

تحلیل عوامل مؤثر در توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG)

به جای بنزین در سیستم حمل و نقل جاده‌ای ایران با استفاده

از مدل پویاشناسی سیستم‌ها

مقاله پژوهشی-کاربردی

حمزه امین طهماسبی*، استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی مهندسی شرق، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
سید جمال‌الدین رضوی نسب، دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی مرکز بین‌المللی بندرانزلی، گیلان، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amintahmasbi@guilan.ac.ir

دریافت: ۹۹/۰۱/۱۷ - پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۴

صفحه ۵۸-۴۵

چکیده

با توجه به منابع غنی گاز طبیعی در کشور و سرمایه‌گذاری دولت در این بخش، اهمیت و نقش CNG به‌عنوان یکی از بهترین جایگزین‌های سوخت بنزین در خودروها، در سال‌های گذشته مشخص شده است. از طرف دیگر به دلیل نقش‌آفرینی عوامل متعدد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی در عملکرد این صنعت، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در آن با پیچیدگی‌های خاصی همراه است. از این رو در این پژوهش، جهت ارائه راهکارهای مناسب به‌منظور توسعه استفاده بینه از CNG بجای بنزین به‌عنوان سوخت خودروها در بخش حمل و نقل جاده‌ای، از رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها استفاده شده است. رویکردی که با ملاحظه تمامی عوامل دخیل و تأثیر متقابلشان و نیز اتخاذ نگاهی کل‌نگر به صنعت CNG در بخش حمل و نقل، به ارائه راهکارهای توسعه اقتصادی مناسب می‌پردازد. در نهایت، اطلاعات صحیح و به‌موقع، تدوین یک برنامه بلندمدت برای سبب سوخت، قیمت متناسب انواع سوخت، تناسب رشد خودروهای دوگانه‌سوز با جایگاه‌های عرضه CNG، به‌عنوان مؤثرترین عوامل شناخته شده است.

واژه‌های کلیدی: انرژی، پویاشناسی سیستم‌ها، حمل و نقل، گاز طبیعی فشرده (CNG)

۱- مقدمه

اقتصاد کشور را به‌شدت تحت تأثیر عوامل خارجی از جمله نوسانات بهای جهانی قیمت نفت قرار داده است. بی‌تردید عدم تحقق درآمدهای پیش‌بینی شده دولت از محل صادرات نفت برای اقتصاد ایران که دولت مالکیت انحصاری این بخش را بر عهده دارد، نه تنها بر اجرای طرح‌های مختلف اقتصاد کشور تأثیر خواهد گذاشت، بلکه بر آینده اقتصاد و برنامه‌ها و طرح‌ها اثر منفی مضاعفی خواهد داشت و در نتیجه موجب بروز مشکلات عدیده در بخش‌های مختلف اقتصاد خواهد گردید. (مهدوی‌عادلی و همکاران، ۱۳۹۱). عدم اتکای

منابع طبیعی یکی از مهم‌ترین ثروت‌های ملی در جهان محسوب می‌شوند؛ اما اثر مخرب وابستگی دولت‌ها به درآمد منابع طبیعی سال‌هاست که مورد توجه قرار گرفته است. تجربه نشان داده است که ثروت‌های طبیعی برای شکوفایی و پیشرفت اقتصادی نه ضروری و نه کافی هستند. درآمدهای حاصل از صادرات نفت به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع درآمد در بودجه کشور صادرکننده نفت و مؤثر بر تولید ناخالص داخلی آن‌هاست. (صمدی و همکاران، ۱۳۹۷). مشکلات ناشی از اقتصاد تک‌محصولی و اتکای بیش‌ازحد به درآمدهای نفتی،

آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوخت است. کمبود جایگاه‌های سوخت‌گیری یکی از موانع اصلی پذیرش وسایل نقلیه سوخت جایگزین است. بدیهی است که با گازسوز شدن برخی از خودروهای سبک شخصی و باری بخشی از تقاضای بنزین کاهش پیدا کرده است (خاتمی و همکاران، ۱۳۹۷). عزتی آراسته‌پور و همکاران (۱۳۹۷) معتقدند، شناسایی سیاست‌هایی که به یک سیستم حمل‌ونقل پایدار منجر شود یک چالش عمده برای سیاست‌گذاران است، چراکه این بخش، آکنده از عدم قطعیت‌هاست. نتایج حاصل از نظرسنجی کاظمی‌زاده و پارسافر در سال ۱۳۹۰ بیان می‌کند که در ایران چالش‌هایی در خصوص سیاست‌گذاری‌ها در حوزه سوخت به چشم می‌خورد که در این خصوص می‌توان به عدم کارشناسی به‌موقع، واقعی و کافی، عدم مشارکت جمعی و بررسی هم‌زمان با تعامل مناسب کلیه سازمان‌ها و وزارتخانه‌های مرتبط و تأثیرگذار مانند سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت صنایع، وزارت نیرو و وزارت نفت، همچنین تعدد نقاط تصمیم‌گیری درباره برنامه‌های بلندمدت عرضه انرژی در داخل و نبود ارتباط مناسب بین زیرمجموعه‌های صنعت کشور اشاره نمود. درمجموع نظیر چنین عواملی موجب بسیاری از تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و ساختاری نامناسب می‌شوند که توانایی اصلاح سبب سوخت کشور را ندارند. همچنین به نظر مختاری (۱۳۹۶) ایران با چالش‌های بسیاری روبه‌رو است که برخی از آن‌ها به سرعت در حال بدتر شدن هستند. مواجهه صحیح با این چالش‌ها، نیازمند آگاهی، شجاعت و پذیرش اجتماعی برای راه‌حل‌های دشوار است. یکی از عوامل تأثیرگذار بر قیمت فناوری‌های تجدید پذیر پدیده یادگیری است بدین معنا که با افزایش استفاده از فناوری، قیمت فناوری، کاهش خواهد یافت. لذا پویایی‌شناسی سیستم‌ها مناسب‌ترین روش جهت شبیه‌سازی روابط متقابل بین متغیرها و پدیده یادگیری است (Kiani & Pourfakhraei 2010).

تفکر غیرخطی و نگاه پویا به پدیده‌ها و پیامدها نقطه مغفول تصمیم‌گیری‌های مدیران در کسب‌وکارها و سازمان‌های تجاری و غیرتجاری است. نادیده گرفتن پویایی ذاتی پدیده‌ها منجر به اتخاذ تصمیمات ضعیف و بی‌کیفیتی می‌شود که به‌جای حل یک مسئله، مسائل جدیدی را ایجاد می‌کند و به چالش‌های موجود پروبال می‌دهد. خبر بد این است که تعداد

زیرساخت‌های اقتصادی دولت‌ها به نفت و نیز امکان بهره‌مندی از منابع تجدید پذیر سوختی، تنها راه برون‌رفت از این مشکل تلقی می‌شد. از سوی دیگر، دغدغه کاهش مصرف سوخت و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از سوخت‌های رایج چون بنزین و گازوئیل، سبب گردید تا دولت‌ها به سمت استفاده از سوخت‌های جایگزین ترغیب شوند (مرتضایی و دیگران، ۱۳۸۶). از سال‌ها پیش تاکنون دو سوخت بنزین و گازوئیل در وسایل نقلیه در سرتاسر دنیا به‌کاربرده شده‌اند. بی‌ثباتی قیمت نفت، بالا بودن قیمت بنزین و گازوئیل نسبت به دیگر سوخت‌ها، مصرف بی‌رویه و رو به رشد و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از این سوخت‌ها سبب گردید تا در سال‌های اخیر گرایش عمده‌ای در سیاست‌های کشورهای مختلف در جایگزینی دیگر انواع سوخت به وجود آید. گاز طبیعی فشرده (CNG)، گاز مایع (LPG)، الکتریسته، هیدروژن و... از جمله سوخت‌هایی هستند که می‌تواند به‌عنوان سوخت‌های جایگزین در سیستم حمل‌ونقل بکار گرفته شوند. مشکلات زیست‌محیطی آلودگی هوا، هزینه بالای تهیه سوخت، هزینه کمتر تهیه گاز طبیعی نسبت به بنزین و گازوئیل و نیز منابع محدود نفت در کشورهای مختلف باعث شده است که تمایل به استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت خودروها در جهان افزایش یابد. استفاده از گاز طبیعی با به‌کارگیری در سیستم‌های کنترلی پیشرفته و تجهیزات مناسب در خودروها، آلاینده‌های متعارف، غیرمتعارف و میزان ذرات ریز خروجی از خودروها را تا حد زیاد کاهش می‌دهد (رضوی نسب، ۱۳۹۵). انرژی یکی از مهم‌ترین ارکان اساسی چرخه اقتصادی است و در این میان گاز از جمله مهم‌ترین حامل‌های انرژی است که نه تنها در تحول جامعه صنعتی نقش اساسی دارد، بلکه به لحاظ زیست‌محیطی نیز حائز اهمیت می‌باشد. وجود ذخایر عظیم گاز طبیعی در ایران، ارزان بودن آن نسبت به دیگر فرآورده‌های نفتی و گستردگی شبکه گازرسانی در کشور انتخاب این سوخت را به‌عنوان سوخت جانسین، از لحاظ اقتصادی، توجیه‌پذیر می‌نماید (دیل و قنبرزاده، ۱۳۹۱). عبدلی و همکاران در مقاله‌ای (۱۳۹۷) بیان می‌کنند که انتشار آلودگی وسایل نقلیه عمدتاً به مقدار سوخت مصرفی، نوع سوخت و مسافت پیموده شده بستگی دارد. استفاده از منابع انرژی جایگزین یکی از راه‌های مقابله با گازهای گلخانه‌ای و

مالی شامل تخفیف‌های مالیاتی، ارائه تسهیلات و وام‌های بلندمدت به دارندگان خودروهای گازسوز بوده است. سه روش دریافت مالیات اتخاذ گردیده است:

(الف) مالیات به وسیله نقلیه: شامل مالیات بر فروش، مالیات بر اموال، مالیات غیرمستقیم بر خودروهای وارداتی می‌شود.

(ب) مالیات بر استفاده از وسیله نقلیه: مالیات بر تردد و جاده می‌باشد که غالباً به صورت عوارض دریافت می‌شود.

(ج) مالیات بر سوخت: به صورت مالیات بر فروش ساده، مالیات‌های غیرمستقیم و مالیات بر آلاینده‌ها اخذ می‌شود.

در کنار ابزارهای مالیاتی دو ابزار فرهنگی و اجتماعی نیز

حضور بسیار مؤثر دارند. تبلیغ در مدارس، ادارات،

آموزش‌های عمومی، استفاده مسئولان و مدیران دستگاه‌های

دولتی از اتومبیل‌های گازسوز از جمله ابزارهای فرهنگی نشر و

گسترش این تفکر بوده است. همراه با آن نیز امتیازات

اجتماعی همچون تخفیف در حق پارک، گسترش محدوده

حق تردد برای خودروهای گازسوز، امکان حضور در روزهای

شلوغ و پرتردد از جمله ابزارهای مفید و مؤثر بوده است.

به علاوه، وجود اجبار و هماهنگی و انتخاب سیاست‌های

مختلف با تشخیص شرایط زمان و مکان بر میزان اثربخشی

افزوده است. فرتوک‌زاده و اشراقی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با

عنوان مدل‌سازی دینامیکی اثر سیاست دوگانه‌سوز کردن

خودروها بر میزان تولید آلودگی و مصرف انرژی به این نتیجه

رسیده است که با توجه به هزینه‌های سیاست دوگانه‌سوز

کردن و عدم خروجی مطلوب، به نظر می‌رسد اولاً باید به

راهبردهای دیگری نظیر ایجاد سبب سوخت یا توسعه

خودروهای CNG سوز در کشور نیز توجه کرد و ثانیاً در

فرآیند دوگانه‌سوز کردن خودروها از سیاست‌های مکمل نیز

بهره برد. در پایان‌نامه قاسمی تودشکی (۱۳۹۰) با عنوان تعیین

ترکیب بهینه بنزین و گاز در ناوگان خودروهای سبک شهر

تهران با کمک مدل‌سازی ریاضی، هزینه استفاده از انواع

سوخت بنزین و گاز با وضع موجود قیمت و عرضه‌ی آن‌ها

(سناریوی پایه)، جهت پیمایش مسافت‌های مختلف در

خودروهای سبک محاسبه شده و نتایج سناریوی پایه نشان داد

که در حال حاضر خودروهای دوگانه‌سوز تنها برای تاکسی‌ها

مناسب بوده و پس از آن نوع بنزینی دارای کم‌ترین هزینه است.

در مقاله زارعیان مزروعه و شکوری گنجوی (۱۳۹۵) با عنوان

تحلیل سیستمی تقاضای بنزین و برآورد کشش قیمتی تقاضای

این‌گونه تصمیم‌ها در سطوح مختلف بنگاه‌ها و سازمان‌های

ایرانی کم نیست و حتی در زندگی شخصی مان نیز از تبعات

تفکر خطی و ایستا رنج می‌بریم؛ اما خبر خوب این است که

تفکر سیستمی یک مهارت است و بنابراین می‌توان این مهارت

را کسب کرد و آن را پرورش داد. هدف از این پژوهش،

تحلیل توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به جای

بنزین در سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای ایران و بررسی راه‌های

افزایش سهم سوخت بیشتر و پایدار CNG در سبد سوخت

خودروهای کشور به روش پویایی‌شناسی سیستم‌ها است.

۲- پیشینه تحقیق

مفهوم پویایی‌های سیستم برای اولین بار توسط فارستر^۳

مطرح شده و به سرعت طی پنجاه سال اخیر رشد کرده است.

این علم رویکردی جهت کشف رفتار دینامیکی غیرخطی و

مطالعه چگونگی تأثیر ساختارها و پارامترهای سیستم بر

مدل‌های رفتاری سیستم است. خروجی شبیه‌سازی گسسته

سیستم‌ها با رویکرد پویایی‌های سیستم، طراحی سیاست‌های

مؤثر بر عملکرد برای دستیابی به سطوح بالای کارایی است.

یک نظریه بنیادی که از رویکرد پویایی‌های سیستمی حاصل

می‌شود این است که ساختار هر سیستم، رفتار دینامیکی آن را

تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر، در این رویکرد

تصویری از سیستم بر اساس بازخوردها و تأخیرهای موجود

ایجاد می‌شود تا رفتار پویای سیستم‌های پیچیده فیزیکی،

زیستی و اجتماعی بهتر درک شود (سیدعلی‌خانی و موسوی

حقیقی، ۱۳۹۶). امر تحقیق و توسعه در ایران به دلیل شکاف

بین دانشگاه و صنعت ضعیف است و محققان به آسانی و

درستی به صنعت دسترسی ندارند. محققان دانشگاهی عمدتاً

بر مسائلی نظیر دوگانه و گازسوز کردن موتورها، خودروهای

دوگانه‌سوز، تانک CNG و ارزیابی‌های فنی، اقتصادی و

زیست‌محیطی خودروهای گازسوز تمرکز دارند (حائری

یزدی، ۱۳۹۵). میرفتاح (۱۳۸۹) در مقاله‌ای با عنوان

سیاست‌های توسعه‌ای حمل‌ونقل گازسوز (CNG) در سایر

کشورها در سال ۱۳۸۹ پس از بررسی وضعیت ۹ کشور

نتیجه‌گیری نموده است که، کشورهای موفق در زمینه

خودروهای گازسوز برای توسعه و ترویج این صنعت از

ابزارهای مالی، فرهنگی و اجتماعی استفاده کرده‌اند. ابزارهای

Bio-CNG، بیوگاز فشرده با محتوای متان بالا می‌تواند یک انتخاب امیدوارکننده به‌عنوان سوخت خودرو در جایگزینی سوخت معمولی برای حل این مشکل باشد (Shah and Other 2017). وسایل نقلیه گاز طبیعی (NGV) مسافت پیموده شده و راحتی را ارائه می‌دهند، درحالی‌که میزان انتشار گازهای خروجی آن‌ها کمتر از وسایل معمولی است. باین‌حال، به‌رغم اجرای موفقیت‌آمیز خود در بازار حمل‌ونقل در سراسر جهان، NGV ها علاقه خاصی به آن ندارند. برخی از مسائل مربوط به توسعه بازار NGV ها عبارت‌اند از: کمبود ایستگاه سوخت‌گیری، عدم مشوق‌های مالیاتی، هزینه نسبی بالا وسایل نقلیه NGV و توسعه موتور NGV. بسیاری از این مسائل در تحقیقات، تحقیق و بررسی شده‌اند (Hosseini and Other 2018). در مقاله‌ای دیگر عوامل مؤثر و موانع توسعه NGV در چین را تحلیل و نتیجه‌گیری نموده که کمبود عرضه گاز طبیعی و قیمت نسبتاً گران‌قیمت گاز طبیعی در مقایسه با بنزین عوامل اصلی مانع توسعه NGV چین هستند. عدم تعادل بین ایستگاه‌های سوخت‌گیری گاز طبیعی و NGV نیز مانع از محبوبیت این وسایل نقلیه کم‌کربن می‌شود. درحالی‌که سیاست‌های مختلف در سال‌های اخیر برای ارتقاء NGV ها در چین اجرا شده است، تنها کسانی که تشویق پذیرش NGV ها توسط بخش خصوصی به نظر می‌رسند مؤثر هستند. برای پیشبرد بیشتر توسعه NGV در چین، استراتژی‌های زیر پیشنهاد شده است: (۱) بهبود زیرساخت‌های تحویل گاز طبیعی در سراسر کشور؛ (۲) قیمت نسبی گاز طبیعی نسبت به بنزین را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد؛ (۳) اولویت دادن به شهرها و شهرهای با درآمد متوسط، از آنجاکه ایستگاه‌های سوخت‌گیری گاز طبیعی در این مناطق آسان‌تر است؛ و (۴) ترویج استفاده از NGV ها در بخش خصوصی (Wang and Other 2015).

در بسیاری از کشورهای جهان، گاز طبیعی فشرده (CNG) یک سوخت جایگزین در حمل‌ونقل داخلی به دلیل این واقعیت است که آن را یکی از پاک‌ترین سوختن و مقرون به‌صرفه‌ترین جایگزین سوخت حمل‌ونقل در دسترس است. به‌طور مستقیم با توجه به سه موضوع کلیدی از کشورها: امنیت ملی، گرمایش جهانی و کیفیت هوا و اقتصاد. باین‌حال، با توجه به پویایی و پیچیدگی پذیرش پیچیده، بیشتر تلاش‌ها برای معرفی و ایجاد تقاضای پایدار برای وسایل نقلیه گاز طبیعی (NGV) شده‌اند. در این مقاله طیف گسترده‌ای از

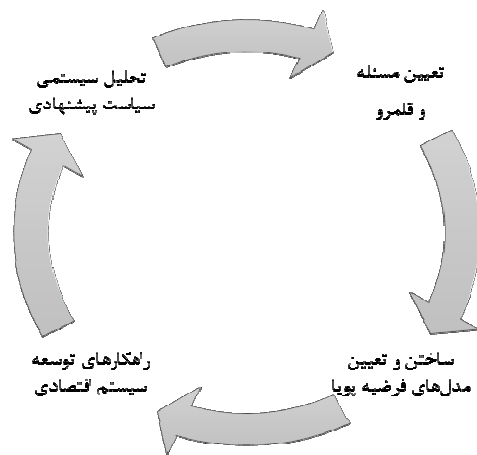
آن در استان تهران، محقق اثر مصرف CNG در بخش حمل‌ونقل را مدل‌سازی نموده و بازخوردی که برای مصرف CNG در نظر گرفته است، اثر مدت‌زمان انتظار در صف برای دریافت فرآورده CNG است. این حلقه کنترلی منجر به اثرگذاری ظرفیت جایگاه‌های سوخت بر روی مصرف گاز می‌شود، هرچه میزان این جذابیت افزایش یابد میزان مصرف CNG افزایش می‌یابد. نکته‌ای که وجود دارد در شکل‌گیری مصرف CNG، تعداد کل خودروهای استان اثرگذار نیستند و تنها خودروهای دوگانه‌سوز می‌توانند مصرف CNG را تغییر دهند. همچنین میزان مصرف CNG نمی‌تواند از حداکثر ظرفیت جایگاه‌های سوخت این فرآورده بیشتر شود. در پژوهشی با عنوان انتخاب سناریو برتر برای افزایش درآمد ارزی دولت در سیستم انرژی، کاظمی و حسین‌زاده (۱۳۹۵) با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها به شبیه‌سازی انرژی کشور شامل عرضه و تقاضا پرداخته‌اند. در مقاله استادی جعفری و حسینیان، (۱۳۹۳) بررسی اثر بلندمدت سیاست‌های مدیریتی حمل‌ونقل بر جامعه و محیط‌زیست به‌صورت ترکیبات دوتایی سیاست‌ها موردتوجه قرار گرفته است. جهت بررسی اثر سیاست‌های ترکیبی بر وضعیت حمل‌ونقل و بررسی روند اثرات متقابل متغیرهای مختلف در طول زمان، از مدل پویایی سیستم حمل‌ونقل در کلان‌شهر مشهد استفاده شده است. عابدی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهش خود با عنوان ارزیابی اقتصادی‌زیست محیطی نوسازی و گازسوز نمودن ناوگان مینی‌بوس‌رانی شهر تهران به ارزیابی هزینه زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از مصرف سوخت فسیلی در بخش مینی‌بوس‌رانی و نیز تحلیل هزینه فایده و امکان‌سنجی نوسازی و گازسوز نمودن ناوگان مینی‌بوس‌رانی شهر تهران پرداخته است. این پژوهش در دو سناریوی جداگانه با عناوین نوسازی و گازسوز نمودن ناوگان مینی‌بوس‌رانی شهر تهران و با انتخاب ۴۰۰ دستگاه مینی‌بوس از تولیدات شرکت ایران‌خودرو دیزل و شرکت زامیاد به‌منظور جایگزینی با مینی‌بوس‌های فرسوده، انجام شده است و مشاهده شده که طرح گازسوز کردن از توجیه اقتصادی برخوردار است.

حمل‌ونقل یکی از بخش‌های مصرف انرژی است که در آن حضور انرژی‌های تجدیدپذیر پایین‌تر است و افزایش آن به‌ویژه در کشورهایی که تمام سوخت‌هایی که مصرف می‌کنند وارد است (Lorenzi and Baptista 2018). باین‌حال،

شناسایی روش‌ها و راهکارهای مدیریت مصرف انرژی در صنایع انرژی بری همچون سیمان با عنوان سیاست‌گذاری در صنعت سیمان به‌منظور کاهش مصرف انرژی و انتشار CO₂ با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک، ارائه کردند. امین-طهماسبی و رضوی‌نسب (۱۳۹۸) جهت بهبود استفاده از سوخت CNG در بخش حمل‌ونقل مدل جدیدی را با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک توسعه دادند. در جهان امروز تدوین یک معماری مناسب برای اجزای یک زنجیره تأمین و نحوه تعاملات آن‌ها یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران و تصمیم‌گیرندگان و فعالان این حوزه می‌باشد. ابزارها و تکنیک‌های علمی برای تصمیم‌گیری در این حوزه شاهد پیشرفت‌ها و تحولات روزافزونی بوده است. استفاده و کاربرد این ابزارهای علمی به مزیت‌کلیدی در دستیابی به موفقیت در دنیای رقابتی امروز تبدیل شده است. متدولوژی سیستم‌های دینامیکی^۷ یکی از کاربردی‌ترین این ابزارهاست (محمدی و همکاران ۱۳۹۲).

۳- روش تحقیق

در این پژوهش به‌منظور تحلیل متغیرهای مؤثر توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به‌جای بنزین در سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای ایران از ابزار پویاشناسی سیستم‌ها استفاده شده است. روش تحقیق از نظر هدف توسعه‌ای و دارای رویکرد کیفی است. بر این اساس مراحل اجرای پویایی سیستم‌ها را می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد.



شکل ۱. مراحل طراحی مدل سیستمی

سیاست‌هایی را برای ترویج وسایل نقلیه گاز طبیعی در بازارهای جدید موردبررسی قرار می‌دهد. در این مقاله چندین عامل موفق و ناموفق برای معرفی وسایل نقلیه گاز طبیعی (NGV) موردبررسی و مقایسه سیاست‌های دولت برای تصویب خودروهای گاز طبیعی در سراسر جهان قرار دارد، اما به‌طور عمده در دوازده کشور متمرکز شده است: چین، ایران، پاکستان، آرژانتین، هند، برزیل، تایلند، ایتالیا، ایالات‌متحده، آلمان، سوئد و کره جنوبی. در این مقاله، نقشه جاده‌ای را به چرخه فناوری CNG بررسی می‌کند و درس‌هایی را که می‌تواند برای کشورهای توسعه‌یافته در تلاش برای راه‌اندازی وسایل نقلیه گاز طبیعی مفید باشد، مشخص می‌کند (Khan, 2017). با توجه به سیاست‌های دوستدار محیط‌زیست و صرفه‌جویی در ارز خارجی، توسط دولت پاکستان، تفاوت قیمت موجود بین CNG و بنزین / دیزل در ده سال گذشته در کشور پاکستان رشد چشمگیری داشته است. این تقاضای رو به رشد گاز طبیعی توسط بخش CNG منجر به کمبود گاز در کشور می‌شود. سناریوی کنونی صنایع CNG از جمله رشد گاز طبیعی وسایل نقلیه گاز طبیعی (NGVs) و گسترش ایستگاه‌های سوخت‌گیری CNG موردبحث قرار گرفته است (Khan and Yasmin 2014).

۱. در یک تحقیق با عنوان جایگزینی نفت، کاهش گازهای گلخانه‌ای و مزایای زیست‌محیطی از توسعه وسایل نقلیه گاز طبیعی در چین، NGV باعث کاهش قابل‌توجهی در انتشار مستقیم گازهای گلخانه‌ای نسبت به موتور سوخت سنتی می‌شود که از ۶۱ درصد به ۷۶ درصد و ۱۲ درصد به ۲۹ درصد می‌رسد. با توجه به افزایش استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت خودرو در چین (تقریباً ۲۸٫۲ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی در سال ۲۰۱۵)، کل نفت جایگزین گاز طبیعی حدود ۲۳٫۸ میلیون تن بود که باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از ۱۶٫۹ میلیون تن معادل CO₂ و یک کاهش ۱٫۸ کیلوگرم کربن در سال ۲۰۱۵ رسیده است (Yuan and Other 2018). از آنجا که انتظار می‌رود خودروهای CNG به میزان بالایی از انتشار در سیستم حمل‌ونقل دست پیدا کنند، دولت باید به دنبال عرضه قابل‌اعتماد CNG باشد و به‌طورکلی به سازندگان خودرو کمک خواهد کرد و سیاست‌گذاران امکانات سرمایه‌گذاری را تشخیص می‌دهند (Romejko and Nakano 2017). جوکار و مختار (۱۳۹۶) با توجه به محدودیت منابع انرژی و افزایش ناگهانی قیمت‌های حامل‌های انرژی در ایران، مقاله‌ای در خصوص

۱-۳- بیان و تعریف مسئله و قلمرو

انتخاب شدند. ابتدا پرسشنامه با قالب سؤال باز در راستای این مطالعه طراحی گردید، در مرحله بعد پرسشنامه برای پنج نفر از متخصصان و صاحب نظران ارسال گردید تا نسبت به پایایی آن اطمینان حاصل شود.

مهم ترین گام در فرآیند مدل سازی تعریف مسئله و قلمرو آن است. در این پژوهش ابتدا نسبت به بیان مسئله و همچنین اقدامات و تحقیقات شرکت پرداخته و سپس متغیرهای مؤثر توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به جای بنزین در سیستم حمل و نقل جاده ای و قلمرو آن از تصمیمات حکومتی تا تمایل مصرف کننده (مالکان خودروها) با رویکرد پویاشناسی سیستمها بررسی شده است.

۳-۳- راهکارهای توسعه سیستم اقتصادی

فرمول بندی یک مدل مفهومی، بینش های زیادی را برای محقق، حتی پیش از اجرای شبیه سازی به وجود می آورد. این گام به محقق کمک می کند تا مفهوم های مبهم را تشخیص دهد و درک مناسبی از کل سیستم به دست آورد. در ادامه تحلیل سیستم اقتصادی حلقه ها انجام شد و راهکارهای توسعه سیستم اقتصادی ارائه گردید.

۲-۳- ساختن و تعیین مدل فرضیه پویا

پس از مشخص شدن مسئله، محقق باید اقدام به ساختن و تعیین یک فرضیه نماید که به آن فرضیه پویا می گویند. این فرضیه از آن جهت پویا نامیده می شود که باید توصیفی از ماهیت پویای مسئله در قالب حلقه های بازخوردی ارائه نماید. برای این منظور جهت تعیین متغیرهای مؤثر، با توجه به اینکه مطالعه این موضوع به روش پویایی سیستمها سابقه قبلی نداشته و معیارهای از پیش تعیین شده، نیز به صورت پراکنده در پیشینه تحقیق وجود داشته است، لذا برای این تحقیق از روش دلفی^۱ استفاده شد. روش دلفی فرآیندی است که برای جمع آوری داده ها از متخصصان و ایجاد اجماع میان قضاوت های آن ها به کار می رود. این فرآیند با استفاده از مجموعه ای از روش ها برای جمع آوری و تحلیل داده ها در ترکیب با بازخورد نتایج به متخصصان صورت می پذیرد. استفاده از روش دلفی به عنوان روش تحقیق زمانی مناسب است که دانش یکپارچه ای درباره یک موضوع یا مسئله ای وجود نداشته باشد. در مطالعه دلفی که شرکت کنندگان همگن باشند، تعداد ۱۰ تا ۱۵ نمونه کافی خواهد بود (Tabrizi and Gharibi 2012). گروه اجرا و نظارت روش دلفی متشکل از اساتید راهنما و مشاور تشکیل شد و اهداف مطالعه مورد بررسی و بازبینی مجدد قرار گرفت. صاحب نظران این پژوهش که در واقع اعضای پانل خبرگان مطالعه دلفی را تشکیل می دادند شامل اعضای محترم کارشناسان حرفه ای و اجرایی در مدیریت طرح CNG، مدیران، کارشناسان و متخصصان شرکت های مرتبط با صنعت CNG هستند. بر اساس میزان تجربه بالای ۱۰ سال و تحصیلات فوق لیسانس و بالاتر، در مجموع ۱۵ نفر از آنان به عنوان خبره در این مطالعه

۴-۳- تحلیل سیستمی سیاست پیشنهادی

در انتها بر اساس راهکارهای توسعه سیستم اقتصادی و همچنین ارتباط حلقه های علت و معلولی با یکدیگر، پس از تحلیل متغیرهای مؤثر توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به جای بنزین در سیستم حمل و نقل جاده ای ایران، تحلیل سیستمی سیاست پیشنهادی در قالب پیشنهادی برای سیاست گذاران در انرژی کشور ارائه شده است.

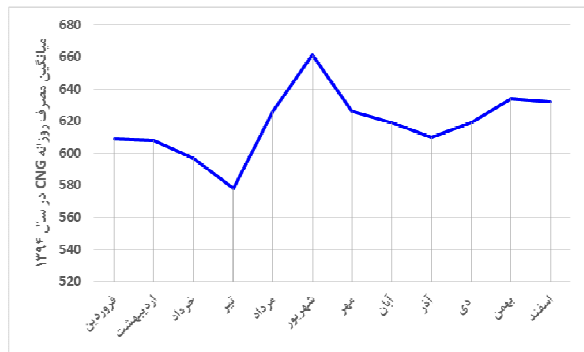
۴- یافته های پژوهش

در دنیای امروزی تجزیه تحلیل سیستم های اقتصادی به دلیل نقش آفرینی متغیرهای گوناگون و تأثیرات متقابل هر یک از این متغیرها بر یکدیگر از پیچیدگی های زیادی برخوردار است (آراستی و دیگران ۱۳۹۵)

۴-۱- بیان و تعریف مسئله

بر اساس آمار مدیریت طرح CNG (شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی) روند رشد میانگین مصرف روزانه سوخت CNG از سال ۸۴ تا انتهای سال ۹۶ به صورت شکل ۲ مشخص شده است.

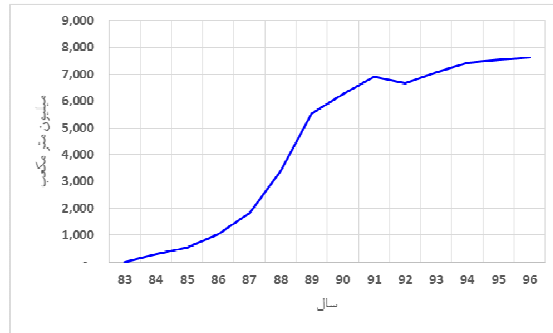
ماه در جایگاه‌های سوخت نمود، اگرچه این زمان کمی برای نتیجه‌گیری محسوب می‌شود ولی رشد میانگین مصرف روزانه ۱۴ درصدی را در پایان زمان سه‌ماهه و تثبیت حداقل افزایش ۵ درصدی میانگین مصرف روزانه را تا پایان سال مطابق شکل ۳ به دنبال داشت. با توجه به نقش سیستم عالی دولتی برای تولید، تأمین، توزیع و نرخ‌گذاری سوخت خودروها، به‌عنوان مهم‌ترین عامل برای ایجاد جذابیت و تحریک هر صنعت، بر اساس یک نظرسنجی از خبرگان و کارشناسان صنعت CNG عواملی همچون قطع یارانه تولید و تبدیل خودروها به سیستم دوگانه‌سوز، قطع تخصیص کمک بلاعوض تجهیزات و تغییر روش احداث جایگاه‌های CNG از واگذاری رایگان تجهیزات به خرید تجهیزات به ازای دریافت کارمزد بالاتر فروش CNG، تبلیغات بسیار ضعیف و ناکارآمد، هزینه‌های بالای نگهداشت و تعمیرات تجهیزات ایستگاه‌های سوخت‌رسانی، بروز حوادث ناشی از عدم معاینه فنی خودروهای گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG)، عدم مشارکت مؤثر ذینفعان دولتی مانند؛ سازمان محیط‌زیست، وزارت صنعت معدن تجارت، وزارت کار و امور اجتماعی هستند که به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر نرخ مصرف CNG در حال حاضر به شمار می‌آیند.



شکل ۳. روند مصرف روزانه CNG در سال ۹۴

۴-۲- ساختن و تعیین مدل فرضیه پویا

در این بخش مدل‌های فرضیه پویا بر اساس سیستم اقتصادی حلقه‌ها مربوط به هر مکانیزم طراحی و تحلیل شده است.



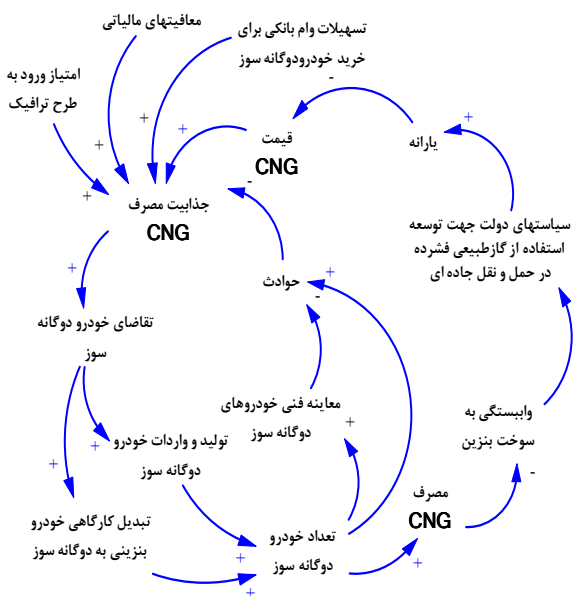
شکل ۲. نمودار روند مصرف CNG از سال ۸۴ تا انتهای ۹۶

از نظر سیستم‌های پویا نمودار شکل ۲ یک ساختار S شکل به خود گرفته که نشان می‌دهد از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ مصرف سوخت CNG ساختار به‌صورت نمایی رشد و بعد از آن رشد سیستم، ساختار هدف جو به خود گرفته و به سمت یک مقدار تعادل حرکت می‌کند. در سال ۱۳۹۲ رکود در مصرف CNG مشاهده می‌گردد. از آنجایی که تقریباً برنامه‌ریزی و تخصیص تمامی هزینه‌های تبدیل خودرو و همچنین احداث جایگاه‌ها با مدیریت طرح CNG طی سال‌های مذکور بوده، بنا بر آمار دریافتی از دلایل این رکود را می‌تواند کاهش احداث جایگاه‌های CNG و همچنین تولید خودروهای گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG) نسبت به سال‌های قبل ارزیابی نمود.

در سال ۱۳۹۳ نظرسنجی با موضوع «شناسایی رفتار مصرف‌کننده گاز طبیعی فشرده» در پی کاهش ۲۰ درصدی مصرف CNG پس از افزایش قیمت در اردیبهشت‌ماه ۹۳ صورت پذیرفت. جامعه هدف افراد دارنده خودروهای دوسوخته (بنزین+CNG) به صورت تصادفی بودند، دلایل عمده عدم استفاده از گاز طبیعی به‌جای بنزین را مواردی از جمله؛ اختلاف قیمت کم گاز نسبت به بنزین، فاصله زیاد جایگاه‌ها، شلوغی برخی از جایگاه‌های CNG، خطرات احتمالی استفاده از سوخت CNG و نگرانی‌های ایمنی استفاده از این نوع سوخت در خودرو، آسیب رساندن به خودروهایی که طراحی موتورشان پایه بنزین سوز بوده و سپس تبدیل به موتورهای دوگانه‌سوز شده‌اند، بیان شد.

با کاهش روند مصرف CNG در سال‌های ۹۲ تا ۹۳ مدیریت طرح CNG با توجه به پیچیدگی تصمیم‌گیری در سازمان‌های دولتی نهایتاً با اخذ مجوز لازم، در تیرماه ۱۳۹۴ اقدام به کاهش ۱۶ درصدی قیمت فروش CNG به مدت سه

دو روش تولید کارخانه‌ای و یا تبدیل خودروهای بنزینی در مراکز و کارگاه‌های مجاز تبدیل به سیستم دوگانه‌سوز می‌گردند. از آنجایی که قیمت خودروهای دوگانه‌سوز نسبت به تک‌سوز بنزینی بالاتر است، می‌توان با اقداماتی نظیر تسهیلات وام بانکی به خریداران خودروهای دوگانه‌سوز، معافیت‌های مالیاتی برای خودروهای وارداتی گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG)، امتیاز به خودروهای گازسوز برای ورود به طرح‌های ترافیکی و نظایر آن، تقاضای خرید خودرو گازسوز و استفاده از CNG به جای بنزین را تقویت نمود. از سوی دیگر با افزایش خودروهای دوگانه‌سوز نرخ حوادث نیز بالا خواهد رفت و باز خورد منفی در چرخه ایجاد خواهد نمود که موجب کاهش جذابیت مصرف CNG می‌گردد. البته بخشی از این پدیده از طریق بازدیدهای دوره‌ای در مراکز معاینه فنی شناسایی و از بروز حوادث می‌توان جلوگیری نماید.

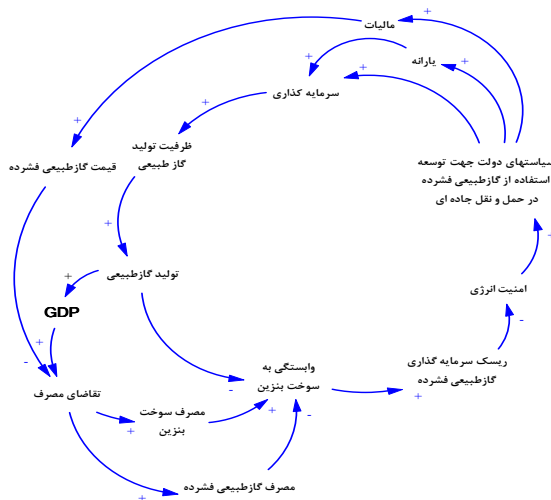


شکل ۵. حلقه مربوط به تأثیر قیمت و تسهیلات مختلف روی جذابیت CNG و افزایش خودروهای دوگانه‌سوز

۴-۲-۳- حلقه مربوط به افزایش جایگاه‌های CNG

با افزایش مصرف CNG در شکل ۶ متوسط زمان در صف سوخت‌گیری خودروها بالا رفته و موجب کاهش جذابیت و تقاضای مصرف CNG خواهد شد. از سوی دیگر این افزایش مصرف CNG موجب افزایش تقاضا در سرمایه‌گذاری و احداث جایگاه‌های سوخت CNG می‌شود،

۴-۲-۱- حلقه مربوط به سرمایه‌گذاری در حوزه گاز طبیعی همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به منابع عظیم گاز در کشور، اگر دولت سرمایه‌گذاری در حوزه تولید گاز طبیعی را افزایش دهد، تولید ناخالص داخلی (GDP) افزایش خواهد یافت. این افزایش موجب بالا رفتن تقاضای مصرف سوخت خواهد شد که با سیاست‌گذاری صحیح جایگزینی CNG به جای بنزین در حوزه حمل‌ونقل موجب عدم وابستگی به تأمین سوخت بنزین شده که ضمن پایین آمدن ریسک سرمایه‌گذاری در بخش توسعه گاز طبیعی، بالا رفتن امنیت انرژی را در بر خواهد داشت؛ بنابراین این فرآیند، دولت را ترغیب خواهد نمود تا با افزایش راهکارهای حمایتی نظیر تخصیص یارانه به این بخش و سرمایه‌گذاری بیشتر در تولید گاز طبیعی این حلقه را تقویت نماید. از سوی دیگر در صورت بالا رفتن مالیات روی گاز طبیعی تقاضا برای مصرف CNG را کاهش خواهد داد و یا عدم شرایط لازم برای مصرف CNG (برنامه‌ریزی نامناسب خودروهای گازسوز و جایگاه‌های CNG) بازخورد منفی حاصل خواهد داشت.

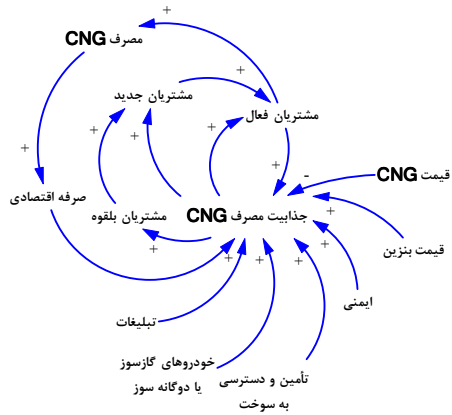


شکل ۴. حلقه مربوط به سرمایه‌گذاری در حوزه گاز طبیعی

۴-۲-۲- حلقه مربوط به تأثیر قیمت و تسهیلات مختلف

روی جذابیت CNG و افزایش خودروهای دوگانه‌سوز

شکل ۵ نشان می‌دهد برای استفاده CNG نیاز به خودروهای دوگانه‌سوز می‌باشد. بر این اساس در صورتی که نسبت قیمت CNG به بنزین کاهش یابد، موجب افزایش جذابیت مصرف CNG می‌گردد. خودروهای دوگانه‌سوز از



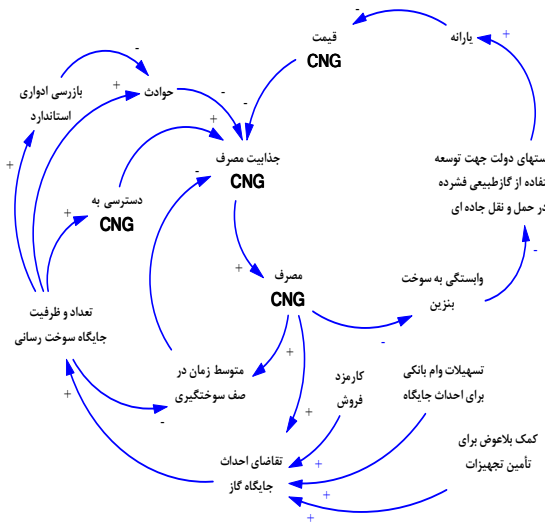
شکل ۷. حلقه مربوط به تبلیغات دهان به دهان مشتری

۴-۳- راهکارهای توسعه سیستم اقتصادی

۱. آزادسازی قیمت سوخت یکی از موانع در زمینه ایجاد فضای رقابتی و دستیابی به چشم انداز ترسیم شده تعیین قیمت انواع سوخت از سوی دولت است. از این رو آزادسازی قیمت ها یکی از مؤلفه های اساسی در ایجاد فضای رقابتی است به طوری که قیمت سوخت با توجه به هزینه تمام شده و شاخص های تأثیرگذار دیگر بازار تعیین شود. این اقدام می تواند به رقابتی کردن بازار سوخت بر مبنای قیمت و چگونگی خدمات کمک کند.
۲. آزادسازی کامل نرخ حامل های انرژی یکی از عوامل مهم تعیین کننده در قیمت تمام شده محصولات است. اعطای یارانه حامل های انرژی موجب می شود از اهمیت بهره وری انرژی در نظر مصرف کنندگان کاسته شود.
۳. اعطای تسهیلات هدفمند به زنجیره تأمین تا مصرف CNG. در این زمینه باید سیاستی اتخاذ کرد که تضمین گر سطح مطلوبی از شاخص های بهره وری باشد. به عبارت دیگر سیاست طراحی شده باید میزان سوء استفاده از تسهیلات را به پایین ترین حد ممکن کاهش داده و به ایجاد ظرفیت تولید متناسب با تسهیلات بیانجامد.
- الف) اعطای تسهیلات خریداران خودرو گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG).

ب) اعطای تسهیلات به متقاضیان احداث جایگاه های سوخت CNG.

با افزایش تعداد و پراکندگی مناسب جایگاه های CNG، ضمن پایین آمدن متوسط زمان در صف سوخت گیری خودروهای گازسوز، باعث دسترسی بیشتر و آسان تر به سوخت بیشتر شده و جذابیت مصرف CNG را بالا خواهد برد. از طرفی افزایش جایگاه های سوخت CNG موجب بالا رفتن نرخ حوادث در این تجهیزات خواهد شد که با آموزش کارکنان جایگاه و بازدیدهای دوره ای توسط شرکت های بازرسی سازمان ملی استاندارد، نواقص بحرانی و حادثه ساز شناسایی و از بروز حوادث احتمالی جلوگیری خواهد نمود.



شکل ۶. حلقه مربوط به افزایش جایگاه CNG

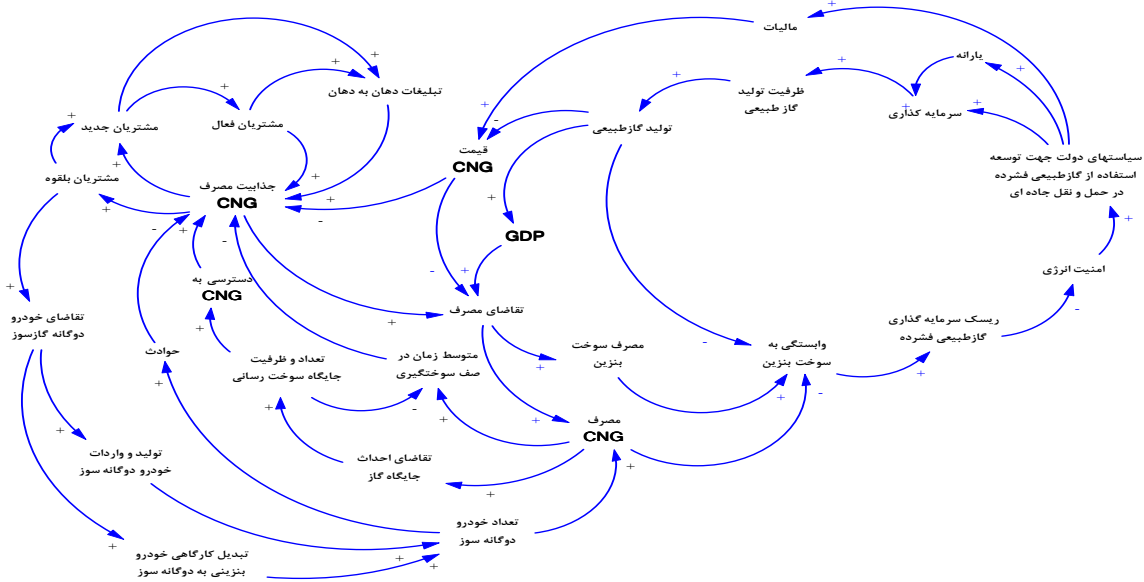
۴-۲-۴- حلقه مربوط به تبلیغات دهان به دهان مشتری

نقش این حلقه را می توان مهم ترین کلید اصلی فرآیند نامید. زمانی که مشتری انتظارات خود (قیمت متناسب و در دسترس بودن سوخت، خودرو با قدرت و پیمایش خوب، متوسط زمان سوخت گیری پایین، ایمنی بالا، کاهش آلاینده های هوا) را درک نماید، رضایت مندی حاصل شده و ضمن استفاده بیشتر از CNG، خود موجب تبلیغ از طریق مشتریان (تبلیغات دهان به دهان) خواهد شد. در نتیجه مطابق شکل ۷ موجب افزایش جذابیت مصرف CNG و استفاده بیشتر این سوخت به جای بنزین در خودروها خواهد شد.

- ج) اعطای تسهیلات به تولیدکنندگان تجهیزات جایگاه‌ها و ادوات کیت خودروهای دوگانه‌سوز.
۴. معافیت از سود بازرگانی برای واردات خودروهای گازسوز و تجهیزات استاندارد مربوط به کیت خودرو و ادوات جایگاه‌های سوخت CNG. از آنجایی که در حال حاضر تولیدات خودروهای دوسوخته (بنزین+CNG) داخلی از کیفیت چندان مطلوبی برخوردار نیستند اقدام به واردات خودرو گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG) از کشورهای پیشرفته با معافیت‌های بازرگانی می‌تواند به کاهش حجم سرمایه‌گذاری اولیه و تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری در این حوزه کمک کند.
۵. حمایت از شرکت‌های تولیدکننده خودروهای گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG)، جهت افزایش تولید و ارتقای کیفیت، ایمنی و پیمایش خودروهای گازسوز.
۶. حمایت از شرکت‌های تولیدکننده و خدمات‌رسان به جایگاه‌های CNG استاندارد، جهت ارتقای کیفیت قطعات و خدمات‌رسانی شایسته به مشتریان.
۷. حمایت از کسب و کارهای مکمل. توسعه پایدار مستلزم شکل‌گیری صحیح زیرساخت‌هاست. در صنعت CNG کسب و کارهای مکمل عبارت‌اند از:
- سازندگان قطعات تجهیزات کمپرسورهای جایگاه‌ها
 - سازندگان قطعات کیت خودروهای گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG)
 - سازندگان مخازن تحت فشار بالای خودرویی و جایگاهی
 - سازمان‌ها و نهادهای آموزشی
- برای دستیابی به زنجیره‌ای قدرتمند در همه بخش‌ها باید سرمایه‌گذاری و از تمامی زمینه‌های فوق حمایت کرد.
- ۴-۴- تحلیل سیستمی سیاست پیشنهادی**
- با توجه به راهکارهای توسعه سیستم اقتصادی جهت استفاده از CNG در سوخت خودروها به جای بنزین در بند ۳، ۴ و همچنین ارتباط این حلقه‌ها با یکدیگر که در نمای کلی شکل ۸ نمایش داده شده است، تحلیل سیستمی سیاست
- پیشنهادی در قالب مواردی به شرح زیر برای سیاست‌گذاران در انرژی کشور ارائه شده است.
۱. جمع‌آوری و ارسال کلیه اطلاعات صحیح و به‌موقع در خصوص صنعت CNG، ضمن آگاهی از وضعیت سیستم، اظهارنظر و تصمیم‌گیری در خصوص چگونگی راهبرد این صنعت را محیا نماید و می‌توان اولین و مهم‌ترین پیشنهاد باشد.
۲. تدوین یک برنامه بلندمدت برای سبب سوخت کشور، به گونه‌ای که سهم مناسبی برای هر یک از سوخت‌های محرک و سایر نقلیه اختصاص داده شود تا فرصت‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، صنعتی و سیاسی بهینه برای کشور حاصل گردد. در این برنامه هماهنگی سبب سوخت با زیرساخت‌های صنعتی و فناوری‌های CNG موجود یا قابل حصول کشور باید لحاظ گردد، توسعه سوخت‌های جایگزین دیگر بایستی متناسب با سهم مشخص کارشناسی شده برای این سوخت‌ها باشد.
۳. با توجه به تخصیص نرخ یارانه مختلف به هر یک از سوخت‌های مورد مصرف در خودروها، تعیین قیمت متناسب انواع سوخت از سوی دولت ضمن تأثیر زیاد روی جذابیت استفاده از سوخت CNG، با ایجاد محیطی رقابتی برای انتخاب مشتریان، موجب توسعه و پایداری جایگزینی سوخت CNG در کشور خواهد شد.
۴. به منظور افزایش رضایت‌مندی استفاده‌کنندگان از CNG و بهره‌وری مناسب ناوگان گازسوز و دوسوخته (بنزین+CNG) کشور، هماهنگی لازم میان رشد خودروهای دوگانه‌سوز و ارائه خدمات عرضه سوخت توسط جایگاه‌ها صورت پذیرد.
۵. تدابیر لازم جهت رشد دانش فنی و تربیت نیروی انسانی متخصص و عدم اتکای به واردات در خصوص نیازمندی‌های صنعت خودروسازی و عرضه سوخت، زمینه‌سازی‌های لازم انجام شود.
۶. حرکت شرکت‌های خودروسازی به سمت افزایش نرخ تولید خودروهای پایه گازسوز ضمن بهینه نمودن مصرف گاز، افزایش راندمان و پیمایش، کاهش آلاینده‌گی محیط‌زیست را در پی خواهد داشت.

(بنزین+CNG) و همچنین تسهیلات خرید برای این دسته از خودروها و معافیت‌های ترافیکی برای مصرف‌کنندگان در ایجاد فضای جذاب برای توسعه و جایگزینی سوخت CNG به جای بنزین مؤثر خواهد بود.

۷. نظر به اینکه سرمایه‌گذاری و حمایت دولت در ایجاد و توسعه صنعت CNG نقش بسیار مؤثری داشته و صرفه اقتصادی حاصل از آن نیز قابل توجه بوده است، اتخاذ راهکارهای تشویقی جهت سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در تولید و تأمین تجهیزات ایستگاه‌های سوخت‌رسانی و خودروهای گازسوز و دوسوخته



شکل ۸. نمای کلی حلقه‌های علت و معلولی

۵- نتیجه گیری

عوامل دخیل و تأثیر متقابلشان و نیز اتخاذ نگاهی کل‌نگر به سیستم صنعت در بخش حمل‌ونقل به ارائه راهکارهای توسعه سیستم اقتصادی مناسب با استفاده از پویایی سیستم‌ها پرداخته و در نهایت، بر اساس مدل حلقه‌های علت و معلولی، ارتباطات و تأثیرگذاری مثبت و منفی بین پارامترها را نشان داده، پیشنهادها لازم و مؤثر را بر اساس تحلیل سیستمی سیاست پیشنهادی، جهت ایجاد یک روند رو به رشد را به دولت‌مردان و سیاست‌گذاران ارائه نموده است. همانطور که از حلقه‌های علت و معلولی پیداست، موضوع مهم جذابیت مصرف CNG می‌باشد و مهم‌ترین عامل محرک آن قیمت سوخت CNG نسبت به بنزین است. با کاهش قیمت سوخت CNG و یا قیمت‌گذاری متناسب سوخت‌ها، سایر حلقه‌های مثبت مدل مذکور از جمله تقاضای مصرف و به دنبال آن تقاضای خودروهای گازسوز و همچنین احداث جایگاه‌های سوخت CNG تقویت خواهد شد. از سوی دیگر تمایل به استفاده از سوخت CNG و تداوم آن، در درازمدت موجب کاهش تقاضای بنزین و عدم وابستگی به این سوخت شده و امنیت تأمین انرژی در کشور را افزایش خواهد داد. به‌منظور

با توجه به منابع غنی گاز طبیعی در کشور ایران و سرمایه‌گذاری دولت در این بخش، اهمیت و نقش CNG به‌عنوان بهترین جایگزین سوخت در خودروها در سال‌های گذشته مشخص شده است. از طرف دیگر به دلیل نقش‌آفرینی عوامل متعدد اقتصادی، سیاسی و اجتماعی در عملکرد این صنعت، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در آن با پیچیدگی‌های خاصی همراه است. از این رو استراتژی‌هایی در این صنعت می‌تواند به نتیجه مطلوب دست یابد که نقش پارامترهای متعدد تأثیرگذار را مدنظر قرار دهند. در این پژوهش رویکرد سیستمی برای ارائه راهکارهای مناسب به‌منظور استفاده بهینه از CNG بجای بنزین به‌عنوان سوخت خودروها در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای و بر اساس تأثیر عوامل مهم در این صنعت شناسایی و نحوه اثربخشی آن‌ها بر مبنای سیستم طراحی‌شده مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت. در این خصوص می‌توان استفاده نوآورانه از رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها در تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد استفاده CNG بجای بنزین به‌عنوان سوخت خودروها در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای را مهم‌ترین نوآوری این تحقیق دانست. رویکردی که با ملاحظه تمامی

- حایری یزدی، آ.، (۱۳۹۵)، "سیاست‌گذاری تعیین سبب حامل‌های انرژی در بخش حمل‌ونقل کشور"، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، دوره ششم، شماره ۲۱.

- خاتمی، س.م.، الهی، س.م.، وطنی، ع.، زکی‌پور، م.، (۱۳۹۷)، "تعیین عوامل اجتماعی-اقتصادی مؤثر بر پیش‌بینی مصرف بنزین و نفت و گاز (گازوئیل) در ایران توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی" پژوهشنامه حمل‌ونقل شماره ۵۵.

- دیل، ف. و قنبرزاده، م.، (۱۳۹۱)، "نگاهی به رابطه مصرف گاز طبیعی در رشد اقتصادی و اولویت‌بندی مصرف گاز در کشور"، ماهنامه بررسی مسائل و سیاست‌های اقتصادی شماره ۲، اردیبهشت، ص. ۱۴۸-۱۴۳.

- رضوی نسب، س.ج.، (۱۳۹۵)، "شناسایی و اولویت‌بندی موانع موجود در اجرای مؤثر توسعه جایگاه‌های CNG (مطالعه موردی، مدیریت طرح CNG، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران (کردستان).

- زارعیان مزروعه خسرو، ر. و شکوری گنجوی، ح.، (۱۳۹۵)، "تحلیل سیستمی تقاضای بنزین و برآورد کشت قیمتی تقاضای آن در استان تهران"، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال پنجم، شماره ۱۸، ص. ۹۸-۶۱.

- سیدعلیخانی، ا. و موسوی حقیقی، م.ه.، (۱۳۹۶) "مدل پویای کسب‌وکار شرکت‌های پخش در ایران با رویکرد سیستمی" اولین کنفرانس ملی انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها.

- صمدی، س.، سرخوش‌سرا، ع. و امینی دره وزان، ا.، (۱۳۹۷)، "اثرات نامتقارن شوک‌های قیمت نفت بر نرخ بهره و رشد اقتصادی ایران: مدل VAR غیرخطی"، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، سال دوازدهم، شماره ۱، بهار، ص. ۵۲-۲۷.

- عابدی، ز.، ارجمندی، ر.، عتابی، ف. و کیوانی، ا.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی اقتصادی-زیست محیطی نوسازی و گازسوز نمودن ناوگان مینی‌بوس‌رانی شهر تهران"، فصلنامه انسان و محیط‌زیست، دوره ۹، شماره ۱، بهار، ص. ۹-۱.

- عبدلی، ب.، میرحسینی، س.ع.، و هوشمند، ف.، (۱۳۹۷)، "مسئله مسیریابی وسایل نقلیه سبز و کاهش انتشار آلودگی" پژوهشنامه حمل‌ونقل شماره ۵۴، بهار.

- فرتوک‌زاده، ح.ر. و اشراقی، ح.، (۱۳۹۴)، "مدل‌سازی دینامیکی اثر سیاست دوگانه‌سوز کردن خودروها بر میزان تولید آلودگی و مصرف انرژی"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره هفدهم، شماره ۱، بهار، ص. ۱۹-۱.

انجام تحقیقات آتی، می‌توان با کمی‌سازی داده‌ها و همچنین استفاده از نرم‌افزارهای پویاشناسی سیستم‌ها نسبت به بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای توسعه استفاده از گاز طبیعی فشرده (CNG) به جای بنزین در سیستم حمل‌ونقل جاده‌ای ایران اقدام نمود.

۶- پی‌نوشت‌ها

- 1- Compressed Natural Gas (CNG).
- 2 - Liquid Petroleum Gas (LPG)
- 3 - Jay W. Forester.
- 4 - Natural Gas Vehicle (NGV)
- 5 - Natural Gas (NG)
- 6 - Carbon Dioxide (CO2).
- 7 - System Dynamics.
- 8 - Delphi Technique.
- 9- Gross domestic Product (GDP)

۷- مراجع

- استادی جعفری، م. و حسینیان، م.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی بلندمدت اثر ترکیبی سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل‌ونقل با استفاده از مدل پویایی سیستم" فصلنامه مهندسی حمل‌ونقل، سال ششم، شماره اول، پاییز.

- امین‌طهماسبی، ح. و رضوی‌نسب، س.ج.، (۱۳۹۸)، "بهبود استفاده از سوخت CNG در بخش حمل‌ونقل با رویکرد تحلیل و توسعه گزینه‌های استراتژیک" فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، جلد ۵، شماره ۱۵، ص ۱۴۵-۱۶۹.

- عزتی آراسته‌پور، ف.، سهرابی، ر.، صمدی، ع. و رهبر، ا.ح.، (۱۳۹۷)، "دستیابی به آینده حمل‌ونقل پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی سناریو، مطالعه موردی: حمل‌ونقل درون‌شهری همدان" پژوهشنامه حمل‌ونقل، شماره ۵۶، پاییز.

- آراستی، ز.، بدری، ح.، حجازی طه، ح. و گیلری ز.، (۱۳۹۵)، "تحلیل متغیرهای اقتصادی مؤثر بر صنعت نان ایران با رویکرد پویاشناسی سیستم‌ها" مهندسی صنایع و مدیریت شریف، دوره ۲۱-۱، شماره ۲/۲، ص. ۲۶-۱۹.

- مختاری، ق.، (۱۳۹۶)، "ترویج نگرش سیستمی به چالش‌های کشور؛ مسئولیت انجمن پویاشناسی سامانه‌ها"، اولین کنفرانس ملی انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها.

- جوکار، ز. و مختار، ع.ر.، (۱۳۹۶)، "سیاست‌گذاری در صنعت سیمان به‌منظور کاهش مصرف انرژی و انتشار CO2 با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک"، اولین کنفرانس ملی انجمن ایرانی پویاشناسی سامانه‌ها.

- Shah, M. S., Halder, P. K., Shamsuzzaman, A. S. M., Hossain, M. S., Pal, S. K., & Sarker, E. (2017). Perspectives of biogas conversion into Bio-CNG for automobile fuel in Bangladesh. *Journal of Renewable Energy*, Vol. 2017, pp. 1-14.
- Hosseini, M., Dincer, I., & Ozbilen, A., (2018), "Expert Opinions on Natural Gas Vehicles Research Needs for Energy Policy Development". In *Energetic, Energetic and Environmental Dimensions* pp. 731-750.
- Wang, H., Fang, H., Yu, X., & Wang, K., (2015), "Development of natural gas vehicles in China: An assessment of enabling factors and barriers". *Energy Policy*. Vol. 85, pp. 80-93.
- Khan, M. I., (2017), "Policy options for the sustainable development of natural gas as transportation fuel". *Energy Policy*. Vol. 110, pp. 126-136.
- Khan, M. I., & Yasmin, T., (2014), "Development of natural gas as a vehicular fuel in Pakistan: issues and prospects". *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. Vol.17, pp. 99-109.
- Yuan, J. H., Zhou, S., Peng, T. D., Wang, G. H., & Ou, X. M., (2018), "Petroleum substitution, greenhouse gas emissions reduction and environmental benefits from the development of natural gas vehicles in China". *Petroleum Science*, 15(3), pp. 644-656.
- Romejko, K., & Nakano, M., (2017), "Portfolio analysis of alternative fuel vehicles considering technological advancement, energy security and policy". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 142, pp. 39-49.
- Sadeq Tabrizi J, Gharibi F., (2012), "Developing a national accreditation model via Delphi Technique". *Hospital Journal*. 11 (2), pp.9-18.
- قاسمی تودشکی، ه.، (۱۳۹۰)، "تعیین ترکیب بهینه بنزین و گاز در ناوگان خودروهایی سبک شهر تهران"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی دانشگاه خوارزمی.
- کاظمی، ع.، و حسین زاده ع.، (۱۳۹۵)، "انتخاب سناریوی برتر برای افزایش درآمد ارزی دولت در سیستم انرژی: کاربردی از رویکرد پویایی سیستم" مدیریت تولید و عملیات، دوره هفتم، شماره (۲) پیاپی (۱۳) پاییز و زمستان، ص. ۸۲-۶۳.
- کاظمی زاده، ز. و پارسا فر، ن.، (۱۳۹۰)، "بررسی تطبیقی چالش های استفاده از CNG به عنوان سوخت جایگزین در بخش حمل و نقل با نتایج حاصل از نظرسنجی" یازدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک ۲ و ۳ اسفند.
- محمدی، ع.، شاهمرادی مقدم، ه. و شفیع زاد، ا.، (۱۳۹۲)، "تحلیل و بهبود معماری کسب و کار در یک زنجیره تأمین چهار سطحی با استفاده از رویکرد سیستم های دینامیکی". دهمین کنفرانس بین المللی صنایع.
- مرتضایی، س.م.، مساح، ح.ر. و سلکی، ا.، (۱۳۸۶)، "گاز طبیعی و مصرف آن به عنوان سوخت وسایل نقلیه"، دومین کنفرانس احتراق ایران مشهد.
- مهدوی عادل، م.ح.، قزلباش، ا.، و دانش نیا، م.، (۱۳۹۱)، "اثر تغییرات قیمت نفت بر متغیرهای عمده کلان اقتصاد ایران"، فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی، سال اول، شماره ۳، تابستان، ص. ۱۷۰-۱۳۱.
- میرفتاح، س.م.، (۱۳۸۹) "سیاست های توسعه ای حمل و نقل گازسوز (CNG) در سایر کشورها" مجله اقتصادی - ماهنامه بررسی مسائل و سیاست های اقتصادی شماره های ۱۱ و ۱۲، بهمن و اسفند، ص. ۶۰ - ۴۳.
- Kiani, B., & Pourfakhraei, M. A., (2010), "A system dynamic model for production and consumption policy in Iran oil and gas sector". *Energy Policy*. 38(12), pp. 7764-7774.
- Ostadijafari, M., and Javanshir, H., (2014), "An Appraisal of Sustainable Urban Transportation: Application of a System Dynamics Model". *International Journal of Transportation Engineering*. 2(1), pp. 47-66.
- Lorenzi, G, and Baptista, P., (2018), "Promotion of renewable energy sources in the Portuguese transport sector: A scenario analysis". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 186, pp. 918-932.

Analysis of the Effective Variables of the Development of Use of Compressed Natural Gas (CNG) Instead of Gas in Iran's Road Transport System Using the System Dynamics Model

Hamzeh Amin-Tahmasbi, Assistant Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, East of Guilan, University of Guilan, Iran.

Seyed Jamalaldin Razavinasab, Ph.D. Student, Islamic Azad University, Anzali International Branch, Iran.

E-mail: amintahmasbi@guilan.ac.ir

Received: March 2020-Accepted: September 2020

ABSTRACT

Energy is one of the most important issues of the world today. Given the limited energy resources and the increase in the prices of energy carriers in Iran, identification of methods and solutions for supplying resources and energy consumption in the energy and energy industries such as transportation is very necessary. In this regard, due to the rich natural resources of the country and the government's investment in this sector, the importance and role of compressed natural gas (CNG) as one of the best gasoline alternatives in cars in the past years has been identified. On the other hand, due to the role of various factors in economics, politics and society in the performance of this industry, policy and planning are associated with particular complexities. Hence, in this paper, a systematic approach is proposed to provide appropriate solutions for the development of optimal use of compressed natural gas (CNG) instead of petrol as a fuel for the road transport sector based on the important impacts of this industry and their effectiveness on the basis of the dynamic system Designed and decomposed. An approach that involves and interacts with all the factors involved, as well as adopting a glimpse into the compressed natural gas (CNG) industries in the transportation sector, provides appropriate solutions for the development of an appropriate economic system. Accurate and timely information, creates a long-term program for the fuel basket, Suitable fuel prices, the proportions of the growth of Duncan cars with compressed natural gas (CNG) supply sites, are known as effective development variables in use of compressed natural gas (CNG) instead of gas is known in Iran's road transport system. Finally, make the necessary and effective suggestions based on the systematic analysis to create a growing trend to government officials and policy makers.

Keywords: Compressed Natural Gas (CNG), Energy, Transportation, System Dynamics