



مدلسازی علی و حلقوی پویایی‌های سیستم جهت افزایش سهم اتوبوسرانی در حمل و نقل عمومی از سفرهای شهری در کلان شهر مشهد

ندا ابریشمی^۱

کارشناسی ارشد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

علیرضا پویا^۲

استاد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مصطفی کاظمی^۳

استاد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

سمیه فدائی^۴

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

هدف پژوهش حاضر افزایش سهم سیستم اتوبوسرانی در حمل و نقل عمومی شهر مشهد است، لذا بهترین طرح پیشنهادی شناسایی و به مدیران ارائه گردیده است تا استفاده از سیستم اتوبوسرانی به صورت مطلوب و موثر افزایش یابد. در این راستا، شناسایی عوامل موثر بر استفاده عموم مردم از اتوبوس حائز اهمیت است سپس بایستی چگونگی تاثیرگذاری هریک از این عوامل بر استفاده از اتوبوس بررسی و تعیین گردد. در این پژوهش برای اولین بار شبکه اتوبوسرانی شهر مشهد با نگاه سیستمی مورد بررسی قرار گرفته است. از آنجاییکه سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی سیستمی پویا با ابعاد گوناگون و عوامل متعددی است که این عوامل در طول زمان متغیر هستند، بنابراین جهت شناسایی عوامل موثر بر استفاده از حمل و نقل اتوبوسرانی از روش پویایی‌شناسی سیستم‌ها استفاده شده است. همچنین از مطالعات پیشین داخلی و خارجی و خبرگان دانشگاهی و کارشناسان سازمان اتوبوسرانی شهر مشهد برای شناسایی و تایید عوامل موثر بر استفاده از اتوبوس و همچنین نمودار علی- معلولی بهره گرفته شده است و در نهایت طبق بررسی مدل و نظرات خبرگان، پیشنهاداتی برای تخصیص بهتر بودجه حمل و نقل اتوبوسرانی در جهت افزایش جذابیت سیستم اتوبوسرانی و افزایش سهم حمل و نقل اتوبوسرانی، ارائه شد.

واژگان کلیدی: پویایی‌شناسی سیستم، حمل و نقل عمومی، تقاضای سفر با اتوبوس

* آدرس پست الکترونیک: neda.abrshami@mail.um.ac.ir

^۲ آدرس پست الکترونیک: alirezapooya@um.ac.ir

^۳ آدرس پست الکترونیک: kazemi@um.ac.ir

^۴ آدرس پست الکترونیک: somayehfadaei@mail.um.ac.ir



۱- مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت شهرها و همچنین افزایش عرضه وسایل نقلیه موتوری و از طرفی محدودیت معابر شهری، حمل و نقل و جابجایی افراد به معضل و مسئله‌ای مهم تبدیل شده است. شهر مشهد با ۳۵۱ کیلومتر مربع مساحت، دومین شهر پهناور ایران پس از شهر تهران است. همچنین به عنوان دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران و ۹۵امین شهر پر جمعیت دنیا شناخته شده است. این شهر به دلیل وجود حرم علی بن موسی‌الرضا (ع)، هشتمین امام مذهب شیعه، سالانه پذیرای میلیون‌ها زائر می‌باشد. علاوه بر گردشگری مذهبی، وجود مراکز تجاری بزرگ و امکانات پزشکی قابل توجه موجب رونق گردشگری تفریحی و سلامت نیز در این شهر شده است. به دلیل موارد و ویژگی‌های ذکر شده، یکی از چالش‌ها و معضلات اساسی در این شهر رسیدگی دقیق و درست به نیازهای تمامی شهروندان و افزایش سرویس‌دهی مناسب به جمعیت ساکن و مسافر این شهر می‌باشد که من جمله مسائل و دغدغه‌های اصلی مردم و مسئولان شهر مشهد، موضوع جابجایی و آمدوشد افراد می‌باشد.

به دلیل بروز مشکلات ناشی از گسترش شهرها و همچنین پیامدهای ناشی از مدرن شدن جوامع و تلاش برای رفع آثار نامطلوب آن، مفهوم توسعه و پایداری در سطح جهان مطرح گردید. بحران محیط زیست ناشی از دخالت نابجای انسان در محیط پیرامون خود است و امروزه، یکی از دلایل تخریب محیط زیست، تجمع انسان‌ها در سطح شهرها و پدیده شهرنشینی و افزایش عبور و مرور در سطح شهرها می‌باشد زیرا با افزایش جمعیت فشاری مضاعف بر روی محیط زیست شهری وارد گشته و مشکلاتی همانند؛ ترافیک، آلودگی‌های زیست محیطی، کمبود و عدم ارائه امکانات و تسهیلات مناسب برای شهروندان و غیره بوجود می‌آید (سلگی و صالحی، ۱۳۹۵). پس با افزایش جمعیت و رشد شهرنشینی، حمل و نقل درون شهری به معضل و مشکلی بزرگ‌تر و پیچیده‌تر تبدیل می‌شود.

همانطور که ذکر شد حمل و نقل یکی از بزرگ‌ترین دغدغه شهرهای بزرگ است. عدم ارائه خدمات مناسب و کافی در سیستم حمل و نقل درون شهری، از موانع رشد و توسعه هر کشوری محسوب می‌شود که راه‌حل مناسب برای رفع این معضل، تقویت سیستم حمل و نقل عمومی است (پرنیان، ۱۳۷۶). با ارتقای کیفیت سیستم حمل و نقل همگانی و به تبع افزایش جذابیت استفاده از آن در نهایت استفاده بیشتر از این سیستم را در پی دارد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- شاخص‌های کیفیت خدمات اتوبوس

با توجه به شرایط کنونی سامانه حمل و نقل شهری، ایجاد احساس رضایت در مسافران از حمل و نقل عمومی به ویژه اتوبوسرانی می‌تواند عامل مهمی برای ایجاد انگیزه مردم به منظور مشارکت در توسعه شهری و انجام بهتر وظایف توسط شهرداری در ارائه خدمات با کیفیت شود. در حالی که نارضایتی از عملکرد نهادهای عمومی موجب یأس، ناامیدی و عدم استفاده آن‌ها از این سامانه حمل و نقلی خواهد شد. از این جهت جدول ۱، شاخص‌های استاندارد جهانی خدمات اتوبوسرانی جهت افزایش رضایت مسافران را نشان می‌دهد:



جدول ۱. شاخص‌های کیفیت خدمات (بانک جهانی، ۲۰۰۱)

ردیف	شاخص	اندازه
۱	مدت انتظار (زمان انتظار مسافران در ایستگاه اتوبوس)	میانگین ۵ تا ۱۰ دقیقه حداکثر ۱۰ تا ۲۰ دقیقه
۲	مسافت پیاده‌روی تا ایستگاه اتوبوس	در منطقه شهری ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر در مناطق شهری با تراکم کم ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر
۳	تغییر وسیله (تعداد دفعاتی که مسافر وسیله نقلیه خود را در یک مسیر رفت و برگشتی از محل کار به محل سکونت تغییر می‌دهد)	میانگین ۰ تا ۱ بار حداکثر ۲ بار (برای کمتر از ۱۰ درصد استفاده‌کنندگان)
۴	زمان سفر (مدت زمان صرف شده برای رفت و برگشت از محل کار)	میانگین ۱ تا ۱/۵ ساعت حداکثر ۲ تا ۳ ساعت
۵	سرعت سفر با اتوبوس	در مناطق شهری با ترافیک مختلط ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر در ساعت در مسیر ویژه اتوبوس ۱۵ تا ۱۸ کیلومتر در ساعت مناطق با تراکم کم ۲۵ کیلومتر در ساعت
۶	هزینه سفر	نسبت هزینه سفر خانوار به درآمد خانوار ۱۰ درصد

۲-۲- میزان رضایت و جذابیت استفاده از سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی

عوامل مختلفی بر میزان رضایت مسافران از سیستم اتوبوسرانی دخیل هستند، عواملی همچون شرایط اقتصادی افراد استفاده‌کننده از این سیستم و همچنین امکاناتی که توسط سیستم اتوبوسرانی ارائه می‌شود. در تحقیق صورت گرفته در تایوان در سال ۲۰۱۰ رابطه بین هدف‌های رفتاری مسافری و عوامل گوناگون اثرگذار بر آن، نشاندهنده این مطلب است که استفاده بیشتر مسافری از حمل و نقل عمومی تحت تاثیر فاکتورهایی مثل ارزیابی مسافران این سیستم از خدمات دریافت شده، میزان مطلوبیت به دست آمده، سطح کیفی خدمات ارائه شده و در نهایت رضایت مسافران از



سیستم حمل و نقل عمومی می‌باشد (تای و چینگ، ۲۰۱۰). از طرفی تحقیق صورت گرفته در کالگری کانادا در سال ۲۰۱۰ بیانگر این است که عامل سر وقت آمدن از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر رضایت افراد مختلف از سیستم حمل و نقل عمومی می‌باشد (مشاوران مدیریت هارگروپ، ۲۰۱۰).

همچنین نتایج تحقیقی که در شهر لارپسا در یونان درباره میزان رضایت مسافران از سیستم حمل و نقل همگانی انجام شده، حاکی از آن است که میزان رضایت از سیستم اتوبوسرانی در حد متوسط بوده است که به دلیل خطوط متفاوت در میزان رضایت آن‌ها تفاوت دیده می‌شد. به علاوه امنیت مسیر، خدمات پرسنلی، امکانات رفاهی در اتوبوس، تاثیر بسزایی در سطح رضایت استفاده‌کنندگان سیستم اتوبوسرانی داشته است. از طرفی عواملی همچون زمان سفر، مدت زمان انتظار، امکان دسترسی به مسیر و ایستگاه و تواتر سفر نیز از دلایل مهم رضایت و یا عدم رضایت مسافران می‌باشد. همچنین نتایج نشاندهنده آن است که رضایت مردان از سیستم اتوبوسرانی بیشتر از زنان بوده که دلیل شناسایی شده برای این امر، استفاده بیشتر مردان نسبت به زنان است چرا که افرادی که از سیستم بیشتر استفاده کرده‌اند (به طور متوسط ۱۰ الی ۱۶ سفر در هفته) رضایت بیشتری داشته‌اند. لازم به ذکر است که دلایل رضایت افرادی که بیشتر از این سیستم استفاده کرده و رضایت بیشتری نیز دارند عواملی همچون خدمات ارائه شده و امنیت موجود در مسیر بوده و دلایل نارضایتی افرادی که کمتر از این سیستم استفاده کرده‌اند، مدت زمان انتظار یا مدت زمان سفر بوده است. مسافرانی که به دلیل نداشتن استطاعت گزینه‌های دیگر برای انجام سفر، این سیستم را برگزیدند، از سطح رضایت کمتری در رابطه با میزان دسترسی و فراوانی سفر برخوردار بوده‌اند (آریس و ایپسیندیس، ۲۰۰۹).
به همین منظور پیشنهادهای برای بالا بردن جذابیت عمومی سیستم حمل و نقل همگانی مدنظر مدیران و کارشناسان قرار می‌گیرد (ناداران و چوپانی، ۱۳۹۰):

- احداث مسیرهای ویژه و مخصوص سیستم‌های حمل و نقل عمومی در سطح شهر به خصوص در مناطق مرکزی شهرها
- ایجاد ایستگاه‌های مناسب برای سیستم حمل و نقل عمومی در سطح شهر با در نظر گرفتن مزایایی برای مسافران، همچون؛ لحاظ نمودن امکانات مناسب برای افراد در انتظار، ایجاد سکوه‌های مناسب برای سوار و پیاده شدن از وسیله نقلیه عمومی، امکان دسترسی به گذرگاه‌های عابر پیاده، دسترسی مناسب به ایستگاه‌ها و غیره.
- استفاده از خودروهای مطلوب برای سیستم حمل و نقل عمومی که دارای ویژگی‌هایی همچون؛ ظرفیت مناسب، نمای مناسب برای داخل وسیله نقلیه عمومی، موقعیت و تعداد مناسب درها، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی مناسب و... باشد.
- در نظر گرفتن روش‌هایی مشخص و راحت برای پرداخت کرایه که سبب راحتی مسافران می‌شود.
- در نظر گرفتن سیستم‌های هوشمند برای آگاه ساختن افراد در ارتباط با مکان و موقعیت وسیله حمل و نقل همگانی، زمان رسیدن وسیله به ایستگاه و مسیر حرکت.



۲-۳- رویکرد پویایی‌شناسی سیستم

تکنیک پویایی سیستم (SD)، سابقه‌ای حدود نیم قرن دارد و در اواخر دهه ۱۹۵۰، گروهی محقق توسط رهبری فردی به نام فارستر در دانشگاه M.I.T آن را گسترش داده که روشی برای مطالعه انواع سیستم‌های پیچیده و دارای بازخورد مانند حوزه‌های زیست محیطی، مشکلات شهری محسوب می‌شود (استرمن، ۲۰۰۰).

اعتقاد رویکرد دینامیک سیستم این است که تغییرات دارای قانونمندی‌هایی است که باید آن‌ها را شناسایی کرد و براساس آن مسیر تغییرات را به سمت مطلوبیت سوق داد. به همین جهت رویکرد دینامیک سیستم سعی بر آن دارد که ابزار شناخت این قانونمندی‌ها را در اختیار تحلیلگران قرار دهد. علاوه بر این با استفاده از ابزار شبیه‌سازی، امکان ساختن مدلی از پدیده‌های واقعی را فراهم می‌آورد که تا حدود زیادی شامل خصوصیات و ویژگی‌های پدیده‌ی واقعی مورد نظر می‌باشد (فورستر، ۱۹۹۷).

مدلسازی بر مبنای پویایی سیستم شامل تکرارهای دائمی بین آزمایش‌ها و یادگیری در دنیای غیر واقعی و تجربه‌ها و یادگیری در دنیای واقعی است. استراتژی‌ها، ساختارها و سیاست‌های به کار رفته در دنیای واقعی را می‌توان از طریق دنیای مجازی (مدل) آزمایش و بررسی کرد. آزمون‌های انجام شده مدل‌های ذهنی ما را تغییر می‌دهند و منجر به استراتژی‌ها و قوانین تصمیم جدید می‌شوند و در ادامه این سیاست‌های جدید در دنیای واقعی به کار گرفته می‌شوند. بنابراین مدلسازی فعالیتی یکباره نیست و چرخه‌ای مستمر بین دنیای واقعی و مجازی می‌باشد (استرمن، ۲۰۰۰).

۳- پیشینه تحقیق

در این پژوهش با بررسی تحقیقات انجام شده در حوزه‌های مختلف حمل و نقل عمومی در دو دسته تحقیقات با روش سیستم دینامیک و تحقیقات با سایر روش‌ها، عوامل موثر بر افزایش سهم اتوبوسرانی در سیستم حمل و نقل همگانی را شناسایی نموده و همچنین برای بهبود وضعیت سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی و کاهش پیامدها و اثرات منفی آن نیز از این پژوهش‌ها بهره جست.

برخی از پژوهش‌های داخلی و یا خارجی انجام شده در حوزه حمل و نقل همگانی با استفاده از روش سیستم دینامیک و یا سایر روش‌های موجود که برای تحقیق حاضر مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است، به شرح زیر می‌باشد:

فنی و همکاران (۱۳۹۶)، پژوهشی با هدف شناسایی عوامل کلیدی رضایت شهروندان از عملکرد اتوبوسرانی زنجان و رتبه‌بندی مناطق شهری در جهت آسایش و ارتقای سطح زندگی شهروندان انجام دادند که از نظر ماهیت، پژوهشی توصیفی و از نوع تحقیقات کاربردی می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق، شهروندان زنجان می‌باشند که از اتوبوس حداقل هفته‌ای دوبار استفاده می‌کنند. نتایج پیاده‌سازی ماتریس کانو نشان‌دهنده‌ی نارضایتی کلی نسبت به عملکرد شبکه اتوبوسرانی در سطح شهر زنجان با شاخص نارضایتی ۰.۵۴- است. همچنین نتایج حاکی از آن است که بهینه نبودن خطوط و در نتیجه آن، افزایش زمان سفر از مهم‌ترین عوامل نارضایتی و برخورد مناسب مسافران و استقرار مناسب ایستگاه‌های اتوبوس مهم‌ترین دلایل رضایت از سیستم اتوبوسرانی شهر زنجان می‌باشد.



ساجدی نژاد و نایبی (۱۳۹۵)، راه‌حل‌های گوناگونی برای مدیریت ناوگان‌های اتوبوسرانی جهت ساماندهی حمل و نقل افراد در سطح شهر را بررسی و یک چهارچوب طراحی سامانه‌های عملیاتی در سیستم اتوبوسرانی ارائه کرده‌اند. همچنین نیازمندی‌های اطلاعاتی و نقش داده و اطلاعات در طراحی و ساماندهی حمل و نقل درون‌شهری، به منظور طراحی سامانه‌های مناسب، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در این تحقیق که سیستم اتوبوسرانی شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است، سیستم مذکور مورد شناسایی قرار گرفته و در ادامه جایگاه این سیستم در مدیریت شهری و همچنین مزایای متعدد سیستم همچون؛ کاهش ترافیک و آلودگی زیست محیطی را بررسی نموده‌اند.

باغیانی (۱۳۹۴)، عوامل تاثیرگذار بر افزایش استفاده از حمل و نقل همگانی شهر یزد را شناسایی و سپس با استفاده از روش سیستم دینامیک شبیه‌سازی و تحلیل نموده است. پس از شبیه‌سازی هشت سناریو افزایش مقدار بودجه پرداختی توسط شهرداری و دولت، افزایش هزینه سوخت و بنزین، افزایش میزان یارانه حمل و نقل، افزایش قیمت کرایه حمل و نقل عمومی، افزایش قیمت اتومبیل، افزایش هزینه سوخت و بنزین و میزان یارانه حمل و نقل و در نهایت افزایش هزینه سوخت و بنزین و فرهنگسازی برای تحلیل رفتار متغیرهای کلیدی عملکردی مدل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که سناریو افزایش همزمان هزینه سوخت و بنزین و میزان یارانه و همچنین سناریو افزایش هزینه سوخت و بنزین، بیشترین و کمترین تاثیر را در بلندمدت بر استفاده از حمل و نقل عمومی دارند. نوروزی و اورگانی (۱۳۹۳)، در پژوهشی به بررسی نقش سامانه BRT در حمل و نقل و ترافیک کلان شهر اصفهان (کریدور آزادی- پل یزد آباد) پرداخته است و میزان رضایتمندی شهروندان و استفاده‌کنندگان از آن را مورد ارزیابی و تجزیه تحلیل کرده است. پژوهش از نوع مطالعات توصیفی- تحلیلی، پیمایشی است و از روش اسنادی- میدانی استفاده شده است. با توجه به آزمون‌های ناپارامتری χ^2 و کولموگورف- اسمیرنوف، نتایج تحقیق حاکی از آن است که سامانه BRT در حمل و نقل کلانشهر اصفهان، نقش مثبت و مطلوب داشته و همچنین در تمامی پارامترها، رضایت از این سیستم با میزان مختلف وجود داشته است.

باجراچاریا (۲۰۱۶) مجموعه‌ای از مدل‌های حلقوی بازخورد را در تلاشی برای ارائه چالش سهم معین خودرو شخصی و روند رو به رشد استفاده از خودرو در سیستم حمل و نقل شهری پایدار ارائه داد. در مدل پویایی سهم معین بین ماشین شخصی و حمل و نقل عمومی (PT) را توضیح داده است. این مدل عمدتاً نشان می‌دهد که اگر مدت زمان سفر PT طولانی‌تر باشد، دسترسی PT کم است، دسترسی به ایستگاه PT دشوار است و اگر استفاده از PT نشانه "طبقه اجتماعی" نباشد، در این صورت نیاز به داشتن یک اتومبیل شخصی به شدت احساس می‌شود و به تبع آن یک نیاز به یک خودرو ایجاد می‌شود. در چنین شرایطی، اگر انبوه جمعیت بتوانند به راحتی ماشین بخرند، استفاده از خودرو بطور مداوم زیاد می‌شود.

1Bajracharya



صیادی و اواشتی^۲(۲۰۱۶) یک مدل شبیه‌سازی مبتنی بر پویایی سیستم را برای ارزیابی تأثیر سیاست‌های نظارتی برای برنامه‌ریزی حمل و نقل پایدار پیشنهاد نمودند. نمودارهای علی و حلقوی برای بررسی عناصر سیستم حمل و نقل، روابط بین آن‌ها و تکامل رفتار با گذشت زمان ایجاد کردند. آن‌ها یک مطالعه عددی برای کاهش سفر وسیله نقلیه ارائه نمودند. نتایج حاصل از مطالعه شبیه‌سازی آن‌ها نشان می‌دهد که سیاست تقسیم سفر به طور موثری ازدحام را کاهش می‌دهد در حالی که سیاست‌های مربوط به مالکیت خودرو تأثیر بیشتری نسبت به سیاست‌های مربوط به تقسیم سفر در کاهش تعداد وسایل نقلیه شخصی و افزایش حجم استفاده‌کنندگان از حمل و نقل عمومی دارد.

موفومیرا و ویرجدیردجو^۳(۲۰۱۵)، به مدلسازی یک سیستم سرمایه‌گذاری اتوبوسرانی در شهر هراره به عنوان یک مدل چارچوب سیاست‌گذاری برای ارزیابی پایداری اقتصادی پرداخته‌اند که این امر به توسعه حمل و نقل عمومی از نظر اقتصادی پایدار و طولانی مدت کمک می‌کند. این تحقیق بر توسعه یک چارچوب مفهومی سرمایه‌گذاری در اتوبوس از یک سیستم حمل و نقل عمومی متمرکز است که منابع و بهره‌وری عملیاتی را برای کمک به حفظ سیستم حمل و نقل عمومی برای آینده‌ای غیرقابل پیش‌بینی بهبود می‌بخشد. لذا مدل پویایی سیستم را اجرا کرده و نتایج به عنوان یک رویکرد اولیه ارائه داده شده است که هدف آن کمک به تصمیم‌گیرندگان در تعیین مناسب‌ترین اقدامات برای بهبود عملیات حمل و نقل عمومی در سایر شهرهای زیمبابوه است. در این پژوهش شش سناریو جهت بهره‌وری عملیاتی سیستم سرمایه‌گذاری اتوبوس شناسایی شده‌اند که نه تنها باعث کاهش استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر می‌شود، بلکه دارای پایداری محیطی نیز می‌باشد.

۴- روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر، پژوهشی کاربردی می‌باشد چرا که سعی بر آن است که عوامل موثر بر افزایش جذابیت و در نتیجه استفاده‌ی بیشتر از وسایل حمل و نقل اتوبوسرانی، شناسایی و مورد بررسی قرار گیرد و از لحاظ ماهیتی، مطالعه موردی است زیرا به بررسی عوامل تاثیرگذار و تاثیرپذیر بر اتوبوسرانی شهر مشهد پرداخته است. در این مقاله متغیرها و عوامل موثر با استفاده از مطالعه و بررسی ادبیات پژوهش؛ شامل مقالات مختلف داخلی و خارجی من جمله مقالات پژوهشی و کنفرانسی، پایان نامه‌ها، کتب مختلف درباره حمل و نقل و جلسات متعدد و مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و کارشناسان سازمان اتوبوسرانی شناسایی شده‌اند. سپس با استفاده از پژوهش‌های پیشین و نظر خبرگان روابط بین متغیرها بررسی و تایید می‌شود. در ادامه با استفاده از رویکرد پویایی سیستم و نرم‌افزار ونسیم مدل شبیه‌سازی شده (علی-حلقوی) طراحی می‌شود و نمودار علی-حلقوی براساس نظرات خبرگان اصلاح و تایید می‌شود و در نهایت پیشنهادهای جهت بهبود رفتار سیستم موجود ارائه می‌شود.

^۲Sayyadi & Awasthi

^۳Mupfumira & Wirjodirdjo



با توجه به اینکه افزایش جمعیت و به تبع افزایش سفرهای درون شهری و استفاده روز افزون از وسایل نقلیه شخصی عواقبی همچون ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی و ترافیک در سطح شهر و... را در پی دارد بنابراین هدف این پژوهش، توسعه و بهبود سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی و افزایش رضایت و انگیزه مسافران و در نتیجه افزایش تقاضا برای این سیستم می‌باشد، لذا شناسایی عوامل تاثیرگذار در افزایش سهم اتوبوسرانی در حمل و نقل عمومی سفرهای شهری حائز اهمیت است. لازم به ذکر است که از آنجاکه سیستم اتوبوسرانی سیستمی پیچیده با متغیرهای متعددی است، جهت طراحی مدل پویا برای افزایش سهم اتوبوسرانی در حمل و نقل عمومی سفرهای شهری و تحلیل آن از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است.

۵- مدل سازی، بررسی و تجزیه تحلیل داده‌ها

۵-۱- فرضیه پویا

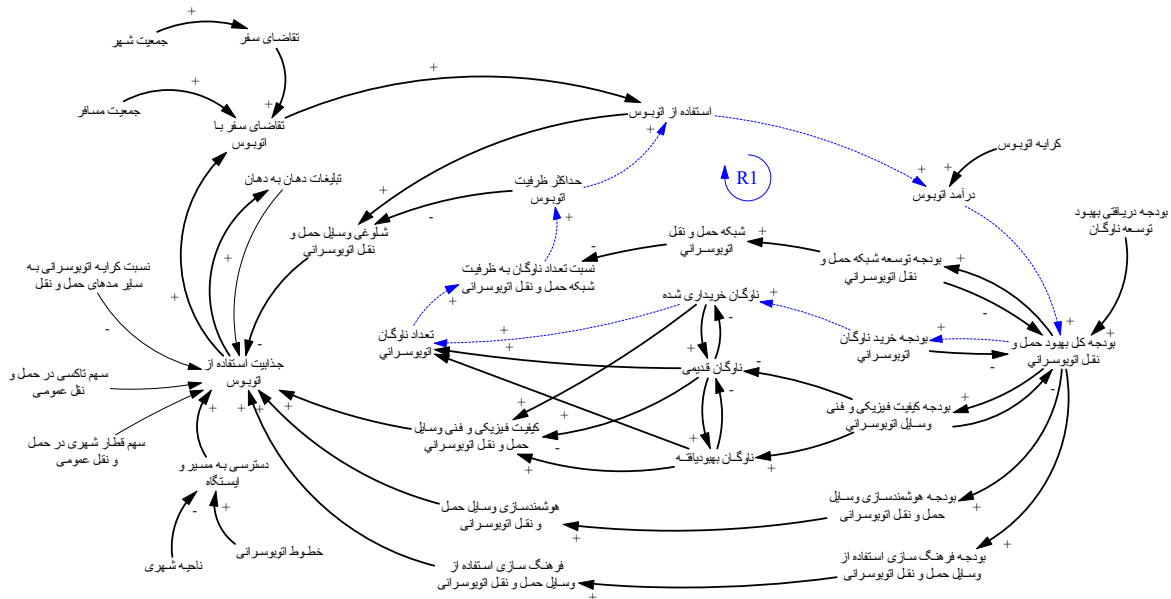
با توجه به رویکرد تحقیق بایستی فرضیه دینامیکی (پویا) پس از شناسایی کامل عوامل موثر بر افزایش استفاده از حمل و نقل اتوبوسرانی ارائه شود که می‌توان آن را اینگونه ذکر کرد:

با افزایش بودجه بخش خرید ناوگان، تعداد ناوگان‌های سیستم اتوبوسرانی افزایش می‌یابد که سبب کاهش شلوغی وسایل حمل و نقل اتوبوسرانی می‌شود که یکی از عوامل موثر بر افزایش جذابیت استفاده از اتوبوس می‌باشد. لذا تقاضای سفر و تعداد مسافری نیز افزایش می‌یابد که سبب افزایش درآمد سازمان اتوبوسرانی می‌شود که یکی از راه‌های افزایش بودجه کل بهبود حمل و نقل اتوبوسرانی است. اما لازم به ذکر است که از طرفی دیگر با افزایش جذابیت استفاده از اتوبوس، تقاضای سفر با اتوبوس و تعداد مسافری افزایش می‌یابد و سبب افزایش شلوغی ناوگان‌های اتوبوسرانی می‌شود که یکی از عوامل کاهش جذابیت استفاده از اتوبوس است.

حلقه‌ی اول، حلقه‌ای خود تقویت‌کننده اما حلقه دوم حلقه‌ای تعادلی است. مدیران سازمان اتوبوسرانی با اجرای سیاست خرید اتوبوس انتظار افزایش استفاده از اتوبوس را دارند که این سیاست در کوتاه مدت تحقق می‌یابد اما بعد از مدتی حلقه دوم فعال می‌شود و به دلیل شلوغی ناوگان‌های اتوبوسرانی و در نتیجه کاهش جذابیت، روند افزایش استفاده از اتوبوس متوقف می‌شود. لذا در سیاست‌گذاری بودجه‌ها باید به عوامل موثر در سیستم توجه و سیاست مناسب انتخاب و اجرا شود. لازم به ذکر است که چرخه فوق بخشی از مدل تحقیق می‌باشد.

۵-۲- نمودار جامع علی - حلقوی سیستم اتوبوسرانی

با بررسی پژوهش‌های داخلی و خارجی و همچنین مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و سازمان اتوبوسرانی شهر مشهد، عوامل موثر بر افزایش جذابیت استفاده از سیستم حمل و نقل شهری شناسایی و بررسی گردید. بر این اساس، در ابتدا با توجه به پژوهش‌های پیشین و بررسی‌های صورت گرفته مدلی ابتدایی ارائه شد و در ادامه با توجه به نظرات خبرگان و مصاحبه با افراد مختلف مدل اصلاح و تکمیل گردید. در این پژوهش، هدف اصلی افزایش جذابیت استفاده از سیستم اتوبوسرانی شهر مشهد می‌باشد که به بررسی عوامل موثر بر آن پرداخته شده است.

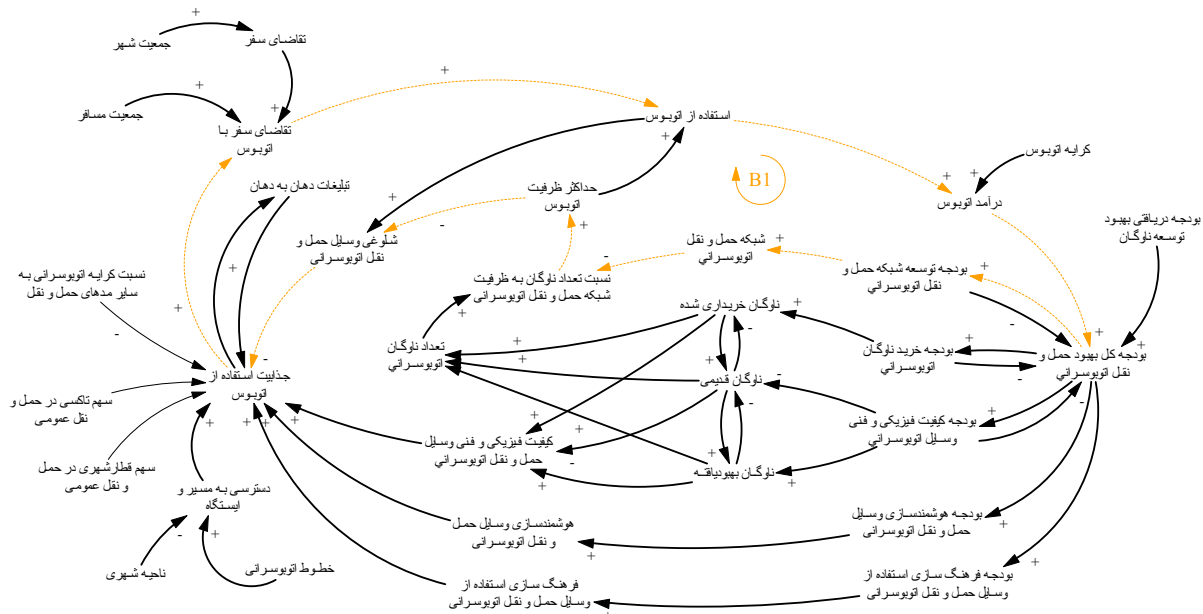


شکل ۲. حلقه خرید ناوگان اتوبوسرانی

با افزایش بودجه خرید ناوگان اتوبوسرانی، تعداد ناوگان‌های خریداری شده افزایش خواهد یافت که این امر سبب افزایش تعداد کل ناوگان‌های اتوبوسرانی می‌شود و با توجه به ثابت بودن شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی، نسبت تعداد اتوبوس‌ها به ظرفیت شبکه افزایش می‌یابد لذا حداکثر ظرفیت حمل و نقل اتوبوسرانی نیز زیاد می‌شود در نتیجه تعداد استفاده‌کنندگان نیز افزایش یافته که افزایش تعداد تراکنش‌ها و به تبع درآمد اختصاصی اتوبوسرانی را به دنبال دارد و بودجه کل بهبود حمل و نقل اتوبوسرانی که بخشی از آن از طریق درآمد اختصاصی اتوبوسرانی بدست می‌آید نیز بیشتر شده و بودجه خرید ناوگان اتوبوسرانی مجدداً افزایش می‌یابد.

حلقه توسعه شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی (B1): شکل ۳ حلقه توسعه شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی را نشان

می‌دهد.



شکل ۳. حلقه توسعه شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی

با افزایش بودجه کل بهبود حمل و نقل اتوبوسرانی، بودجه توسعه شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی برای پوشش دهی بیشتر سطح شهر نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی نیز توسعه می‌یابد و از آنجاییکه تعداد ناوگان اتوبوسرانی ثابت می‌باشد، نسبت تعداد ناوگان به شبکه حمل و نقل اتوبوسرانی کاهش می‌یابد. لذا ماکزیمم ظرفیت حمل و نقل اتوبوسرانی نیز نسبت به شبکه اتوبوسرانی کاهش می‌یابد و در نتیجه شلوغی بیشتر وسایل حمل و نقل اتوبوسرانی را به همراه دارد که سبب کاهش جذابیت استفاده از حمل و نقل اتوبوسرانی برای مسافری این سیستم می‌باشد و به تبع آن تقاضای سفر با اتوبوس، کاهش می‌یابد و در نتیجه تعداد استفاده‌کنندگان کاهش یافته و درآمد اختصاصی اتوبوسرانی که از تراکنش‌های مسافری بدست می‌آید نیز کاهش می‌یابد و در نهایت بودجه کل بهبود حمل و نقل اتوبوسرانی که بخشی از آن از درآمد اختصاصی سیستم است، کاهش می‌یابد.

۶- نتیجه‌گیری

روزانه حجم زیادی از رفت‌وآمدها در سطح شهر و کشور انجام می‌شود که در شهرهای بزرگ با توجه به جمعیت بیشتر، این رفت و آمدها بیشتر است. در واقع اقشار مختلف جامعه از جمله؛ شاغلین، محصلین، دانش‌آموزان و ... در حال رفت‌وآمد در سطح شهر می‌باشند که هر کدام از افراد از یک وسیله نقلیه شخصی یا عمومی برای رسیدن به مقصد استفاده می‌کنند. افزایش استفاده از وسیله نقلیه شخصی مشکلات بیشماری را به همراه دارد. به عنوان مثال یکی از دغدغه‌های مهم شهرهای بزرگی همچون کلان‌شهر مشهد حجم بالای ترافیک ناشی از تردهای بی‌شمار وسایل نقلیه در سطح شهر است. نیمی از این معضلات همچون حجم بالای ترافیک را می‌توان با استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی کاهش داد. مخصوصاً افرادی که دائماً رفت و آمد روزانه دارند، می‌توانند با استفاده از حمل‌ونقل عمومی به اقتصاد خود



و همچنین به اقتصاد جامعه نیز کمک کنند. در واقع تنها راه حل مواجهه با بسیاری از مشکلات موجود در کلان شهرها، توسعه سیستم های حمل و نقل عمومی مانند سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی با جابه جایی حجم انبوه مسافر است. هدف این پژوهش افزایش استفاده از سیستم حمل و نقل اتوبوسرانی با در نظر گرفتن شرایط جانبی موثر بر استفاده از اتوبوس است. چراکه ارتباط بین متغیرهای موثر بر استفاده از اتوبوس ارتباطی پویا است لذا باید عوامل مختلف تاثیرگذار بر مدل در نظر گرفته شود و دارای رویکردی همه جانبه باشد که در این پژوهش پس از مطالعات تحقیقات پیشین و مصاحبه با خبرگان عوامل مهم تاثیرگذار بر افزایش استفاده از اتوبوس همچون فرهنگ سازی، هوشمندسازی، کیفیت فیزیکی و فنی وسایل اتوبوسرانی، کاهش شلوغی ناوگان ها، تبلیغات دهان به دهان، سهم سایر وسایل حمل و نقل عمومی همچون تاکسی و قطار شهری در حمل و نقل عمومی و ... شناسایی شدند. در واقع استفاده از اتوبوس از عامل مهمی همچون افزایش جذابیت استفاده از اتوبوس تاثیر می پذیرد که این متغیر نیز از طرق مختلفی افزایش یا کاهش می یابد. روش هایی همچون اقدامات سازمان اتوبوسرانی که می تواند به طور مستقیم تاثیرگذار باشد و همچنین قابل کنترل برای این سازمان است به عنوان مثال با افزایش بودجه بهبود سیستم اتوبوسرانی از طریق افزایش درآمد سازمان که سبب افزایش بودجه های بخش های مختلفی همچون هوشمندی و فرهنگ سازی می شود و یا از روش هایی که به طور مستقیم در اختیار سازمان اتوبوسرانی نیست همچون کاهش سهم تاکسی یا قطار شهری در حمل و نقل عمومی که در نتیجه افزایش سهم اتوبوسرانی را به دنبال دارد.

در همین راستا پژوهش حاضر در جهت تخصیص صحیح بودجه های مرتبط با سیستم اتوبوسرانی و افزایش جذابیت استفاده از این سیستم و در نهایت افزایش استفاده از اتوبوس تدوین گردیده است. در ابتدا با مطالعه و تجزیه تحلیل پژوهش های داخلی و خارجی گذشته و همچنین مصاحبه با خبرگان دانشگاهی و سازمان اتوبوسرانی عوامل تاثیرگذار بر متغیر کلیدی عملکرد استفاده از اتوبوس شناسایی گردید که بدین منظور با توجه به پیچیدگی عوامل، رویکرد پویایی های سیستم جهت بررسی ابعاد مختلف این عوامل انتخاب شده است. در ادامه با توجه به متغیرهای شناسایی شده و همچنین پژوهش های گذشته و نظرات خبرگان، روابط تعاملی بین این عوامل تعیین گردید و نمودار علی- معلولی ترسیم گردید.

یکی از عوامل مهم در افزایش استفاده از اتوبوس افزایش آگاهی عموم مردم از طرق مختلف است همچنین عامل مهم تاثیرگذار افزایش هوشمندی همچون روش های جدید پرداخت کرایه می باشد. متغیر دیگر افزایش خرید ناوگان می باشد که این متغیر در نهایت سبب کاهش و یا افزایش تعداد ناوگان ها و شلوغی آن ها می شود. از آنجاییکه بودجه کل بهبود سیستم اتوبوسرانی به بخش های مذکور تقسیم می شود و بخش اعظم این بودجه به خرید ناوگان تخصیص می یابد لذا پیشنهاداتی در جهت تخصیص بهینه بودجه حمل و نقل اتوبوسرانی و افزایش جذابیت سیستم مذکور ارائه می گردد:

- کاهش بودجه خرید ناوگان و افزایش میزان بودجه هوشمندسازی
- کاهش بودجه خرید ناوگان و افزایش بودجه فرهنگ سازی (که تاثیری بلندمدت بر روی استفاده از اتوبوس دارد)
- کاهش بودجه خرید ناوگان و افزایش همزمان بودجه فرهنگ سازی و هوشمندسازی



- قابل ذکر است که با توجه به پیشنهادات ارائه شده، می‌توان بودجه اختصاص یافته به بخش‌های هوشمندی و فرهنگ‌سازی را صرف امور زیر در جهت افزایش این دو عامل نمود:
- ✓ آگاه نمودن مسافران از خطوط مختلف اتوبوسرانی از طریق سیستم هوشمند موجود در ایستگاه‌های اتوبوس
 - ✓ آگاه‌سازی مسافران از تاخیر و یا زمان دقیق رسیدن خطوط مختلف از طریق سیستم هوشمند موجود در ایستگاه‌های اتوبوس
 - ✓ نمایش میزان ترافیک موجود در مسیرهای خطوط اتوبوسرانی از طریق سیستم هوشمند موجود در ایستگاه‌های اتوبوس
 - ✓ امکان دسترسی به اطلاعات مربوط به اتوبوس‌ها، از جمله در دسترس بودن صندلی، موقعیت مکانی و...
 - ✓ نمایش بهترین خط اتوبوس برای مسیر مسافر با توجه به ترافیک و زمان و مسافت
 - ✓ بهره‌گیری از رسانه‌های مختلف در جهت اطلاع‌رسانی و فرهنگ‌سازی استفاده از اتوبوس
 - ✓ تبلیغات موثر و مفید در سطح شهر در جهت فرهنگ‌سازی استفاده از اتوبوس

منابع

- استرمن، ج. (۱۳۹۳). پویایی شناسی کسب و کار، ترجمه کوروش، برار پور و همکاران، جلد اول، چاپ پنجم، انتشارات سمت.
- باغیانی، نجمه (۱۳۹۴). شناسایی شبیه‌سازی و تحلیل عوامل مؤثر بر استفاده حداکثری از سیستم حمل و نقل عمومی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم، مورد مطالعه سازمان اتوبوسرانی یزد، وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری - دانشگاه یزد.
- پرینیان، بهمن. (۱۳۷۶). بررسی و تحلیل تجارب برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری در ایران، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری وزارت کشور.
- سلگی، علی، صالحی، عرفانه. (۱۳۹۵). بررسی رابطه رشد جمعیت و مسایل زیست محیطی وابسته آن. چهارمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی.
- فنی، زهره، مقدم، شهرزاد، احدنژاد روشتی، محسن، (۱۳۹۶). رتبه‌بندی مناطق شهری و شناسایی عوامل رضایت شهروندان از عملکرد اتوبوسرانی زنجان (با استفاده از الگوی تلفیقی کانو تاپسیس). مجله جغرافیا و توسعه فضای شهری، سال چهارم، شماره ۱، شماره پیاپی ۱.
- نادران، علی، چوپانی، عبدالاحد، (۱۳۹۰). مدیریت حمل و نقل شهری. شهرداری کرمان، پژوهشکده فرهنگ، هنر و معماری جهاد دانشگاهی.
- نوروزی آورگانی، اصغر، (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد و سنجش میزان رضایتمندی از سیستم اتوبوسرانی تندرو (BRT در کلان‌شهر اصفهان. مجله علمی - پژوهشی برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا). سال چهارم، شماره اول، پیاپی ۱۲. صص ۱۶۸-۱۴۳.

Arris, K. & Ipsilandis, P. (۲۰۰۹). Measuring Customer Satisfaction in Public Transportation An empirical study based in urban buses in the city of Larissa, Department of Project Management T.E.I. of Larissa, Greece.



Systems Thinking In Practice

2nd
National Conference on

دومین کنفرانس ملی (مجازی)

تفکر سیستمی در عمل



Bajracharya, A. (2016). Public transportation and private car: A system dynamics approach in understanding the mode choice. *International Journal of System Dynamics Applications (IJSDA)*, 5(2), 1-18.

Forrester, W. D., 1997. Industrial dynamics. *Journal of the operational research society*. vol. 48, no. 10. pp. 1037-1041.

Har-Group Management Consultants,. (2010). *Calgary Transit Customer Satisfaction and Non User Survey*, The City of Calgary Transit, Calgary.

Mupfumira, Portia. Wirjodirdjo, Budisantoso (2015). An Economically Sustainable Urban Public Transport Framework: System Dynamics Modelling Approach to Reduce Public Transport Liberalisation Impact in Harare City. *International Journal of Science, Technology and Society*. 3(2-2): 11-21.

Sayyadi, R., & Awasthi, A. (2017). A system dynamics based simulation model to evaluate regulatory policies for sustainable transportation planning. *International Journal of Modelling and Simulation*, 37(1), 25-35.

Tai, WL.& Ching, FC. (۲۰۱۰). Behavioral Intentions of Public Transit Passengers The roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement. *Transport Policy*, ۱۸, ۱: ۲۲-۲۹.



Causal and cyclic modeling of system dynamics to increase the share of bus in public transportation from urban travel in the metropolis of Mashhad

Neda Abrishami^{1*}

Masters student, Management Department, Faculty of Economics & Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Alireza Pooya²

Professor, Management Department, Faculty of Economic and Administrative Sciences, Faculty of Economic and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Mostafa Kazemi³

Professor, Management Department, Faculty of Economic and Administrative Sciences, Faculty of Economic and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Somayeh fadaei⁴

PHD Student, Management Department, Faculty of Economic and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

The purpose of this study is to increase the share of bus system in public transportation in Mashhad. Therefore, the best proposal has been identified and presented to managers, to increase the use of the bus system optimally and effectively. In this regard, it is important to identify the factors affecting the use of the bus by the general public. Then, how each of these factors affects the use of the bus should be examined and determined. In this research, for the first time, the bus transit network of Mashhad has been studied with a systemic view. Since the bus transportation system is a dynamic system with various dimensions and many factors, these factors change over time, Therefore, in order to identify the factors affecting the use of bus transportation, the methodology of systems dynamics has been used. Also, previous internal and external studies and academic experts and experts of Mashhad Bus transit Organization have been used to identify and confirm the factors affecting the use of bus, as well as the causal loop diagram and Finally, according to the model and the opinions of experts, proposals were made to better allocate the bus transportation budget in order to increase the attractiveness of the bus system and increase the share of bus transportation..

Keywords: System Dynamics, Public transportation, Demand for travel by Bus.