پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران
سال پنجم، شماره ۱۸، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۹۸-۶۱

# تحلیل سیستمی تقاضای بنزین و برآورد کشش قیمتی تقاضای آن در استان تهران

رحمان زارعیان مزرعه خسرو [۱] حامد شکوری گنجوی [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

## چکیده

راه یافتن خودروها در زندگی بشر در ابتدای امر، موجب رشد و توسعه همه‌جانبه زندگی بشر شد؛ اما با همه‌گیر شدن استفاده از این وسایل نقلیه بخصوص استفاده شخصی، مشکلات و عوارض زیان‌بخشی را در ابعاد سلامت، اقتصاد و محیط‌زیست به بار آورد که بخش بزرگی از این عوارض به مقدار و چگونگی مصرف حامل‌های انرژی در حمل‌ونقل این وسایل برمی‌گردد. به‌منظور مدیریت مصرف سوخت به خصوص در حمل‌ونقل در ابتدا لازم است تا سازوکار و ساختار شکل‌دهنده مصرف شناسایی شده و سپس در جهت بهبود آن تلاش شود. نگرش سیستمی و تحلیل سیستم‌ها یکی از مهم‌ترین ابزارهایی است که در تحلیل و حل مسائل مهم اقتصادی و مدیریتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله در ابتدا با استفاده از نمودار علی معلولی، سازوکار و متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف بنزین نشان داده شده است. در گام بعدی به اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی‌شده پرداخته شده و پس از تأیید اعتبار مدل به محاسبه کشش پرداخته می‌شود که کشش قیمتی تقاضا برای زمان حاضر (در شرایطی که قیمت بنزین ۱۰۰۰ تومان باشد) برای بازه کوتاه‌مدت و بلندمدت تهران به ترتیب ۰/۰۹۲- و ۰/۱۲۹- به‌دست آمده است. اندازه کشش محاسبه شده برای استان تهران در این مقاله، نسبت به کشش محاسبه شده در تحقیقات گذشته برای ایران قدری کمتر است که علت آن مربوط به پایین بودن قیمت بنزین نسبت به درآمد خانوار و بالاتر بودن نیاز به حمل‌ونقل در تهران است.

**واژه‌های کلیدی**: قیمت بنزین، تقاضای بنزین، کشش قیمتی تقاضای بنزین، پویایی‌شناسی سیستم‌ها

**طبقه‌بندی *JEL***: C63, E27, P18, O18, L19

---

۱ کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
Email: r.zareyanmk@gmail.com
۲ دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
Email: hshakouri@ut.ac.ir

## ۱- مقدمه

نظر به‌جایگاه و نقش ویژه ایران در حوزه‌ی انرژی در خاورمیانه و جهان و همچنین اهمیت منابع هیدروکربوری، مدیریت صحیح این منابع در فرآیند تولید تا مصرف در کشور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (آناهیده، ۱۳۹۱). از طرفی یکی از مهم‌ترین ابعاد توسعه پایدار، ضرورت حفاظت از محیط‌زیست است. در بعد محیط‌زیست، ۲۱ شاخص برای اندازه‌گیری میزان پایداری تعریف‌شده است که اولین آن، کیفیت هوا است (استی و همکاران[1]، ۲۰۰۵). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌ها یکی از معیارهایی است که کیفیت هوا بر اساس آن اندازه‌گیری می‌شود و برای سنجش میزان پایداری در بعد محیط‌زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد (دپارتمان اقتصاد ملل متحد[2]، ۲۰۰۱). میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ارتباط مستقیمی با مصرف حامل‌های در سطح یک کشور دارد و از جمله مهم‌ترین این حامل‌ها میزان مصرف بنزین است. علاوه بر اثرگذاری بر بعد محیط‌زیست، میزان مصرف بنزین و قیمت آن آثار قابل‌توجهی بر متغیرهای اقتصادی دارد. همچنین در خصوص رفاه خانوارها، افزایش قیمت بنزین علاوه بر افزایش مستقیم هزینه زندگی، منجر به افزایش تورم می‌شود (جلال آبادی و همکاران، ۱۳۸۴؛ کفایی و صبوری کارخانه، ۱۳۹۰؛ نعمت الهی و همکاران، ۱۳۹۲).

روند مصرف بنزین در سطح کشور با توجه به گزارش‌های آماری شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران (شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، ۱۳۹۳) نشان می‌دهد با ثابت بودن سایر شرایط و با افزایش یک‌باره قیمت بنزین، در ابتدا مصرف بنزین شروع به کاهش می‌کند اما پس از مدت‌زمان خاصی (که وابسته به میزان افزایش قیمت بنزین است) رفتار کاهشی تمام شده و مصرف بنزین شروع به افزایش می‌کند. یکی از بازخوردهایی[3]

1 Esty, Levy, Srebotnjak, & Sherbinin
2 United Nations. Dept. of Economic.
3 Feedbacks

که منجر به شروع این روند افزایشی می‌شود، اثر تورم است. درصورتی‌که قیمت بنزین افزایش پیدا کند، آثار تورمی پس از گذشت مدتی (بسته به میزان افزایش قیمت) منجر به بازگشت قیمت واقعی به سطح قبلی شده و بعد از آن، قیمت واقعی حتی از سطح قبلی کمتر شده و ازآنجاکه درآمد خانوارها تا حدی هماهنگ با تورم افزایش میابد، نسبت قیمت بنزین به درآمد کاهش یافته و جذابیت مصرف افزایش می‌یابد.

به‌طور کلی عامل‌های اثرگذار بر روی مقدار مصرف بنزین را می‌توان در دو دسته قرار داد، دسته اول مربوط به فنّاوری تولید و مصرف و سیاست‌های مربوط به بهبود کیفیت تولید و کارایی مصرف است که در حوزه این پژوهش قرار ندارند و هرجا لازم باشد به‌صورت برون‌زا در مدل‌سازی لحاظ شده‌اند. عامل اصلی دیگرِ مصرف بنزین مربوط به سیاست‌های قیمت‌گذاری و نحوه انتقال اثر این سیاست‌ها بر روی ترجیح مصرف‌کننده و میزان مصرف افراد است که تأکید اصلی این مقاله بر شناسایی این سازوکار می‌باشد. ازآنجاکه در شکل‌گیری مقدار مصرف بنزین، حلقه‌ها و بازخوردهایی[1] درگیر هستند، برای شناخت دقیق و مدل‌سازی اثر قیمت بنزین بر تقاضای بنزین، استفاده از روش‌های آماری و اقتصادسنجی که متغیرها را صرفاً به متغیرهای مستقل و وابسته تفکیک می‌کنند، ناکافی است. چراکه بین متغیرهایی که در این مطالعات، وابسته و مستقل تعریف می‌شوند و حتی در بین متغیرهای مستقل ارتباط دوطرفه‌ای وجود دارد. ازاین‌رو در این مقاله با استفاده از رویکرد سیستمی به مدل‌سازی متغیرها و بازخوردهایی که منجر به رفتار مقاومتی مقدار مصرف بنزین از ناحیه قیمت بنزین می‌گردد (استرمن[2]، ۲۰۰۰)، پرداخته می‌شود.

ساختار این مقاله بدین صورت سازمان‌دهی شده است که در بخش دوم، ادبیات پژوهش به تفکیک تحقیقات با تحلیل‌های سیستمی و تحقیقات با ابزارهای آماری و اقتصادسنجی

---

۱نظیر اثر تورم که در پاراگراف دوم تشریح شده است.

2 Sterman

بررسی شده است. در بخش سوم روش پژوهش، بخش چهارم نمودار زیرسیستم‌ها و در بخش پنجم نمودار علی معلولیِ نشان‌دهنده سازوکار اثرگذاری تغییر قیمت بنزین بر مصرف آن، نشان داده شده‌اند. در بخش ششم روابط ریاضی میان متغیرها، در بخش هفتم اعتبارسنجی و در بخش هشتم کشش قیمتی تقاضای بنزین مورد سنجش قرار گرفته است. در بخش نهم نیز نتایج پژوهش ارائه شده است.

## ۲- مروری بر مطالعات تجربی

در این قسمت تحقیقات صورت گرفته در ادبیات موضوع با دو دسته‌بندی ۱-پژوهش‌ها با تحلیل‌های سیستمی و ۲- پژوهش‌ها با ابزارهای آماری و اقتصادسنجی، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند.

### ۲-۱- پژوهش‌ها با تحلیل‌های سیستمی

یکی از مدل‌های پایه حمل‌ونقل توسط استرمن (۲۰۰۰) ارائه شده است، که در آن یک نمودار علی معلولی را با هدف بررسی حلقه‌های موجود در حمل‌ونقل شخصی ارائه داده است. بازخوردهای مربوط به حجم ترافیک، زمان سفر، ساخت جاده و بزرگراه، جذابیت منطقه و جمعیت آن از جمله مهم‌ترین حلقه‌های این مطالعه هستند. همچنین در بخش دیگر این کتاب با هدف تشریح تأخیر در مدل‌های سیستمی با یک مدل ساده سیستم دینامیکی و بدون استفاده از بازخورد خاصی، مختصراً اثر افزایش قیمت بنزین بر تقاضای آن بررسی شده است.

فروزان و میراسدالهی[1] (۲۰۰۸) با یک مدل پویایی‌شناسی سیستم‌ها[2] و مبتنی بر اصل رقابت به ارائه مدلی برای بررسی میزان تولید خودرو در سال‌های اخیر ایران پرداخته است. همچنین از این مدل چشم‌اندازی در خصوص روند توسعه صنعت خودرو ایران در آینده

1 Forouzan & Mirassadallahi
2 System Dynamics (SD)

ارائه داده است. وکیلی و همکاران[1] (۲۰۰۸) مدلی را برای بررسی استراتژی‌های مختلف در بخش حمل‌ونقل شهر تهران ارائه داده است. دو مورد از بازخوردهای اصلی در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل بازخوردهای: (۱) بازخورد شکل گرفته بین جذابیت رانندگی و ترافیک در حمل‌ونقل، (۲)بازخورد شکل گرفته بین ترافیک و ساخت و توسعه جاده و بزرگراه در شهر است. مدل ارائه شده در این مطالعه با اینکه تعداد متغیر بسیار بالایی دارد اما بازخوردهای در نظر گرفته در آن نسبتاً ناکافی و مبتنی بر مدل استرمن (۲۰۰۰) است و بازخورد جدیدی ارائه نمی‌دهد.

هی و همکاران[2] (۲۰۰۱) به بررسی ارتباط بین حمل‌ونقل شهری و آلودگی هوای شهر پرداخته است. مهم‌ترین بازخورد این مطالعه که در تحقیقات بررسی شده در قبل در نظر گرفته نشده شامل ارتباط بین میزان ترافیک و سطح قانون‌های محیط‌زیستی است. این تحقیق بخش حمل‌ونقل عمومی را نادیده گرفته و فرضیات خود را تنها بر اساس حمل‌ونقل شخصی تدوین کرده است. برخی از بازخوردهای در نظر گرفته شده در استفانو و همکاران[3] (۲۰۰۱) در مدل‌سازی این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه اثر قیمت نفت و جمعیت بر روی متغیرهای حمل‌ونقل مانند میزان ترافیک، زمان سفر، تعداد نفر در خودرو، کارایی خودروها در مصرف بنزین و نهایتاً مصرف سوخت در حمل‌ونقل بررسی شده است. البته یکی از شکاف‌های این تحقیق نادیده‌گیری بخش حمل‌ونقل عمومی در تجزیه‌وتحلیل‌هاست.

از دیگر تحقیقات سیستمی که بررسی آن‌ها حائز اهمیت است، شکوری گنجوی (۱۳۸۳) با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم‌ها به بررسی آثار افزایش قیمت سوخت، به‌ویژه بنزین، بر تورم ناشی از آن پرداخته است. وی نشان داد برای افزایش قیمت بنزین تا مقدار واقعی، بین

1 Vakili, Isaai, & Barsari
2 Hee, Kyoung, & Hong
3 Stefano, Baldoni, Falsini, & Taibi

دو رویکرد تدریجی و یک‌باره، افزایش یک‌باره ارجحیت دارد، وی تأکید کرد که اعمال این سیاست (افزایش یکباره) در شرایط مطلوب اقتصادی و با فرض عدم افزایش نقدینگی اثرات ماندگار کمتری نسبت به افزایش مداوم ۱۰ درصدی که در آن زمان سالانه در بودجه اعمال می‌شد، خواهد داشت.

قبل از هدفمندی یارانه‌ها در کشور به‌منظور کمک به اقشار کم‌درآمد جامعه برای تحقق عدالت اجتماعی یارانه انرژی به‌صورت غیرمستقیم در جامعه عرضه می‌شد. قادری و همکاران (۱۳۸۴) آثار تبدیل یارانه غیرمستقیم به مستقیم را با استفاده از چهار سناریو مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج ایشان نشان داد، تبدیل یک‌باره یارانه غیرمستقیم به مستقیم باعث ایجاد شوک تورمی حداکثر ۵۰ درصد در کشور خواهد شد، اما تبدیل تدریجی (طی ده سال) حداکثر ۱۰ درصد تورم را در پی دارد. اما مدل سیستمی این تحقیق از جوانب زیر با تحقیقات بررسی شده در بالا تفاوت دارد:

- **از نظر میزان جامعیت:** مدل ارائه شده برای بخش حمل‌ونقل این مطالعه نسبت به مدل‌های بررسی شده در بالا جامع‌تر است به گونه‌ای که بخش حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل شخصی و تعاملات بین آن‌ها به‌صورت دقیق‌تر مدل‌سازی شده است. همچنین بخشی از مصرف بنزین مربوط به بخش صنعت و کشاورزی است که اثرگذاری این بخش در مدل‌سازی لحاظ شده است. شایان‌ذکر است که در ایران علاوه بر حمل‌ونقل عمومی، مصرف گاز CNG جایگزین دیگر مصرف بنزین است که در این مقاله اثرگذاری این بخش بر روی میزان مصرف بنزین در نظر گرفته شده است.

- **از نظر بازخوردهای در نظر گرفته شده در مدل‌سازی:** بازخوردهای در نظر گرفته شده در مدل‌سازی بخش حمل‌ونقل برآمدی از مدل‌های ارائه شده در گذشته

است و از تک‌تک آن‌ها کامل‌تر است. همچنین بازخوردهای در نظر گرفته شده در بخش صنعت و کشاورزی نیز از تحقیقات گذشته استنباط شده است.

## ۲-۲- پژوهش‌ها با روش‌های آماری و اقتصادسنجی

در حوزه تحلیل کشش قیمتی و درآمدی بنزین (هم کوتاه‌مدت و هم بلندمدت) تحقیقات به نسبت زیادی در داخل و خارج کشور انجام شده؛ که وجه مشترک تمامی آن‌ها ارائه یک مدل ریاضی رگرسیونی خطی و یا لگاریتمی برای مصرف بنزین بر اساس قیمت، درآمد خانوارها، جمعیت، تعداد خودروها و متغیرهای دیگر بوده است و سپس بر اساس این مدل‌ها به محاسبه کشش پرداخته‌اند. در ادامه این پژوهش‌ها به تفکیک داخلی یا خارجی بودن مورد بررسی قرار گرفته و در انتهای بخش نتایج این دودسته به‌صورت خلاصه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد.

از جمله تحقیقات داخلی ابونوری و شیوه (۱۳۸۲) تابع مصرف بنزین کشور را بر طبق داده‌های سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۱، برآورد نموده است. خودرو، درآمد ملی و قیمت بنزین عامل‌هایی هستند که در این پژوهش بر مصرف بنزین اثرگذار عنوان شده‌اند. ختایی و اقدامی (۱۳۸۴) با بررسی داده‌های بین سال‌های ۸۱-۱۳۵۹ به برآورد تابع تقاضای بنزین بر اساس قیمت حقیقی بنزین و تعداد خودروها پرداخته است. نتایج نشان داده است که بین تقاضای بنزین با قیمت واقعی بنزین تنها یک رابطه ضعیف منفی وجود دارد. زراءنژاد و قپانچی (۱۳۸۵) با بررسی داده‌های ۸۲-۱۳۸۶ نشان داده‌اند که تقاضای بنزین نسبت به قیمت و درآمد بی‌کشش است؛ بنابراین بنزین جزء کالاهای ضروری است.

حسینی و شفیعی (۱۳۸۵) راهکارهایی را برای کاهش تقاضای بنزین ارائه می‌دهد که آن‌ها در دو گروه طبقه‌بندی کرده است. با توجه به اینکه بخش اعظمی از تقاضای بنزین مربوط به تقاضای سفر است، گروه اول راهکارهایی هستند که تقاضا برای سفر را محدود می‌کنند

و گروه دوم راهکارهایی هستند که نیاز به حمل‌ونقل را کاهش می‌دهند. نتایج ایشان نشان داد که با افزایش ضریب نفوذ کسب‌وکار الکترونیکی (به میزان ۱۰ درصد) با تأثیر بر کاهش نیاز افراد، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش مصرف بنزین (به میزان ۵ درصد) ایفا کند.

مهرگان و قربانی (۱۳۸۸) تابع تقاضای بنزین در کوتاه‌مدت و بلندمدت (طی دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۵) را تابعی از قیمت حقیقی بنزین، تولید ناخالص داخلی، تعداد و عمر متوسط خودروها در نظر گرفته است. نتایج نشان داده است که با افزایش صددرصدی قیمت بنزین در کوتاه‌مدت مصرف بنزین تنها ۴ درصد کاهش یافته و در بلندمدت این افزایش قیمت، اثری بر روی مصرف بنزین ندارد.

شاکری و همکاران (۱۳۸۹) مدل سری زمانی ساختاری بر اساس داده‌های مربوط به سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۶ ارائه داده‌اند تا تقاضای فرآورده‌های نفتی را مدل‌سازی کند. عبدلی و محمدی (۱۳۹۰) با استفاده از روش خود توضیح برداری با وقفه‌های گسترده نشان دادند که داده‌های درآمد سرانه، مصرف سرانه بنزین و قیمت واقعی بنزین مانا از درجه یک و در بلندمدت دارای رابطه هستند. موسوی (۱۳۹۲) به تعیین قیمت بهینه بنزین و نفت‌گاز در بخش حمل‌ونقل پرداخته است. همچنین نتایج ایشان نشان داد که کشش تقاضای بنزین و نفت گاز در بخش حمل‌ونقل کمتر از یک بوده و به ترتیب ۰/۳- و ۰/۲- است.

کاظمی و همکاران[1] (۲۰۱۰) با استفاده از شبکه‌های عصبی به پیش‌بینی مصرف سالانه بنزین در ایران پرداخته است. تولید ناخالص داخلی، جمعیت، تعداد وسایل نقلیه و مصرف بنزین در سال قبل به‌عنوان شاخص برای پیش‌بینی مصرف بنزین طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ استفاده شده‌اند. بزازان و پورباقر (۱۳۹۲) پس از بررسی بعد زیست‌محیطی سیاست

1 Kazemi, Shakouri, Menhaj, Mehregan, & Neshat

حذف یارانه‌های بنزین و گازوئیل، توجه و تمرکز بر آثار اقتصادی حذف یارانه انواع حامل‌های انرژی توسط محققان و پژوهشگران را، عامل اصلی کاهش توجه آنان به بعد زیست‌محیطی چنین سیاست‌هایی دانسته‌اند.

خوش‌کلام خسروشاهی (۱۳۹۳) به بررسی اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارآیی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران پرداخته است. نتایج عددی این بررسی نشان داد بهبود ۱۰ درصد در کارآیی در مصرف بنزین و گازوئیل، با کاهش یافتن هزینه مؤثر این فرآورده‌ها بیشترین اثر را بر رشته فعالیت حمل‌ونقل جاده‌ای دارد که مقدار آن ۲۷/۴۵ درصد است.

در تحقیقات بین‌المللی، هاورانک و همکاران[1] (۲۰۱۲) با استفاده از آنالیز متا[2] به بررسی تحقیقات صورت گرفته در قبل پرداخته و به‌طور میانگین (برای تمامی کشورها) کشش کوتاه‌مدت و بلندمدت قیمت بنزین را به ترتیب ۰/۰۹- و ۰/۳۱- بیان کرده است. هاورانک و همکاران[3] (۲۰۱۳) نیز با توجه به تحقیقات گذشته که در کشورهای مختلف انجام شده‌اند و با روش متا آنالیز، کشش درآمدی کوتاه‌مدت و بلندمدت بنزین را به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۶۶ بیان کرده است.

لیدل[4] (۲۰۱۲) به بررسی ارتباط بین میزان مصرف سرانه بنزین با درآمد، قیمت بنزین و تعداد خودروها در کشورهای OECD پرداخته است. در این پژوهش نشان داده شده است که از سمت قیمت بنزین به سمت مصرف بنزین و از درآمد به سمت تعداد خودروها رابطه علیت گرنجری[5] وجود دارد. کویل و همکاران[6] (۲۰۱۲) به تقریب تابع عرضه و تقاضای بنزین در آمریکا پرداخته است و کشش قیمتی عرضه را ۰/۲۹ محاسبه کرده است. سن[7]

1 Havranek, Irsova, & Janda
2 Meta-Analysis
3 Havránek, & Ondrej
4 Liddle
5 Granger Causality Relation
6 Coyle, DeBacker, & Prisinzano
7 Sene

(۲۰۱۲) تابع تقاضای بنزین را بر اساس متغیرهای مستقل جمعیت، قیمت بنزین، شاخص قیمت برای حمل‌ونقل عمومی و درآمد سرانه کشور سنگال را بر اساس داده‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۸ تخمین زده است.

بلاندل و همکاران [1] (۲۰۱۲) تابع تقاضای بنزین را بر اساس قیمت و درآمد سرانه را برای کشور ایالات متحده آمریکا تخمین زده است. در این تابع ارتباط خطی بین لگاریتم داده‌ها ایجاد شده است. بروینگ [2] (۲۰۱۲) نیز به تخمین تابع تقاضای بنزین برای کشور آمریکا و استرالیا پرداخته و نتایج آن‌ها را با هم مقایسه کرده است. اندرسون [3] (۲۰۱۲) مصرف را به‌عنوان جانشین مصرف بنزین مورد بررسی قرار داده است. ایشان نشان داده است که افزایش ۱۰ درصدی قیمت اتانول منجر به کاهش ۱۶-۱۲ درصدی مصرف اتانول در کشور آمریکا می‌شود. همان‌طورکه در مروری بر مطالعات مشاهده شد، یکی از موضوعاتی که در گذشته مورد توجه بسیاری از محققین حوزه انرژی بوده است به بررسی کشش قیمتی و درآمدی تقاضای بنزین است. با استفاده از این کشش تا حدی می‌توان اثر سیاست‌های مختلف قیمتی را بر میزان مصرف مورد ارزیابی قرار داد. طبیعتاً این کشش منفی است اما اینکه مقدار آن چه میزان است، مورد بحث برای پژوهشگران زیادی بوده است. با بررسی مطالعات گذشته مشخص است که مقدار این کشش وابستگی زیادی به زمان و مکان اعمال تغییرات قیمت بنزین دارد. جدول (۱) خلاصه نتایج برخی پژوهش‌ها به تفکیک داخل و خارج کشور را نشان می‌دهد.

1 Blundell, Horowitz, & Parey
2 Breunig
3 Anderson

جدول ۱. خلاصه نتایج حاصله از تحقیقات صورت گرفته بر روی کشش کوتاه‌مدت و بلندمدت تقاضا و درآمد

| تحقیق | کشش قیمتی کوتاه‌مدت | کشش قیمتی بلندمدت | کشش درآمدی کوتاه‌مدت | کشش درآمدی بلندمدت | کشور مورد بررسی | دوره زمانی بررسی‌شده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| زراء نژاد و قپانچی (۱۳۸۵) | -۰/۱۴ | -۰/۱۲۴ | - | -۰/۰۶ | ایران | |
| مهرگان و قربانی (۱۳۸۸) | -۰/۰۴ | - | ۰/۵۷ | ۰/۸۹ | ایران | |
| عبدلی و محمدی (۱۳۹۰) | -۰/۱۱ | -۰/۱۷ | ۰/۷۸ | ۱/۲۸ | ایران | |
| شاکری و همکاران (۱۳۸۹) | -۰/۲۴ | -۰/۳۰ | - | - | ایران | |
| میانگین برای ایران | -۰/۱۳۲۵ | -۰/۱۹۸ | ۰/۶۷۵ | ۰/۷۰ | ایران | |
| هاورانک و همکاران (۲۰۱۲) | -۰/۰۹ | -۰/۳۱ | - | - | درآمدی بر تحقیقات گذشته | |
| هاورانک و کوکس (۲۰۱۵) | - | - | ۰/۲۸ | ۰/۶۶ | درآمدی بر تحقیقات گذشته | |
| عثمان سن (۲۰۱۲) | -۰/۱۲۱۲ | - | ۰/۴۵۸ | - | سنگال | 1970-2008 |
| برووینگ (۲۰۱۲) | -۰/۰۱۳ | -۰/۰۸۳ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۷۵ | U. S. | 1982-2007 |
| | -۰/۰۱۲ | -۰/۳۰ | ۰/۲۱ | ۰/۵۳ | استرالیا | 1979-2006 |
| میانگین کشورهای غیر ایران | -۰/۰۳۲ | -۰/۲۳۱ | ۰/۲۶۵ | ۰/۴۲ | | |

منبع: یافته‌های پژوهش

با تجزیه‌وتحلیل جدول فوق می‌توان دریافت نسبت کشش بلندمدت مصرف بنزین به کشش کوتاه‌مدت در کشورهای دیگر بسیار بالاتر از مقادیر محاسبه شده برای ایران است و در کشورهای دیگر با افزایش قیمت بنزین تغییر بیشتری در سبک و سیاق بلندمدت مردم در مصرف بنزین مشاهده می‌شود. برای این موضوع چهار علت اساسی وجود دارد.

علت اول اثر تورمی است که منجر به کاهش قیمت واقعی بنزین کشور در بلندمدت می‌شود و افزایش قیمت بنزین خنثی می‌شود. علت دوم مربوط به کارآیی و پوشش پایین سیستم حمل‌ونقل عمومی در کشور است به‌گونه‌ای که برای فرد جابجایی هزینه و وقت با مشکلات حمل‌ونقل عمومی صورت نمی‌گیرد. علت سوم عدم وجود زیرساخت‌های لازم برای وسایل حمل‌ونقل سبک مانند دوچرخه یا موتورسیکلت است و علت چهارم که در سال‌های قبل‌تر بیشتر مصداق دارد، کم بودن نسبت قیمت به درآمد در کشور است به‌گونه‌ای که مصرف‌کنندگان حساسیت چندانی نسبت به این افزایش قیمت‌ها نداشته‌اند.

مطالعات انجام شده با ابزارهای آماری و اقتصادسنجی که صرفاً اعداد را تجزیه‌وتحلیل کرده‌اند، نمی‌توانند ساختار مناسبی که اثر افزایش قیمت بر روی مصرف را نشان دهد، ارائه دهند. به‌عبارت‌دیگر با کمک آن‌ها می‌توان نتایج حاصل از افزایش قیمت بنزین بر تغییرات مصرف را تنها به‌صورت عددی سنجید و با مطالعه آن‌ها نمی‌توان نگاه سیستمی و جامعی نسبت به ساختاری که اثر افزایش قیمت را بر روی مصرف بنزین منتقل می‌کند، حاصل کرد. چراکه آنان مصرف را وابسته از متغیرهای مستقل در نظر گرفته‌اند، درحالی‌که این ادعا وجود دارد که میان متغیرهای مستقل نیز رابطه و بازخورد وجود دارد یا حتی متغیری که اصطلاحاً و صرفاً وابسته در نظر گرفته شده است، می‌تواند بر متغیرهایی که اصطلاحاً مستقل نامیده می‌شوند، اثر بگذارد. همچنین در تحقیقات سیستمی که در بالا مورد بررسی قرار گرفته است نیز تاکنون مدل جامع نشان‌گر این ساختار در ایران ارائه نشده است و هرکدام از آن‌ها بخشی از سیستم انتقال اثر قیمت بر روی مصرف بنزین را مدل‌سازی کرده‌اند. بنابراین این پژوهش با جمع‌بندی مطالعات پیشین سعی می‌کند ساختاری از متغیرها، بازخوردها و روابط علی ارائه دهد تا به‌وسیله آن بتوان تا حد امکان بازخوردها و متغیرهای دخیل در سیستم را شناسایی کرد.

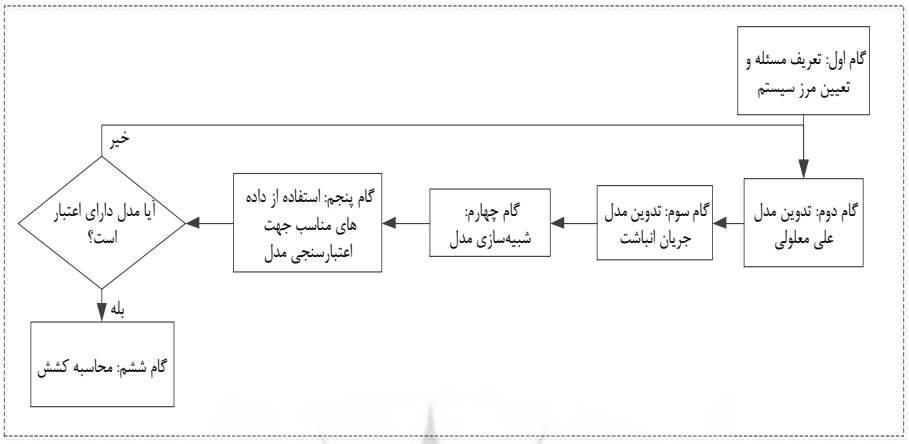
## ٤- روش پژوهش

در این مطالعه از ابزار پویایی‌شناسی سیستم‌ها به‌منظور مدل‌سازی آثار قیمت بنزین بر میزان مصرف آن استفاده می‌شود. این روش که مبنای خود را بر اساس معادلات دیفرانسیل قرار داده است، از جهاتی نسبت به روش‌های اقتصادسنجی مرسوم، ارجحیت دارد. اولاً تا آنجا که مرز سیستم امکان دهد، متغیرهای اثرگذار و اثرپذیر را در نظر می‌گیرد و بر اساس یک ساختار به تجزیه‌وتحلیل می‌پردازد؛ درصورتی‌که روش‌های آماری و اقتصادسنجی ساختار خود را بر اساس اعداد و ارقام تشکیل می‌دهند. ثانیا در پویایی‌شناسی سیستم‌ها بازخوردهای موجود که در مقابل تغییرات مقاومت می‌کنند و یا باعث تشدید اثرگذاری می‌شوند را شناسایی کرده و در حصول نتایج دخیل می‌کنند.

ثالثا تحقیقات با ابزارهای اقتصادسنجی و آماری برای کل بازه زمانی یک کشش ثابت را ارائه می‌دهند، در صورتی که کشش محاسبه شده با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی همانند پویایی‌شناسی سیستم‌ها به ورودی‌ها بستگی دارد. به‌عنوان مثال، در این مطالعه کشش محاسبه شده مختص زمانی است که قیمت بنزین ۱۰۰۰ تومانی باشد و اگر این کشش برای زمان‌های دیگر محاسبه شود، مقدار متفاوتی به دست خواهد داد. در صورتی که تحقیقات با ابزارهای دیگر که در ادبیات تحقیق به دفعات مورد استفاده قرار گرفته‌اند، برای یک بازه زمانی چندساله تنها یک کشش ثابت را ارائه می‌دهند.

به‌طور کلی روش پژوهش پیش رو را می‌توان طی فرآیند نشان داده شده در شکل ۳ بیان کرد (استرمن[1]، ۲۰۰۰).

1 Sterman




شکل ۳. فرآیند انجام تحقیق حاضر بر اساس متدولوژی پویایی‌شناسی سیستم‌ها

منبع: استرمن (۲۰۰۰)

بر طبق فرآیند خلاصه شده در شکل فوق، در گام اول مسأله موردنظر به‌صورت دقیق تعریف شده و پس از شناخت دقیق آن، با مطالعه منابع موجود و نظرات صاحب‌نظران، زیرسیستم‌های دخیل در شکل‌گیری تقاضای بنزین شناسایی می‌شوند. شناسایی این زیرسیستم‌ها به‌نوعی حد و مرز مدل را مشخص می‌کند. در گام دوم، پس از شناسایی زیرسیستم‌ها، متغیرها و بازخوردهایی که در هر زیرسیستم وجود دارند، استخراج می‌شود. در این مرحله مدل علی-معلولی سیستم با استفاده از متغیرها و حلقه‌های شناسایی شده، ایجاد می‌شود. در این گام حلقه‌ها و بازخوردها با علامت مثبت و منفی در شکل نشان داده می‌شوند و همچنین علامت کمان‌ها به لحاظ اثرگذاری مثبت یا منفی تعیین می‌شود.

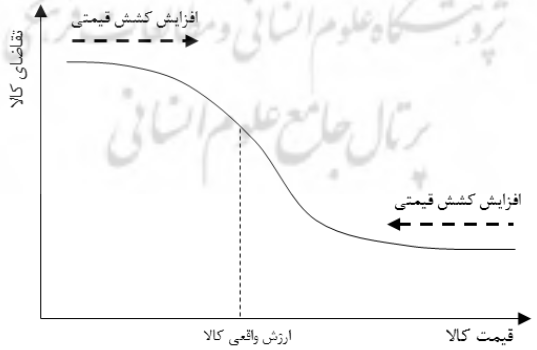
در گام سوم پس از تدوین مدل علی معلولی مناسب، مدل جریان-انباشت[1] از روی مدل علی-معلولی با شناسایی متغیرهای انباره و نرخ ایجاد می‌شود و روابط ریاضی بین متغیرها، با استفاده منطق روابط، داده‌های موجود و نظر خبرگان تعیین می‌شود. در گام چهارم مدل ریاضی با استفاده از نرم‌افزارهایی که با هدف شبیه‌سازی مدل‌های سیستمی وجود دارند،

1 Stock Flow Diagram

شبیه‌سازی می‌شود. در این مقاله از نرم‌افزار Vensim PLE استفاده شده است.در گام پنجم، به‌منظور ایجاد اطمینان از اینکه مدل، واقعیات درون سیستم را به خوبی مدل‌سازی کرده است، اعتبارسنجی صورت می‌گیرد. برای اعتبارسنجی از آزمون‌هایی مانند رفتار مرجع، آزمون ساختاری، آزمون رفتار ساختاری، آزمون رفتار حدی و ... استفاده شده و اعتبار مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت در گام ششم، پس از تأیید اعتبار مدل، با اعمال تغییرات بر روی قیمت واقعی بنزین رفتار مصرف بنزین مورد بررسی قرار می‌گیرد و با استفاده از **Error! Reference source not found.** به محاسبه کشش پرداخته می‌شود.

$$E = \frac{D_{t+\tau} - D_t}{P_{t+\tau} - P_t} \times \frac{P_t}{D_t} \quad (۱)$$

در این معادله $P_t$ مربوط به قیمت در زمان t، $D_t$ مربوط به تقاضا در زمان t و $\tau$ مربوط به بازه زمانی است که کشش برای آن محاسبه می‌شود. کشش قیمتی تقاضا برای یک کالا همواره مقدار ثابتی نیست و بسته به نقطه تغییر قیمت دارد. با فرض ثبات سایر شرایط، کشش در قیمت‌های خیلی پایین‌تر و یا خیلی بالاتر از ارزش واقعی کالا، مقدار پایین‌تری نسبت به نقاط دیگر دارد (شکل ۴).



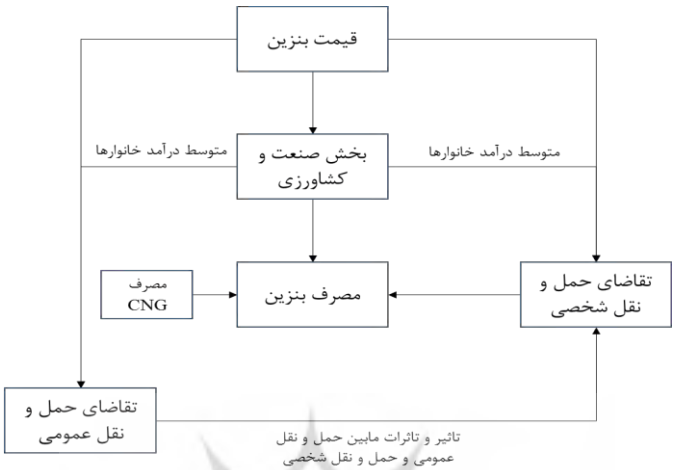

شکل ٤. تابع تقاضا و نحوه تغییر کشش قیمتی با توجه به نقطه تغییر قیمت منبع: بومل و بلایندر[1] (۲۰۱۵)

1 Baumol, and Blinder

ذکر این نکته اهمیت دارد که برای محاسبه کشش قیمتی، تنها تغییر تقاضا از ناحیه تغییر قیمت باید دیده شود و سایر پارامترهای ورودی به مدل نظیر درآمد، قیمت حامل‌های جایگزین، هزینه حمل‌ونقل عمومی و ... مقدار ثابتی داشته باشند.

## ٤- نمای کلی از سیستم شکل‌گیری تقاضای بنزین (نمودار زیرسیستم‌ها)

به‌طور کلی مدل ارائه شده شامل سه بخش اساسی حمل‌ونقل شخصی، حمل‌ونقل عمومی و بخش صنعت و کشاورزی است که تغییرات قیمت بنزین ارتباطات مستقیم و غیرمستقیمی با آنها دارد (شکل ۵)). همچنین ارتباط دوسویه‌ای بین حمل‌ونقل شخصی و عمومی وجود دارد که از تغییر جذابیت یکی نسبت به دیگری حاصل می‌شود. اصلی‌ترین حامل جانشین بنزین، مصرف CNG است که منجر به کاهش مصرف بنزین در بخش حمل‌ونقل می‌شود و لذا در این مقاله اثر آن با فرض برون‌زا بودن تعداد خودروها در نظر گرفته شده است. شایان ذکر است به زیرسیستم حمل‌ونقل شخصی در استرمن (۲۰۰۰)، وکیلی و همکاران (۲۰۰۱)، هی و همکاران (۲۰۰۱) و استیفانو و همکاران (۲۰۱۰)، زیرسیستم حمل‌ونقل عمومی در وکیلی و همکاران (۲۰۰۸) و انتقال اثر تورمی بنزین بر تورم جامعه از طریق بخش صنعت و کشاورزی در مراجع آناهیده (۱۳۹۱)، نعمت الهی و همکاران (۱۳۹۲)، شکوری گنجوی (۱۳۸۳) و ابونوری و شیوه (۱۳۸۵) اشاره شده است که نمودار زیرسیستم‌ها و مدل این تحقیق تمامی این زیرسیستم‌ها را پوشش می‌دهد.




شکل ۵. نمودار زیرسیستم‌ها از مدل ارائه شده برای بررسی اثر افزایش قیمت بنزین بر مصرف آن

منبع: یافته‌های پژوهش

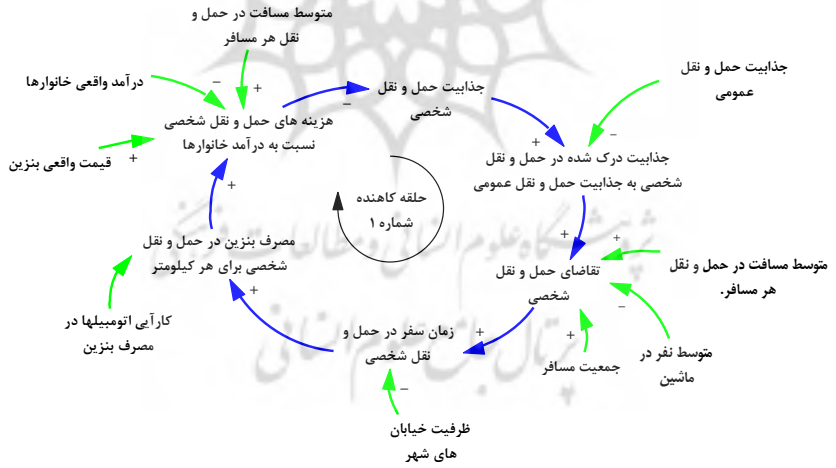
## ۵- نمودار علی معلولی

در این بخش نمودار علی معلولی به تفکیک هر قسمت از مدل تبیین شده و بازخوردهای اصلی تشریح خواهد شد.

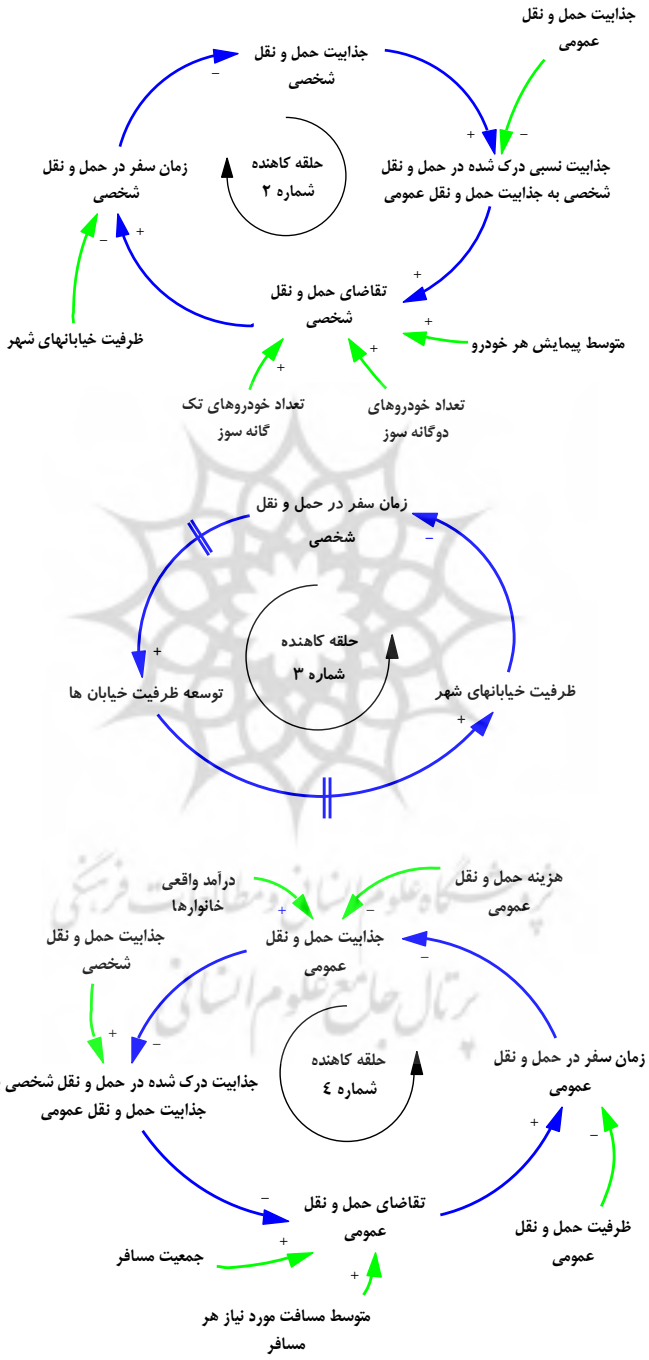
### ۵-۱- نمودار علی معلولی بخش حمل‌ونقل

حلقه شماره ۱ بیان‌گر تأثیر و تأثر مابین هزینه و تقاضا در حمل‌ونقل شخصی است. افزایش قیمت بنزین منجر به افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل می‌شود و افزایش هزینه‌ها جذابیت حمل‌ونقل شخصی نسبت به هزینه حمل‌ونقل عمومی را کاهش می‌دهد. پس از درک این جذابیت تقاضای حمل‌ونقل شخصی کاهش پیدا کرده و منجر به کاهش ترافیک در سطح شهرها و جاده‌ها می‌شود. با کاهش ترافیک، زمان سفر در حمل‌ونقل شخصی کاهش یافته و منجر به افزایش جذابیت حمل‌ونقل شخصی می‌شود؛ که در اینجا آثار غیر مستقیم کاهش زمان سفر در حمل‌ونقل شخصی با توجه به اثر آن بر روی کاهش هزینه‌ها نیز در نظر گرفته شده است. حلقه شماره ۲ از این شکل نیز بیان‌گر حلقه تعادلی زمان در حمل ونقل شخصی است، این بازخورد به شکلی دیگر و با استفاده از متغیر ترافیک در

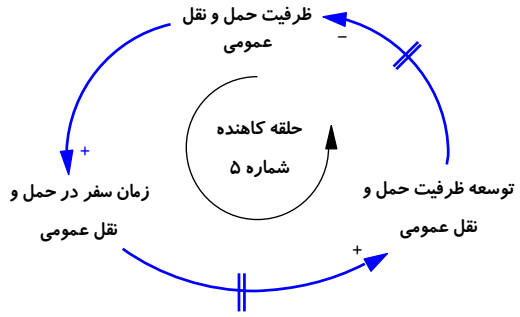
مراجع استرمن (۲۰۰۰)، هی و همکاران (۲۰۰۱) و وکیلی و همکاران (۲۰۰۸) در نظر گرفته شده است. حلقه ۳ پویایی بین میزان ترافیک و ظرفیت خیابان‌های شهر را نشان می‌دهد. در این حلقه افزایش ترافیک منجر به اتخاذ تصمیم برای افزایش ظرفیت خیابان‌ها شده و طی چند سال ظرفیت خیابان‌های شهر افزایش پیدا می‌کند (استرمن (۲۰۰۰)، وکیلی و همکاران (۲۰۰۸) و هی و همکاران (۲۰۰۱)). طی حلقه ۴، درصورتی‌که قیمت بنزین افزایش یابد، جذابیت حمل‌ونقل شخصی به حمل‌ونقل عمومی کاهش یافته و از این طریق تقاضای حمل‌ونقل عمومی افزایش میابد. با افزایش یافتن تقاضای حمل‌ونقل عمومی، میزان زمان سفر در حمل‌ونقل عمومی افزایش یافته و منجر به کاهش جذابیت حمل‌ونقل عمومی شده و تقاضای حمل‌ونقل عمومی و شخصی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت بر طبق حلقه ۵، با توجه به زمان سفر در حمل‌ونقل عمومی ظرفیت حمل‌ونقل عمومی با تأخیر توسعه پیدا خواهد کرد (وکیلی و همکاران (۲۰۰۱)).




شکل ٦. بازخوردهای موجود در حمل‌ونقل شخصی و عمومی ¬ منبع: یافته‌های پژوهش


جذابیت حمل و نقل
عمومی
جذابیت حمل و نقل
شخصی
جذابیت نسبی درک شده در حمل و نقل
شخصی به جذابیت حمل و نقل عمومی
حلقه کاهنده
شماره ۲
زمان سفر در حمل و نقل
شخصی
تقاضای حمل و نقل
شخصی
ظرفیت خیابانهای شهر
متوسط پیمایش هر خودرو
تعداد خودروهای تک
گانه سوز
تعداد خودروهای
دوگانه سوز
زمان سفر در حمل و نقل
شخصی
حلقه کاهنده
شماره ۳
توسعه ظرفیت خیابان ها
ظرفیت خیابانهای شهر
هزینه حمل و نقل
عمومی
درآمد واقعی
خانوارها
جذابیت حمل و نقل
عمومی
جذابیت حمل و نقل
شخصی
حلقه کاهنده
شماره ٤
جذابیت درک شده در حمل و نقل شخصی به
جذابیت حمل و نقل عمومی
زمان سفر در حمل و نقل
عمومی
تقاضای حمل و نقل
عمومی
ظرفیت حمل و نقل
عمومی
جمعیت مسافر
متوسط مسافت مورد نیاز هر
مسافر

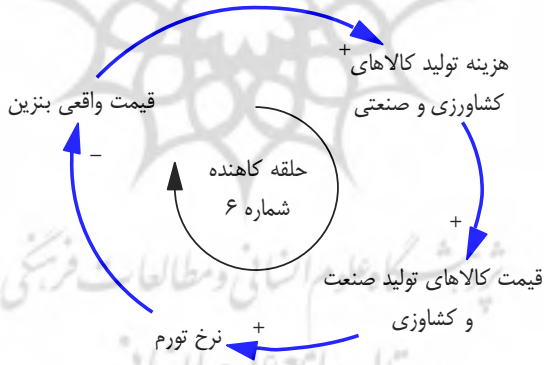
شکل ۷. ادامه

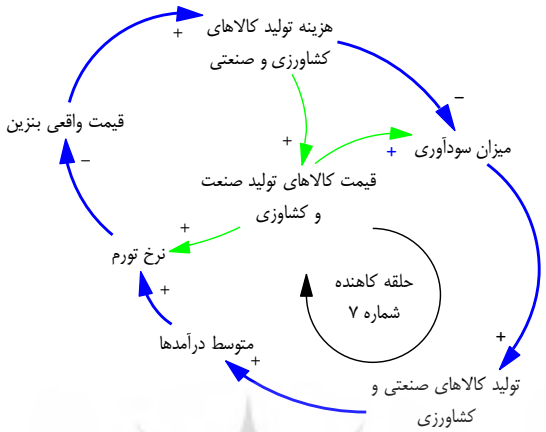



شکل ۸. ادامه

## ۵-۲- نمودار علی معلولی بخش صنعت و کشاورزی

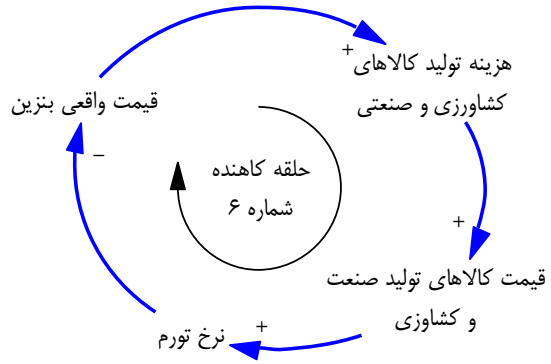
### ۵-۲-۱- حلقه علی معلولی اثر تورم و اثرگذاری تورم بر هزینه‌های تولید

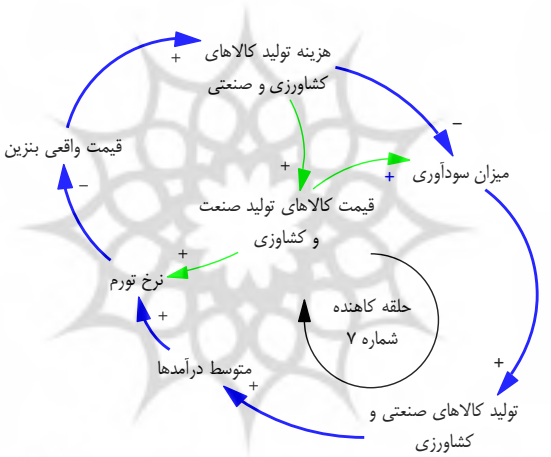




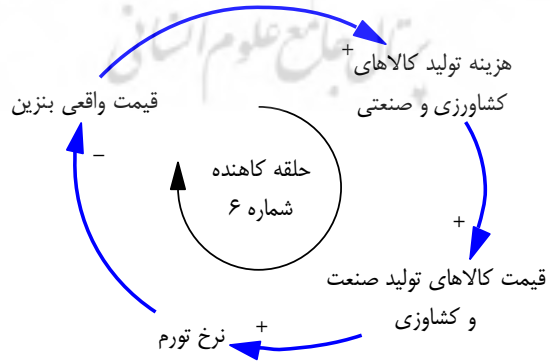

شکل ۹ نشانگر کاهش قیمت واقعی بنزین به دلیل آثار تورمی ناشی از افزایش قیمت بنزین و عامل‌های دیگر است. در فرآیند این حلقه که با تأخیر همراه است قیمت واقعی بنزین کاهش میابد و تقاضای بنزین بر طبق حلقه شماره ۱ افزایش می‌یابد.

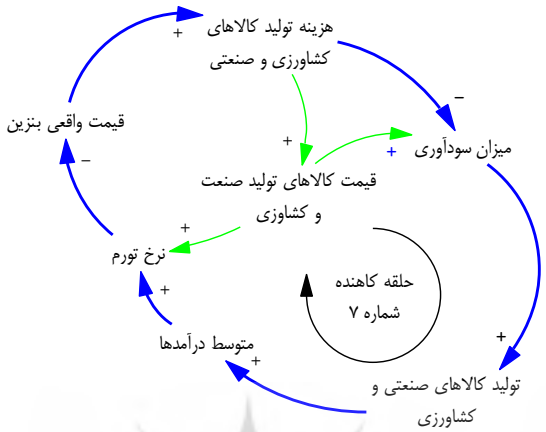
افزایش قیمت حامل‌های انرژی منجر به افزایش هزینه‌های واسطه‌ای شده است و به دنبال آن افزایش قیمت تمام شده تولید را در رشته فعالیت‌های تولیدی به همراه دارد (الهی و همکاران، ۱۳۹۲). در حلقه شماره ۷ با افزایش یافتن قیمت واقعی بنزین هزینه تولید کالاهای صنعتی و کشاورزی افزایش میابد؛ بنابراین تولید کالاهای صنعتی و کشاورزی به دلیل کاهش سود، کاهش می‌یابد. با کاهش یافتن تولید کالاهای صنعتی و کشاورزی، درآمد خانوارها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و منجر به کنترل تورم می‌شود. البته درآمد خانوارها با اثرگذاری بر روی حلقه ۱ از شکل ۹ نیز بر روی میزان مصرف بنزین در حمل‌ونقل اثرگذار است (الهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ شکوری گنجوی، ۱۳۸۳).


هزینه تولید کالاهای
کشاورزی و صنعتی
قیمت واقعی بنزین
حلقه کاهنده
شماره ۶
قیمت کالاهای تولید صنعت
و کشاوزی
نرخ تورم


هزینه تولید کالاهای
کشاورزی و صنعتی
قیمت واقعی بنزین
میزان سودآوری
قیمت کالاهای تولید صنعت
و کشاوزی
نرخ تورم
حلقه کاهنده
شماره ۷
متوسط درآمدها
تولید کالاهای صنعتی و
کشاورزی

شکل ۹)


هزینه تولید کالاهای
کشاورزی و صنعتی
قیمت واقعی بنزین
حلقه کاهنده
شماره ۶
قیمت کالاهای تولید صنعت
و کشاوزی
نرخ تورم

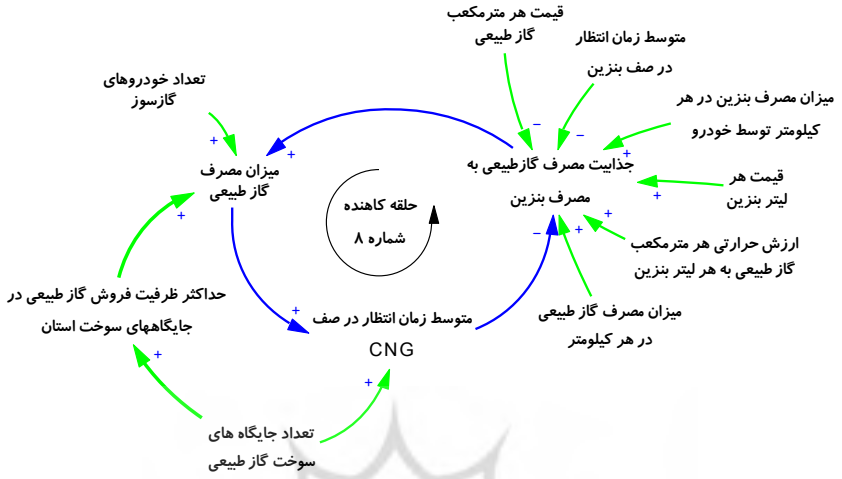



شکل ۹. بازخورد موجود در اثرگذاری تورم بر هزینه‌های تولید

منبع: یافته‌های پژوهش

### ۵-۲-۲- نمودار علی معلولی مصرف گاز CNG

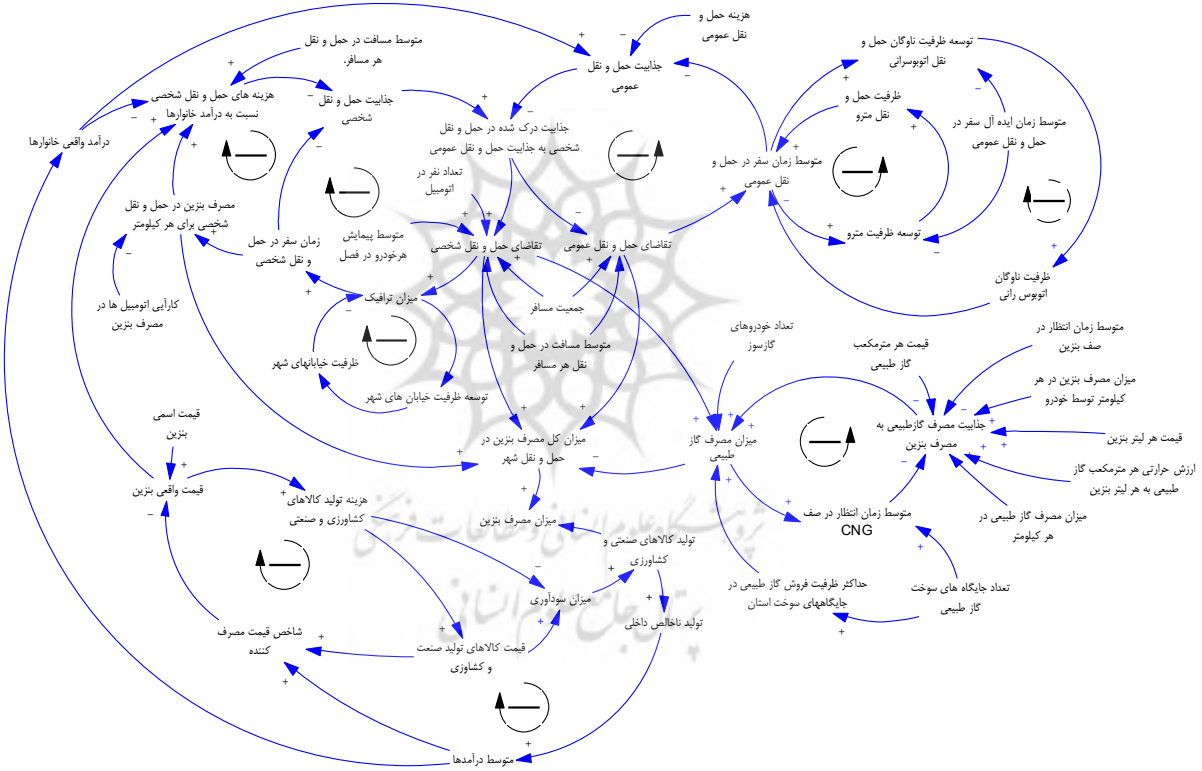
یکی از جایگزین‌های اصلی مصرف بنزین در کشور، مصرف گاز CNG است و نادیده‌گیری این بخش منجر به کاهش دقت نتایج خواهد شد. بدین منظور با استفاده از متغیرهای ارائه شده در شکل ۱۰) اثر مصرف این فرآورده در بخش حمل‌ونقل نیز مدل‌سازی شده است. بازخوردی که در اینجا برای مصرف گاز CNG در نظر گرفته شده است اثر مدت‌زمان انتظار در صف برای دریافت این فرآورده 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 میابد. 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.




شکل ۱۰. مدل‌سازی اثر مصرف گاز طبیعی (CNG) بر روی مصرف بنزین

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی




**شکل ۱۱. نمودار علی معلولی کلی شکل‌دهنده مصرف بنزین** منبع: یافته‌های پژوهش

## ٦- روابط ریاضی بین متغیرها

در این بخش مهمترین روابط ریاضی در نظر گرفته شده در شبیه‌سازی مدل پژوهش به تفکیک هر بخش تشریح خواهد شد.

### ٦-١- تقاضای حمل‌ونقل شخصی و عمومی

عامل اصلی در انتخاب حمل‌ونقل شخصی توسط افراد داری خودرو جذابیت حمل‌ونقل شخصی نسبت به سایر روش‌های حمل‌ونقل است (استرمن، ۲۰۰۰). جذابیت در این مدل برای حمل‌ونقل شخصی یا عمومی بر اساس (۱ به دست آمده است:

$$\text{جذابیت} = \frac{\text{متوسط درآمد ماهانه خانوارها}}{\text{هزینه متوسط مصرف بنزین در ماه}} \times \frac{1}{\text{زمان سفرِ هر کیلومتر}} \quad (۱)$$

و سهم حمل‌ونقل شخصی از تقاضای حمل‌ونقل کل بر اساس (۲ محاسبه شده است (استرمن، ۲۰۰۰).

$$\text{سهم حمل‌ونقل شخصی از تقاضای حمل‌ونقل} = \frac{\text{جذابیت حمل‌ونقل شخصی}}{\text{جذابیت حمل‌ونقل شخصی} + \text{جذابیت حمل‌ونقل عمومی}} \quad (۲)$$

همچنین سهم حمل‌ونقل عمومی از تقاضای کل نیز از اختلاف معادله ۳ با مقدار یک به دست می‌آید. حال تقاضای حمل‌ونقل شخصی که دارای واحد $\frac{\text{کیلومتر}\times\text{خودرو}}{\text{فصل}}$ است، بر اساس معادله ۴ محاسبه می‌شود.

| | |
|---|---|
| $D_{Personal}$ | تقاضای حمل‌ونقل شخصی |
| $C_{Gasoline\ Fuel}$ | تعداد خودروهای بنزین‌سوز |
| $C_{Dual\ Fuel}$ | تعداد خودروهای دوگانه‌سوز |
| $Dis_{car}$ | متوسط پیمایش هر خودرو در فصل |
| $S_{personal}$ | سهم حمل‌ونقل شخصی از کل تقاضای حمل‌ونقل |

$$D_{Personal} = (C_{Gasoline\ Fuel} + C_{Dual\ Fuel}) \times Dis_{car} \times S_{personal} \quad (۳)$$

همچنین تقاضای حمل‌ونقل عمومی با واحد $\frac{\text{نفر} \times \text{کیلومتر}}{\text{فصل}}$ نیز بر اساس معادله ۵ محاسبه می‌شود. قسمت اول معادله تعداد افراد بدون خودرو را در متوسط پیمایش هر فرد در هر فصل ضرب می‌کند. در قسمت دوم معادله ابتدا تقاضای بالقوه حمل‌ونقل عمومی از ناحیه افراد خودرودار محاسبه می‌شود و سپس با توجه به سهم حمل‌ونقل عمومی از کل تقاضای حمل‌ونقل، به تقاضای بالفعل برای بخش عمومی تبدیل خواهد شد.

| | |
|---|---|
| تقاضای حمل‌ونقل عمومی | $D_{Public}$ |
| متوسط تعداد افراد بدون خودرو | $N_{People\ without\ car}$ |
| متوسط پیمایش هر فرد در هر فصل | $Dis_{average}$ |
| سهم حمل‌ونقل عمومی از کل تقاضای حمل نقل | $S_{public}$ |
| متوسط تعداد نفر در خودرو | $X_{Person\ in\ Cars}$ |

$$D_{Public}=N_{People\ without\ car} \times Dis_{average} + (C_{Gasoline\ Fuel}+ C_{Dual\ Fuel}) \times X_{Person\ in\ Cars} \times Dis_{average} \times S_{public} \quad (٤)$$

## ٦-٢- ظرفیت حمل‌ونقل عمومی و ظرفیت حمل‌ونقل شخصی

ظرفیت حمل‌ونقل عمومی به دو بخش حمل‌ونقل با مترو و حمل‌ونقل با دیگر وسایل نقلیه شامل، اتوبوس، مینی‌بوس، ون تقسیم‌بندی شده است. در اینجا تنها عامل توسعه ظرفیت حمل‌ونقل عمومی نسبت زمان ایده‌آل ممکن در حمل‌ونقل عمومی به زمان حقیقی در حمل‌ونقل عمومی در نظر گرفته شده است به گونه‌ای که هر چه این مقدار کمتر باشد، حمل‌ونقل عمومی توسعه بیشتری پیدا می‌کند. البته این توسعه همراه با تأخیری از مرتبه اول است. برای مدل‌سازی ظرفیت سامانه اتوبوس‌رانی نیز همین رویه صورت گرفته است. اثر حمل‌ونقل با تاکسی‌ها نیز با لحاظ آمارهای آن‌ها در تعداد خودروهای شخصی و متوسط تعداد افراد درون هر خودرو شخصی در مدل‌سازی در نظر گرفته شده‌اند.

### ٦-۳- زمان سفر در حمل‌ونقل عمومی و شخصی

زمان سفر در این مدل، متوسط زمان لازم برای طول سفری به‌اندازه یک کیلومتر تعریف شده است. زمان سفر در حمل‌ونقل عمومی با استفاده از یک تابع لوک‌آپ[1] که به‌صورت زیر تعریف شده است محاسبه شده است.

$$\text{زمان سفر در حمل‌ونقل عمومی} = f\left(\frac{\text{تقاضای حمل‌ونقل عمومی}}{\text{متوسط پیمایش هر فرد در هر فصل}\times\left(\text{ظرفیت مترو+ ظرفیت اتوبوس‌رانی}\right)}\right) \quad (۵)$$

در داخل تابع لوک‌آپ، در صورت کسر واحد تقاضا بر حسب کیلومتر-نفر است و واحد ظرفیت مترو و ظرفیت ناوگان اتوبوس‌رانی بر اساس تعداد سفر است. ازآنجاکه واحد مخرج نیز باید با صورت هم‌ارز شود تا بتوان نسبت تقاضا به ظرفیت را محاسبه کرد؛ ظرفیت (در هر فصل) در متوسط پیمایش هر فرد در هر فصل ($Dis_{average}$) ضرب شده است. شایان ذکر است که متغیر متوسط پیمایش هر فرد در هر فصل که به‌صورت مستقیم در مخرج کسر ضرب شده است، در فرمول تقاضای حمل‌ونقل عمومی نیز وجود دارد و عملاً این متغیر از صورت و مخرج ساده می‌شود. بنابراین افزایش متوسط طول سفر هر فرد تأثیری بر روی زمان سفر در حمل‌ونقل عمومی ندارد.

برای محاسبه زمان سفر در حمل‌ونقل شخصی نیز همین رویه صورت گرفته است، با این تفاوت که در مخرج کسرِ داخل لوک آپ میزان مساحت خیابان‌ها و معابر استان در نظر گرفته شده است. برای محاسبه متوسط زمان سفر در حمل‌ونقل شخصی باید مشخص شود که در هر لحظه به‌طور متوسط چه کسری از مساحت خیابان‌ها و معابر را خودروهای شخصی پوشش داده‌اند. بدین منظور در صورت کسر تقاضای حمل‌ونقل شخصی که دارای واحد خودرو- کیلومتر است، بر متوسط طول سفر هر خودرو در هر فصل تقسیم

1 Lookup

شده تا تعداد خودرو محاسبه گردد. سپس مقدار محاسبه شده در متوسط مساحت خودروها ضرب شده تا مساحت خودروهایی که درون شهر در حال حرکت هستند محاسبه شود. اکنون واحد عبارت داخل لوک‌آپ یک بر فصل شده است.

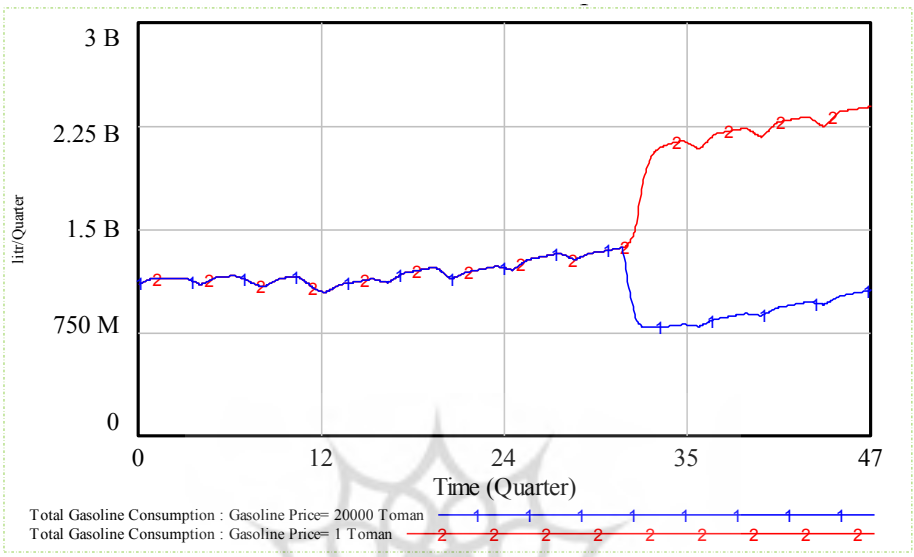
$$\text{زمان سفر در حمل‌ونقل شخصی} = \textit{Personal Time LookUp}\left(\frac{\frac{\text{تقاضای حمل‌ونقل شخصی} \times \text{متوسط مساحت هر خودرو}}{\text{متوسط طول سفر هر خودرو}}}{\text{مساحت خیابان‌ها و معابر شهری}}\right) \quad (٦)$$

## ۷- ارزیابی و اعتبارسنجی مدل

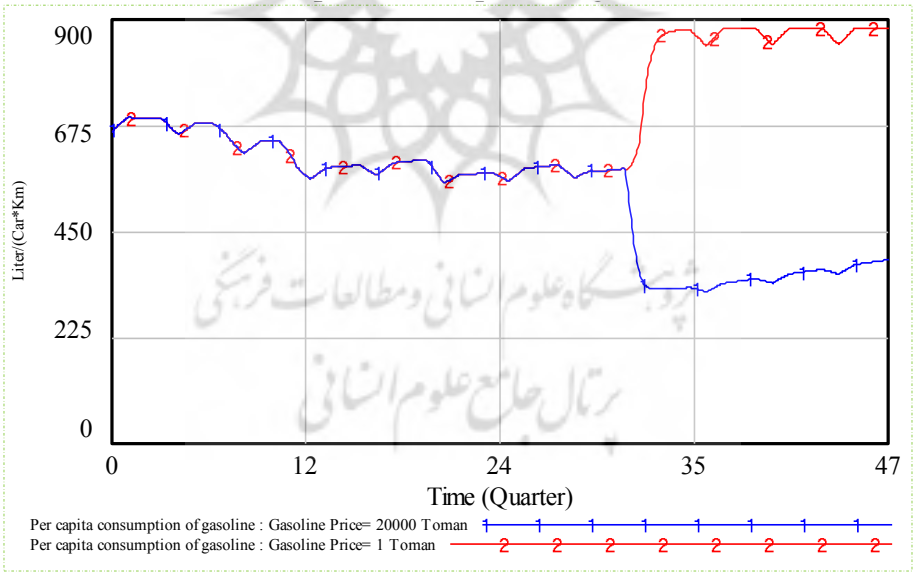
در ادامه اعتبار مدل بوسیله دو مورد از آزمون‌هایی که برای ارزیابی مدل‌ها توسط پژوهشگران این حوزه توسعه داده شده است، مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت اعتبارسنجی و تعریف سناریو، پس از تعیین روابط ریاضی بین متغیرها و وارد کردن مقادیر پارامترها، مدل به‌صورت فصلی، از ابتدای بهار ۱۳۸۷ ($t = 0$) با مقدار ثابت زمانی ۰/۰۶۲۵ شبیه‌سازی شد. قابل ذکر است که این مدل با مجموعه روش‌های دیگری که در اعتبارسنجی مدل‌های پویایی‌شناسی سیستم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است و خواننده برای مطالعه بیشتر می‌تواند به مرجع زارعیان مزرعه‌خسرو (۱۳۹۵) مراجعه نماید.

### ۷-۱- آزمون رفتار حدی

در این آزمون مقدار ورودی‌های مدل مقدار حدی خود را گرفته و اثر آن بر روی متغیرهای مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد. به‌عنوان نمونه با افزایش قیمت بنزین تا حد بیست هزار تومان و یا یک تومان نتایج زیر حاصل شده است. با مشاهده نتایج حاصل از این تغییر و یا تغییرات دیگر بر روی متغیرهای ورودی عملاً هیچ رفتار نامعقولی ایجاد نشده است. چراکه در قیمت لیتری ۲۰ هزارتومان مطمئنا مصرف بنزین به صفر نخواهد رسید و در قیمت ۱ تومان نیز به دلیل محدودیت‌های ترافیکی مصرف بنزین از حدی بیشتر نخواهد شد.




شکل ۱۲. میزان مصرف کل بنزین تهران در هر فصل پس از انجام آزمون حدی منبع: یافته‌های پژوهش



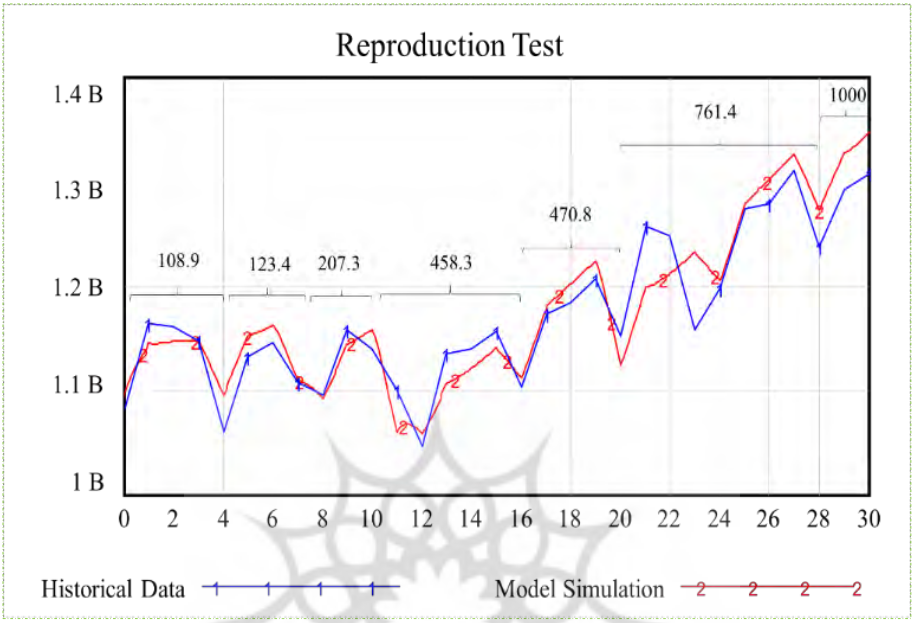

**شکل ۱۳. مصرف بنزین سرانه هر خودرو در تهران در هر فصل پس از انجام آزمون حدی**

منبع: یافته‌های پژوهش

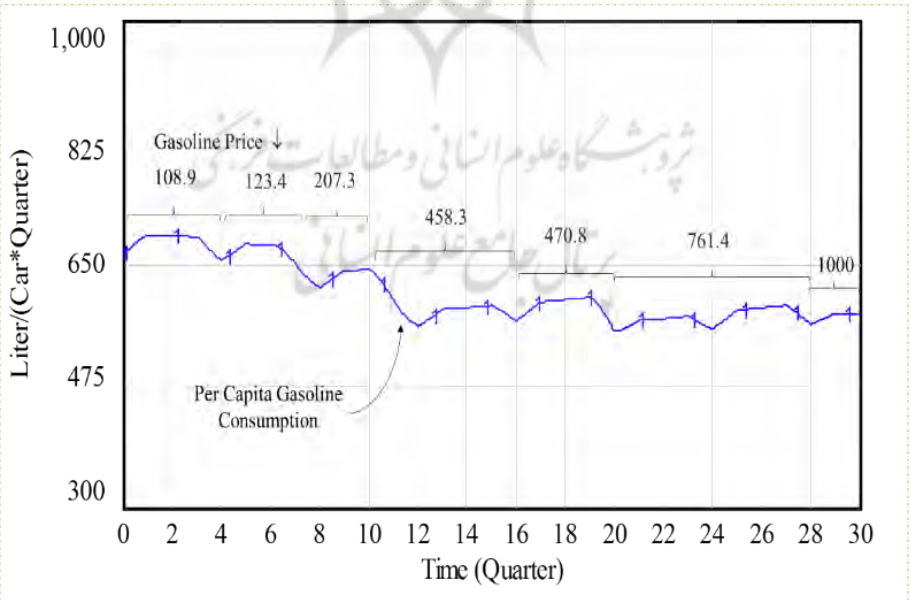
## ۷-۲- ارزیابی نتایج شبیه‌سازی با داده‌های تاریخی (بازسازی داده‌های تاریخی)

شکل ۱۴) نتایج حاصل از شبیه سازی متغیر میزان مصرف بنزین در استان تهران را در مقایسه با داده‌های تاریخی بازه بهار ۱۳۸۷ تا پاییز ۱۳۹۴، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است مدل به خوبی توانسته است نوسانات مصرف را شبیه‌سازی کند. به‌طور کلی نوسانات مصرف بنزین حاکی از دو علت (۱)افزایش قیمت بنزین (که هدف از این مقاله شبیه‌سازی این نوسانات است) و (۲)کاهش مصرف بنزین در بهار (که به علت مسافرت‌های به خارج از تهران، عملاً مصرف بنزین در بهار کاهش پیدا خواهد کرد) است. ذکر این نکته ضروری است که با تعریف یک پارامتر برون‌زا و سپس انجام عملیات کالیبره‌سازی، اثر مسافرت های بهاری بر روی مصرف بنزین استان در نظر گرفته شده است. متوسط خطای ۱/۷ درصدی در نتایج نشان داده شده در شکل ۱۴) حاکی از اعتبار بالای مدل از نظر آزمون بازسازی رفتار مرجع است.

این پرسش اساسی نیز مطرح است که چرا تا فصل ۱۴ مصرف بنزین تقریباً ثابت بوده اما با این که قیمت بنزین افزایش یافته، مصرف روندی رو به رشد داشته است؟ یا به عبارت دیگر چرا قیمت بنزین بر روی مصرف کل بنزین در هر فصل اثری معکوس داشته است؟ در پاسخ به این سؤال می‌توان افزایش جمعیت و تعداد خودروها را عامل اصلی افزایش مصرف کل سوخت دانست اما اینکه افزایش قیمت بنزین چه تأثیری بر روی مصرف افراد در تهران می‌گذارد را باید در مقدار مصرف سرانه سوخت بررسی کرد. همان‌طور که شکل ۱۵) نشان می‌دهد مصرف سرانه بنزین به ازای هر خودرو، رفتار درستی در برابر افزایش قیمت بنزین از خود نشان داده است.



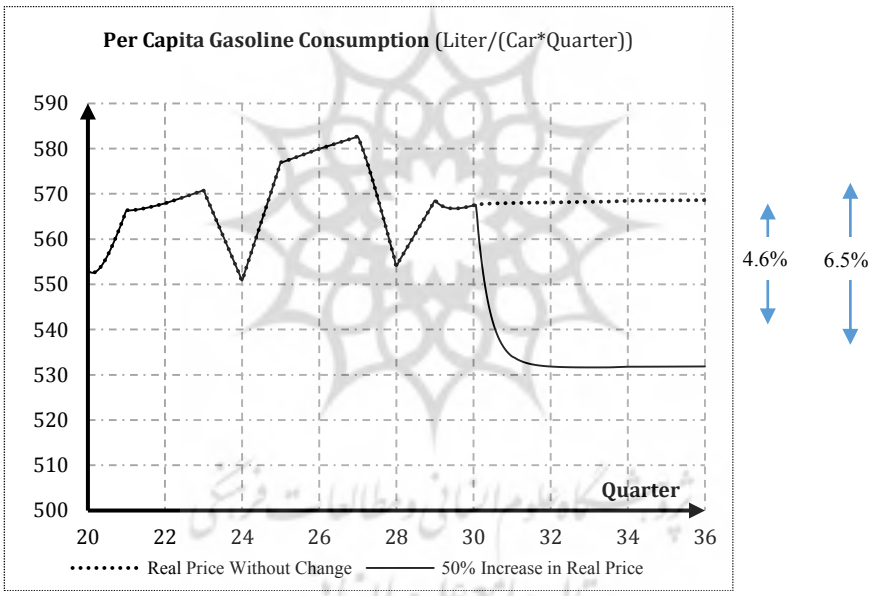

**شکل ۱٤. داده‌های تاریخی و شبیه‌سازی مصرف بنزین استان تهران** منبع: یافته‌های پژوهش




**شکل ۱۵. نتایج شبیه‌سازی مصرف سرانه بنزین به ازای هر خودرو در استان تهران** منبع: یافته‌های پژوهش

## ۸- محاسبه کشش قیمتی تقاضای بنزین

در این قیمت با استفاده از مدل این تحقیق به محاسبه کشش قیمتی تقاضا پرداخته خواهد شد. به‌منظور محاسبه کشش، مدت کوتاهی پس از فصل ۳۰ام (پاییز ۱۳۹۴)، قیمت واقعی بنزین به اندازه ۵۰ درصد افزوده شد تا میزان کشش در برهه‌های مختلف زمانی محاسبه شود. همان‌طور که شکل ۱۶) نشان می‌دهد، پس از افزایش قیمت بنزین مصرف سرانه در بلندمدت نهایتا ۶/۵ ٪ کاهش خواهد یافت.




**شکل ۱۶. تغییر مصرف سرانه بنزین پس از افزایش قیمت بنزین به اندازه ۵۰٪** منبع: یافته‌های پژوهش

برای محاسبه کشش کوتاه‌مدتِ قیمتی تقاضا، درصد تغییرات مصرف به درصد تغییرات قیمت در نیم فصل (یک و نیم ماه پس از افزایش قیمت) تقسیم شده است و برای محاسبه کشش قیمتی بلندمدت درصد تغییرات نهایی مصرف بنزین بر درصد تغییرات قیمت تقسیم شد که نتایج این محاسبات در جدول (۲) ارائه شده است. ذکر این نکته ضروری است که در بازه زمانی در نظر گرفته شده برای محاسبه کشش قیمتی، تنها قیمت تغییرکرده و سایر

پارامترهای ورودی به مدل مانند متوسط درآمد خانوارها، تعداد خودروها، هزینه حمل‌ونقل عمومی و قیمت CNG ثابت در نظر گرفته شده‌اند.

**جدول ۲. مقایسه کشش قیمتی کوتاه‌مدت و بلندمدت این تحقیق و تحقیقات گذشته برای ایران**

| تحقیق | کشش قیمتی کوتاه‌مدت | کشش قیمتی بلندمدت |
|---|---|---|
| میانگین کشش محاسبه شده در تحقیقات گذشته برای ایران | -۰/۱۳۲۵ | -۰/۱۹۸ |
| **کشش محاسبه شده در این تحقیق برای استان تهران** | **-۰،۰۹۲** | **-۰،۱۲۹** |

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که مشاهده می‌شود کشش محاسبه شده در این مطالعه برای تهران نسبت به کشش‌های محاسبه شده در قبل برای ایران مقدار کمتری دارد که علت این امر به کم بودن نسبت قیمت بنزین به درآمد خانوارهای تهرانی و نیاز بیشتر به تقاضای حمل‌ونقل شخصی در تهران بر می‌گردد. در حال حاضر در صورتی که قیمت بنزین از ۱۰۰۰ تومان به ۱۵۰۰ تومان برسد (۵۰ ٪ افزایش)، با ثبات سایر شرایط میزان مصرف سرانه بنزین به ازای هر خودرو از ۵۷۹/۶ لیتر در هر فصل به ۵۵۲/۹ لیتر پس از نیم فصل و به ۵۴۲/۲ لیتر در بلندمدت خواهد رسید.

## ۹- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

مدل ارائه شده در این تحقیق برای بررسی اثر افزایش قیمت بنزین بر روی مصرف بنزین شامل حمل‌ونقل شخصی، حمل‌ونقل عمومی و بخش صنعت و کشاورزی است. در حمل‌ونقل شخصی بازخوردهای زیر مدل‌سازی شده‌اند:

- تأثیر و تأثر مابین هزینه‌های حمل‌ونقل شخصی و تقاضای آن

- حلقه تعادلی زمان در حمل‌ونقل شخصی
- میزان ترافیک و ظرفیت خیابان‌های شهر
- حلقه تعامل جذابیت با زمان سفر در حمل‌ونقل شخصی
- اثر مصرف گاز طبیعی (CNG) بر روی مصرف بنزین

در حمل‌ونقل عمومی نیز بازخوردهای زیر در نظر گرفته شده است:

- حلقه توسعه ظرفیت مترو و اتبوس
- حلقه اثرگذاری زمان بر جذابیت حمل‌ونقل عمومی

در بخش صنعت و کشاورزی نیز حلقه‌های زیر لحاظ شده است:

- بازخورد میان هزینه‌های تولید کالاهای صنعت و کشاورزی و تورم در اقتصاد

پس از ارائه نمودارهای علی-معلولی و بررسی روابط بین متغیرها و شبیه‌سازی مدل جریان انباشت، از دو آزمون رفتار حدی و بازسازی رفتار مرجع اعتبار مدل مورد بررسی قرار گرفته شد. علاوه بر تأیید اعتبار مدل توسط این آزمون حدی، خطای ۱/۷ درصدی در بازسازی مصرف بنزین استان تهران حاکی از اعتبار بالای مدل تحت آزمون بازسازی رفتار مرجع است. همچنین پس از تأیید اعتبار مدل، به محاسبه کشش قیمتی تقاضای بنزین استان تهران پرداخته شده که این کشش برای بازه کوتاه‌مدت و بلندمدت به ترتیب ۰/۰۹۲- و ۰/۱۲۹- حاصل شد و این مقادیر با مقادیر محاسبه شده بوسیله مطالعات گذشته مورد مقایسه قرار گرفت.

## ۱۰- منابع

### الف) فارسی

ابونوری، عباسعلی، شیوه، هیوا، (۱۳۸۵)، برآورد تابع تقاضای بنزین در ایران طی دوره (۱۳۸۱-۱۳۷۴)، *پژوهشنامه اقتصادی*، شماره ۲۲، ص ۲۰۵-۲۲۸.

شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، (۱۳۹۳)، آمارنامه مصرف فرآورده‌های انرژی‌زا.

آناهیده، حدیث، (۱۳۹۱)، تعیین سهم بهینه‌ی بیواتانول درتامین تقاضای بخش حمل‌ونقل با سیاست پردازی‌های مالیاتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

بزازان، فاطمه، پورباقر، زهرا، (۱۳۹۲)، بررسی آثار محیط زیستی حذف یارانه بنزین و گازوئیل، *مجله سیاست گذاری اقتصادی*، سال پنجم، شماره ۹، ص۱-۲۷.

جلال آبادی، اسداله، شفیعی، افسانه، شاه حسینی، سمیه، (۱۳۸۴)، افزایش قیمت بنزین و چالش‌های پیش روی دولت (مطالعه موردی تورم)، *فصلنامه مجلس و راهبرد*، شماره ۵۰، ص ۲۴۱-۲۷۱.

ختایی، محمود، اقدامی، پروین، (زمستان ۱۳۸۴)، تحلیل کشش قیمتی تقاضای بنزین در بخش حمل‌ونقل زمینی ایران و پیش‌بینی آن تا سال ۱۳۹۴، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، شماره ۲۵، ص ۲۳-۴۶.

خوش‌کلام خسروشاهی، موسی، (۱۳۹۳)، اثرات بازگشتی ناشی از بهبود کارایی مصرف بنزین و گازوئیل در ایران با تأکید بر بخش حمل‌ونقل: رویکرد معادله تعادل عمومی قابل محاسبه، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، سال سوم، شماره ۱۱، ص ۱۳۱-۱۵۸.

زراءنـژاد، منصـور، قپـانچی، فرشـید، (۱۳۸۶)، بـرآورد مـدل تصـحیح خطـای تقاضـای بنزین در ایران، *پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ۴۲، ص ۲۹-۵۲.

زارعیـان مزرعـه‌خسـرو، رحمـان، (۱۳۹۵)، بررسـی تـأثیر افـزایش قیمـت بنـزین بـر تقاضـای بنـزین از دیـدگاه سیسـتمی بـا لحـاظ اثـرات تـورمی ناشـی از ایـن افـزایش (مطالعـه مـوردی: اسـتان تهـران)، پایـان‌نامـه کارشناسـی ارشـد، دانشـکده فنـی دانشـگاه تهران.

حسینی، سـید شـمس الـدین، شـفیعی، افسـانه، (۱۳۸۵)، اثـر کسـب‌وکـار الکترونیکـی بـر تقاضـای بنـزین: مطالعـه تجربـی شـهر تهـران، *فصـلنامه اقتصـاد و تجـارت نـوین*، شـماره، ص ۷۷-۱۰۱.

شـاکری، عبـاس، محمـدی، تیمـور، جهـانگرد، اسـفندیار، موسـوی، میرحسـین، (۱۳۸۹)، تخمـین مـدل سـاختاری تقاضـای بنـزین و نفـت گـاز در بخـش حمـل‌ونقـل ایـران، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، شماره ۲۵، ص ۱-۳۱.

شـکوری گنجـوی، حامـد، (۱۳۸۳)، بررسـی چگـونگی تـأثیر قیمـت سـوخت (بنـزین) در افـزایش سـطح عمـومی قیمـت‌هـا بـر اسـاس یـک مـدل غیرخطـی بـرای تـورم، *همـایش ملی روشهای جلوگیری از اتلاف انرژی*، تهران.

عبـدلی، قهرمـان، محمـدی خیـاره، محسـن، (۱۳۹۰)، بررسـی عوامـل مـؤثر بـر مصـرف بنزین در شهر تهران، *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال هشتم، شماره ۳، ص ۲۲۵-۲۴۰.

قـادری، سـید فریـد، رزمـی، جعفـر، صـدیقی، عسـگر، (۱۳۸۴)، بررسـی تـأثیر پرداخـت یارانـه‌ی مسـتقیم بـر شـاخص‌هـای کـلان اقتصـادی بـا نگـرش سیسـتمی، *نشـریه دانشـکده فنی*، جلد ۳۹، شماره ۴، ص ۵۲۷-۵۳۷.

کفـایی، سـید محمـدعلی، صـبوری کارخانـه، حسـین، (۱۳۹۰)، آثـار تـورمی افـزایش قیمـت سـوخت وسـایل حمـل‌ونقـل جـاده‌ای، *پژوهشـنامه حمـل‌ونقـل*، سـال هشـتم، شـماره ۱، ص ۳۵-۴۵.

موسوی، میرحسین، (۱۳۹۲)، قیمت‌گذاری بهینه بنزین و نفت گاز با لحاظ هزینه‌های خارجی در بخش حمل‌ونقل ایران، *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال دهم، شماره ۱، ص ۸۹-۱۰۴.

نادر، مهرگان، قربانی، وحید، (۱۳۸۸)، تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت بنزین در بخش حمل‌ونقل، *پژوهشنامه حمل‌ونقل*، سال ششم، شماره چهارم.

نعمت الهی، زهرا، ناصر، شاهنوشانی فروشانی، عذرا، جوان بخت، محمود، دانشور کاخکی، (۱۳۹۲)، آثار افزایش قیمت حامل‌های انرژی بر بخش کشاورزی و صنایع غذایی، *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، سال بیست و یکم، شماره ۸۳، ص ۳۵-۵۹.

## ب) انگلیسی

Anderson, S. T. (2012). *f*The Demand for Ethanol as a Gasoline Substitute≈, Journal of Environmental Economics And Management, Vol. 63, Issue. 2, pp. 151-168.

Baumol, W. J., and Blinder, A. S. (2015). *f*Microeconomics: Principles and policy≈, Cengage Learning.

Blundell, R., Horowitz, J. L., and Parey, M. (2012). *f*Measuring the Price Responsiveness of Gasoline Demand: Economic Shape Restrictions and Nonparametric Demand Estimation≈, Quantitative Economics, Vol. 3, Issue. 1, pp. 29-51.

Breunig, R. V. (2011). *f*Should Single-Equation Dynamic Gasoline Demand Models Include Moving Average Terms?≈, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 16, Issue. 6, pp. 474-477.

Coyle, D., DeBacker, J., and Prisinzano, R. (2012). *f*Estimating the Supply and Demand of Gasoline Using Tax Data≈, Energy Economics, Vol. 34, Issue. 1, pp. 195-200.

Esty, D. C., Levy, M., Srebotnjak, T., and De Sherbinin, A. (2005). *f*Environmental Sustainability Index: Benchmarking National Environmental Stewardship≈, New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy.

Forouzan, A., and Mirassadallahi, K. (2008). *f*An Investigation into Iran's Auto Industry and Analyzing the Effects of Importation on Its Growth: A System Dynamics Approach≈, In *Proceeding of the 26th International System Dynamics Conference*, pp. 1-13.

Havránek, T., and Ondrej, K. (2013). ƒIncome Elasticity of Gasoline Demand: A Meta-Analysis≈, IES Working Paper.
Havranek, T., Irsova, Z., and Janda, K. (2012). ƒDemand For Gasoline Is More Price-Inelastic Than Commonly Thought≈, Energy Economics, Vol. 34, Issue, 1, pp. 201-207.
Hee, N., Kyoung, C. S., & Hong, K. M. K. (2001). ƒFeedback Approach for the Dynamic Interactions between Urban Transportation and Air Pollution≈, In *Proceeding of the 26th International System Dynamics Conference.*
Kazemi, A., Shakouri, H. G., Menhaj, M. B., Mehregan, M. R., and Neshat, N. (2010). ƒA Hierarchical Artificial Neural Network for Transport Energy Demand Forecast: Iran Case Study≈, Neural Network World, Vol. 19, Issue. 1, pp. 1-13.
Liddle, B. (2012). ƒThe Systemic, Long-Run Relation Among Gasoline Demand, Gasoline Price, Income, and Vehicle Ownership in OECD Countries: Evidence from Panel Cointegration and Causality Modeling≈, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 17, Issue. 4, pp. 327-331.
Sene, S. O. (2012). ƒEstimating the Demand for Gasoline in Developing Countries: Senegal≈, *Energy economics*, Vol. 34, Issue. 1, pp. 189-194.
Armenia, S., Baldoni, F., Falsini, D., and Taibi, E. (2010). ƒA System Dynamics Energy Model for a Sustainable Transportation System≈, In *28th International Conference of the System Dynamics Society*.
Sterman, J.D., (2000), ƒBusiness Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World≈, Irwin McGraw-Hill.
United Nations. Dept. of Economic. (2001). ƒIndicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies≈, United Nations Publications.
Vakili, K., Isaai, M., and Barsari, A. (2008). ƒStrategic Assessment of transportation demand Management Policies: Tehran Case Study≈, In *Proceeding of the 2008 Conference of the System Dynamics Society*, pp. 20-24.