

تحلیل عوامل تاثیر گذار و تمایل به پرداخت رانندگان برای استفاده از خودرو با سوخت جایگزین در شهر تهران

مریم ایران منش^۱، سید احسان سید ابریشمی^{۲*}

۱ دانشجوی دکتری برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۲ سید احسان سید ابریشمی، استادیار دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

*Seyedabrishami@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۲۱

چکیده

خودروهای گازسوز و هیبریدی برقی که به عنوان خودروهایی با سوخت جایگزین شناخته می‌شوند، یکی از راهکارهای کنترل آلودگی هوا در کلان‌شهرها به حساب می‌آیند. هدف از این مطالعه شناسایی عوامل موثر بر رفتار رانندگان برای استفاده از خودرو با سوخت جایگزین در تهران و محاسبه تمایل به پرداخت آن‌ها است. برای این هدف، ابتدا پرسشنامه‌ای شامل دو بخش رجحان آشکار شده و رجحان بیان شده طراحی و سپس ۳۶۵ نمونه در مراکز معاینه فنی و جایگاه سوخت گاز طبیعی شهر تهران با استفاده از مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد و عوامل موثر بر میزان استفاده از خودرو با سوخت جایگزین با استفاده از مدل لجیت چندگانه توصیف و میزان تمایل به پرداخت برای متغیرهای مختلف برآورد شده است. براساس نتایج این مطالعه، برای ورود بدون محدودیت به محدوده زوج و فرد، تمایل به پرداخت ۵ میلیون تومان برای خرید خودرو دوگانه‌سوز و ۱۲ میلیون تومان برای خرید خودرو هیبریدی برقی و برای دسترسی رایگان به محدوده طرح ترافیک، تمایل به پرداخت ۱۰ میلیون تومان برای خرید خودرو دوگانه‌سوز، از موثرترین اقدامات برای ایجاد انگیزه در رانندگان برای استفاده از خودرو با سوخت جایگزین است. هزینه سوخت و زمان دسترسی به جایگاه سوخت متغیرهای تاثیرگذار در انتخاب خودرو دوگانه‌سوز و شتاب و محدوده رانندگی متغیر موثر برای خودرو هیبریدی برقی بوده‌اند.

واژگان کلیدی: خودرو با سوخت جایگزین، خودرو دوگانه‌سوز، خودرو هیبریدی برقی، تمایل به پرداخت.

۱. مقدمه

تغییرات آب و هوایی، افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بحرانی شدن امنیت وجود نفت خام و اقتصاد وابسته به آن و جنبه سیاسی این موضوعات سبب تحریک و افزایش نگرانی دولت‌ها جهت جایگزینی خودرو با سوخت فسیلی با خودرو با سوخت جایگزین شده است. برای کاهش وابستگی به نفت و ایجاد حمل و نقل پایدار، اتحادیه‌ی اروپا استفاده از خودرو با سوخت جایگزین را به عنوان سهم غالب بازار در نظر گرفته است. به صورت خاص دولت‌ها در آلمان و آمریکای حضور یک میلیون خودرو با سوخت جایگزین در جاده‌ها را، در افق ۲۰۲۰، جزء اهداف خود قرار داده‌اند. در کمیسیون ورق سفید که در سال ۲۰۱۱ تشکیل شد، کاهش آلاینده‌ها در افق ۲۰۵۰ به عنوان هدف مطرح شد، که این هدف تنها با اجرای سیستماتیک تعویض به منابع تجدیدپذیر انرژی (سوخت)، به ویژه در حوزه خودروهای شخصی به دست می‌آید [4-1].

آلودگی هوا یک نگرانی جدی در شهرهای بزرگ ایران، به ویژه تهران است که به عنوان پایتخت ایران و پرجمعیت‌ترین شهر کشور به بحرانی جدی تبدیل شده است. براساس آمار اعلام شده توسط شهرداری تهران روزانه هفده میلیون سفر در تهران صورت می‌گیرد، که ۴۵ درصد از سفرهای درون‌شهری با خودرو شخصی است. از سوی دیگر ۸۰ درصد از آلودگی‌های هوای تهران به علت منابع متحرک است که خودرو شخصی ۷۵ درصد از این سهم را به خود تخصیص داده است [5].

خودرو دوگانه‌سوز (خودرو با سوخت گاز طبیعی فشرده) با هدف بهبود کیفیت هوا حدود ۱۰ سال پیش به بازار ایران معرفی شده است. از سوی دیگر با تصویب و ابلاغ قانون حذف تعرفه واردات خودروهای هیبریدی برقی و صفر شدن سود بازرگانی برای این نوع خودروها در سال ۱۳۹۳، زمینه ورود این نوع از خودروها

به بازار ایران فراهم شد [6]. با این وجود اطلاعات کمی در مورد بازار خودروهای مذکور در دسترس است. در این پژوهش به ارزیابی و سنجش تمایل به استفاده خودرو با سوخت جایگزین (خودرو دوگانه‌سوز و هیبریدی برقی) در تهران و سیاست‌های تشویقی که امکان استفاده از خودرو با سوخت جایگزین را بیشتر می‌کند، پرداخته خواهد شد.

۲. مطالعات پیشین

نتایج حاکی از مطالعات پیشین نشان می‌دهد که با ویژگی‌های فعلی خودروهای با سوخت جایگزین، خودروهای با سوخت بنزینی، سهم غالب بازار را خواهند داشت و با توجه به مطلوبیت‌های منفی خودروهای با سوخت جایگزین، خودروهای بنزینی بازار خود را حفظ می‌کنند [8, 7, 2]. محدودیت دسترسی به جایگاه سوخت جایگزین و محدودیت محدوده رانندگی مهم‌ترین موانع موجود برای گسترش این نوع خودروها در ایالت متحده آمریکا، ژاپن و هلند هستند [8, 7, 4]. زمان سوخت‌گیری طولانی و صرف زمان اضافی برای رسیدن به جایگاه سوخت و یا شارژ مجدد، یک نگرانی اساسی برای رانندگان در هلند و آمریکا محسوب می‌شود [9, 8]. این در حالی است که هزینه سوخت و کاهش انتشار آلودگی، حساس‌ترین متغیرها برای رانندگان ژاپنی به شمار می‌روند [9]. اما در بازار ایتالیا پارانه خرید خودرو و تخفیف در مالیات بر مصرف سوخت برای خودرو با سوخت جایگزین، سهم قابل توجهی در افزایش نفوذ خودرو با سوخت جایگزین داشته است. علاوه بر این مطالعه ایتالیایی نشان‌دهنده آن است که بهبود فناوری باتری، بر تقاضا برای خودرو با سوخت جایگزین تأثیرگذار بوده است. نتایج این مطالعات حاکی از این هستند که افزایش تقاضا برای خودرو با سوخت جایگزین نیازمند مشارکت بخش خصوصی، دولت و سازمان‌های بین‌المللی است. بهبود ویژگی‌های خودرو با سوخت

برای کشف رابطه بین رفتار رانندگان و ویژگی‌های آن‌ها و انتخاب خودرو با سوخت جایگزین انجام شده است. در بیشتر مطالعات، از پرسشنامه رحجان بیان شده استفاده شده است. خلاصه‌ای از متغیرها و مدل‌های به کارگرفته شده در مطالعات پیشین در جدول (۱) ارائه شده است. براساس مرور ادبیات پیشین و ضرورت انجام پژوهش مشابه در ایران، با توجه به تفاوت در رفتار و فرهنگ ترافیکی، سیاست‌های اجرایی، زیرساخت‌ها و ... پس در این پژوهش به شناخت متغیرهای موثر در انتخاب خودرو با سوخت جایگزین و بررسی میزان تاثیرگذاری آن پرداخته شده است [7, 9, 11], [4-1].

جایگزین مانند باتری، پرداخت یارانه به هزینه خرید و ارائه جایگاه‌های سوخت قابل قبول با زمان سوخت‌گیری کمتر، احتمال استفاده از خودرو با سوخت جایگزین را در کشورهای توسعه یافته افزایش می‌دهند. مطالعه دیگری که در آمریکا انجام شده نشان داده است عوامل تاثیرگذار بر در اختیار گرفتن خودرو با سوخت جایگزین در مناطق مختلف آمریکا متفاوت است برای نمونه سیاست‌های تشویقی در فلوریدا نسبت به بقیه قسمت‌های آمریکا تاثیر بیشتری داشته یا خانواده‌ها با درآمد زیاد در ایالت‌های جنوب شرقی و شمال غربی تمایل بیشتری به داشتن خودروها با سوخت جایگزین داشته‌اند [10]. با مرور ادبیات پیشین، مشخص است انواع مدل‌های آماری

جدول ۱- خلاصه متغیرها و مدل‌های به کارگرفته شده در مطالعات پیشین

Reference	Model	Purchase price	Monthly cost	Acceleration	Fuel cost	Fuel availability	Driving range	Policy
Mabit & Fosgerau (2011)	ML	×		×	×			×
Leberu et al. (2012)	CBC	×	×			×	×	
Achtnicht et al. (2012)	Logit	×			×	×	×	
Hackbarth & Madlener (2013)	ML	×			×	×	×	×
Hoen & Koetse (2014)	MNL & ML	×	×				×	×
Koeste & Hoen (2014)	MNL & ML	×				×	×	×
Liu (2014)	ML	×			×			
Tanaka et al (2014)	ML	×			×	×	×	
Hackbarth & Madlener (2016)	MNL & LCM	×			×	×	×	×

Table 1- Summary of attributes and models used in previous studies

طراحی پرسشنامه در سه بخش، (۱) مشخصات اقتصادی و اجتماعی فرد، (۲) مشخصات خودرو فعلی و مشخصات سفر مشخص، و (۳) بررسی تمایل بر انتخاب خودرو با ارائه سناریوهای مختلف برای ارزیابی میزان تقاضای استفاده از خودرو با سوخت جایگزین با تغییر در ویژگی‌های تاثیرگذار آن است. ویژگی استفاده شده در

۳. روش تحقیق

در این مطالعه به طرح پرسشنامه جهت بررسی تمایل رانندگان برای استفاده از خودرو با سوخت جایگزین، به صورت موردی خودروی هیبریدی برقی و دوگانه‌سوز، پرداخته شد.

بخش (۳) شامل: ویژگی‌های خودرو با سوخت جایگزین (هزینه خرید، هزینه تعمیر و نگهداری ماهانه، شتاب و محدوده رانندگی)، هزینه سوخت، زمان دسترسی به جایگاه سوخت و سیاست‌های تشویقی (دسترسی رایگان برای محدوده طرح ترافیک و دسترسی بدون محدودیت به طرح زوج و فرد) است. در واقع در بخش (۲) اطلاعات یک سفر مشخص پرسش‌شوندگان در گذشته پرسیده شده که اطلاعات رجحان آشکار به حساب می‌آید در حالیکه بخش (۳) که در واقعیت سفری انجام نشده و تمایل افراد به انجام سفر پرسیده می‌شود بخش رجحان بیان شده است. طراحی آزمایش این پرسشنامه با استفاده از نرم‌افزار SAS و نوع انتخاب برنند بوده است (۱۰). در این پژوهش، ۶ متغیر ۳ سطحی (هزینه خرید خودرو، هزینه تعمیر و نگهداری ماهانه، شتاب، هزینه سوخت، زمان دسترسی به جایگاه سوخت و محدوده رانندگی) و ۲ متغیر دو سطحی (دسترسی رایگان به محدوده طرح ترافیک و دسترسی بدون محدودیت به محدوده طرح فرد) تعریف شده و براساس طراحی آزمایش، با وجود ۳ نوع خودرو بنزینی، گازسوز و هیبریدی برقی سناریوها با ۲۴ انتخاب در ۸ بلوک ۳ سناریویی استفاده شده است. جدول (۲) سطوح ویژگی‌های خودرو با سوخت جایگزین در یک سناریو را نشان داده است. نسبت سطوح خودرو با سوخت جایگزین نسبت به خودرو بنزینی در داخل پرانتز نشان داده شده است، این نسبت‌ها براساس بازار واقعی محاسبه شده تا اطمینان حاصل شود که ویژگی‌های جایگزین تا حد ممکن به وضعیت واقعی نزدیک است.

آماربرداری آزمایشی که به صورت رو در رو توسط پژوهشگران اصلی انجام گرفت ارزیابی شد و پایایی نیز با تحلیل اطلاعات به دست آمده از این مصاحبه‌های آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این ارزیابی براساس پاسخی که به هر سناریو داده شده بود، میزان تأثیرگذاری در انتخاب برآورد شده و در صورت عدم تأثیر، از پرسشنامه نهایی حذف شده، پس با کنترل روایی و پایایی تغییراتی در پرسشنامه نهایی برای اطمینان از روایی و پایایی انجام شد.

آماربرداری با استفاده از مصاحبه حضوری انجام و یک نمونه از داده‌ها، حاوی اطلاعات ۳۶۵ پاسخ‌دهنده با حضور در ۲ مرکز معاینه فنی در تهران و ۱ جایگاه سوخت گاز طبیعی فشرده در زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ جمع‌آوری شده است. این مراکز و جایگاه‌ها برای پوشش کامل در مناطق مختلفی از تهران انتخاب شد. از آنجا که پرسشنامه شامل دو بخش رجحان آشکار شده و بیان شده بود از هر فرد خواسته شد بر اساس خودرو موجود ابتدا بخش رجحان آشکار شده را تکمیل کرده و سپس بر اساس سناریوها خودروی مطلوب برای خرید در آینده را مشخص نماید. افراد به صورت چند در میان انتخاب، که سعی شده در این روش تصادفی بودن انتخاب‌ها در نظر گرفته شود.

بر اساس جدول (۳) که پراکنندگی انتخاب جایگزین میان پاسخ‌دهندگان از نظر نوع خودرو فعلی را نشان می‌دهد، پاسخ‌دهندگان دارای خودرو بنزینی، نسبت به صاحبان خودروهای دوگانه‌سوز، تمایل بیشتری به استفاده از خودرو برقی دارند. این جدول همچنین نشان می‌دهد که افراد نسبت به تغییر نوع خودرو فعلی مقاومت نشان می‌دهند.

قبل از آماربرداری نهایی، آماربرداری آزمایشی انجام شد که نتایج آن حاکی از آن بود که درک بین تغییرات ویژگی‌ها در سناریوها براساس درصدی از خودرو فعلی سخت است. اما پاسخ‌دهندگان به اندازه کافی نسبت به تغییرات ویژگی‌های سناریوها، برای تغییر انتخاب گزینه‌ها حساس بودند. روایی پرسشنامه‌ها بر اساس

جدول ۲. سطوح ویژگی‌های خودرو با سوخت جایگزین مورد استفاده در طراحی آزمایش

Attributes	Car type	Level		
		1	2	3
Purchase Price (MT)	GV*	60(1)	-	-
	CNGV*	60(1)	63(1.05)**	66(1.1)
	GEHV*	60(1)	57(0.95)	54(0.9)
Monthly O&M cost (HT)	GV	80(1)	-	-
	CNGV	80(1)	84(1.05)	88(1.1)
	GEHV	80(1)	84(1.05)	76(0.95)
Acceleration (0-100 in s)	GV	11.5(1)	-	-
	CNGV	11.5(1)	12.1(1.05)	12.7(1.1)
	GEHV	9.2(0.8)	9.8(0.85)	10.4(0.9)
Fuel prices (T)	GV	1000	-	-
	CNGV	600	700	800
	GEHV	1000	-	-
Access time to fuel station (Min)	GV	10	-	-
	CNGV	5	10	15
	GEHV	10	-	-
Driving range (Km)	GV	730(1)	-	-
	CNGV	440(0.6)	370(0.5)	290(0.4)
	GEHV	950(1.3)	-	-
Free entry permit to congestion-pricing area	GV	No	-	-
	CNGV	Yes	No	-
	GEHV	Yes	No	-
Entry permit to even-odd area	GV	No	-	-
	CNGV	Yes	No	-
	GEHV	Yes	No	-

Table 2. Attributes' levels for alternative fuel vehicles used in experimental design

شکل (۱)، درصد فراوانی انتخاب خودرو، تحت سناریوهای ارائه شده را نشان می‌دهد. این شکل گویای آن است که با سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاری‌های مناسب، می‌توان تقاضا برای خودرو با سوخت جایگزین را جانشین تقاضای خودرو بنزینی کرد.

شکل ۱. سهم انتخاب سوخت خودرو تحت سناریوهای رجحان بیان شده

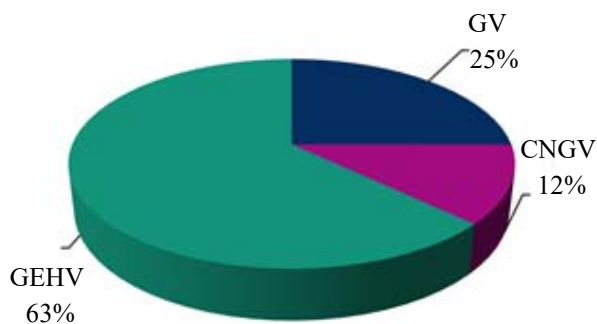


Fig. 1. Share of fuel choice under different scenarios in stated preference

جدول ۳. فراوانی انتخاب خودرو با سوخت پاک برحسب نوع خودرو فعلی

Car type	Current car	Count	Percentage (%)
GV	GV	186	17.0
	CNGV	79	7.2
	Without Car	9	0.8
CNGV	GV	37	3.4
	CNGV	86	7.9
	Without Car	9	0.8
GEHV	GV	428	39.1
	CNGV	225	20.6
	Without Car	36	3.2
Total		1095	100

Table 3. Alternative frequencies in terms of existing car type

شکل (۱)، درصد فراوانی انتخاب خودرو، تحت سناریوهای ارائه شده را نشان می‌دهد. این شکل گویای آن است که با سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاری‌های مناسب، می‌توان تقاضا برای خودرو با سوخت جایگزین را جانشین تقاضای خودرو بنزینی کرد

جدول ۴. خلاصه‌ای از اطلاعات جمع‌آوری شده در مطالعه

Variable	Percentage share (%)	Variable	Percentage share (%)
Gender		Average Daily Travel Time	
Male	81	Less 60 min	13
Female	19	60-180 min	54
		More than 180 min	33
Age category		No. of days use car in a week	
20-30	37	1-4	37
30-40	30	5-6	39
40 and older	33	7	24
Education		Major Trip Purpose in daily trip	
Diploma and lower	16	Urban: Work trip	70
Associate Degree	5	Recreational trip	13
Bachelor	39	Shopping trip	5
Master	33	Etc.	12
Ph.D. and higher	7	Suburban: Work trip	21
Job		Recreational trip	69
Employee	59	Etc.	10
Self-Employed	31	Number of previous cars	
Purchase price		1	23
Group below 75 MT	74	2	27
Group over 75 MT	26	3-4	32
Duration of current car ownership		5 and more	18
<2	28	Previous experience of CNGV	
2-5	15	YES	36
5-10	44	NO	64
>10	13		

Table 4. Summary of data collected in survey

[12, 13]. توصیف متغیرها در دو بخش، طبقه‌بندی شده است: (۱) ویژگی‌های اجتماعی و اقتصادی برای تعیین تاثیر تفاوت‌های اجتماعی و اقتصادی بر انتخاب کنندگان و (۲) ویژگی‌های سناریوها- ویژگی خودرو با سوخت جایگزین که به بیشترین تاثیرگذاری بر انتخاب خودرو با سوخت جایگزین را دارند. قبل از ساخت مدل میزان همبستگی متغیرها به هم نیز کنترل شد تا در فرآیند مدلسازی با در نظر گرفتن این همبستگی‌ها متغیرهای مناسب انتخاب شوند. در جدول (۴) فهرست متغیرها و اختصارات مورد استفاده در مدل برآورد شده نشان داده شده و جدول (۶) نتایج برآورد مدل لجیت چندگانه را نشان می‌دهد که در آن متغیرهای سناریوها از لحاظ مقدار ضرایب آماری به طرز قابل توجهی معنی‌دار هستند.

خلاصه‌ای از برخی از متغیرها برای ۳۶۵ پاسخ‌دهنده در جدول ۴ آمده است. این جدول نشان‌دهنده آن است که توزیعی یکنواخت از پاسخ‌دهندگان در میان محدوده‌های سنی مختلف وجود دارد. هدف سفر در سفرهای شهری، اغلب کاری و در سفرهای برون شهری، تفریحی است که در این بین تنها ۳۸ درصد از پاسخ‌دهندگان تجربه قبلی استفاده از خودرو دوگانه‌سوز را دارند.

۴. برآورد مدل و نتایج

به منظور تحلیل داده‌ها مدل‌های آشیانه‌ای و چندگانه انتخاب ارزیابی شد و در نهایت با توجه به نتایج برازش مدل‌ها از مدل لجیت چندگانه استفاده شد که مدلسازی مذکور در نرم‌افزار NLogit 5.0 صورت گرفت. ساختار متغیرهای استفاده شده در مدل، در جدول (۵) نشان داده شده است

$$\text{پارامتر متغیر} \\ \text{پارامتر هزینه خرید} = \text{تمایل به پرداخت}$$

تمایل به پرداخت رانندگان نشان می‌دهد، چگونه رانندگان برای تغییر یک واحد در ویژگی‌های خودرو با سوخت جایگزین، حاضرند اضافه هزینه در هنگام خرید خودرو بپردازند. بر اساس نتایج برای هر دو خودرو دوگانه‌سوز و هیبریدی برقی در جدول (۵) رانندگان تمایل بیشتری به پرداخت بیشتر برای دو سیاست تشویقی برای هر دو خودرو با سوخت جایگزین نسبت به سایر ویژگی‌های سناریوها دارند. رانندگان حاضر به پرداخت ۵ و ۱۲ میلیون تومان اضافی، برای خرید خودرو دوگانه‌سوز و هیبریدی برقی برای دسترسی بدون محدودیت به طرح زوج و فرد بوده‌اند و رانندگانی که بیش از ۵ روز از خودرو شخصی استفاده می‌کنند، مایل به پرداخت حدود ۱۰ میلیون تومان اضافه بر هزینه خرید برای استفاده بدون محدودیت از محدوده زوج و فرد بوده‌اند. هزینه سوخت و زمان دسترسی، دو ویژگی با نفوذ قابل توجه برای خودرو دوگانه‌سوز هستند و برای خودرو هیبریدی برقی، شتاب و محدوده رانندگی دو ویژگی با نفوذ شناخته شدند.

یافته اصلی این مطالعه می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که سیاست‌گذاران می‌توانند تمایل به خرید و استفاده از خودرو با سوخت جایگزین را با استفاده از سیاست‌های تشویقی افزایش دهند. افزایش تعداد جایگاه‌های سوخت برای کاهش زمان دسترسی و تثبیت هزینه سوخت، به طور خاص برای خودرو دوگانه‌سوز، یک راه حل قانع‌کننده برای رانندگان تهرانی به منظور استفاده از این نوع خودرو است. تولید خودرو با مشخصات فنی بهبود یافته، به ویژه شتاب و محدوده رانندگی برای خودرو با سوخت جایگزین در ایران، به ایجاد انگیزه در رانندگان برای خرید خودرو با سوخت جایگزین کمک می‌کند.

بر اساس نتایج لوجیت چندگانه رانندگان با قدرت خرید وسایل نقلیه بیشتر از ۷۵ میلیون تومان (رانندگان پر درآمد) و به ویژه آن‌هایی که سابقه خرید تعداد خودرو زیاد دارند و نیز رانندگانی با خودرو فعلی بنزینی، بیشتر علاقه‌مند به خرید خودرو بنزینی نسبت به خودرو با سوخت جایگزین هستند. به عبارت دیگر این افراد نوعی مقاومت در برابر تغییر شرایط کنونی خود دارند. این در حالی است که رانندگان با تجربه قبلی استفاده از خودرو دوگانه‌سوز تمایل بیشتری به خرید خودرو دوگانه‌سوز دارند. از سوی دیگر دسترسی بدون محدودیت به طرح زوج و فرد، سیاست تشویقی جذابی برای متقاعد کردن رانندگان به خرید خودرو با سوخت جایگزین است.

متغیرهای ترکیبی در مدل لوجیت چندگانه نشان می‌دهند که رانندگی با خودرو بنزینی، تاثیر منفی هزینه خرید خودرو هیبریدی برقی را کاهش می‌دهد. برای رانندگان تحصیل کرده یا رانندگان با سابقه خرید تعداد خودرو زیاد، محدوده رانندگی یک متغیر برجسته در انتخاب خودرو هیبریدی برقی محسوب می‌شود. رانندگان تمایل بیشتری به خرید خودروهای دوگانه‌سوز با دسترسی رایگان به محدوده طرح ترافیک دارند که همراه با افزایش تعداد سفرهای درون شهری در هفته هستند. زمان دسترسی به جایگاه سوخت یک عامل مثبت مهم در خرید خودرو دوگانه‌سوز برای رانندگان با مدت زمان سفر روزانه کوتاه است ولی افزایش هزینه سوخت یک عامل منفی در ترجیح خرید برای رانندگان با خودرو فعلی تهرانی است. در خانواده‌های پرجمعیت نیز تاثیر منفی هزینه تعمیر و نگهداری ماهانه برای خودرو دوگانه‌سوز، افزایش می‌یابد.

به منظور برآورد تمایل به پرداخت متغیرهای معنی‌دار مدل، از رابطه زیر استفاده شده است [3].

جدول ۵. فهرست متغیرها و اختصارات مورد استفاده در مدل برآورد شده

Abbreviation	Variable Definition	Description	Unit
Socio-economic characteristics			
Age	Driver age		Years
Age30	Dummy for Driver age	Age ≤30 Age >30	1 0
Education	Driver education	Bachelor & lower Master & Ph.D. and higher	0 1
Job	Driver job	Employee Self-employed	1 0
HH	Driver household size	HH ≤3 HH >3	0 1
Ownrshp	Duration of current car ownership	Ownership ≤5 years Ownership >5 years	0 1
ADTT	Average daily travel time		Minute
ADT60	Dummy for average daily travel time	ADT ≤60 min ADT >60 min	1 0
ADT180	Dummy for average daily travel time	ADT ≤180 min ADT >180 min	0 1
No. day	Vehicle trips per week	No. day ≤5 No. day >5	0 1
Trp Urbn	Main Purpose of urban trips	Work trip others	1 0
Trp Surbn	Main Purpose in rural trips	Recreational trip Etc.	1 0
NBPC	Number of previously owned vehicles	NBPC ≤5 NBPC >5	0 1
CNGUse	Previous experience of CNGV	Yes No	1 0
CVF	Driver Current vehicle Fuel Type	Gasoline CNG	1 0
IRV	Owning vehicle constructed in Iran	Yes No	1 0
G75	Driver current vehicle purchase price	Less than 75 MT Otherwise	0 1
Alternatives Attributes			
PP	Purchase price		MT\
Diff. P	Purchase price – Min. Purchase price in scenario		
Ratio.P	Purchase price / Min. Purchase price in scenario		
O&M	Monthly O&M cost		HT\
Ratio. O&M	O&M cost / Min. MO&M cost in scenario		
Acclrt	Acceleration, timing of reaching 100 kilometers per hour from 0		Second
Ratio. Acclrt	Acclrt / Min. Acclrt in scenarios		
Ful p	Fuel prices		T\
Acc tm	Access time to fuel station		Minute
Range	Driving range		Kilometer
Diff. Rng	Driving range – Min. Driving range in scenario		
Ratio. Rng	Driving range / Min. Driving range in scenarios		
Poly1	Free entry permit to congestion-pricing area		
Poly2	Entry permit to Even-odd area		

Table 5. List of variables and their abbreviations used in model estimations

1 Million Toman
2 Hezar Toman
3 Toman

جدول ۶. نتایج برآورد مدل لجیت چندگانه و تمایل به پرداخت

	MNL	Coefficient	SE	P-Value	WTP
GV	CVF	2.82332***	0.3697	0.0000	-
	Ownrshp	0.14334**	0.0572	0.0123	-
	G75	2.90359***	0.5955	0.0000	-
	G75× NBPC	2.00829***	0.4685	0.0000	-
	G75× Age	-0.04486***	0.0142	0.0017	-
	Ratio.P × Education	-0.12188***	0.0429	0.0046	-
CNGV	Constant	-0.48616	0.7546	0.5195	-
	CNGUse	0.94734***	0.2474	0.0001	-
	PP	-0.00961*	0.0051	0.0604	-
	Range	0.00356**	0.0017	0.0385	0.037 MT/KM
	Poly2	0.49672**	0.2239	0.0265	5.169 MT
	PP × ADTT	-0.01999**	0.0079	0.0114	-
	O&M × HH	-0.00750**	0.0035	0.0347	-0.078 MT/HT in mouth
	Acclrt × Age30	-0.03988**	0.0197	0.0431	-0.415 MT/S
	Ful × IC	-0.55305**	0.2566	0.0312	-5.755 MT/T.Litr
	Acc tm × ADT60	-0.22512***	0.0794	0.0046	-2.342 MT/MIN
Poly1 × No. day	0.95002***	0.2278	0.0000	9.886 MT	
GEHV	Constant	2.80783***	0.430	0.0000	-
	ADTT	-0.00082**	0.001	0.0424	-
	PP	-0.03041***	0.024	0.0002	-
	Poly2	0.37709***	0.139	0.0065	12.400 MT
	PP × CVF	0.03927***	0.023	0.0000	-
	PP × Job	0.00970***	0.006	0.0000	-
	Acclrt × Trp Urbn	-0.03061**	0.014	0.0341	-1.006 MT/S
	Diff. Rng × NBPC	0.00214***	0.001	0.0002	0.070 MT/KM
Ratio. Rng × Edu	0.11748*	0.064	0.0659	3.863 MT/KM	
NOBS	1095				
Log-L	-763				
Restricted Log-L	-969				
Pseudo R ² (adjusted)	0.212				

***, **, * = Significance at 1%, 5%, 10% level

Table 6. Multinomial logit estimation results

بودن هزینه سوخت در ایران داشته باشند یعنی رانندگان در ایران تمایل به پرداخت هزینه اضافه کمتری در موقع خرید خودرو برای برخورداری از تخفیف در هزینه سوخت مصرفی نسبت به رانندگان سایر کشورها دارند؛ رانندگان در ایران تقریباً با تمایل به پرداخت مشابه نسبت به سایر کشورها در رابطه با محدوده رانندگی دارند یا به عبارت دیگر رانندگان ایرانی حاضر به پرداخت هزینه اضافی مشابه سایر کشورها

مقایسه نتایج فوق با مطالعات دیگر کشورها نشان‌دهنده آن است که رفتار پذیرش رانندگان تهرانی ممکن است مشابه و در برخی از جنبه‌ها مختلف باشد. جدول (۷)، مقایسه تمایل به پرداخت برای خودرو با سوخت جایگزین با ویژگی‌های مختلف به دست آمده از مطالعات گذشته برخی از کشورها را نشان می‌دهد. رانندگان در آلمان، هلند ممکن است تمایل به پرداخت بیشتری از ایران برای هزینه سوخت، به دلیل کم

برای بهبود محدوده رانندگی و افزایش کیلومترهای طی شده با یک باک بنزین هستند؛ با این حال رانندگان تهرانی حاضر به سیاست‌های تشویقی بوده است، به عبارت دیگر، بالاترین

جدول ۷. مقایسه WTP مطالعات گذشته با مطالعات موجود

Reference	Country	Acceleration (\$/second)	Fuel cost	Fuel availability/Access time (\$/Minute)	Rang (\$/km)	Policy	GDP per Capita
Mabit & Fosgerau (2011)	Denmark	849			20		61304
Achtnicht et al (2012)	Germany			92-287 & 256-796(GV) 181-376&502-1043 (EV)			44011
Hackbarth & Madlener (2013)	Germany		686-1387 /100KM	59-119	11-22 21-43 (BEV)	2110-4265 (FP+BLA+)	45601
Hoen & Koetse (2014)	Netherlands				38-52 (EV) 14-26 (FC)	5516-2946 (BLA)	60718
Tanaka et al (2014)	US Japan		50 37	50 34	2 2		36194 54629
Koeste, Hoen (2014)	Netherlands		356 (HEV) 2207 (EV)		127-488 (EV) 153-425 (FCEV)		60718
Hackbarth & Madlener (2016)	Germany		1190	67-334	14-141	6721-7231 (FP-BLA)	
Existing Study _۱	Iran	117 (C _۱)/ 283(G _۱)	155 (C)	63 (C)	10(C)/ 1-33(G)	2777- 1452(C), 3483(G)	5265

Table 7. Comparisons of earlier studies' WTP with current study

هزینه اضافی که رانندگان ایرانی حاضر به پرداخت آن هستند، بهره‌مندی از سیاست‌های تشویقی پیشنهادی است.

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

آلودگی هوای تهران و کلان‌شهرهای ایران، یک نگرانی جدی است. بر این اساس با هدف بهبود کیفیت هوا، خودرو دوگانه‌سوز و هیبریدی برقی به‌عنوان خودرویی با سوخت جایگزین در سال‌های اخیر به بازار ایران معرفی شده است. هدف از این مطالعه شناسایی عوامل مؤثر بر رفتار رانندگان برای استفاده از خودرو با سوخت جایگزین است. پرسشنامه این پژوهش در سه بخش تدوین شده است که شامل: ویژگی‌های خودرو فعلی و غالب سفر، ویژگی‌های اقتصادی

پرداخت بیشتر برای افزایش محدوده رانندگی خودرو دوگانه‌سوز نسبت به خودرو هیبریدی برقی هستند. زمان دسترسی به جایگاه سوخت و ویژگی مهم برای رانندگان ایرانی است که حاضر به پرداخت بیشتر نسبت به سایر کشورها برای بهبود آن است، یعنی رانندگان ایرانی، حاضر به پرداخت هزینه‌ای بیشتر نسبت به سایر کشورها برای کاهش زمان دسترسی خود به جایگاه سوخت هستند. اگر چه سیاست‌های تشویقی در مطالعات مختلف متفاوت بوده است، اما در ایران

1. <http://www.worldbank.org/>
2. Free Parking
3. Bus lane access
4. 2016, 1\$: 3560 T
5. CNGV
6. GEHV

- Transportation Research Part D: Transport and Environment, 25, pp.5-17.
- [3] Hackbarth, A. and Madlener, R., 2016. Willingness-to-pay for alternative fuel vehicle characteristics: A stated choice study for Germany. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 85, pp.89-111.
- [4] Tanaka, M., Ida, T., Murakami, K. and Friedman, L., 2014. Consumers' willingness to pay for alternative fuel vehicles: A comparative discrete choice analysis between the US and Japan. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 70, pp.194-209.
- [5] Annual report on air quality in Tehran in 1394, <http://air.tehran.ir/> (In Persian).
- [6] The circular on the elimination of import tariffs for electric and hybrid vehicles was notified to the customs, <http://www.krgs.ir/> (In Persian).
- [7] Hoen, A. and Koetse, M.J., 2014. A choice experiment on alternative fuel vehicle preferences of private car owners in the Netherlands. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 61, pp.199-215.
- [8] Koetse, M.J. and Hoen, A., 2012. Preferences for alternative fuel vehicles of lease car drivers in The Netherlands. PBL Working Paper, (4).
- [9] Mabit, S.L. and Fosgerau, M., 2011. Demand for alternative-fuel vehicles when registration taxes are high. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 16(3), pp.225-231.
- [10] Valeri, E. and Danielis, R., 2015. Simulating the market penetration of cars with alternative fuelpowertrain technologies in Italy. Transport Policy, 37, pp.44-56.
- [11] Liu, J., Khattak, A.J., Li, X. and Fu, X., 2019. A spatial analysis of the ownership of alternative fuel and hybrid vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 77, pp.106-119.
- [12] Kuhfeld, W., 2010. Market research methods in SAS. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- [13] Hensher, D.A., Rose, J.M. and Greene, W.H., 2005. Applied choice analysis: a primer. Cambridge university press.
- [14] Train, K.E., 2009. Discrete choice methods with simulation. Cambridge university press.
- [15] Koetse, M.J. and Hoen, A., 2014. Preferences for alternative fuel vehicles of company car drivers. Resource and Energy Economics, 37, pp.279-301.

و اجتماعی فرد و بررسی تمایل انتخاب خودرو با سوخت جایگزین با ارائه سناریوهای مختلف با تغییر در ویژگی‌های تاثیرگذار آن می‌باشد. ۳۶۵ پرسشنامه در یک مصاحبه حضوری در زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد.

مدل لجوجیت چندگانه برآورد و تمایل به پرداخت رانندگان با استفاده از این مدل محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهند که سیاست تشویقی، دسترسی بدون محدودیت به طرح زوج و فرد و دسترسی رایگان به محدوده طرح ترافیک در شهر تهران، از موثرترین انگیزه‌ها در تشویق رانندگان برای خرید خودرو با سوخت جایگزین است.

در میان بهبود مشخصات خودرو با سوخت جایگزین، افزایش شتاب و محدوده رانندگی اثر قابل توجهی در گرایش به خرید خودرو هیبریدی برقی داشته است. هزینه سوخت و کاهش زمان دسترسی به جایگاه‌های سوخت نیز تاثیر قابل توجهی در ایجاد تمایل برای خرید خودرو دوگانه‌سوز بوده‌اند. رانندگان حاضر به پرداخت ۵ و ۱۲ میلیون تومان اضافی برای قیمت خرید دوگانه‌سوز و هیبریدی برقی، برای دسترسی بدون محدودیت به طرح زوج و فرد و حدود ۱۰ میلیون تومان اضافی بر قیمت خرید خودرو دوگانه‌سوز برای دسترسی رایگان به محدوده طرح ترافیک بوده‌اند.

از آنجا که در شهرهای مختلف ایران میزان امکانات، دسترسی و ویژگی‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی گوناگون است، به منظور ارزیابی بهتر تقاضا پیشنهاد می‌شود کاری مشابه برای هر شهر صورت گیرد تا با توجه به اقلیم و تقاضای آن منطقه، سیاست‌گذاری مناسب برای استفاده بیشتر رانندگان از خودرو با سوخت جایگزین صورت گیرد.

۸. منابع

- [1] Achtnicht, M., Bühler, G. and Hermeling, C., 2012. The impact of fuel availability on demand for alternative-fuel vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 17(3), pp.262-269.
- [2] Hackbarth, A. and Madlener, R., 2013. Consumer preferences for alternative fuel vehicles: A discrete choice analysis.

Analysis of effective factors and willingness to pay for alternative fuel vehicles in Tehran

Maryam IranManesh¹, Seyedehsan Seyedabrishami^{2*}

1.PhD Student, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2.Assis. Professor, Faculty of Civil & Environmental Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Seyedabrishami@modares.ac.ir

Abstract

Concerns for climate change, reduction of greenhouse gas emission and environmental pollution, besides economically dependency on fossil fuels and political aspect motivate governments and policy makers to take into account replacing usual vehicle with alternative fuel vehicles (AFVs) such as Compressed Natural Gas Vehicles (CNGV) and Gasoline-Electric Hybrid Vehicles (GEHV). The air pollution in Tehran is a serious concern that based on this problem, CNGV has been introduced to Iranian market from 10 years ago. On the other hand, with the approval and notification of the removal of the electric vehicle importation's tariff law, GEHV has been entered into the market of Iran as a new entrant. The purposes of this paper is to identify the effective factors to choose AFVs for drivers in Tehran and the assessment of the incentive policies that increase AFV shares and computing their willingness to pay (WTP) for AFV under different incentives. This study designed a questionnaire which includes 3 parts: current vehicle features, dominant travel characteristics, socio-economic properties and the prioritization of effective factors on new vehicle purchase, and the tendency of AFVs choice with different scenarios representing different features. A random sample of 365 respondents was interviewed in a face-to-face survey in February 2016 in the technical inspection centers and in compressed natural gas stations. Finally, for the determination of effective factors on current and new vehicle purchase with revealed preference information and the assessment of AFVs usage tendency with stated preference information, the Multinomial Logit models have been used and WTPs are calculated. The incentive policy in Tehran, like previous studies, was the most influential factor in motivating consumers to buy AFVs in comparison to improvement of AFV specifications. The results show that drivers' WTP is 5 million toman (MT) for free access to even-odd area for CNGV and 12 MT for GEHV, also WTP for free access to pricing area in Tehran central business district is equal to 10 MT for CNGV; i.e. people tend to pay this extra cost for AFVs to access to pricing areas. These values are comparable with similar studies in cities located in developed countries. However, the results of this study show that WTP for fuel cost in Iran is considerably less than WTP of people driving in developed countries. The fuel cost and access time to gas stations are influential variables on CNGV choice. The vehicle acceleration and driving range are influential variables on GEHV choice.

Keywords: Alternative fuel vehicle, compressed natural gas vehicle, gasoline-electric hybrid vehicle, Willingness to pay.