پيش بيني توليد سفرهاي شهري با استفاده از منطق فازي بر مبناي مطالعه موردي شهر رشت

مهيار عرباني، دانشيار- گروه مهندسي عمران - دانشكده فني - دانشگاه گيلان

شهره ربيعي، *كارشناس ارشد- گروه مهندسی برق – دانشکده فنی - دانشگاه گیلان*

بابك اماني،كارشناس ارشد راه و ترابري- دانشكده تحصيلات تكميلي - واحد تهران جنوب

Arabani@Guilan.ac.ir

چكيده

مرحله تولید سفر به عنوان اولین و یکی از مهم ترین مراحل چهارگانه پیش بینی تقاضای سفر است که هدف از آن برآورد تعداد کل سفرهای تولیدی از یک مبدا است. با توجه به حجم وسیع اطلاعات لازم در مدلسازی تولید سفر، در طی سالیان مختلف محققین تلاش نموده اند که مدل های جدید و کاراتری برای ارزیابی تولید سفر ارایه نمایند.

در این پژوهش مدلسازی تولید سفر با استفاده از منطق فازی و براساس پارامترهای موثر ، انجام شده است. برای این منظور با معرفی چهار تابع، تعداد افراد خانواده ، مالکیت خودرو، درآمد و ساختار منزل به عنوان توابع ورودی و استفاده از عملگر منطق فازی، روش جدیدی برای پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده ارایه شده است. اساس این روش استفاده از فازی سازی _ غیر فازی سازی و انتخاب توابع ورودی و خروجی براساس داده های به دست آمده از تحقیق انجام شده، است. در انتها پس از معرفی مدل فازی و با استفاده از داده های مربوط به تولید سفر، نتایج روش برازش خطی و روش مدل فازی با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج این مقایسه بیانگر دقت بسیار بالای روش فازی ارایه شده در پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده است.

کلمات کلیدی : منطق فازی ، تولید سفر، تابع تعلق، مدلسازی تقاضای سفر

1) مقدمه

همواره به روز کردن و پیش بینی انواع مدل های تقاضای سفر و به ویژه مدل های تولید سفر (TGM) به عنوان یک مساله و معضل در مطالعات مختلف مطرح است . بحث ها و بررسی ها بین محققان و کارشناسان تنها منوط به تطابق این مدل ها با توجه به شرایط زمانی و مکانی مختلف نیستند ، بلکه حتی در خصوص مسایل مربوط به خصوصیات و سطوح تراکم تعریف شده در مدل ها نیز اختلاف نظر وجود دارد [1]. سطوح تراکم در مدل های تولید سفر را می توان به سه دسته تقسیم کرد : منطقه ، خانواده و فرد .

محققانی چون اورتوزار و ویلامسن (Ortuzar & Willumsen) بر این مطلب تاکید کردند که مدل های تولید سفر غیر متراکم تر از قابلیت پیش بینی و تطابق بهتری برخوردار هستند [2]. اترتون و بن آکیوا (Atherton & Ben-Akiva) نیز نشان دادند که مدل های غیرمتراکم بهتر تغییرات و ویژگی های رفتاری متغیرها را ارزیابی می

کنند [3]. بنابراین انتظار می رود که مدل های غیر متراکم تر برآوردها و پیش بینی های صحیح تری را ارایه کنند . همچنین دونز و جینز (Dowens & Gyenes) نشان دادند که توان ارزیابی مدل های غیر متراکم تر نسبت به مدل های مبنا منطقه ای در برآورد پیش بینی های آینده بیشتر است [4].

سوپرنک و همکارانش (Supernak et al.) روش تجزیه و تحلیل طبقه بندی افراد را با توجه به هویت و ذات پارامترهای سفر و مولد سفر معرفی کردند [5]. آنها ادعا کردند که این مدل ها از قابلیت برآورد بهتری برخوردار هستند . سوپرنک و همکارانش بر این مطلب تأکید نمودند که مدل های مبنا فردی برای پیش بینی های آینده نیاز به حجم نسبتاً کمی از اطلاعات دارند . لذا با وجود تمام محسناتی که سوپرنک و همکارانش برای مدل های فردی قایل بودند ، این مدل ها به علل زیر مورد پسند قرار نگرفتند : عدم توانایی در تعریف پارامترهایی چون ساختار داخل خانواده ، بررسی اثر روابط بین افراد خانواده ، تعیین سطح درآمدی خانوارها و نحوه توزیع درآمد بین افراد خانواده . هر چند سوپرنک و همکارانش (Supernak et al. , 1983) در خصوص این مطلب که هنوز نقش این عوامل در تولید سفر به طور دقیق مشخص نیست و اینکه در مدل های خانه مبنا هم این عوامل بطور شفافی در نظر گرفته نشده اند ، استدلال هایی را ارایه دادند [6]، اما با این وجود مدل آنها تنها به عنوان یک مدل ضمنی در سال های پایانی دهه 1960 مطرح شد و دیگر مورد استفاده قرار نگرفت . در نهایت کارشناسان در اوایل سالهای دهه 1970 به این نتیجه رسیدند که مناسب ترین واحد بررسی در انجام مطالعات تولید سفر ، خانواده می باشد [7]. (برای جزئیات بیشتر در خصوص مباحث فوق به مطالب ارائه شده توسط Ortuzar & Willumsen و Fleet & Robertson مراجعه شود) [8،2].

بدین ترتیب در سال های متمادی و هم راستا با نظرات و ایده های مختلف موجود ، کارشناسان مدل های متنوعی را ابداع کرده اند و همواره تلاش نموده اند تا با ارایه مدل های جدید تر به شکل بهتری مقادیر سفرهای تولیدی را ارزیابی کنند . هم چنین تلاش شده که در هر نسل از مدل ها معایب موجود در مدل های پیشین تا حد ممکن مرتفع گردد . روند کلی مدل های ساخته شده و اصلاح آنها به صورت زیر است :

- مدل های ساخته شده بر اساس روش برازش خطی (Regression-Based Models) [9].
- مدل های طبقه بندی شده (Cross-Classification) [10].
- مدل های انتخاب مجزا مثل مدل های احتمال (Probit) و لجیت (Logit) [11].
- روش های شبیه سازی مثل اسمش (Smash) ، Amos & Starchild System، مدل های توام منطق فازی و شبکه های عصبی مصنوعی [12و 13].
- مدل های ساخته شده براساس تئوری مجموعه مبنا (Rough-set) [14]

در این پژوهش از مدل فازی برای پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده از یک مبدا استفاده شده است. برای این منظور از 4 پارامتر مهم تعداد افراد خانواده ، مالکیت خودرو ، ساختار منزل و درآمد به عنوان مهم ترین پارامترهای موثر در تولید سفر به صورت توابع ورودی و تعداد سفرهای تولید شده به عنوان تابع خروجی استفاده شده است.

2) شناسايي پارامترهاي موثر در توليد سفر

به طور کلی ، عوامل موثر بر میزان سفرهای تولیدی یک خانواده را میتوان به صورت زیر دسته بندی کرد:

- ساختار منزل
- تعداد افراد خانواده
- فاصله تا مراکز خرید شهر
- نحوه دسترسی و هزینه فعالیت ها
- شخصیت افراد و شیوه زندگی آنها
- تکنولوژی موجود و در دسترس استفاده کنندگان

- درآمد خانواده
- ارزش های جامعه
- سیاستهای موجود در سیستمهای حمل و نقلی
- مالکیت وسیله نقلیه
- شبکه راههای ارتباطی
- سطح سواد افراد خانواده
- امکان کاربرد و استفاده (Mode Availability)
- ساختار سنی
- تراکم منطقه مسکونی
- ارزش منطقه محل سکونت

تعداد افراد خانواده و ساختار آن

تعداد سفرهای تولید شده در هر خانواده تا حد زیادی به تعداد افراد خانواده و ساختار زندگی آنها وابسته است . به عنوان مثال خانواده ای که دارای دو فرزند بالغ شاغل است نسبت به یک خانواده مشابه که دو فرزند مدرسه ای دارد ، تعداد سفرهای کاری بیشتری را تولید می کند . بنابراین در مطالعات و بررسی های اخیر پارامتر ساختار خانواده به عنوان یک مشخصه مهم معرفی شده و عموماً در قالب تعداد افراد شاغل خانوار و مانند آن مورد ارزیابی قرار گرفته است .

تراکم منطقه مسکونی

از دیگر عوامل تاثیر گذار بر میزان سفرهای تولیدی یک خانواده ، تراکم منطقه محل سکونت آن خانواده می باشد . این عامل عموماً توسط پارامترهای دیگری همچون فاصله محل سکونت خانواده از مرکز خرید شهر ، نوع دسترسی افراد خانواده به سیستم حمل و نقل عمومی و میزان متوسط درآمد خانوار در مدل های تولید سفر مورد بررسی قرار گرفته است . لذا در صورتی که تمامی این عوامل در سطوح یکسانی فرض شوند ، سفرهای تولیدی در مناطق متراکم تر بیش از مناطق غیر متراکم خواهند بود . با این وجود نباید از این نکته غافل شد که در مناطق متراکم تر تعداد سفرهای پیاده افراد بیشتر بوده و باید این سفرها را از سفرهای تولیدی با وسایل نقلیه تفکیک کرد [15].

امکان استفاده و کاربرد (Mode Availability)

شاید یکی از مهم ترین و برجسته ترین نقایص موجود در انواع مطالعات قبلی تولید سفر ، عدم بررسی مؤلفه امکان استفاده افراد خانواده از هر یک از سیستم های مختلف حمل و نقلی به ویژه وسیله نقلیه شخصی بر میزان سفرهای انجام شده خانواده می باشد [9]. واضح است که یک فرد وقتی می تواند از یک وسیله نقلیه شخصی استفاده کند که در درجه اول خانواده از مالکیت خودرو برخوردار باشد و در درجه دوم آن وسیله در صورت لزوم در اختیار او قرار گیرد .

کارشناسان در مطالعات مختلفی تلاش کردند تا به بررسی این مساله بپردازند . بنابراین برای دستیابی به این منظور دو حالت گوناگون مالکیت و عدم مالکیت خودرو در منزل را مورد پژوهش قرار دادند اما در نهایت به نتیجه منطقی و درستی دست نیافتند . در مراحل بعدی آنها تلاش کردند تا با تعریف متغیرهایی در مدل های تولید سفر که بازگو کننده و معرف امکان استفاده افراد مختلف خانواده از وسیله نقلیه شخصی باشند به اصلاح این مشکل بپردازند [15]. در این پژوهش از تقسیم بندی زیر برای بررسی امکان استفاده افراد مختلف خانواده از وسیله نقلیه شخصی در منزل استفاده شده است :

- عدم مالکیت خودرو
- در صورت مالکیت خودرو در منزل ، آن وسیله بیشتر در اختیار یک فرد مشخص از افراد خانواده قرار گیرد .
- وسیله نقلیه شخصی خانواده به راحتی در اختیار تمامی افراد خانواده قرار گیرد .

دسترسي (Accessibility)

از جمله مسایل دیگری که باید در بررسی نرخ سفرهای انجام شده در یک مقطع زمانی مشخص مورد تحلیل قرار گیرد ، ارزیابی تأثیر مسئله دسترسی بر میزان سفرهای تولیدی است . واضح است که بررسی تعداد سفرها توسط هر یک از سیستم های مختلف حمل و نقلی تحت تأثیر میزان دسترسی و نحوه سرویس دهی آن به افراد جامعه قرار دارد . با این وجود همواره یکی از معضلات مطرح در مدلهای کلاسیک چهار مرحله ای در نظر نگرفتن مسئله تغییرات به وقوع پیوسته در امکانات شبکه های ارتباطی و در نتیجه میزان دسترسی افراد به انواع سیستم های حمل و نقلی است . هر چند ممکن است این فرض تا حدی در خصوص انواع سفرهای اجباری صادق باشد ولی یقیناً در خصوص سفرهای اختیاری این گونه نیست . مسئله دسترسی و عواملی چون راحتی سفر بین مناطق تأثیر بسزایی در تولید سفرهای مناطق و گرایش افراد به انجام سفر دارند ، همانگونه که مسائل ترافیک و شلوغی در مسیرهای ارتباطی باعث کاهش حجم سفرهای تولیدی می گردند [15].

مالکیت خودرو و سطح درآمد

حضور وسیله نقلیه شخصی در منزل و استفاده از آن فرصت های بسیار بیشتری برای انجام سفرهای شهری به ویژه سفرهای غیرکاری و سفرهای به غیر مرکز شهری را در طول هفته و سفرهای تفریحی به حومه شهری در تعطیلات آخر هفته را فراهم می کند. بنابراین انتظار می رود که یک خانوار با مالکیت خودروی شخصی تعداد سفرهای تولیدی بیشتری را دارا باشند. در عین حال باید توجه داشت که تعداد وسایل نقلیه شخصی موجود در هر خانواده ، تابعی از میزان سطح درآمد آن خانواده است. علاوه بر این هرچه درآمد افراد بیشتر باشد پارامترهایی هم چون هزینه سفر و عدم دسترسی به گزینه های مختلف حمل و نقلی هم چون نبود سرویس دهی مطلوب اتوبوسرانی و امکان استفاده از تاکسی یا آژانس برای انجام سفر کم رنگ تر شده و تاثیر چندانی در ممانعت افراد در انجام سفرهای غیرضروری نخواهند داشت.

فاصله تا مرکز خرید و ارزش زمین در مناطق شهري

طبیعی است که به طبع توسعه شهری پیرامون هسته مرکزی شهرها فواصل جابجایی تا مراکز اداری و خرید افزایش یافته و باعث کاهش تمایل افراد متناسب با فاصله آنها از این مراکز خرید به جهت صرف زمان و هزینه بیشتر می شود که به تبع آن حجم سفرهای غیرضروری و تفریحی و خرید کاهش می یابد. در عین حال بدیهی است که با گسترش شهرها و افزایش آلودگی صوتی و ترافیکی تمایل افراد به اسکان در مناطق حاشیه ولی نزدیک و خوش آب وهواتر افزایش می‌یابد. لذا این امر برای خانواده هایی امکان پذیر خواهد بود که درآمد آنها متناسب با ارزش ریالی این مناطق و هزینه های اضافی تحمیلی برای سفر از این مناطق باشد. هم چنین بدیهی است که با توجه به بالا بودن ارزش زمین در مناطقی از شهر و امکان اسکان درصد کمتری از افراد جامعه در آن مناطق تراکم این مناطق کمتر و به تبع آن حجم سفرهای تولیدی از آنها نیز کمتر خواهد بود.

تکنولوژي و دسترسي

اگر در منطقه ایی واقع باشید که تنها وسیله جابجایی استفاده از وسیله نقلیه شخصی باشد یقینا بسیاری از سفرهای غیرضروری افراد حذف خواهد شد. در صورتی که اگر تسهیلات مختلف حمل و نقلی با هزینه های متناسب با درآمد فرد فراهم باشد برای انجام سفر امکان انتخاب یکی از روش های سفر وجود داشته تا به مقصد برود. هم چنین

طبیعی است که با پیشرفت تکنولوژی و ایجاد تسهیلات جدیدتر هم چون مترو می توان هزینه و زمان سفر را توامان بهبود بخشید و لزوما بر افزایش حجم سفرهای تولیدی و حذف پارامترهای منفی تاثیر بسزایی خواهد داشت.

واضح است که بررسی تعداد سفرها توسط هر یک از سیستم های مختلف حمل و نقل، تحت تاثیر میزان دسترسی و نحوه سرویس دهی آن به افراد جامعه قرار دارد. با این وجود همواره یکی از معضلات مطرح در مدل های کلاسیک چهار مرحله ایی در نظر نگرفتن مساله تغییرات به وقوع پیوسته در امکانات شبکه های ارتباطی و در نتیجه میزان دسترسی افراد به انواع سیستم های حمل و نقلی است. هرچند ممکن است این فرض تا حدی در خصوص انواع سفرهای اجباری صادق باشد ولی یقینا در خصوص سفرهای اختیاری این گونه نیست. مساله دسترسی و عواملی چون راحتی سفر بین مناطق تاثیر بسزایی در تولید سفرهای مناطق و گرایش افراد به انجام سفر دارند، همان گونه که مسایل ترافیک و شلوغی در مسیرهای ارتباطی باعث کاهش حجم سفرهای تولیدی می گردند [15].

سیاست هاي حمل و نقل و شبکه ارتباطي

بدیهی است که در کنار مساله دسترسی به انواع تسهیلات ممکن حمل و نقلی وجود شبکه ارتباطی مناسب برای رسیدن به مقصد در حداقل زمان ممکن و تاخیر حداقل نقش بسزایی در ایمنی ترافیکی ، راحتی و هزینه های سفر (علی الخصوص هزینه های غیرمالی) خواهد داشت. در این راستا سیاست های حمل و نقلی هم چون ساماندهی ترافیکی معابر موجود (هم چون افزایش کارایی ناوگان و تسهیلات حمل و نقل عمومی و بهینه سازی کارکرد و تعبیه مناسب تجهیزات ثابت) می‌توانند تاثیر بسزایی در کاهش زمان تاخیر سفرها و رفع عوامل مؤثر در ممانعت سفر (علی الخصوص سفرهای غیرضروری) افراد داشته باشد.

بررسي ساير پارامترها

همواره شناسایی متغیرهایی که در پیش بینی نرخ تولید سفر دخالت دارند ، به عنوان یک موضوع مورد بحث و بررسی برای برنامه ریزان حمل و نقل مطرح است . این متغیرها به طور معمول تعداد افراد خانواده ، تعداد وسایل نقلیه شخصی و درآمد خانواده در نظر گرفته می شدند . لذا محققان به مرور و از اوایل سال 1980 تمایل پیدا کردند تا با کاربرد روش ها و تئوری های علم رفتاری (Behavioral Sciences) و بررسی ویژگی های رفتاری تولیدکنندگان سفر به قوی تر کردن مدل های تولید سفر بپردازند .

برای این منظور ، ایده اصلی آن بوده است که چرخه زندگی اجتماعی افراد صد درصد بر فرصت های در اختیار داشته آنها و نوع فعالیت هایی که انجام می دهند تأثیر گذار است . به عنوان مثال بررسی این موضوع که فردی تنها زندگی می کند یا خیر ، بر این مساله که برای انجام سفرهایش ممکن است نیاز به هماهنگی با عملکرد سایر افراد خانواده داشته باشد ، اثر می گذارد . یک زوج که دارای یک فرزند خردسال می باشند ، نسبت به یک زوج بدون فرزند (و یا با فرزندی بزرگتر که نیاز به توجه و مراقبت کمتری داشته باشد) میزان فعالیت و تحرک پذیری کمتری را دارند . افراد مسن و بازنشسته ای هم که با افراد جوان تر خانواده زندگی می کنند نسبت به افراد مسنی که تنها زندگی می کنند فعالیت های خارج از منزل بیشتری را انجام می دهند . بنابراین خانواده هایی که در آن افراد خانواده نسبت به هم وابستگی کمتری دارند (Unrelated Individuals) در مقایسه با خانواده هایی که اعضای آن وابستگی بیشتری با یکدیگر دارند ، تمایل به انجام فعالیت هایی خواهند داشت که کمتر تحت تأثیر حضور سایر افراد خانواده قرار داشته باشند (مثلاً کم تر بودن تفاوت های سنی بین افراد و اهداف آنها باعث تنوع و تولید سفر کمتری در سطح خانواده می گردد) . در نتیجه یکی از راه حل های ممکن جهت ارزیابی مسایل مطرح شده ، تعریف پارامتری برای خانواده است که بتواند به نحوی مؤثر و مناسب نکات ذکر شده را در بر داشته باشد . یکی از راه حل های ممکن ، تحلیل ساختار سنی افراد خانواده و شیوه زندگی (Life Style) آنها می باشد [7].

سالومون (Salomon) شیوه زندگی یک فرد را برآیند دیدگاه و هدف فرد در طول زندگی شخصی او می داند . سالومون ادعا کرده است که دیدگاه های افراد را می توان توسط سه عامل جزیی تر ذیل مورد ارزیابی قرار داد :

1- تصمیم فرد در خصوص چگونه بودن منزلش
2- هدف فرد از انجام کار
3- اولویت انتخاب فرد در خصوص نحوه سپری کردن اوقات فراغت خود [16].

به عبارتی جهت بررسی دیدگاه فرد در طول زندگی او می توان به اولویت های انتخاب فرد در گزینش مکان محل سکونت خود ، انجام کارهای شخصی و ماشین مورد علاقه اش برای سواری اشاره کرد . به طور کلی دو مؤلفه اصلی تعریف کننده شیوه زندگی هر فردی را می توان شخصیت او و موقعیت شغلی او دانست که هر دوی آنها تا حد زیادی معرف دیدگاه فرد در طول زندگی او می باشند [17].

تعداد سفرهای انجام شده افراد تابعی از مدت زمان ها و مبالغ اختصاص داده شده افراد به سفرها برای انجام فعالیتهایشان در مکان های مختلف است . شیوه زندگی افراد نیز تابعی از مدت زمان های اختصاص داده شده آنها به فعالیتهای گوناگونشان در داخل و خارج منزل می باشد . لذا زمان اختصاص داده شده افراد به فعالیت ها ، در طبقات مختلف جمعیتی (Segments of Population) و با توجه به سن و جنسیت افراد و وضعیت مجرد و متأهل بودن آنها تغییر می کند . بنابراین شیوه زندگی افراد یک پارامتر مهم اثر گذار بر میزان سفرهای تولیدی آنها است .

یکی از روش های تجربی که میتوان از آن برای ارزیابی مباحث فوق استفاده کرد ، تعریف پارامتری برای خانواده است که معرف مرحله زندگی خانواده باشد . به عبارتی بیانگر این مطلب باشد که خانواده مورد نظر در کدام مقطع و مرحله از زندگی قرار دارد . این مراحل شامل موارد زیر می باشند :

- زوج بدون فرزند
- حضور یک نوزاد خردسال در خانواده
- زمانی که کوچکترین فرزند به سن مدرسه رسیده با شد .
- زمانی که یکی از فرزندان منزل را ترک کرده است (تنها زندگی می کند و یا ازدواج کرده است) .
- زمانی که کل فرزندان خانواده مستقلاً زندگی می کنند و والدین هنوز بازنشسته نشده اند .
- زمانی که والدین خانواده بازنشسته شده اند [7].

یکی دیگر از اجزای مهم در تحلیل رفتار یک خانواده بررسی وظایفی است که بر عهده هر یک از افراد خانواده میباشد . این وظایف به صورت توابعی از مایحتاج و نیازهای افراد خانواده تعریف می شود . با توجه به نیازهای موجود در خانوار هر فرد وظایفی را بر عهده دارد که نوع آن وظایف تابع عواملی چون روال متداول جامعه ، تجربه افراد ، شخصیت افراد و سمت هر یک از افراد در منزل می باشد . این وظایف ممکن است با گذشت زمان و مراحل مختلف چرخه زندگی (Life Cycle) خانواده تغییر کنند . مثلاً ممکن است وظیفه خرید در منزل به عهده پدر خانواده و یا مادر خانواده باشد که آنگاه بر تعداد سفرهای انجام شده هر یک از آنها اثر گذار خواهد بود و با بزرگتر شدن فرزندان ، این وظیفه به آنان محول شود . علاوه بر این پارامترها بسیاری از عوامل مانند فرهنگ جامعه ،محیط و انواع تکنولوژی های در دسترس افراد جامعه وجود دارند که بر میزان سفرهای تولیدی افراد تأثیر گذار بوده ولی به راحتی قابل بیان و تفسیر نمی باشند[17].

به طور کلی از بحث فوق می توان چنین نتیجه گرفت که پارامترهای متعدد و مختلفی در تولید سفرهای شهری دخالت دارند. اما اصولا همه این پارامترها به دلیل پیچیدگی و نیاز به حجم وسیع اطلاعات در مدلسازی در نظر گرفته نمی شوند. در این پژوهش چهار پارامتر ساختار منزل، تعداد افراد خانواده ، درآمد خانواده و مالکیت خودرو به عنوان مهم ترین پارامترهای موثر در تولید سفر انتخاب شده اند. بنابراین در مدل فازی ارایه شده در این پژوهش این پارامترها به عنوان پارامترهای اصلی موثر در تولید سفر در توابع ورودی در نظر گرفته شده اند. صحت این انتخاب با استفاده از روش برازش خطی در بخش 5 مجددا مورد ارزیابی قرار می گیرد.

3) نحوه جمع آوري اطلاعات

در این پژوهش برای جمع آوری اطلاعات، شش هزار نسخه پرسشنامه کـه دربرگیرنـده مشخـصات و ویژگـی های مؤثر در تولید سفر خانوار هستند تهیه شد و در سطح شهر رشت توزیع گردید. لذا در مرحلـه اول سـهم بـالایی از پرسشنامه ها در بین اساتید ، دانشجویان، مربیان ، مدیران و کارشناسان و کارمندان دانشگاه ها و ادارات توزیع شـد. در مرحله دوم جهت تکمیل آمار برداشت شده و پوشش و تعمیم اطلاعات به سایر گرو ه های اجتماعی اقدام به تهیه آمـار از بین سایر مشاغل (همچون نمونه هایی از جامعه پزشکان ، مهندسین، بازرگانان، مغازه داران و تعمیرکاران) گردید.

4) کاربرد منطق فازي در تحليل اطلاعات و شناسايي مدل توليد سفر

4-1 مقدمه ای بر کنترل فازی

امروزه منطق فازی به عنوان یک ابزار قدرتمند ریاضی در علوم مختلف مهندسی بخصوص مهندسی عمران و حمل و نقل، جایگزین ریاضیات کلاسیک شده است. این امر موجب کاهش پیچیدگی روابط ریاضی حاکم بـر مـدل هـا می گردد.

ابهامات یک وضعیت نامعلوم ولی متفاوت از پدیده های تصادفی هستند. اکثر اطـلاعات بشری قابل دسته بنـدی در دو گروه نیستند، برای مثال نمی توان مردم را به دو گروه خوب و بد تقسیم کرد. هم چنین دسته‌بندی پارامترهایی چـون دما، فشار، اندازه و مانند آن در دو گروه صفر و یک ممکن نیست. برای توصیف چنین پارامترهـایی درجـه‌ای بـه آنهـا تعلق می گیرد که این درجه‌ها بستگی به عوامل مختلفی چندین فاکتور مانند موقعیت و آزمایش دارد. این ایده اسـاس مجموعه‌های فازی نسبت به منطق کلاسیک است. در مجموعه کلاسیک یک شئ به مجموعه تعلق دارد یا نـدارد ولـی در مجموعه فازی درجه‌هایی از تعلق برای یک مجموعه معرفی مـی‌شـوند. یـک مجموعـه فـازی تـابع تعلقـی دارد کـه درجه‌های مختلفی از تعلق برای عناصر مشخص در آن تعریف می‌شود. تابع تعلق به صورت مقادیر گسسته یا به وسـیله منحنی‌هایی تعریف می گردد. روشهایی متعددی برای توصیف یک مجموعه فازی وجود دارد [18] .

پروسه فازی‌سازی(fuzzification) مجموعه‌ای کلاسیک را به یک مجموعـه تقریـب زننـده کـه فـازی اسـت تبـدیل می‌کند [19]. از آنجاییکه هر عضو و درجه تعلق آن مستقل از عضو دیگر و درجه تعلـق مربـوط بـه آن اسـت، پروسـه فازی‌سازی یک پروسه خطی است و اصل جمع آثار در آن صدق می‌کند، یعنی هر عضو به تنهایی فازی می‌گردد[20] .

منطق فازی بر اساس مفهوم مجموعه‌هـای فـازی اسـت و هـر مقـدار درسـتی در بـازه[0,1] را مـی‌پـذیرد. از مفـاهیم مجموعه‌های فازی در جبر فازی استفاده می‌شود.

به منظور طراحی یک سیستم کنترل منطق فازی باید قادر به توصیف عملیات به صورت زبـانی باشـد. بـه بیـان دیگـر مراحل زیر باید انجام شود[21] :

1) مشخص نمودن ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از متغیرهای زبانی
2) نسبت دادن توابع تعلق به متغیرها
3) ایجاد قواعد پایه (اساسی)
4) غیر فازی سازی (Defuzzification)

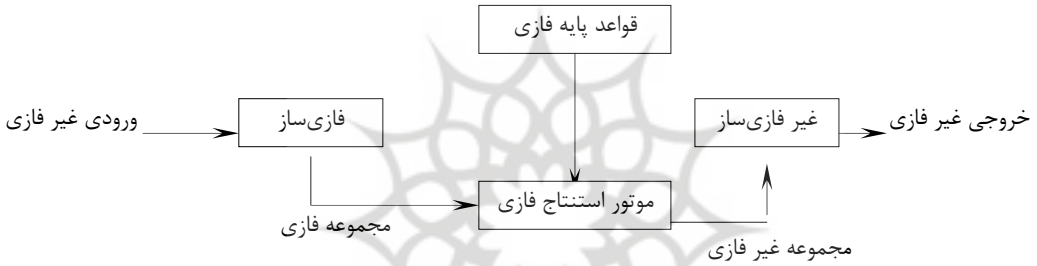
متغیرهای زبانی، توابع تعلق و قواعد پایه از تجربیات یک اپراتور ماهر بدست می‌آیند. قواعد پایه زیاد، معمولاً منجر به عملکرد بهتری می‌شوند. سیستم‌های فازی "سیستم‌های مبتنی بر دانش یا قواعد" هستند. قلب یـک سیـستم فـازی یک پایگاه دانش بوده که از قواعد اگر- آنگاه فازی تشکیل شده است. منظور از سیستم فازی در مهندسی سیستم فازی با فازی‌ساز(Fuzzifier) و غیر فازی‌ساز (Defuzzifier) است،[21]. شکل(1) یک سیستم فازی را نشان می دهد.

در یک سیستم غیر فازی، تنها یک قاعده در یک زمان خاص وجود دارد ولی در سیستم فازی ممکن است در همان زمان خاص بیش از یک قاعده ولی با قوت‌های متفاوت وجود داشته باشد. این قواعد با قوت‌های متفاوت منجر به عملیات کلاسیک در خلال پروسه غیرفازی سازی می شوند. پروسه‌های غیرفازی سازی در سیستم‌های کنترل فازی استاندارد نیستند. از چندین روش مانند روش های عملیات min- max (and- or) و روش مرکز ثقل یا COG (center of gravity) برای این کار می‌توان استفاده کرد[18، 22].

اساسا گرچه سیستم‌های فازی پدیده‌های غیرقطعی و نامشخص را توصیف می کنند، با این حال خود تئوری فازی یک تئوری دقیق است. دو توجیه برای تئوری سیستم‌های فازی وجود دارد:

1) پیچیدگی بیش از حد دنیای واقعی که منجر به توصیفی تقریبی تقریبی یا فازی برای مدل کردن یک سیستم می‌شود.
2) نیاز به فرضیه‌ای برای فرموله کردن دانش بشری به شکلی سیستماتیک و قرار دادن آن در سیستم‌های مهندسی.

توجیه دوم وجود تئوری سیستم‌های فازی را به عنوان یک شاخه مستقل در علوم مهندسی توجیه می‌کند[23].



شکل 1. نمایش یک سیستم فازی

2- 4 ساخت مدل فازی

در این پژوهش به کمک منطق فازی روش نوینی برای پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده با استفاده از داده های مربوط به تولید سفر در شهر رشت ارایه شده است. برای ساخت مدل فازی باید اثر چهار پارامتر مهم ساختار منزل، تعداد افراد خانواده ، مالکیت خودرو و درآمد بررسی گردد. از آن جایی که داده های این پارامترها اعداد صحیح هستند و تبدیل اعداد صحیح به فرم فازی مفهومی ندارد، لذا سه پارامتر ساختار منزل، تعداد افراد خانواده و مالکیت خودرو نسبت به درآمد که یکی از مهم ترین پارامترهای تولید سفر است، نرمالیزه شده واز نسبت های ساختار منزل ، تعداد افراد خانواده و مالکیت خودرو به درآمد به عنوان توابع ورودی و نسبت تعداد سفرهای تولید شده به درآمد به عنوان تابع خروجی برای ایجاد مدل فازی می باشد. اساس این روش استفاده از فرآیند فازی سازی - غیر فازی سازی است و انتخاب توابع ورودی و خروجی براساس داده های به دست آمده از تحقیق انجام شده در سطح شهر رشت می باشد. برای رسیدن به این منظور مراحل زیر به ترتیب انجام شده است :

1) تعریف مجمو عه های فازی که زوج های ورودی و خروجی را پوشش دهد.

این مجموعه ها به صورت توابع تعلق مثلثی انتخاب شده اند. برای ورودی اول یعنی نسبت تعداد افراد خانواده به درآمد , 4 مجموعه فازی با گام های 0/35 در بازه (0/2 2/3) با نام های "very low" , "low " , "normal" و "high" , 3 مجموعه فازی با نام های "low" , "normal" و "high" در بازه (2/1 0/1) با گام های 0/5 برای نسبت مالکیت خودرو به درآمد و 6 مجموعه فازی با نام های

"very low" ,"low" ,"almost normal" ,"normal","high" و "very high" با گام های 0/2 در بازه (0/15 2/15) برای نسبت ساختار منزل به درآمد تعریف می شود که توابع تعلق آن ها در شکل های (2) ، (3) و (4) آمده است.

تابع تعلق خروجی نیز به صورت مثلثی و در 5 مجموعه فازی با عناوین "very low" , "low" , "normal" , "high" و "very high" در بازه (0/5 6/1) و با گام های 0/7 در شکل (5) نشان داده شده است. بازه های انتخاب شده برای توابع ورودی و خروجی براساس اطلاعات موجود از تحقیق صورت گرفته ، می باشد.

نکته قابل ذکر آن است که انتخاب توابع تعلق در فرم های دیگر تغییری در نتیجه حاصل نمی کند. به عنوان مثال اگر از تابع تعلق گاوسی استفاده شود، به جواب هایی بسیار مشابه خواهیم رسید. ولی از آن جایی که استفاده از تابع تعلق گاوسی پیچیدگی مساله را افزایش می دهد و هدف رسیدن ساده تر و سریع تر به جواب دقیق بود، از تابع تعلق مثلثی استفاده کردیم.

2) تولید یک قاعده از روی یک زوج ورودی- خروجی

ابتدا برای هر زوج ورودی- خروجی مقادیر تعلق در مجموعه‌های فازی ورودی و خروجی را تعیین نموده و سپس قواعد اگر- آنگاه فازی را به عنوان مثال به صورت زیر بدست می‌آوریم:

اگر x_1 , very small , x_2 , low و x_3 , small باشد, آنگاه y یعنی نسبت تعداد سفرهای تولید شده به درآمد , very low خواهد بود.

3) نسبت دادن یک درجه به هر قاعده تولید شده در گام دوم به منظور حذف قواعد متضاد

قواعد متضاد ، قواعدی با بخش اگر یکسان و آنگاه متفاوت می باشند. برای حذف این قواعد به هر قاعده در گام دوم یک درجه نسبت داده می شود. قاعده با بالاترین درجه را نگاه می داریم و بقیه قواعد را حذف می نماییم. به این ترتیب نه تنها مشکل قواعد متضاد حل می شود بلکه تعداد قواعد نیز کاهش می یابد.

4) ایجاد پایگاه قواعد فازی

پایگاه قواعد شامل 3 مجموعه قواعد زیر است :

1- قواعد تولید شده در گام دوم که با هیچ یک از قواعد تضاد ندارند.

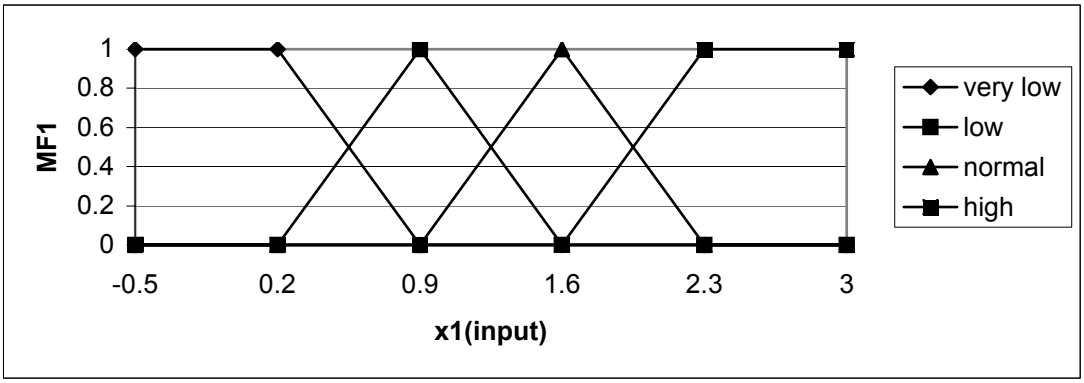
2- قاعده یی که از بین یک گروه قواعد متضاد دارای بالاترین درجه باشد.

3- قواعد زبانی از دانش انسان های خبره (دانش خود آگاه)

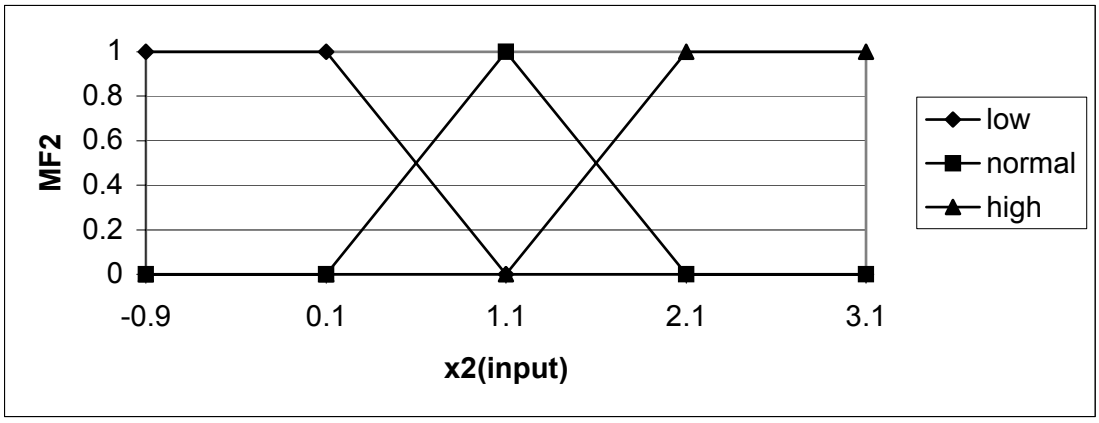
قواعد اولیه از دانش ناخودآگاه بدست آمده‌اند. پایگاه قواعد فازی نهایی، از هر دو مجموعه دانش خودآگاه و ناخودآگاه تشکیل شده است[19].

5) ساخت سیستم فازی بر اساس پایگاه قواعد فازی

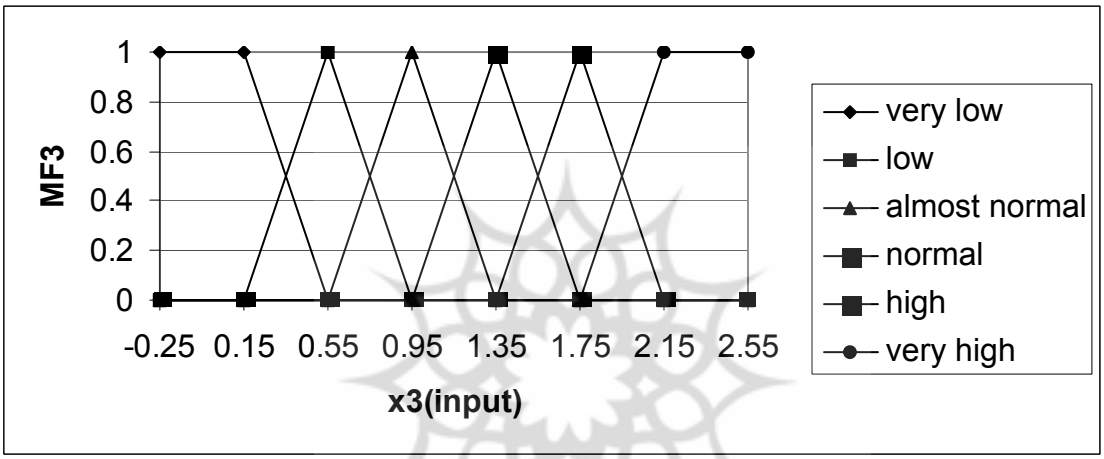
در این مرحله که مرحله نهایی است از سیستم فازی با موتور استنتاج ضرب، فازی ساز منفرد و غیرفازی ساز



شکل (2) تابع تعلق نسبت تعداد افراد خانواده به درآمد



شکل (3) تابع تعلق نسبت مالکیت خودرو به درآمد



شکل (4) تابع تعلق نسبت ساختار منزل به درآمد

میانگین مراکز استفاده شده است. در موتور استنتاج ضرب از استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه با ترکیب اجتماع، استلزام حاصلضرب ممدانی و ضرب جبری برای t- نرم‌ها و max برای s-نرم‌ها به کار گرفته شده است.

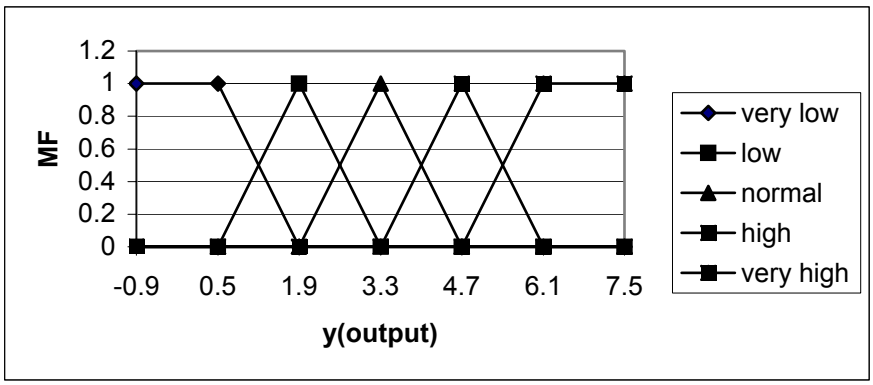
در استنتاج مبتنی بر قواعد جداگانه ، هر قاعده در پایگاه قواعد فازی یک خروجی فازی را معین کرده و خروجی نهایی ، ترکیب M خروجی جداگانه مجموعه های فازی است. عمل ترکیب را می توان به وسیله اجتماع یا اشتراک انجام داد که ما در اینجا از اجتماع استفاده نمودیم. در انجام این پژوهش از استلزام ممدانی که به طور وسیع در سیستم ها و کنترل فازی مورد استفاده قرار می گیرد، بهره گرفته شده است. در نهایت معادله بدست آمده برای استنتاج ضرب به صورت زیر است :

$$\mu_{B'}(y)=\max_{l=1}^{M}\left[\sup\left(\mu_{A'}(x)\prod_{i=1}^{n}\mu_{A_i^l}(x_i)\mu_{B^l}(y)\right)\right] \qquad (1)$$

با توجه به رابطه (1) با داشتن مجموعه فازی A' در U موتور استنتاج ضرب مطابق رابطه (1) مجموعه فازی B' در V قابل تعیین است. در ادامه با استفاده ازفازی سازی منفرد یک نقطه با مقدار حقیقی به یک منفرد فازی نگاشته شده است.

غیر فازی ساز میانگین مراکز متداول ترین غیر فازی ساز مورد استفاده در سیستم‌های فازی و کنترل فازی می‌باشد،زیرا از لحاظ محاسباتی ساده بوده و از نظر شهودی توجیه پذیر می باشد. استفاده از سایر غیر فازی‌سازها تنها

پیچیدگی مساله را بیشتر کرده و به زمان بیشتری برای محاسبات نیاز دارد. برای مثال با استفاده از غیر فازی ساز مرکز ثقل محاسبات بسیار طولانی تر و پیچیده تر خواهد بود. در نتیجه در این پـژوهش از غیـرفـازی سـاز میـانگین مراکـز (Center Average Defuzzifier) که به صورت زیر تعریف می‌شود، استفاده کردیم :



شکل (5) تابع تعلق نسبت تعداد سفرهای تولید شده به درآمد

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^{M} y^{-l} w_l}{\sum_{l=1}^{M} w_l} \qquad (2)$$

در این رابطه y مرکز مجموعه فازی و w_L درجه ارتفاع آن می‌باشد[21].

در نهایت خروجی سیستم فازی از رابطه زیر قابل تعیین است :

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^{M} \bar{y}^l \left(\prod_{i=1}^{l} \mu_{A_i^l}(x_i) \right)}{\sum_{l=1}^{M} \left(\prod_{i=1}^{l} \mu_{A_i^l}(x_i) \right)} \qquad (3)$$

که $x \in U$ ورودی سیستم فازی و $f(x) \in V$ خروجی سیستم فازی می باشد.

پس از ساخت سیستم فازی ، از این سیستم نسبت تعداد سفرهای تولید شده به درآمد بـا اسـتفاده از داده‌های تحقیق قابل پیش بینی است.

هدف این پژوهش پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده می باشد نه نسبت تعداد سـفرهای تولیـدی بـه درآمد. بنابراین در ادامه برای رسیدن به این هدف ، خروجی مدل فازی را در درآمد متناظر ضرب می نماییم تا تعداد سفرهای تولید شده محاسبه گردد. از آن جایی که طـی مراحـل فـازی سـازی و غیـر فـازی سـازی اعدادی اعشاری نتیجه می شود, نتیجه نهایی را به صورت جز صحیح خروجی مـدل فـازی ضـرب در درآمـد متناظر در نظر می گیریم. یعنی اگر y خروجی مدل فازی و I درآمد متناظر با این خروجی باشد، آنگاه تعداد سفرهای تولید شده به صورت زیر بیان می گردد :

N.T.G = [Y*I] = تعداد سفرهای تولید شده (4)

5) کاربرد روش برازش خطی در تحلیل اطلاعات و شناسایی الگوریتم تولید سفر

یکی از متداول ترین روش های بکار رفته در ساخت مدلهای تولید سفر روش برازش خطی (رگراسـیون) اسـت . در این روش تلاش برای یافتن رابطه ای خطی بین تعداد سفرهای تولیدی یا جـذبی بـا توجـه بـه متوسـط ویژگیهـای اجتماعی ـ اقتصادی مناطق و یا مشخصات خانوارهای موجود در هر منطقه صـورت مـی گیـرد . انتخـاب بهتـرین فـرم

معادلات برازش خطی و تعیین پارامترهای آن نیاز به تجربه و مطالعات فراوانی در خصوص موضوع مورد بررسی دارد . شکل معمول استفاده از مدل همبستگی ، استفاده از مدل خطی رگراسیون به فرم زیر است :

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + ... + a_nX_n$$

در این رابطه Y متغیر وابسته ، X ها متغیرهای مستقل و a ها پارامترهای مدل هستند که قبل از هر چیز در مدل تعیین می شوند .

در مدل های تولید سفر خانه مبنا ، متغیر وابسته نرخ تولید سفر خانواده است . این مدلها از اوایل دهه 1970 مطرح شدند . هر یک از پارامترهای مستقل در این مدلها معرف یکی از مشخصات و ویژگیهای رفتاری خانواده هستند . لذا تهیه یک مدل برازش خطی خانه مبنا نیاز به بررسیهای جامعی در رفتار و ویژگیهای سفرهای خانواده ها دارد . معمولاً در ساخت مدل تولید سفر از اطلاعات مربوط به سال مبنا استفاده می شود . بنابراین پس از ساخت یک مدل میتوان تعداد سفرهای تولیدی روزانه یک خانواده را با توجه به ویژگیهای رفتاری آن خانواده تعیین کرد . یک معضل اصلی در ساخت و شکل گیری معادلات رگراسیون استفاده از پارامترهایی است که به بهترین وجهی بتوانند بیانگر تعداد سفرهای تولیدی روزانه یک خانواده باشند زیرا استفاده از تمامی پارامترها در در یک مدل کاری دشوار ، پرحجم و غیر عملی است . همچنین در این صورت نیاز به حجم وسیعی از اطلاعات ورودی می باشد که جمع آوری آنها کاری دشوار و حتی غیر ممکن است . برای ساخت کوتاهترین و مناسب ترین معادله برازش خطی ، در ساخت مدلها یا معادلات رگراسیون از روش گام به گام (Stepwise) استفاده میکنند.

در این حالت پارامترهای مختلف جهت دست یابی به بهترین ترکیب خطی در تهیه مدل مورد آزمایش قرار می گیرند به صورتی که بتوانند بیشترین میزان R^2 را در ساخت معادله ارائه کنند . در این روند ابتدا میزان R^2 تک تک پارامترهای مستقل در برآورد پارامتر وابسته مورد ارزیابی قرار می گیرد تا مشخص شود که کدام پارامتر مستقل بیشترین میزان همبستگی را با پارامتر وابسته دارد . در مرحله بعدی ، این پروسه را با افزایش هر یک از پارامترهای مستقل دیگر به غیر از پارامتر اولیه در قالب یک معادله برازش خطی سه متغیره (یعنی با دو پارامتر مستقل) ادامه میدهند و در هر مرحله میزان R^2 بدست آمده را محاسبه می کنند . این روند تا زمان تعیین بهترین پارامتر ثانویه از صفات خانواده ادامه خواهد داشت به صورتی که معادله برازش خطی حاصل از آن با پارامتر اولیه در مقایسه با باقی ترکیبات سه متغیره ، بیشترین میزان R^2 را دارا باشد . این پروسه تا زمانی ادامه می یابد که با افزایش یک پارامتر مستقل دیگر به مدل ، تغییرات مشاهده شده در میزان R^2 اندک بوده و قابل چشم پوشی باشد . پارامترهای موجود در معادله خطی بدست آمده از این روش به ترتیب (از اولین چرخه) مهم ترین پارامترهای تعریف شده در سیستم هستند . به عبارتی از دیدگاه روش رگراسیون ، این پارامترها به بهترین وجهی می توانند تغییرات مشاهده شده در میزان پارامتر وابسته را تحلیل کرده و در ساخت معادله رگراسیون مورد استفاده قرار گیرند .

جدول (1) . معادلات برازش خطی گام به گام

گام	معادلات	R^2	پارامترها
1	$Y = 2.04X_1 - 0.139$	٪62.8	X_1 = درآمد
2	$Y = 1.41X_1 + 1.85X_2 - 2.26$	٪69.9	X_2 = تعداد اعضای خانواده
3	$Y = 0.973X_1 + 1.93X_2 + 1.78X_3 - 3.34$	٪72.6	X_3 = تعداد خودرو
3	$Y = 0.973X_1 + 1.93X_2 + 1.78X_3 - 3.34 + 0.054X_4$	٪72/7	X_4= ساختار منزل

با توجه به توضیحات فوق و با استفاده از روش گام به گام (Stepwise) ، اطلاعات جمع آوری شده در این پژوهش مورد تحلیل قرار گرفت و این نتیجه حاصل شد که پارامتر درآمد به عنوان اولین و مهم ترین پارامتر از ویژگی

های خانواده بیشترین میزان همبستگی را با پارامتر وابسته دارد و پس از آن پارامترهای تعداد افراد خانواده و سهم مالکیت خودرو به ترتیب دومین و سومین پارامترهای مهم در سیستم اطلاعات می باشند که به ترتیب معادلات سه متغیره و چهار متغیره بدست آمده از برازش خطی آنها بیشترین میزان همبستگی را (در مقایسه با باقی معادلات مشابه) در ارزیابی پارامتر وابسته دارا می باشد. جدول (1) معادلات برازش خطی به دست آمده را نشان می دهد ولی از آن جایی که پارامتر ساختار منزل نیز یکی از پارامترهای مهم در تولید سفر می باشد و مدل فازی ارایه شده در این پژوهش براساس چهار پارامتر ساختار منزل، درآمد، مالکیت خودرو و تعداد افراد خانواده که عموما مهم ترین پارامترها در تولید سفر هستند, ایجاد شده است، لذا برای مقایسه معادله برازش خطی براساس این چهار متغیر نیز به دست آمد. این معادله به صورت زیر بیان می شود.

$$Y = -3.34 + 0.973 \times Income + 1.93 \times Family - Size + 1.78 \times Car + 0.054 \times structure$$

6) مقایسه نتایج روش مدل فازی و روش برازش خطی

به منظور نشان دادن دقت بسیار بالای روش فازی پیشنهادی، این روش و الگوریتم بـه دسـت آمـده از تحلیل برازش خطی گام به گام مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. از آن جایی که در روش برازش خطی سه پارامتر درآمد،مالکیت خودرو و تعداد افراد خانواده به عنوان مهم ترین پارامترهای مؤثر در تولید سفر شناخته شدند، در ابتدا مدل فازی براساس این سه پارامتر ایجاد شد. نتایج مدل فازی با سه پارامتر مذکور در جـدول (2) آورده شده است. برای مقایسه ایی بین نتایج این مدل و روش برازش خطی با معادله سه متغیره ، نتـایج این روش نیز در جدول (2) آمده است.

جدول (2) مقایسه بین روش برازش خطی سه متغیره و روش فازی با سه پارامتر

خطای فازی	خطای برازش	$N.T.G_{\text{برازش}}$	$N.T.G_{\text{فازي}}$	$N.T.G_{\text{آماري}}$
%0	%11	8	9	9
%0	%0	2	2	2
%0	%0	10	10	10
%0	%0	2	2	2
%0	%0	1	1	1
%25	%50	6	4	4
%11	%22	11	9	9
%0	%12/5	9	8	8
%7/14	%7/14	13	14	14
%20	%20	6	5	5
%5	%5	19	21	20
%0	%0	2	2	2
%8/33	%16/67	14	12	12
%8/33	%16/67	14	12	12
%0	%0	2	2	2
%0	%50	3	2	2
%5/55	%11/11	16	18	18
%12/5	%12/5	9	8	8
%14/28	%14/28	6	7	7
%14/28	%14/28	6	7	7

ولی خطای ناشی از مدل فازی مذکور به اندازه ایی بود که بنا شد از پارامتر ساختار منزل نیز که یکی از پارامترهای اصلی تولید سفر است، در ایجاد مدل استفاده گردد. در نتیجه مدل فازی براساس چهار پارامتر درآمد، مالکیت خودرو ، تعداد افراد خانواده و ساختار منزل ایجاد گردید. برای مقایسه با روش برازش خطی ، از معادله برازش خطی 4 متغیره استفاده شد. همان طور که پیش بینی می شد، در نتایج حاصل از معادله برازش خطی سه متغیره و چهار متغیره تفاوتی مشاهده نشد. زیرا ضریب همبستگی این دو معادله تنها 0/1 درصد با یکدیگر تفاوت دارد. بررسی نتایج حاصل از مدل فازی با سه پارامتر و چهار پارامتر نشان داد که این دو مدل به طور قابل توجهی با هم فرق دارند و وارد نمودن پارامتر ساختار منزل منجر به جواب بسیار دقیق تری می گردد. برای مقایسه بین روش فازی نهایی و تحلیل برازش خطی، این دو روش بر روی 20 دسته از اطلاعات آماری تصادفی که با استفاده از نرم افزار MATLAB انتخاب شدند، اجرا گردیدند و نتایج این مقایسه در جدول (3) آمده است. نتایج موجود در جدول بیانگر آن است که در روش برازش خطی به استثنای یک مورد که می تواند

ناشی از پراکندگی داده ها باشد، حداکثر خطا حدودا برابر با 22٪ است. در حالی که روش فازی تقریبا بدون خطا منجر به جواب های بسیار دقیق می گردد. خطای روش فازی بجز یک مورد برای همه داده ها برابر صفر گردیده است. علاوه بر آن روش برازش خطی تنها برای محدوده خاصی از داده ها منجر به جواب نسبتا درست می شود در حالی که روش فازی برای همه محدوده ها به درستی و با دقت بالا جواب می دهد. یکی دیگر از مزایای روش فازی پیچیدگی ریاضی نسبتا کمتر این روش نسبت به روش برازش خطی است. با توجه به بررسی های فوق می توان نتیجه گرفت که روش فازی ارایه شده در این پژوهش از دقت بالایی نسبت به دیگر روش های موجود برخوردار است و یکی از مطمئن ترین روش ها در پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده است.

جدول (3) مقایسه بین روش برازش خطی چهار متغیره و روش فازی با چهار پارامتر

خطای فازی	خطای برازش	$N.T.G_{برازش}$	$N.T.G_{فازي}$	$N.T.G_{آماري}$
%0	%11	8	9	9
%0	%0	2	2	2
%0	%0	10	10	10
%0	%0	2	2	2
%0	%0	1	1	1
%0	%50	6	4	4
%0	%22	11	9	9
%0	%12/5	9	8	8
%0	%7/14	13	14	14
%0	%20	6	5	5
%5	%5	19	21	20
%0	%0	2	2	2
%0	%16/67	14	12	12
%0	%16/67	14	12	12
%0	%0	2	2	2
%0	%50	3	2	2
%0	%11/11	16	18	18
%0	%12/5	9	8	8
%0	%14/28	6	7	7
%0	%14/28	6	7	7

7) نتیجه گیری

در این پژوهش از روش مدل فازی برای پیش بینی تولید سفر استفاده شده است. برای این منظـور 13 مشخصه مهم از ویژگی های رفتاری خانواده ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. و 4 پارامتر تعـداد افـراد خـانواده , درآمد, مالکیت خودرو و ساختار منزل که مهم ترین مشخصات از ویژگی های یک خـانواده مـی باشـند و در پیش بینی تعداد سفرهای روزانه یک خانواده نقش عمده ای را ایفا می کننـد، بـه عنـوان پارامترهـای اصـلی تولید سفر انتخاب شده اند. از این 4 پارامتر به عنوان توابع ورودی در ایجاد روش مدل فـازی اسـتفاده شـده است. برای معتبر ساختن روش پیشنهادی خود با استفاده از روش بـرازش خطـی معادلـه همبـستگی تعـداد سفرهای تولید شده بر حسب چهار پارامتر مذکور تعیین گردید و نتایج آن با مدل فازی ارایه شـده مقایـسه شد. برای این منظور این دو روش برای 20 دسته از اطلاعات آماری تصادفی اجرا گردیدنـد اسـت. نتـایج بـه دست آمده از اجرای این دو روش نشان داده است که مدل فازی ارایه شده یکی از مطمئن ترین روش ها در پیش بینی تعداد سفرهای تولید شده یک خانواده است.

مراجع :

1. Valentin, Cortus A., Prashker, Joseph N. and Shiftan, Yorma (2003) "Analysis of trip generation in Israel for the years 1984,1996/7 and spatial and transferability of trip generation demand models", T. R. B. Annual Meeting.

2. Ortuzar, J. and Willumsen, L. G. (1994) "Trip generation modeling", Modeling Transportation, 2nd. Edition, pp. 94-126.

3. Atherton, T. and Ben-Akiva, M. (1976) "Transferability and updating of disaggregate travel demand models", Transportation Research Record (T.R.R.) No. 610, pp. 12-18.

4. Downes, J. D. and L. Gyenes, L. "Temporal stability and forecasting ability of trip generation models in reading", TRRL Laboratory Report 726.

5. Supernak, J., Talvitie, A. and De John, A. (1983) "Person-Category Trip Generation Model" Transportation Research Record 944 (TRR), pp. 74-83.

6. Supernak, J. (1983) "Transportation modeling: lessons from the past and tasks for the future", Transportation, 12, pp. 70-90.

7. Ortuzar, Juan de Dios and Willumsen, Luis G. (2001) "Modeling transport - 3rd ed." John Wiley & Sons, pp.199-245

8. Fleet, C. and Robertson, S. (1968) "Trip generation in the transportation planning process", Highway Research Board Record 240, pp. 11-31.

9. Wilmot, C.G. (1995) "Evidence on transferability of trip generation models" Journal of Transportation Engineering, 09, pp. 405-410.

10. Walker ,W.T. and Olanipekun, O.A. (1989) "Interregional stability of household trip generation rates from the 1986 New Jersey Home Interview Survey." Transportation Research Record 1220 (TRR), pp. 389-402.

11. Zhao, H. (2000) "Comparison of two alternatives for trip generation", Paper No. 000546, Transportation Research Board, 79th Annual Meeting, January 9-13, 2000, Washington D.C.

12. Shafahi, Y and Farzaneh (2002) "Application of NNs and NFSs in forecasting trip demand in large cities." T.R.B. 81st. Annual Meeting, Washington D.C.

13. عرباني، مهيار، خاكي، علي منصور و اماني، بابك (1384) "تعيين مهم ترين پارامترهاي مؤثر در تفكيك سفر با استفاده از شبكه هاي عصبي مصنوعي" ، دومين كنگره ملي مهندسي عمران، تهران، ايران.

14. عرباني، مهيار، خاكي، علي منصور و اماني، بابك (1384) " شناسايي پارامترهاي مؤثر در توليد سفر با استفاده از روش نظريه مبنا" ، مجله بين المللي علوم مهندسي، دانشگاه علم و صنعت.

15. Lane, Robert , Powell, Timothy J and Prestwood Smith, Paul (1971)"Analytical transport planning", Gerald Duckworth, pp. 116-128.

16. Salomon, I. (1983) "Life-styles: a boarder perspective on travel behavior", In Recent Advances in Travel Demand Analysis. Gower, Aldershot, Hampshire, England.

17. Papacostas, C.S. and P.D.Prevedouros, P.D. (1993) "Transportation engineering and planning, 2nd ed." Prentice-Hall International, Inc., pp. 345-358

18. ونگ، لی (1378) "سیستم های فازی و کنترل فازی"، ترجمه محمد تشنه لب، تهران: انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

19. Ibrahim, A.M. (1992) "Introduction to applied fuzzy electronics", Prentice Hall.

20. Terano, T., Asia, K. and Sugeno, M. (1992) "Fuzzy system theory and its applications", Toronto, Academic Press Inc.

21. Laviolette, M. and Seaman, J. W.(1994) "The efficiency of fuzzy representations of uncertainty", IEEE Trans. Fuzzy Systems, No.2 , pp.4-15.

22. عربانی، مهیار، مدندوست، رحمت و ربیعی، شهره (1384) "بهره گیری از منطق فازی در تعیین مقاومت بتن در جا"، دومین کنفرانس بین المللی بتن وتوسعه ، تهران، ایران.

23. Arabani, M. and Pourzeynali, S. (2005) "Fuzzy logic methodology to evaluate the service level of the freeways basic segments", Iranian Journal of Science and Technology.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی