

تعیین مد حمل و نقلی غالب بر اساس معیارهای توسعه پایدار با به کارگیری روش تئوری بازی

محمد امین آشنا^۱، امیربهادر پارسا^۲، احمدرضا محمود زاده^۳، علی اکبر عادلان^۴، امیر گل رو^۵

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

۵- استادیار دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

چکیده

امروزه تلاش سیاستگذاران بر این است که مردم را با روش‌های گوناگون به استفاده از سیستم‌های حمل و نقل عمومی سوق دهند. اما اتفاقی که در واقعیت روی می‌دهد، شکل گرفتن رقابتی بین انواع مدهای حمل و نقل عمومی و حمل و نقل خصوصی است. انتخاب وسیله مورد استفاده جهت رسیدن به مقصد در کوتاهترین زمان ممکن با سریعترین و ارزانهترین وسیله دغدغه‌ی بزرگی است که هر روز ذهن بسیاری را درگیر خود می‌کند. سوالی که در اینجا مطرح است این است که با شرایط موجود، کدامیک از انواع مدهای حمل و نقل سهم بیشتری دارد. با بررسی روش‌های حمل و نقل عمومی و شخصی می‌توان در راستای توسعه پایدار جهت صرفه جویی بهتر زمان، سوخت و انرژی کمک کرد. هدف از این مقاله تعیین مد حمل و نقلی غالب بر اساس هزینه سفر از دیدگاه توسعه پایدار با استفاده از روش تئوری بازی است. با توجه به محاسبات انجام شده، مترو مد غالب در شهر تهران تشخیص داده شد. در نهایت با استفاده از آمارگیری‌های میدانی نتایج به دست آمده اعتبارسنجی شد.

واژگان کلیدی: مهندسی حمل و نقل، تئوری بازی، حمل و نقل عمومی، حمل و نقل خصوصی، توسعه پایدار

۱- مقدمه

زمان و آلاینده‌گی می‌باشد. همواره در این گونه جوامع رقابتی بین ذی نفعان استفاده کننده حمل و نقل عمومی و حمل و نقل خصوصی وجود دارد که به تعادل رسیده است.

استفاده از حمل و نقل عمومی موجب کاهش تعداد خودروهای شخصی و در نتیجه کاهش حجم ترافیک در سطح معابر شهر می‌شود. از طرفی شلوغی، کیفیت پایین خدمات و دسترسی ضعیف وسایل نقلیه عمومی می‌تواند موجب شود تا کاربران، راحتی و آسایش استفاده از سواری شخصی خود را به ترافیک و آلودگی ناشی از حجم زیاد وسایل نقلیه شخصی ترجیح دهند. با افزایش سرعت تردد و در نتیجه کاهش زمان سفر وسایل نقلیه عمومی، یکی از بزرگترین معایب استفاده از این شیوه سفر رفع می‌شود و می‌توان شاهد رقابتی میان حمل و نقل عمومی و حمل و نقل خصوصی بود.

امروزه با گسترش جوامع شهری و به وجود آمدن کلان شهرها نیاز به جابجایی ایمن، کارا، کم هزینه و با قابلیت اطمینان بالا به عنوان امری ضروری احساس می‌شود. افزایش روزافزون تقاضای حمل و نقل در شهرهای بزرگی مانند مشهد، تبریز، اصفهان و علی الخصوص تهران باعث شده است که انسان‌ها برای انتخاب نوع وسیله نقلیه‌ای که به بهترین شکل نیاز آنها را برای جابجایی برآورده کند به چالش کشیده شوند. از طرفی حجم زیاد ترافیک، افزایش قابل توجه زمان سفر، افزایش تصادفات، آلودگی صوتی و نزدیک شدن میزان آلودگی هوا به مرزهای تهدید سلامت انسان از تبعات سیستم حمل و نقل ناپایدار در مناطق شهری می‌باشد که امروزه رویکرد اکثر جوامع پیشرفته در راستای فراهم کردن و ترغیب افراد جامعه به استفاده از سیستم حمل و نقلی با کمترین میزان هزینه،

۲- مفاهیم کلی و ادبیات موضوع

برای انتخاب در مسائل چند هدفه چندین روش وجود دارد. متداول ترین آن‌ها روش تحلیل سلسله مراتبی^۱، روش منطق فازی و سیستم تصمیم گیری متخصصین است. همه این روش‌ها نیاز به وزن دهی برای حل دارند و بسیار به شخص تصمیم گیرنده وابسته اند اما روش تئوری بازی روشی است که وزن‌ها در آن در نظر گرفته نمی‌شوند [۱].

تئوری بازی امروزه به دلیل کاربرد وسیعی که در حل مسائل گوناگون دارد یکی از مهم ترین شاخه‌های روش‌های تصمیم گیری محسوب می‌شود. در این تئوری هر بازیکن به صورت کامل از اطلاعات بهره برده و بطور مستقل یک استراتژی که باید بهترین استراتژی باشد را انتخاب می‌کند در این تئوری منطقی بودن بازیکن بسیار مهم و مبنای کار است [۳].

در روش تئوری بازی‌ها توجه به این نکته ضروری است که هر بازیگر تلاش دارد تا بیشترین سود را کسب کند، ولی نتیجه حاصل لزوماً به معنای بهترین بهره‌وری کل برای همه بازیکنان مربوطه نمی‌باشد، در بسیاری از موارد ممکن است تمام بازیکنان بهره‌وری خود را بهبود بخشند در راستایی که بتوانند به توافق بر روی استراتژی‌های مختلف برسند.

در این مطالعه از روش غالب و مغلوب برای یافتن پاسخ تئوری بازی استفاده خواهد شد. روش حل غالب و مغلوب بیان کننده این واقعیت است که هر سیستم حمل و نقلی، استراتژی‌ای را که در تقابل با تمام استراتژی‌های سیستم مقابل دارای مطلوبیت کمتری باشد به عنوان استراتژی‌ای مغلوب حذف می‌کند. این روند مقایسه‌ای و حذف کردن تا جایی ادامه می‌یابد که سیستم‌ها با حذف سناریوهای مغلوب خود در انتها به یک تعادل می‌رسند و ممکن است روند حذف کردن تا جایی ادامه یابد که تنها یک (درایه پاسخ) باقی بماند.

در مساله ی حمل و نقل به خصوص حمل و نقل عمومی و مقایسه مدهای مختلف و به دست آوردن اثربخشی هر مد، تحقیقات بسیاری انجام شده است. به عنوان مثال هارکر با گسترش مدل ویتون، راه حلی برای انتخاب مسیر پیشنهاد کرد که بسیار عمومی و کاربردی بود. با استفاده از این روش مسافران می‌توانستند در نقطه‌هایی غیر از ابتدا و انتهای مسیر پیاده یا سوار شوند و هر مسیر، یک مد حمل و نقلی در نظر گرفته شده بود [۴]. زوآ و ژو رقابتی بین اپراتورهای حمل و نقلی مختلف به عنوان یک بازی غیر وابسته در نظر گرفتند [۵]. هم چنین ژیاو و پنگ با استفاده از تئوری بازی یک

استراتژی قیمت چند کلاسه تعریف کردند [۶]. هانگ و ژو یک مدل قیمتی بین دو مد مجزا در زمینه رقابت و مشارکت تعریف کردند [۷]. در تایوان که وانگ و یانگ مقایسه‌ای بین قطارهای با سرعت بالا و قطارهای با سرعت معمولی انجام دادند. آن‌ها یک مدل تئوری بازی برای بدست آوردن هزینه‌های هر کدام از این دو مد تعریف کردند و با استفاده از آن به این نتیجه رسیدند که هر چقدر ارزش زمانی افراد استفاده کننده از مسیر بالا برود استفاده از قطارهای پر سرعت رونق بیشتری می‌یابد و برای بدست آوردن ارزش زمانی افراد مختلف از تحقیقات یانگ گونگ و منگ استفاده کردند. در این مدل مسافرها مدهای مختلف را بر اساس قیمت (زمان هم به قیمت تبدیل شده است) انتخاب می‌کنند [۸][۹]. هم چنین ژانگ سو پنگ و یائو برای محاسبه ی معادله تقاضا ارزش زمانی را بصورت تابعی با توزیع نرمال در نظر گرفتند [۱۰]. حتی شایر و هونگ از این مساله فراتر رفته اند و مقایسه‌ای بین قطارهای پر سرعت و هواپیماها انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که اگر قطارهای پر سرعت تعداد و مقدار خود را افزایش دهند و قیمت پایینی داشته باشند مسافران آن‌ها را به هواپیما ترجیح خواهند داد [۱۱]. هم چنین وارون روتاری و همکاران در مقاله‌ای به مقایسه قطارهای پر سرعت و اتوبوس‌ها در کشور هند در بخش‌های مختلف پرداخته اند که به این نتیجه رسیدند که در تقاضاهای اندک و هزینه‌های ثابت زیاد، بدون این که استراتژی اتوبوس‌ها مهم باشد قطارهای پر سرعت به علت هزینه بالا و سود اندک قطعاً بازنده اند [۱۲].

مرادی و همکاران برای مقایسه حمل و نقل سریع شخصی^۲ و مدهای دیگر حمل و نقل عمومی مانند مترو و مونوریل برای هر کدام از حمل و نقل عمومی و خصوصی مزایا و معایبی برشمرده است که برای حمل و نقل خصوصی ترافیک، آلودگی صوتی و آلودگی هوا، مصرف بالای انرژی و بدتر از همه اثرات مخرب روی محیط زیست در نظر گرفته شده است. از طرف دیگر برای حمل و نقل عمومی زمان طولانی تلف شده از مسافر در ایستگاه برای ورود این وسایل، زمان طولانی سفر به نسبت حمل و نقل خصوصی مصرف انرژی بالا برای وسایل بزرگ زیر ساخت‌های عظیم مورد نیاز و هزینه بالای آنها شلوغی بیش از حد آن‌ها که باعث عدم مطلوبیت برای مسافرها بخصوص افراد پیر و معلول می‌شود، دسترسی محدود مسافران بعلت مسیر حرکت خطی آنها، آلودگی‌های صوتی و هوا برای بعضی از این وسایل عدم پیوستگی بین مدهای مختلف آن و هم چنین وقوع فاجعه در صورت بروز حادثه‌ای مانند تصادف از جمله معایب

2 PRT (Personal Rapid Transport)

1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

۳- بیان مساله و روش تحقیق

هدف از انجام این مطالعه، تعیین مد حمل و نقلی است که نسبت به سایر مدهای حمل و نقل از لحاظ هزینه سفر از دیدگاه توسعه پایدار بهینه باشد. با استفاده از تئوری بازی‌ها و با در نظر گرفتن تمام ترکیب‌های دوتایی استراتژی‌های مدهای حمل و نقل عمومی و شخصی (۱۶ حالت)، بهترین مد حمل و نقل عمومی و بهترین مد حمل و نقل شخصی معرفی شده و سود حاصل از حمل و نقل عمومی ارائه می‌شود.

در این مقاله سعی شده است تا پس از تعریف مسئله و تعیین حمل و نقل عمومی و خصوصی به عنوان بازیگرهای تئوری بازی و در نظر ۴ استراتژی برای هر بازیگر، هزینه انتخاب هر یک از مدهای حمل و نقلی عمومی و شخصی توسط افراد جامعه در قالب هزینه‌هایی که افراد به صورت مستقیم می‌پردازند و یا هزینه‌هایی که بر اثر عواملی مانند آلودگی هوا و یا از بین رفتن منابع تجدید ناپذیر در گذر زمان به افراد جامعه تحمیل می‌شود مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا پس از هم واحد کردن (تبدیل به هزینه ریالی) هر یک از هزینه‌هایی که با انتخاب یک مد حمل و نقلی به افراد جامعه تحمیل می‌شود، بین افرادی که حمل و نقل عمومی را انتخاب می‌کنند و افرادی که حمل و نقل شخصی را انتخاب می‌کنند رقابتی شکل می‌گیرد و با حل این رقابت در قالب تئوری بازی و به کمک روش غالب و مغلوب بهترین مدهای حمل و نقلی از حمل و نقل عمومی و شخصی با هدف کمینه کردن هزینه‌های تحمیلی به افراد جامعه انتخاب می‌شود. در انتها نیز به کمک آمار به دست آمده از نظرسنجی میدانی نتایج به دست آمده اعتبارسنجی می‌گردد. شهر تهران با توجه به دارا بودن مدهای مختلف حمل و نقلی به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. روش تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳-۱- تعیین بازیگرها

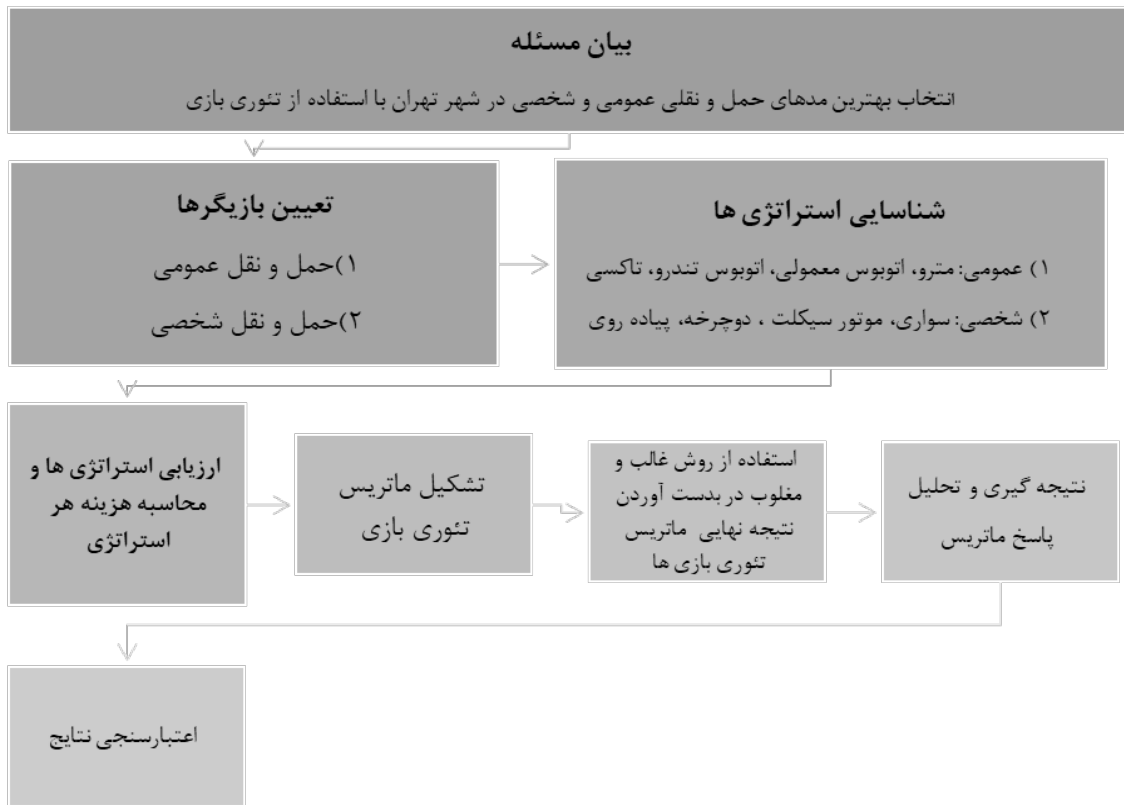
حمل و نقل عمومی و حمل و نقل شخصی در شهر تهران به عنوان جامعه مورد مطالعه انتخاب شده است که از این پس با تبعیت از ادبیات تئوری بازی‌ها، لفظ بازیگر به آنها اطلاق می‌شود.

۳-۲- شناسایی استراتژی‌ها

برای هر کدام از بازیگرها، به عنوان استراتژی، چهار مد حمل و نقلی مطرح می‌شود که برای بازیگر حمل و نقل عمومی شامل مترو، اتوبوس معمولی، اتوبوس تندرو، تاکسی و برای بازیگر حمل و نقل خصوصی سواری شخصی، موتور سیکلت، دوچرخه

آن است. ایشان این دلایل را برای عدم جذب مسافر به این سیستم‌ها کافی می‌دانند و در مقابل حمل و نقل سریع شخصی را پیشنهاد می‌دهند. در این مسیر به‌طور کلی برای ارزیابی مدهای مختلف حمل و نقل مولفه‌های اجتماعی، تکنیکی و جنبه‌های اقتصادی معرفی شده است. برای هر کدام از این مولفه‌ها شاخص‌های اصلی و فرعی در نظر گرفته شده است. به طور مثال برای دسته اجتماعی، امنیت و راحتی و ارزش زمان به عنوان شاخص اصلی و حریم خصوصی و در دسترس بودن را به عنوان زیر شاخص یا شاخص فرعی در نظر گرفته اند. همینطور به عنوان بخش فنی گنجایش طراحی و جنبه ساخت آن برای بخش اقتصادی، هزینه و سود برای جامعه و هزینه تصادف را به عنوان شاخص اصلی در نظر گرفته اند. در این مساله مد برتر مدی است که نتیجه کلی بهتری در این سه مولفه کلی داشته باشد [۱۳]. البته در مقاله دیگری چن و وانگ علاوه بر سه مولفه گفته شده برای حمل و نقل عمومی، مولفه جاده و ترافیک را هم در نظر می‌گیرد که شامل هم خوانی با جریان ترافیک، هم خوانی با گره‌های ترافیکی و عملکرد جاده است [۱].

مارک کوری‌اگین در مورد بهینه کردن ترافیک حمل و نقل عمومی زمان را بسیار حائز اهمیت دانسته و درباره سیاست‌های شرکت‌های حمل و نقل عمومی در افزایش ناوگان برای جذب مسافر را بیان کرده است. نویسنده برای حمل و نقل عمومی و سیاست‌های آن و هم چنین برای بهینه کردن مقادیر به دست آمده ۳ گروه مسافر، قدرت‌های دولتی و شرکت‌های حمل و نقلی را مهم دانسته است. همچنین موارد تاثیر گذار در انتخاب هر یک از دو مد حمل و نقل عمومی و شخصی را شامل هزینه حمل و نقل و سرعت هر کدام از آنها و اهمیت آن سفر می‌داند و فاکتور برتری حمل و نقل شخصی را سرعت بالای آن در نظر می‌گیرد. البته در این مقاله تاکید اصلی بحث زمان سفر است که برای خودروی شخصی شامل زمان بیرون آمدن وسیله نقلیه از پارکینگ در مبدا تا یافتن فضای پارک مناسب می‌باشد. برای حمل و نقل عمومی شامل زمان رسیدن به ایستگاه مورد نظر تا زمان رفتن از ایستگاه مقصد به مقصد نهایی است. در آخر با استفاده از مدل سازی به این نتیجه رسیده اند که در کشورهایی با ارزش زمانی بالا جذب مسافر به حمل و نقل عمومی بسیار مشکل است و نیاز به بهبود کیفیت مسافرت وجود دارد. ولی در کشورهایی با ارزش زمانی پایین افزایش تعداد وسایل حمل و نقل بی‌فایده است، چرا که تاثیری از نظر سود برای شرکت‌ها ندارد. به همین دلیل می‌بایست قدرت‌های دولتی بر روی سیستم‌های حمل و نقل نظارت داشته باشند [۱۴].



شکل ۱: روش تحقیق

جدول ۱: عوامل تاثیر گذار بر هزینه مدهای مختلف حمل و نقل

تعریف	هزینه
هزینه‌هایی مانند مصرف سوخت، روغن، لاستیک، هزینه‌های مالکیت وسیله نقلیه مانند استهلاک و ...	عملکردی
هزینه‌های ساخت و نگهداری از تسهیلات مختلف حمل و نقلی مانند راه، پل، ایستگاه مترو، اتوبوس و ...	تسهیلات
هزینه‌های ناشی از تصادفات و سوانح رانندگی شامل فوت، جرح و خسارت مالی	تصادفات
هزینه‌های پارکینگ شامل توقف حاشیه‌ای، غیرحاشیه‌ای، هزینه‌های ساخت و نگهداری از آنها	پارکینگ
ارزش ریالی معادل زمانی که افراد در ساعات اوج و غیر اوج صرف سفر می‌کنند	زمان سفر
ارزش ریالی معادل تبعات آلودگی هوا ناشی از حمل و نقل	آلودگی هوا
ارزش ریالی معادل تبعات آلودگی صوتی ناشی از حمل و نقل	آلودگی صدا
هزینه‌های ناشی از مصرف فرآورده‌های نفتی توسط وسایل نقلیه	مصرف منابع

۳-۳- هزینه استراتژی‌های هر بازیگر

و پیاده روی در نظر گرفته شده است.

برای ارزیابی استراتژی‌ها و محاسبه هزینه، نیاز به یافتن فاکتورهای تاثیر گذار در هزینه‌های گوناگون مدهای مختلف حمل و نقلی و ارزش گذاری ریالی برای این فاکتورها هست. به منظور محاسبه هزینه هر استراتژی باید عوامل تاثیر گذار بر آن برای مدهای مختلف برآورده شود. عوامل تاثیر گذار بر هزینه استفاده از مدهای مختلف حمل و نقل در جدول ۱ به همراه تعریف آن ارائه شده است.

پس از یافتن فاکتورها و ارزش دهی ریالی به تمامی فاکتورها، باید این اعداد را درون ماتریسی قرار داد، به گونه‌ای که هر درایه ماتریس نشان دهنده سودبری ریالی بیشتر بازیگر اول در قبال بازیگر دوم باشد (از دید بازیگر حمل و نقل عمومی به مسئله نگاه شده است). نهایتاً نیز به کمک تکنیک غالب و مغلوب به حل مسئله پرداخته می‌شود و در آخر به منظور اعتبار سنجی، نتایج به دست آمده با نظر مردم مقایسه شده است.

خانوار ۰,۴ نفر، و بعد خانوار ۳,۴۶ نفر در نظر گرفته شده است. [۱۶] با توجه به رابطه و اعداد بالا، مقدار متوسط ارزش ریالی زمان در کشور برابر ۸۲۵۵۸ ریال بدست آمد.

هر یک از اعداد جدول ۲ نشان دهنده هزینه‌ای است که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم به یک فرد از جامعه با انتخاب هر یک از وسایل نقلیه مذکور در قالب هزینه‌های عملکردی، تسهیلات، پارکینگ، آلودگی هوا و غیره وارد می‌شود. هر کدام از ارقام، با توجه به قیمت سوخت (لیتری ۱۰۰۰۰ ریال)، نرخ تورم (۳۰,۵ درصد در سال ۱۳۹۱ و ۳۲,۳ درصد در سال ۱۳۹۲ و ۱۴,۱ درصد در سال ۱۳۹۳) و ارزش ریالی زمان (۸۲۵۵۸ ریال در هر ساعت) به دست آمده اند.

در جدول ۳ سرعت متوسط هر کدام از مدهای حمل و نقلی در محدوده شهر تهران برحسب کیلومتر بر ساعت مشخص شده است. هزینه مربوط به زمان سفر که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، از تقسیم ارزش ریالی زمان بر سرعت متوسط هر کدام از انواع مدهای حمل و نقل به دست می‌آید.

۳-۴- ماتریس تئوری بازی

برای حل مسئله پیش رو در قالب تئوری بازی‌ها ابتدا باید جدول مربوط به بازی بین دو بازیگر (افرادی که از حمل و نقل عمومی استفاده می‌کنند و افرادی که از حمل و نقل خصوصی استفاده می‌کنند) تشکیل شود.

در محاسبات مربوطه برای یافتن ارزش ریالی هر یک از عوامل مورد نظر در استراتژی‌ها، هزینه‌ی ناشی از یک کیلومتر سفر یک مسافر با هر مد حمل و نقلی مد نظر قرار گرفته است.

هزینه فاکتورهای عملکردی، تسهیلات، تصادف، پارکینگ، آلودگی هوا و صوتی و منابع طبیعی، از منابع استخراج شده و سپس با تبدیل این معیارها به ارزش ریالی در سال ۹۰ و به کمک در نظر گرفتن ضریب تورم در سال‌های ۹۱ و ۹۲ و ۹۳ تبدیل آنها به قیمت‌های سال ۹۳، و نهایتاً جمع کردن ارزش ریالی همه معیارها، یک ارزش ریالی برای هر مد حمل و نقلی به دست آمده است. حاصلضرب ارزش زمان در سرعت متوسط هر کدام از وسایل نقلیه (جدول ۳)، برابر هزینه زمان سفر می‌باشد که طبق رابطه ۱ محاسبه شده است [۱۵][۱۶][۱۷].

$$VOT = \frac{S}{T \times P \times D \times 12} \quad (1)$$

VOT: متوسط ارزش ریالی زمان در کشور (ریال بر ساعت)

S: متوسط درآمد خانوار در سال

T: متوسط ساعت کاری در ماه

P: متوسط درصد افراد شاغل در هر خانوار

D: بعد خانوار (متوسط جمعیت هر خانوار)

متوسط درآمد خانوار در سال ۹۳، ۲۴۱۳۱۸۰۰۰ ریال، متوسط ساعت کاری افراد، ۱۷۶ ساعت در ماه، درصد افراد شاغل در هر

جدول ۲: هزینه سیستمی مدهای حمل و نقل شهر تهران در سال ۱۳۹۳ بر حسب ریال بر هر کیلومتر پیمایش سفر

هزینه/مد	عملکردی	تسهیلات	پارکینگ	آلودگی هوا	آلودگی صوتی	مصرف منابع تجدید ناپذیر	تصادفات	زمان سفر	هزینه کلی(ریال)
سواری شخصی	۴۱۴۴	۱۴۳	۱۸۴۵	۱۱۲۶	۲۰۶	۲۰۳۲	۱۷۲	۳۰۳۵	۱۲۷۰۴
موتورسیکلت	۱۱۸۱	۱۷۶	۸۳۸	۸۰۱	۳۴۴۵	۶۳۴	۳۰	۳۸۲۲	۱۰۹۲۸
دوچرخه	۵۱۹	۴۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۶۹۹۶	۷۹۱۶
پیاده روی	۰	۲۵۳۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸۷۶۳	۲۱۲۹۴
اتوبوس معمولی	۱۰۹۶	۹۹	۲۴	۲۶۸	۳۶	۳۶۳	۳۶	۵۲۲۵	۷۱۴۶
اتوبوس تندرو	۸۳۲	۲۲۰	۱۴	۱۷۰	۲۲	۲۳۲	۲۴	۴۲۳۴	۵۷۴۸
مترو	۷۸۳	۶۵۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸۶۴	۳۲۹۷
تاکسی	۲۷۶۹	۱۱۷	۶۹	۵۶۹	۱۷۰	۱۶۰۷	۲۸	۵۰۹۶	۱۰۴۲۶

جدول ۳: سرعت متوسط وسایل نقلیه در شهر تهران [۱۷]

تاکسی	مترو	اتوبوس تندرو	اتوبوس معمولی	پیاده روی	دوچرخه	موتورسیکلت	سواری شخصی
۱۶,۲	۴۴,۳	۱۹,۵	۱۵,۸	۴,۴	۱۱,۸	۲۱,۶	۲۷,۲

جدول ۴: سود استفاده کنندگان از حمل و نقل عمومی برحسب ریان بر هر کیلومتر پیمایش سفر

افرادى كه از حمل و نقل خصوصى استفاده مى‌كنند				استراتژى	
سوارى شخصى	موتورسیكلت	دوچرخه	پياده روى	اتوبوس	افرادى كه از حمل و نقل عمومى استفاده مى‌كنند
۵۵۵۸	۳۷۸۲	۷۷۰	۱۴۱۴۸	اتوبوس تندرو	
۶۹۵۶	۵۱۸۰	۲۱۶۸	۱۵۵۴۶	مترو	
۹۴۰۷	۷۶۳۱	۴۶۱۹	۱۷۹۹۸	تاكسى	
۲۲۷۸	۵۰۲	-۲۵۱۰	۱۰۸۶۸		

در جدول ۴ هر یک از اعداد از تفاضل مجموع هزینه‌های مربوط به هر یک از مدهای حمل و نقلی موجود در جدول ۲ بدست آمده است. به عنوان مثال اگر در جامعه مورد مطالعه (تهران) دو استراتژی مورد مطالعه موتور سیکلت از حمل و نقل خصوصی و مترو از حمل و نقل عمومی باشد، با توجه به اینکه جدول از دید افرادی که حمل و نقل عمومی را انتخاب می‌کنند تشکیل شده است عدد حاصل از مجموع هزینه‌های مربوط به مترو از مجموع هزینه‌های مربوط به موتور سیکلت کسر می‌شود که این عدد بیانگر مقدار سود (بر حسب ریان) فردی است که از بین موتور سیکلت و مترو، مترو را انتخاب کرده است ($۷۶۳۱ = ۳۲۹۷ - ۱۰۹۲۸$) بدیهی است که اگر عدد حاصل منفی باشد نشان دهنده آن است که به افراد جامعه در صورت انتخاب مترو نسبت به موتور سیکلت ضرر وارد می‌شود.

۴- اعتبارسنجی نتایج

در آخرین مرحله سود بازبر اول از تقابل ترکیب استراتژی‌های مختلف محاسبه شده و جدول مخصوص تئوری بازی‌ها تشکیل می‌شود. روش حل در این مسئله روش غالب و مغلوب می‌باشد. ابتدا سه ردیف مربوط به اتوبوس، اتوبوس تندرو و تاکسی که همه سلولهای آنها مقدار کمتری نسبت به سلولهای متناظر در ردیف مربوط به مترو دارند حذف می‌گردد و سپس ستونهای پیاده روی، موتورسیکلت و خودروی شخصی که مقدار آنها به نسبت سلول مربوط به دوچرخه بیشتر است کنار می‌روند تا نتیجه نهایی حاصل شود.

در آخرین مرحله سود بازبر اول از تقابل ترکیب استراتژی‌های مختلف محاسبه شده و جدول مخصوص تئوری بازی‌ها تشکیل می‌شود. روش حل در این مسئله روش غالب و مغلوب می‌باشد. ابتدا سه ردیف مربوط به اتوبوس، اتوبوس تندرو و تاکسی که همه سلولهای آنها مقدار کمتری نسبت به سلولهای متناظر در ردیف مربوط به مترو دارند حذف می‌گردد و سپس ستونهای پیاده روی، موتورسیکلت و خودروی شخصی که مقدار آنها به نسبت سلول مربوط به دوچرخه بیشتر است کنار می‌روند تا نتیجه نهایی حاصل شود.

اعتبارسنجی نتایج بدست آمده با استفاده از محاسبه ارزش ریالی هر یک از استراتژیها، با انجام مصاحبه و کسب نظرات مردم حاصل شده است. برای دستیابی به نمونه‌های تصادفی، این آمارگیری توسط چهار نفر در سطح شهر تهران و در پایانه‌های آزادی و شهرک غرب در طی دو روز انجام گرفت و به صورت تصادفی از ۴۰۰ نفر مصاحبه شد.

بدین منظور پرسش نامه‌ای طراحی شده و نظر افراد درباره انتخاب مدهای مختلف حمل و نقلی پرسیده شد. از آنجا که رویکرد توسعه پایدار هدف اصلی این مقاله بوده است، به مصاحبه شونده‌ها گفته شد مقایسه بین مدهای مختلف را با این فرض انجام دهند که در خیابان‌های اصلی شهر خط مخصوص دوچرخه سواری احداث می‌شود و همچنین ایستگاه‌های مترو نیز طبق برنامه پیش بینی شده تکمیل گشته است. بدین معنا که تمامی ایستگاه‌های مترو برنامه ریزی شده، احداث و درحال بهره برداری می‌باشد. بدین ترتیب از هر نفر انتخاب وی از میان ترکیبهای زوجی مختلف (جمعا ۹ ترکیب) مدهای حمل و نقل عمومی و خصوصی پرسیده شد. در جدول ۵ درصد افرادی که از بین هر کدام از وسایل نقلیه، وسیله نقلیه عمومی را انتخاب

در آخرین مرحله سود بازبر اول از تقابل ترکیب استراتژی‌های مختلف محاسبه شده و جدول مخصوص تئوری بازی‌ها تشکیل می‌شود. روش حل در این مسئله روش غالب و مغلوب می‌باشد. ابتدا سه ردیف مربوط به اتوبوس، اتوبوس تندرو و تاکسی که همه سلولهای آنها مقدار کمتری نسبت به سلولهای متناظر در ردیف مربوط به مترو دارند حذف می‌گردد و سپس ستونهای پیاده روی، موتورسیکلت و خودروی شخصی که مقدار آنها به نسبت سلول مربوط به دوچرخه بیشتر است کنار می‌روند تا نتیجه نهایی حاصل شود.

۳-۵- پاسخ نهایی ماتریس

نهایتا با حذف استراتژی‌های مغلوب، تعادل دوچرخه-مترو در جامعه حاصل می‌شود. به این مفهوم که در جامعه مورد بررسی بهترین مد حمل و نقلی عمومی مترو و بهترین مد حمل و نقلی خصوصی دوچرخه می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است در صورتی که فردی از جامعه از بین این دو مد حمل و نقلی مترو را انتخاب کند، نسبت به حالتی که دوچرخه را انتخاب کند ۴۶۱۹ ریان به ازای هر کیلومتر سود می‌کند. مترو و دوچرخه

کرده اند، مشخص شده است. به عنوان مثال ۵۵ درصد افراد مصاحبه شده استفاده از اتوبوس را بر دوچرخه ترجیح داده اند. به سبب عدم فرهنگ سازی مناسب در حوزه حمل و نقل پایدار در سطح جامعه، پاسخ دهندگان به مسایل آلاینده‌ها و معایب زیست محیطی موجود در مدهای حمل و نقلی موتوری کمتر توجه کرده و مدهایی مانند دوچرخه سواری و پیاده روی را کمتر لحاظ کرده اند. در نهایت همانطور که نتایج نشان می‌دهد، شهروندان به دلیل سلامت جسمی و نشاط روحی خود تمایل بسیاری به انتخاب دوچرخه برای انجام سفر خود دارند. همچنین این نتایج صحت انتخاب بیشتر مد مترو را نسبت به تاکسی و اتوبوس نشان می‌دهد.

جدول ۵: نتایج نظرسنجی میدانی

استراتژی	دوچرخه	موتور	سواری شخصی
اتوبوس	۵۵	۶۷	۴۴
مترو	۷۹	۷۷	۵۶
تاکسی	۷۲	۷۵	۵۱

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد با در نظر گرفتن شهر تهران به عنوان قلمرو مطالعاتی به بررسی تقابل هزینه سفر مدهای مختلف حمل و نقلی از ناوگان حمل و نقل عمومی و شخصی از دیدگاه توسعه پایدار پرداخته شود. در این راستا با تبدیل عوامل تاثیر گذار در هر مد به ارزش ریالی معادل با هر کیلومتر جابجایی و تشکیل تئوری بازی‌ها برای ۱۶ حالت، تقابل دوچرخه و مترو به عنوان تعادل جامعه به دست آمد که سودی معادل ۴۶۱۹ ریال به ازای هر کیلومتر طی مسیر برای فردی که مترو را انتخاب می‌کند دارد. در نهایت نتایج زیر حاصل شد:

- ۱- مترو وسیله نقلیه‌ای است که علیرغم مشکلاتی نظیر شلوغی که کاربران با آن مواجه اند، بنا بر تئوری بازی‌ها با اقبال بیشتری نسبت به سایر مدهای حمل و نقل روبرو شده است. آمار نظر سنجی‌ها نیز این مسئله را تایید می‌کند.
- ۲- انتخاب مترو به عنوان مناسب ترین وسیله تردد شهری، به سبب هزینه عملکردی و زمان سفر بسیار مناسب آن است.
- ۳- در بین وسایل نقلیه خصوصی دوچرخه که در بین همه مدهای حمل و نقلی این گروه هزینه کمتری برای استفاده کننده در حوزه هزینه‌های عملکردی و تسهیلاتی ایجاد

می‌کند به عنوان بهترین راهکار انتخاب شد.

۴- نتایج بدست آمده از تئوری بازی‌ها با انجام مصاحبه میدانی به دقت صحت سنجی شد. البته در نتایج نظرسنجی، مدی که در نهایت با مترو رقابت می‌کند، سواری شخصی است که البته این نتیجه گیری از نگاه مردم و با توجه به اینکه امکان دوچرخه سواری در همه مناطق شهر تهران به سادگی وجود ندارد، طبیعی و منطقی به نظر می‌رسد.

۵- مراجع

- 1 - Chen Wang, Jun Chen Southeast University 2008 Workshop on Power Electronics and Intelligent Transportation System Game Theory Choice Model for Public Transportation Priority –Take Nanjing for Example
- 2 - Athena Roumboutsos, Seraphim Kapros University of the Aegean, Shipping, Trade and Transport, 2A Korai Street, Chios, Greece A game theory approach to urban public transport integration policy
- 3 - Lian-Ju Sun, Zi-You Gao An equilibrium model for urban transit assignment based on game theory
- 4 - Harker, P.T., 1988. Private market participation in urban mass transportation: application of computable equilibrium models of network competition. Transportation Science 22 (2), 96–111.
- 5 - Zhou, J., Xu, Y., 2001. Generalized Nash managing game model for transit network (in Chinese). Journal of System Engineering 16 (4), 261–266.
- 6 - Xiao, B.C., Peng, J., 2002. A study of passenger transport pricing strategy for China's civil aviation industry (in Chinese). Journal of Sichuan University (Social Science Edition) 6, 10–15.
- 7 - Huang, G.Y., Zhou, J., 2004. Fare competition between highway and public transport (in Chinese). Journal of Southeast University (Natural Science Edition) 34 (2), 268–273.
- 8 - Wang, J. Y., & Yang, H. (2005). A game-theoretic analysis of competition in a deregulated bus market. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 41(4), 329-355.
- 9 - Yang, H., Yan Kong, H., & Meng, Q. (2001). Value-of-time distributions and competitive bus services. Transportation Research Part E: Logistics and

- Engineering and Built Environment, Sustainable Urban Transport Research Centre (SUTRA) Comparison of Conventional and Modern Urban Public Transport Systems
- 14 - Mark KORYAGIN Kemerovo State Agricultural Institute, Faculty of Economics Markovtsev 5, 650056 Kemerovo, Russia game theory approach to optimizing of public transport traffic under conditions of travel mode choice by passengers.
- ۱۵ - خشایی پور، مرتضی، مهدی عابدینی، و شروین بابایی، ۱۳۹۱، تعیین سیستمی سفر با هر یک از مدهای حمل و نقل شهر تهران در سال ۱۳۹۰، دوازدهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران
- 16 - <http://www.cbi.ir> accessed in December 2015
- 17 - <http://www.ictte.ir> accessed in December 2015
- Transportation Review, 37(6), 411-424
- 10 - Zhang, H., Su, Y., Peng, L., & Yao, D. (2010, December). A review of game theory applications in transportation analysis. In Computer and Information Application (ICCIA), 2010 International Conference on (pp. 152-157). IEEE.
- 11 - Shyr, O. F. Y., & Hung, M. F. (2010). Intermodal Competition with High Speed Rail-A Game Theory Approach. Journal of Marine Science and Technology, 18(1), 32-40
- 12- Varun Raturi ; Karthik Srinivasan ; Gunjan Narulkar ; Ashwini Chandrashekharaiiah ; Ankur Gupta 2nd Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG) Analyzing inter-modal competition between high speed rail and conventional transport systems: A game theoretic approach
- 13 - M. Moradi, A. Ismail and R.A. Rahmat Department of Civil and Structural Engineering, Faculty of

Determining the Predominant Traveling Mode based on Sustainable Development Approach using Game Theory Method, (Case study Tehran)

Mohammad Amin Ashena ¹, Amir Bahador Parsa ², Ahmadsreza Mahmoudzadeh ³, Aliakbar Adelian ⁴, Amir Golroo ⁵

1- M.Sc. student of Transportation Planning, Amirkabir University of Technology,

2- M.Sc. student of Transportation Planning, Amirkabir University of Technology,

3- M.Sc. student of Transportation Planning, Amirkabir University of Technology,

4- M.Sc. student of Road and Transportation, Amirkabir University of Technology,

5- Assistant Professor of Civil engineering and Environment School, Amirkabir University of Technology,

Abstract

Today, by increasing in use of private vehicles and the limitation of our supply,

Decision makers tend to persuade people to use public transport systems. In this paper, we consider different transportation modes commonly used by people in Tehran. We focus on the main factors which are important in selecting a travel mode such as operational cost (fuel price, maintenance cost), value of time, Air and voice Pollution. To compare between these factors, the costs of each factors are calculated. The Game Theory is applied to determine the best mode. Two players in the Game Theory are public and private transportation sectors. Finally, it is concluded that subway and cycling are the best choices for public and private transportation sectors, respectively.

Key words: Game theory method, Public transportation, Private transportation, Tehran, Sustainable development