

بررسی اثرات اقتصادی و اجتماعی بر تقاضای حمل و نقل عمومی با استفاده از مدل‌سازی سیستم‌های پویا

ایمان انصاری^۱، حامد آشنایی^{۲*}

۱- کارشناس برنامه ریزی و اقتصاد حمل و نقل، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، ansari_i@rai.ir
۲- کارشناس برنامه ریزی حمل و نقل، شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران، h_hamed7000@yahoo.com

چکیده

همواره توسعه یکپارچه حمل و نقل عمومی یکی از چالش‌های مطرح در کلانشهرهای دنیا بوده، که پیدا کردن راهکارهایی جهت افزایش کارایی این بخش از حمل و نقل، از مهمترین مسائل می باشد. در این پژوهش تابع تقاضای حمل و نقل عمومی و عوامل موثر بر آن مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای هزینه سفر، سهم سرمایه تخصیص داده شده به توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی به عنوان شاخصی از سهم حمل و نقل در تولید ناخالص داخلی (GDP) و اثرات جمعیتی به عنوان عوامل موثر بر تابع تقاضای حمل و نقل عمومی در نظر گرفته شده است. جهت تخمین تابع تقاضای حمل و نقل عمومی از الگوی خود توضیح با وقفه گسترده (ARDL) و از تجزیه و تحلیل رگرسیونی استفاده کرده و از مدل‌سازی سیستم‌های پویا به منظور بررسی برهم کنش پارامترهای اثرگذار مرتبط با این تابع تقاضا در طول زمان استفاده شده است. نتایج پژوهش نشان می دهد که با افزایش شاخص هزینه‌های حمل و نقل عمومی که شامل پارامترهای زمان سفر، دسترسی به سیستم حمل و نقل عمومی و هزینه سفر می باشد، تقاضا برای حمل و نقل عمومی کاهش یافته و طبق اصل مطلوبیت اقتصادی که بیان کننده عقلایی بودن تصمیم گیری مصرف کننده است، با افزایش شاخص هزینه‌های حمل و نقل عمومی و کاهش مطلوبیت استفاده از آن، مصرف کننده به منظور افزایش مطلوبیت خود از خودرو شخصی استفاده خواهد کرد و در نهایت موجب افزایش تقاضای حمل و نقل غیر عمومی خواهد شد. همچنین مستقیم بودن رابطه تقاضای حمل و نقل عمومی با سرمایه گذاری در زیر ساخت‌های حمل و نقل عمومی و رشد جمعیت شهری، از دیگر نتایج این پژوهش می باشد.

واژه‌های کلیدی: تقاضای حمل و نقل عمومی، سیستم‌های حمل و نقل عمومی، مدل‌سازی پویا، GDP، هزینه‌های سفر

۱- مقدمه

از زیرساخت‌های مهم اقتصادی هر کشور، سیستم حمل و نقل کامل، منظم و کارآمد می باشد. گسترش تجارت و مبادلات در سطح ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی وابستگی بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی را به سیستم حمل و نقل افزایش داده است. سهم مستقیم بخش حمل و نقل ایران در تولید ناخالص داخلی در سال‌های ۹۰ و ۹۱ به ترتیب ۶ و ۷ درصد، همچنین رشد تولید ناخالص داخلی این بخش در سال‌های ۹۰ و ۹۱ به ترتیب ۴/۳ و ۵ درصد بوده است؛ که این مهم اهمیت برنامه ریزی برای بخش حمل و نقل را دوچندان می نماید. در قرن اخیر با توجه به وجود مشکلات زیست محیطی از جمله آلودگی هوا در کلان شهرهای بزرگ جهان که بیشتر ناشی از سیستم حمل و نقل بوده، موضوع حمل و نقل عمومی در راستای کاهش آلاینده ها و

مدیریت تقاضای سفر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. براساس آمارهای آژانس بین‌المللی انرژی انتشار دی‌اکسید کربن به عنوان مهم‌ترین آلاینده با رشد سریع‌تر از تقاضای انرژی با نرخ متوسط سالانه ۱/۸ درصد در سه دهه آینده ادامه خواهد یافت؛ که این آلودگی هوا می‌تواند هزینه‌های اقتصادی ناشی از خسارت‌های زیست‌محیطی را به بزرگی ۴ تا ۶ درصد درآمد سرانه کشورهای مختلف برساند. به همین منظور با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به دنبال شبیه‌سازی اثر متغیرهای اقتصادی و اجتماعی (از جمله تولید ناخالص داخلی، جمعیت)، بر تقاضای حمل و نقل عمومی با استفاده از مدل سیستم‌های پویا را مورد بررسی قرار خواهیم داد. چراکه سیستم حمل و نقل عمومی می‌تواند اثرات زیادی بر کاهش مصرف سوخت و آلودگی داشته باشد.

ملک محمدی نوری با در نظر گرفتن خودرو به‌عنوان یک کالای بادوام به برآورد مدل‌های گوناگون پرداخته و بهترین مدل برآوردی خود را به‌صورت زیر معرفی می‌کند:

$$Dauto = -99218 + 23.23gnp - 191.56pau \quad (1)$$

که در آن متغیرها به ترتیب عبارت‌اند از: $Dauto$: تقاضای خودرو gnp : تولید ناخالص ملی و pau : شاخص قیمت خودرو. وی در ادامه کار خود قیمت کالاهای مکمل خودرو مانند قیمت بنزین و کالاهای جانسین آن مانند حمل‌ونقل عمومی را به مدل خود اضافه نموده و به این نتیجه می‌رسد که اضافه کردن قیمت کالاهای مکمل و جانسین نتایج بهتری را به ما نمی‌دهد.

اسکلند و فیضی اوغلو (۱۹۹۷) جهت بررسی کارایی سیاست‌های بکار گرفته‌شده برای کاهش مصرف کالای مولد آلودگی، به‌طور همزمان به برآورد تقاضای بنزین و اتومبیل در مکزیک پرداخته‌اند.

درنهایت با در نظر گرفتن یک مدل با کشش ثابت و همچنین امکان وجود پویایی در رفتار متغیرها، تقاضای سرمایه‌گذاری در اتومبیل‌های جدید به‌صورت زیر تصریح شده است:

$$\ln I_{it} = \gamma_i + \omega_i + \sum_{j=1}^k y_j \ln I_{it-j} + \phi_1 \ln GASPR_t + \phi_2 \ln CARPR_t + \phi_3 \ln S_{it-1} + \phi_4 \ln HW_{it} + \sum_{j=0}^n T_j \ln y_{it} + u_{it} \quad (2)$$

که در آن I_{it} : متغیر سرمایه‌گذاری

$GASPR_t$: قیمت بنزین

$CARPR_t$: شاخص قیمت اتومبیل

ω_i : اثر یک ایالت مشخص

n و k : طول وقفه

u_{it} : جزء خطا، که فرض شده در طول زمان و در بین مقاطع (ایالات مختلف) ناهمبسته باشد.

نتایج تجربی برآورد مدل تقاضا برای سرمایه‌گذاری در اتومبیل‌های جدید را می‌توان این‌گونه خلاصه کرد: کشش قیمتی بنزین در کوتاه‌مدت و بلندمدت ۰٫۷۷ است. مثبت بودن این کشش به این معنی است که بخشی از خرید یا تقاضا برای اتومبیل‌های جدید به این دلیل است که مصرف بنزین در آن‌ها کمتر (کمتر) است. کشش خرید خودروهای جدید نسبت به قیمت خودی ۰٫۵۸- است، پس کشش درآمدی خودرو مثبت بوده و در کوتاه‌مدت بیشتر از بلندمدت است.

۲- مبانی نظری تحقیق

براساس تئوری تقاضا، کالاها به دو گروه کالاهای نهایی که کالای نهایی به دودسته کالای مصرفی و سرمایه‌ای تقسیم می‌شود و کالای مصرفی به سه دسته بی‌دوام، نیمه بادوام و بادوام و کالاهای واسطه‌ای تقسیم‌بندی می‌شوند و تقاضا اصولاً ناظر به کالاهای نهایی است؛ کالاهای نهایی خود به دو گروه کالاهای بادوام و کالاهای بی‌دوام تقسیم می‌شوند. براساس تئوری تقاضا، تقاضا برای کالاهای نهایی تابعی از قیمت خود کالا، قیمت جانشین و مکمل و همچنین درآمد. کالاهای بادوام از طرف دیگر دارای خصیصه‌ای هستند که آن‌ها را از کالاهای بی‌دوام متمایز می‌سازد. این خصیصه موجودی کالاهای بادوام است. بنابراین چون تقاضا، یک متغیر جاری است^۱، لذا فقط برای یک دوره مالی یک سال تعریف می‌شود و همچنین کالاهای بی‌دوام نیز بیش از یک دوره مالی دوام نمی‌آورد؛ اما کالاهای بادوام دارای موجودی هستند، مثلاً یخچال بیش از یک سال (معمولاً) دوام می‌آورد، لذا چنانچه شخص در یک سال یخچال خریداری کند، برای چندین سال ممکن است دیگر یخچال نخرد. لذا در تقاضا برای کالاهای بادوام، باید عنصر موجودی لحاظ شود. در نتیجه کالاهای بادوام معمولاً دارای تقاضایی هستند که تابعی از قیمت کالا، قیمت کالاهای مکمل و جانشین، درآمد و موجودی کالا می‌باشد. به همین منظور مدل تقاضای حمل و نقل عمومی بصورت کالاهای مصرفی بوده و کالای سرمایه‌ای نبوده است. که در قسمت ذیل به مبانی نظری تقاضای حمل و نقل عمومی می‌پردازیم.

در این قسمت به مدل تعدیل موجودی^۲ جهت تقاضای حمل و نقل عمومی مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرض کنید که مصرف‌کنندگان علاقه‌مند به رسیدن به سطحی از موجودی مطلوب خودرو از نوع سواری هستند که آن را با St^* نشان می‌دهیم. این موجودی مطلوب تابعی است از قیمت نسبی P_t و درآمد Y_t :

$$s_t^* = a + bP_t + cY_t \quad (۳)$$

بنابراین چون موجودی مطلوب قابل مشاهده نیست، به منظور عملیاتی کردن چنین استدلال می‌شود که مصرف‌کننده با توجه به اختلاف بین موجودی واقعی و موجودی مطلوب تصمیم به خرید می‌گیرد:

$$s_t - s_{t-1} = \lambda(s_t^* - s_{t-1}) + u_t \quad (۴)$$

اما مقدار خرید سالانه برابر است با تفاوت بین موجودی حمل و نقل عمومی از یک سال به سال دیگر، البته با احتساب استهلاک. یعنی اگر X_t را مقدار عرضه حمل و نقل عمومی و δ نرخ استهلاک بگیریم، خواهیم داشت:

$$X_t = s_t - (1 - \delta)s_{t-1} \quad (۵)$$

در سمت چپ معادله (۵) فوق مقدار تقاضای حمل و نقل عمومی در یک سال قرار دارد، زیرا که تفاوت بین موجودی واقعی سال قبل و موجودی فعلی برابر است با مقدار خرید توسط مصرف‌کننده در سال t رابطه (۴) می‌گوید که مقدار تقاضای سالانه توسط مصرف‌کننده براساس تفاوت بین موجودی مطلوب s_t^* و موجودی واقعی s_t در همین سال تعدیل می‌شود، λ ضریب تعدیل و u_t یک عامل تصادفی است که نشان‌دهنده رابطه غیرمقطعی بین طرفین رابطه (۴) است. حال چنانچه رابطه (۳) و (۴) را در رابطه (۵) جایگزین کنیم، خواهیم داشت:

¹ Flow

² Stock Adjustment

$$X_t = \lambda a + \lambda b P_t + \lambda c Y_t + (\delta - \lambda) S_{t-1} + u_t \quad (6)$$

که برای سهولت در پیگیری مدل، آن را به صورت خلاصه شده زیر می نویسیم:

$$X_t = \beta_1 + \beta_2 P_t + \beta_3 Y_t + \beta_4 \Delta S_{t-1} + u_t \quad (7)$$

رابطه (۷) تابع تقاضا برای حمل و نقل عمومی را نشان می دهد. رابطه (۷) تابع تقاضا، P_t قیمت نسبی (شاخص هزینه)، Y_t درآمد، S_{t-1} موجودی خودرو در سال قبل و u_t عامل اختلال است. براساس تئوری تقاضا انتظار داریم که β_2 منفی باشد؛ زیرا قیمت با مقدار تقاضا رابطه منفی دارد. β_3 با توجه به نوع کالا مانند کالای پست یا کالای نرمال می تواند منفی یا مثبت باشد. و بالاخره انتظار داریم که β_4 منفی باشد؛ زیرا هرچه سطح موجودی واقعی دوره قبل بیشتر باشد نیاز به خرید کمتری در سال جاری وجود دارد.

۲-۱- مدل سیستم دینامیک

هدف از مدل سازی سیستم دینامیک به دست آوردن درک و دیدگاهی در مورد روابط سیستم است تا بتوان خطمشی های ممکن برای بهبود سیستم را بررسی کرد. به همین دلیل هر مدلی که بخواهد در زمینه مدیریت عرضه و تقاضا به برنامه ریزی بپردازد، به ضرورت، علاوه بر نگرش سیستمی و همزمان به منابع و مصارف باید پویا نیز باشد روی همین اصل در پژوهش حاضر مدل سازی تقاضای حمل و نقل عمومی کشور به صورت پویا و با کمک روش دینامیک سیستمی^۳، مورد نظر قرار گرفته است. روش مدل سازی مورد استفاده در این تحقیق مبتنی بر گروه مدل های شبیه سازی رفتاری^۴ است. متدولوژی دینامیک سیستمی مبتنی بر تئوری کنترل مدرن^۵ است که در آن رفتار سیستم به وسیله معادلات دیفرانسیل و انتگرال شبیه سازی می گردد؛ همچنین در این متدولوژی از پیش، هیچ فرض محدود کننده ای در مورد رفتار سیستم در نظر گرفته نمی شود و برای تحلیل سیستم های پیچیده که در آن عوامل متعددی به یکدیگر تنیده شده اند، مناسب است. از این مدل برای تحلیل سیاست گذاری ها در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار می گیرد.

۳- روش تجزیه و تحلیل داده ها و مدل سازی

این پژوهش از نوع علی- استنباطی است که به کشف و تفسیر روابط بین متغیرها می پردازد. از طرفی دیگر، پژوهشی کاربردی است که نتایج آن می تواند به منظور برنامه ریزی در حوزه حمل و نقل عمومی کشور مورد استفاده قرار گیرد. مراحل انجام این پژوهش به شرح ذیل می باشد:

گام اول: برآورد تابع تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل با استفاده از مدل های اقتصاد سنجی

گام دوم: برآورد تابع تقاضای حمل و نقل عمومی با استفاده از متغیرهای تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل، متغیرهای جمعیت شهری و هزینه استفاده از حمل و نقل عمومی

گام سوم: پیاده سازی نتایج حاصل از گام های اول و دوم در مدل سیستم های پویا

در گام اول این پژوهش برای برآورد تابع تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل از معادلات الگوی خود توضیح با وقفه گسترده (ARDL) برای آمار سری زمانی استفاده شده است. از این رو در این پژوهش از تجزیه و تحلیل رگرسیونی با استفاده

^۳ - روش دینامیک سیستمی (System Dynamics) روشی است که توسط فورستر در دهه ۶۰ میلادی در دانشگاه MIT برای تحلیل سیستم های پیچیده (Complex Systems) توسعه یافت.

^۴ - behavioral simulation model

^۵ - Modern Control Theory

$$H_1: \sum_{i=1}^p \hat{\alpha}_i - 1 \geq 0 \quad (8)$$

$$H_1 = \sum_{i=1}^p \hat{\alpha}_i - 1 \leq 0$$

از روش اقتصادسنجی و نرم افزار میکروفیت (Microfit) و ایویوز (Eviews) برای برازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. با توجه به اینکه داده‌ها به صورت سری زمانی است، برای اجتناب از تخمین رگرسیون کاذب لازم است پایایی متغیرها را با استفاده از آزمون ریشه واحد دیکی-فولر تعمیم یافته (ADF) بررسی گردد؛ که برای تعیین تعداد وقفه‌های بهینه از معیار شوارز-بیزین (SBC) استفاده شده است.

4- معرفی متغیرهای الگو

در این پژوهش متغیر تقاضای حمل و نقل عمومی (D) به عنوان متغیر وابسته، متغیر (P) شاخص نشان دهنده هزینه استفاده از حمل و نقل عمومی، متغیر (GDP) نشانگر شاخصی از سهم حمل و نقل در تولید ناخالص داخلی، متغیر (POPu^۶) نشانگر جمعیت شهری کشور، متغیر (POP^۷) نشانگر جمعیت روستایی کشور، متغیر (K) نشانگر انباشت سرمایه، متغیر (L) نشان دهنده نیروی کار می‌باشد.

۵- ساختار مدل

برای برآورد الگو، روش ARDL مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرم کلی الگوی مدل ARDL^۸ به صورت زیر است.

$$\alpha(L, P)Y_t = \sum_{i=1}^k \beta_i(Lq_i)x_{it} + \sigma Z_t + \epsilon_t \quad (9)$$

در رابطه فوق Y متغیر وابسته، X بردار متغیرهای مستقل درونزا، L عملگر وقفه، Z برداری از متغیرهای غیرتصادفی، مانند عرض از مبدا، متغیرهای مجازی و متغیر روند، P تعداد وقفه‌های متغیر وابسته و q تعداد وقفه‌های متغیر مستقل هستند. تعداد وقفه‌های بهینه هر کدام از متغیرهای توضیحی توسط معیارهای آکائیک، شوارز-بیزین، حنان-کوئین مشخص می‌شود. در روش ARDL برای آزمون همجمعی آزمون فرضیه زیر صورت می‌گیرد. کمیت آماره t مورد نیاز برای انجام آزمون فوق به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$\frac{\sum_{i=1}^p \hat{\alpha}_i - 1}{\sum_{i=1}^p s\hat{\alpha}_i} \quad (10)$$

^۶Population Urban

^۷Population Ruler

^۸ Auto Regressive Distributed Lag

چنانچه قدرمطلق کمیت محاسبه شده از کمیت بحرانی ارائه شده توسط بنرجی، دولادو و مستر (۱۹۹۲) بزرگتر باشد، نتیجه می گیریم که یک رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرهای الگو وجود دارد. پس از اثبات وجود رابطه همجمعی بین متغیرهای الگو، در مرحله بعد الگوی مناسب برآورد می شود و با استفاده از آن، ضرایب بلند مدت متغیرها محاسبه می گردد. سپس رابطه پویایی کوتاه مدت را با استفاده از مدل تصحیح خطا (ECM) که نوسانات کوتاه مدت متغیرها را به مقادیر بلند مدت آنها ارتباط می دهد، تخمین زده می شود. برای تنظیم الگوی تصحیح خطا کافی است که جمله های خطای مربوط به رگرسیون همجمعی با یک وقفه زمانی به عنوان یک متغیر توضیحی در کنار تفاضل مرتبه اول دیگر متغیرهای الگو قرار داده شود.

در گام اول تابع تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل را با استفاده از الگوی ARDL برآورد خواهد شد. که در این قسمت مبانی نظری تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل به شرح ذیل می باشد.

بنابراین با اتکای به مبانی نظری تولید می توان فرض کرد که تولید کل می تواند توسط یک تابع با دو عامل نیروی کار، انباشت سرمایه، نمایش داده شود.

$$Q=Q(L,K) \quad (11)$$

Q: تولید ناخالص داخلی L: نیروی کار K: انباشت سرمایه

$$GDP = GDP (L^+, K^+) \quad (12)$$

لذا با توجه به مبانی نظری فوق معادله الگوی پویای و معادلات کوتاه مدت و بلند مدت به صورت ذیل برآورد شده است.

۵-۱- الگوی پویای تولید کل بخش حمل و نقل

در این قسمت ابتدا به الگوی پویای تولید کل بخش حمل و نقل می پردازیم که این الگوی پویا به شرح ذیل می باشد:

$$\begin{aligned} \text{LOG}(GDP) = & -1.2389 + 0.1517 * \text{LOG}(L) + 0.8197 * \text{LOG}(K) + 0.8329 * \text{LOG}(GDP(-1)) \\ & (-4.78) \quad (7.14) \quad (16.12) \quad (23.36) \\ & - 0.7596 * \text{LOG}(K(-1)) - 0.1178 * D59 + 0.0635 * D6061 + 0.0524 * D4554 \\ & (-17.58) \quad (-6.19) \quad (4.36) \quad (4.85) \end{aligned} \quad (13)$$

$$R^2 = 0.999 \quad , \quad D.W = 1.910$$

حال در این قسمت به آزمون بنرجی-دولادو-مستر جهت ارتباط یک رابطه تعادلی بلند مدت می پردازیم.

$$\tau = \frac{.8329 - 1}{.0356} = -4.694 \quad (14)$$

با توجه به کمیت بحرانی ارائه شده توسط بنرجی، دولادو و مستر یک رابطه تعادلی بلند مدت در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین متغیرهای الگوی عرضه کل وجود دارد

$$-8194.9P + 5499.6P(-1) - 162742.5D57 - 86157.9D80 + 62342.9D86 \quad (18)$$

$$(-7.4) \quad (5.5) \quad (-6.07) \quad (-2.8) \quad (2.2)$$

$$R^2 = .99 \quad D.W = 2.1$$

متغیرهای D57، D80 و D86 بیانگر متغیرهای مجازی استفاده شده در مدلسازی است که به ترتیب مربوط به سالهای ۵۷، ۸۰ و ۸۶ بوده که نشاندهنده میزان اختلاف برآورد تابع تقاضای پیش بینی شده و واقعی است. با توجه به رابطه پویایی الگو مشاهده می شود که یک وقفه بهینه متغیر جمعیت روستایی و متغیر شاخص قیمت انتخاب شده است. با توجه به الگوی پویا، حال رابطه بلند مدت را بدست می آوریم. قبل از بدست آوردن این رابطه تعادلی بلند مدت لازم است که آزمون برنجی-دولادو و مستر را انجام دهیم.

$$\frac{\sum_{i=1}^P \hat{\alpha}_i - 1}{\sum_{i=1}^P s\hat{\alpha}_i} = \frac{.4164 - 1}{.0891} = -6.5 \quad (19)$$

با توجه به آزمون برنجی - دولادو و مستر نتیجه می گیریم که یک رابطه تعادلی بلند مدت بین متغیرهای الگو برقرار است. حال رابطه تعادلی بلند مدت را بدست می آوریم.

$$D = 1728548 + .0531POPu - .1482POP r + 1.007GDP - 4618.4P - 27858.6D57 - 147631.1D - 106824.3 + 80D86 \quad (20)$$

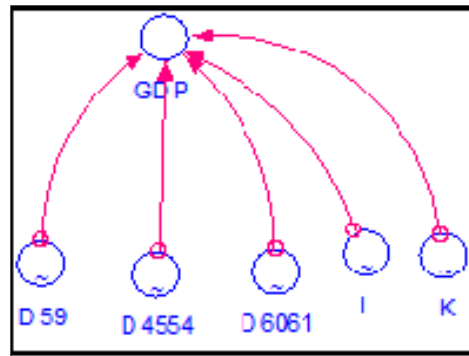
وجود همجمعی بین متغیرهای تابع تولید بلند مدت اکنون این امکان را فراهم می آورد تا تابع تولید کوتاه مدت را به کمک الگوی تصحیح خطا که در بردارنده تفاضل مرتبه اول متغیرهای تابع تولید و خطای تعادل با وقفه (ECMDC(-1)) است نمایش دهیم. نتایج حاصل از برآورد این الگو در زیر ارائه شده است:

$$D(D) = 1008785 + .031D(POPu) + .04D(POP r) + .584D(GDP) - 8194.9D(P) - 162742.5D(D57) - 86157.9D(D80) + 62342.9 D(D86) - .583ECMDC(-1) \quad (21)$$

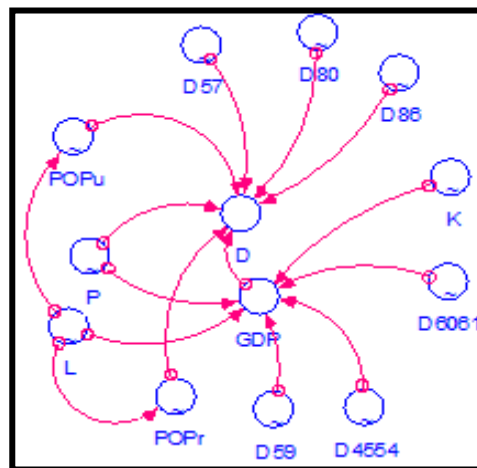
$$(4.3) \quad (4.1) \quad (1.5) \quad (2.7) \quad (-7.4) \quad (-6.07) \quad (-2.8) \quad (2.2) \quad (-6.5)$$

همانطور که مشاهده می شود تمام ضرایب برآورد شده به لحاظ آماری معنی دار هستند و تمامی علامت های مربوط به ضرایب برآورد شده از جنبه نظری موافق انتظار می باشند. ضریب مربوط به جمله تصحیح خطا نیز برابر (۰,۵۸۳-) می باشد و بیانگر تعدیل ۵۸,۳ درصدی خطای عدم تعادل تولید در هر دوره می باشد که نشاندهنده ی سرعت تعدیل بسیار بالاست. در گام آخر با توجه به برآورد تابع تقاضای حمل و نقل عمومی، با استفاده سیستم های پویا به چگونگی عملکرد متغیرهای این تابع می پردازیم. که در شکل ذیل با استفاده از نرم افزار Ithink به روابط علت و معلولی تابع تقاضای حمل و نقل عمومی می پردازیم. در شکل (۱) به نحوه تخمین تابع تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل پرداخته شده است. همچنین در شکل (۲) این به تابع تقاضای حمل و نقل عمومی با استفاده از پارامترهای اثرگذار نشان داده شده است. شایان ذکر است هر متغیر در شکلهای ذیل

نشان دهنده روابط ریاضی بوده که در بخش برآورد تابع، مورد محاسبه قرار گرفته. از آنجایی که مدل‌های سیستم‌های پویا ماهیت دینامیک بودن یک سیستم را نشان می‌دهد، در شکل (۲)، به این پویایی بصورت جامع پرداخته شده است؛ که برهم کنش متغیرها و تحلیل حساسیت در این مدل مشهود می‌باشد.



شکل (۱) مدل سیستم دینامیک تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل



شکل (۲) روابط سیستمی تابع تقاضای حمل و نقل عمومی و سایر متغیرها

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود روابط سیستمی بین پارامترها نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین تقاضای حمل و نقل عمومی و متغیرهای هزینه استفاده از حمل و نقل عمومی، جمعیت و تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل دارد. شایان ذکر است تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل ارتباط بسیار نزدیکی با اشتغال، سرمایه گذاری در بخش حمل و نقل خواهد داشت.

۵- نتیجه گیری

هدف اصلی این پژوهش، برآورد تابع تقاضای حمل و نقل عمومی در ایران و بررسی عوامل اثر گذار در این بخش می‌باشد. داده‌های این پژوهش، مبنی بر استفاده از داده‌های سری زمانی است؛ اما از آنجا که اغلب متغیرهای سری زمانی نامانا هستند، این امکان داشت که با رگرسیون کاذب روبرو شویم. به همین دلیل از آزمون دیکی فولر استفاده شده است. نتایج حاصل از برآورد تقاضای حمل و نقل عمومی نشان داد که در بلندمدت متغیر POP_u که همان جمعیت شهری کشور می‌باشد با تقاضای حمل و نقل عمومی رابطه مثبت و معنی داری دارد. متغیر GDP که نشانگر تولید ناخالص داخلی در بخش حمل و نقل می‌باشد، در

بلند مدت رابطه مثبت و معنی داری را با تقاضای حمل و نقل عمومی دارد. متغیر P که بیانگر شاخص هزینه ای استفاده از حمل و نقل عمومی رابطه معکوسی را با تقاضای حمل و نقل عمومی در بلند مدت دارد. به همین منظور افزایش در جمعیت شهری و سرمایه گذاری در بخش حمل و نقل به نوبه خود موجب افزایش تقاضای حمل و نقل عمومی را بدنبال خواهد داشت. همچنین افزایش در هزینه های حمل و نقل عمومی ابتدا اثرات خود را در تولید ناخالص داخلی بخش حمل و نقل خواهد داشت که این امر موجب کاهش سرمایه گذاری در بخش حمل و نقل و در نهایت موجب کاهش تقاضای حمل و نقل عمومی خواهد شد که افزایش تقاضای خودرو سواری را بدنبال خواهد داشت. لذا با توجه به اهمیت توسعه حمل و نقل عمومی پیشنهاد می گردد برای بسط دادن به این مدل داینامیک از شاخص هزینه نسبی سفر نسبت با در نظری گیری هزینه استفاده از خودرو سواری، زیرساخت حمل و نقل عمومی و همچنین عوامل مهمی همانند قیمت سوخت در سایر مطالعات مورد بررسی قرار گیرد.

مراجع

[1] Eskeland, G & T. Foyozioglu. "Is Demand for Polluting Goods Managable? An Econometric Study of Gor Ownership and Use in Mexico"., J.O. DevolopmentEconomics, Vol 53, (1997).

- [3] دیتون، مایکل و جیمز جی، وین بریک، "مدلسازی دینامیکی سیستمهای زیست محیطی"، رضوی، مهدی و رسام، مشرفی، دانشگاه صنعتی شریف، موسسه انتشارات علمی، ۱۳۸۲
- [4] شانون، رابرت، "علم و هنر شبیه سازی سیستمها"، عرب مازار، علی اکبر، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۱
- [5] نوفرستی، محمد، ۱۳۷۸، ریشه واحد همجمعی و همجمعی در اقتصاد سنجی، موسسه خدمات فرهنگی رسا