکرد را نشان داد.

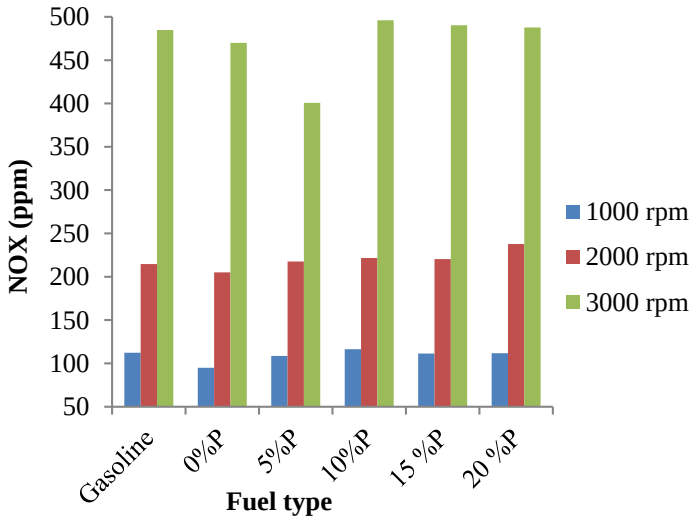

Figure 12. The interaction between fuel type and engine speeds on NOx emissions.

شکل ۱۲- اثر متقابل نوع سوخت و دورهای مختلف موتور بر روی مقدار آلایندگی NOx.

۴- نتیجه‌گیری

کیفیت سوخت بنزین پایه به دلیل عدم وجود ترکیبات اکسیژن‌دار بسیار پایین بود و با اضافه کردن الکل پروپانول در نسبت‌های حجمی مختلف، بهبود یافت. سوخت ترکیبی استفاده‌شده ۱- پروپانول با بنزین پایه توانست با توجه به بهبود خواص سوخت، اضافه شدن میزان اکسیژن به سوخت و جبران کمبود اکسیژن در سوخت میزان انتشار مونواکسید کربن که به دلیل احتراق ناقص است، را کاهش دهد. در ۲۰٪ پروپانول و ۸۰٪ بنزین پایه، کم‌ترین میزان مونواکسید کربن مشاهده شد (در همین درصد پروپانول بیش‌ترین میزان دی‌اکسید کربن مشاهده شد) که نتیجه‌ای کاملاً مناسب بود.

هم‌چنین اضافه کردن الکل پروپانول به میزان ۱۵٪ (با اختلاف ناچیز نسبت به ۲۰٪ پروپانول) کم‌ترین میزان هیدروکربن‌های نسوخته مشاهده شد. که این مسئله نیز با افزایش درصد اکسیژن در سوخت و تشکیل سوخت فقیر (نسبت بالای اکسیژن به سوخت)، اتفاق افتاد.

افزایش پروپانول به بنزین پایه به‌صورت کلی باعث افزایش اکسیدهای نیتروژن دار شد، اما در تیمار ۵٪ پروپانول و ۹۵٪ بنزین پایه، میزان انتشار NOX در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه مقداری کاهش یافت.

در تمام سطوح سوخت‌ها با افزایش دور موتور مقدار CO و UHC کاهش یافت، اما مقدار CO_2 و NO_X افزایش پیدا کرد، بر این اساس می‌توان گفت به‌طور کلی افزایش دور نتیجه مناسبی برای کاهش آلاینده‌ها است، زیرا افزایش CO_2 به دلیل احتراق کامل سوخت، نتیجه‌ای معقول و به دلیل کاهش مقدار CO است.

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش می‌توان گفت به‌صورت کلی افزایش سوخت الکلی ۱- پروپانول به بنزین پایه با بهبود شرایط احتراق، میزان انتشار آلاینده‌ها را به به صورت قابل ملاحظه‌ای در موتور مورد تحقیق در این پژوهش، نسبت بنزین معمولی و بنزین پایه (به صورت خالص) کاهش داد.

۵- مراجع

Agarwal, A. K., Shukla, P. C., Gupta, J. G., Patel, C., Prasad, R. K., & Sharma, N. (2015). Unregulated emissions from a gasohol (E5, E15, M5, and M15) fuelled spark ignition engine. *Applied energy*, *154*, 732-741 .

Al-Hasan, M. (2003). Effect of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. *Energy conversion and management*, *44*(9), 1547-1561 .

ALTUN, Ş., ÖNER, C., & FIRAT, M. (2010). EXHAUST EMISSIONS FROM A SPARK-IGNITION ENGINE OPERATING ON ISO-PROPANOL AND UNLEADED GASOLINE BLENDS. *Technology*, *13*(3), 183-188 .

Ammar, E. M., Wang, Z., & Yang, S.-T. (2013). Metabolic engineering of Propionibacterium freudenreichii for n-propanol production. *Applied microbiology and biotechnology*, *97*(10), 4677-4690 .

Atmanli, A. (2016). Comparative analyses of diesel–waste oil biodiesel and propanol, n-butanol or 1-pentanol blends in a diesel engine. *Fuel*, *176*, 209-215 .

Cairns, A., Stansfield, P., Fraser, N., Blaxill, H., Gold, M., Rogerson, J., & Goodfellow, C. (2009). A study of gasoline-alcohol blended fuels in an advanced turbocharged DISI engine. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, *2*(2009-01-0138), 41-57 .

Can, Ö., Celikten, I., & Usta, N. (2004). Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection diesel engine running at different injection pressures. *Energy conversion and management*, *45*(15-16), 2429-2440 .

Connor, M. R., & Liao, J. C. (2009). Microbial production of advanced transportation fuels in non-natural hosts. *Current Opinion in Biotechnology*, *20*(3), 307-315 .

Cooney, C., Worm, J., & Naber, J. (2008). *The calculation of mass fraction burn of ethanol-gasoline blended fuels using single and two-zone models* (0148-7191). Retrieved from

Costagliola, M., De Simio, L., Iannaccone, S., & Prati, M. (2013). Combustion efficiency and engine out emissions of a SI engine fueled with alcohol/gasoline blends. *Applied energy*, *111*, 1162-1171 .

Elfasakhany, A. (2015). Investigations on the effects of ethanol–methanol–gasoline blends in a spark-ignition engine: performance and emissions analysis. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, *18*(4), 713-719 .

Feng, R., Fu, J., Yang, J., Wang, Y., Li, Y., Deng, B., . . . Zhang, D. (2015). Combustion and emissions study on motorcycle engine fueled with butanol-gasoline blend. *Renewable Energy*, *81*, 113-122 .

Franklin, P. M., Koshland, C. P., Lucas, D., & Sawyer, R. F. (2001). Evaluation of combustion by-products of MTBE as a component of reformulated gasoline. *Chemosphere*, *42*(5), 861-872.

Ghazikhani, M., Hatami, M., Safari, B., & Ganji, D. D. (2013). Experimental investigation of performance improving and emissions reducing in a two stroke SI engine by using ethanol additives. *Propulsion and Power Research*, *2*(4), 276-283 .

Gravalos, I., Moshou, D., Gialamas, T., Xyradakis, P., Kateris, D., & Tsiropoulos, Z. (2013). Emissions characteristics of spark ignition engine operating on lower–higher molecular mass alcohol blended gasoline fuels. *Renewable energy*, *50*, 27-32 .

Inokuma, K ,.Liao, J. C., Okamoto, M., & Hanai, T. (2010). Improvement of isopropanol production by metabolically engineered Escherichia coli using gas stripping. *Journal of bioscience and bioengineering*, *110*(6), 696-701 .

Iso, M., Chen, B., Eguchi, M., Kudo, T & ,.Shrestha, S. (2001). Production of biodiesel fuel from triglycerides and alcohol using immobilized lipase. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, *16*(1), 53-58 .

Ithnin, A. M., Noge, H., Kadir, H. A., & Jazair, W. (2014). An overview of utilizing water-in-diesel emulsion fuel in diesel

engine and its potential research study. *Journal of the Energy Institute*, *87*(4), 273-288 .

Keskin, A., & Gürü, M. (2011). The effects of ethanol and propanol additions into unleaded gasoline on exhaust and noise emissions of a spark ignition engine. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, *33*(23), 2194-2205 .

Li, J., Zhao, Z., Kazakov, A., Chaos, M., Dryer, F. L., & Scire, J. J. (2007). A comprehensive kinetic mechanism for CO, CH2O, and CH3OH combustion. *International Journal of Chemical Kinetics*, *39*(3), 109-136 .

LU, J. (2011). Environmental Effects of Vehicle Exhausts, Global and Local Effects: A Comparison between Gasoline and Diesel.

Modi, D. N. (2010). Biodiesel production using supercritical methanol .

Puli, D., & Ravi Kumar, P. (2015). Performance and emission characteristics of Tertiary Butyl Alcohol gasoline blends on a spark ignition engine. *Biofuels*, *6*(1-2), 71-78 .

Schubert, C. (2006). Can biofuels finally take center stage? *Nature biotechnology*, *24*(7), 777-784 .

Shih, T. C., Wangpaichitr, M., & Suffet, M. (2003). Evaluation of granular activated carbon technology for the removal of methyl tertiary butyl ether (MTBE) from drinking water. *Water research*, *37*(2), 375-385 .

Srirangan, K., Akawi, L., Moo-Young, M., & Chou, C. P. (2012). Towards sustainable production of clean energy carriers from biomass resources. *Applied energy*, *100*, 172-186 .

Tsai, J.-H., Lin, S.-L., Mwangi, J. K., Chen, C.-Y., & Wu, T. S. (2015). Energy saving and pollution reduction by adding water containing iso-butanol and iso-propyl alcohol in a diesel engine. *Aerosol Air Qual. Res*, *15*, 2115-2128 .

Turner, J. W., Lewis, A. G., Akehurst, S., Brace, C. J., Verhelst, S., Vancoillie, J., . . . Edwards, P. P .(2018). .Alcohol fuels for spark-ignition engines: Performance, efficiency and emission effects at mid to high blend rates for binary mixtures and pure components. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, *232*(1), 36-56 .

Walther, T., & François, J. M. (2016). Microbial production of propanol. *Biotechnology advances*, *34*(5), 984-996 .

Wu, C.-W., Chen, R.-H., Pu, J.-Y., & Lin, T.-H. (2004). The influence of air–fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol–gasoline-blended fuels. *Atmospheric Environment*, *38*(40), 7093-7100 .

Yao, D., Ling, X., & Wu, F. (2016). Experimental Investigation on the Emissions of a Port Fuel Injection Spark Ignition Engine Fueled with Methanol–Gasoline Blends. *Energy & Fuels*, *30*(9), 7428-7434 .

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران