Online ISSN: 2821-1782

Journal of HumanEcology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Evaluating The Effectiveness Of Fuzzy Logic In Modeling Inner-City Highway Accidents

Ebrahim moorvari[*a]

[a] Transportation Engineering Expert Of Garme Municipality, Garme , Iran.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 2022-11-26
Accepted: 2023-01-13

Keywords:
Accidents Modelling
Traffic Flow Road
Geometry Design
FuzzyLogic Models

ABSTRACT

In this study, the effectiveness of fuzzy models in modelling inner-city highway accidents is evaluated using the Mashhad highway accident data as a case study. For modelling based on fuzzy logic, the variables related to traffic flow and road geometry are used as input variables. Fuzzy modelling involves four stages: Fuzzification of input and output variables, generation of rules, combination and collection of diagrams and de-fuzzification. To fuzzify the variables in the scatter plot, the concept of statistical quantiles is used to assign linguistic terms such as low, medium or high.

Based on fuzzy logic, this paper presents two models for predicting the number of financial and fatal accidents on inner-city highways. By comparing the accident numbers estimated by the models with the observed numbers, the efficiency and accuracy of the models can be evaluated by the correlation coefficient R^2. In order to create rules for fuzzy modelling, the results of previous studies were used to identify the factors that influence the occurrence of financial and fatal accidents on inner-city motorways. By demonstrating the effectiveness of the fuzzy logic models created in predicting the number of accidents, the results of these studies can be confirmed.

*Corresponding Author.
Email Adresses: moorvariebrahim@gmail.com

To cite this article:
moorvari, E. (2022). **Evaluating The Effectiveness Of Fuzzy Logic In Modeling Inner-City Highway Accidents** . ***HumanEcology***, *1*(1), 14-28.

Doi: 10.22034/el.2022.155991

سال اول، شماره اول ، دی ۱۴۰۱، ۲۸-۱۴.

شاپای الکترونیکی: ۱۷۸۲-۲۸۲۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی کارایی منطق فازی در مدل سازی تصادفات بزرگراه های درون شهری

ابراهیم مرواری*[۱]

[۱] * کارشناس مهندسی حمل و نقل شهرداری گرمه، گرمه، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:
۰۵ آذر ۱۴۰۱

پذیرش نهایی:
۲۶ دی ۱۴۰۱

واژگان کلیدی:
تصادفات مدل سازی
جریان ترافیک طرح
هندسی راه مدل های
منطق فازی

چکیده

در این پژوهش کارایی مدل های فازی در مدل سازی تصادفات بزرگراه های درون شهری مورد ارزیابی قرار می گیرد و به عنوان مطالعه موردی از داده های تصادفات بزرگراههای شهری مشهد استفاده می شود. برای مدل سازی بر پایه منطق فازی، متغیرهای مربوط به جریان ترافیک و طرح هندسی راه به عنوان متغیرهای ورودی بکار می رود. مدل سازی فازی شامل چهار مرحله فازی سازی متغیرهای ورودی و خروجی، تولید قوانین، ترکیب و جمع کردن نمودارها و فازی زدایی می باشد. برای فازی سازی متغیرها در نمودار پراکندگی از مفهوم چندک های آماری، برای اختصاص واژه های زبانی مانند کم، متوسط یا زیاد بهره گرفته می شود. بر پایه منطق فازی در این مقاله دو مدل برای پیش بینی شمار تصادفات مالی و جانی در بزرگراه های درون شهری ارائه شده است. با مقایسه شمار برآورد شده تصادفات توسط مدل ها با شمار مشاهده شده، از روی مقدار ضریب همبستگی R^2می توان کارایی و دقت مدل ها را ارزیابی نمود. برای تولید قوانین در مدل سازی فازی، از نتایج پژوهش های گذشته برای شناسایی عوامل مؤثر بر رخداد تصادفات مالی و جانی در بزرگراه های درون شهری استفاده شده است. با ثابت شدن کارایی مدل های منطق فازی ساخته شده در پیش بینی شمار تصادفات می توان نتایج آن پژوهش ها را باز تأیید نمود.

*Corresponding Author.
Email Adresses: moorvariebrahim@gmail.com

To cite this article:
moorvari, E. (2022). **Evaluating The Effectiveness Of Fuzzy Logic In Modeling Inner-City Highway Accidents** . ***HumanEcology***, *1*(1), 14-28.

Doi: 10.22034/el.2022.155991

۱. مقدمه

در سال های نزدیک مدل های آماری فراوانی برای کاوش درباره اثراتی که متغیرهای گوناگون می تواند روی شاخص های ایمنی راه مانند فراوانی یا شدت تصادفات بگذارد، ساخته شده است. ساخت مدل های آماری دقیق، قابل اطمینان و فراگیر برای تحلیل تصادفات خودرویی، از اهمیت زیادی در مطالعات مربوط به ایمنی راهها برخوردار است. این مدل ها می تواند در شناسایی نقاط حادثه خیز، پیش بینی تصادفات خورویی و از آنجا اصلاح شرایط حادثه ساز و بهبود ایمنی راهها نقشی کارا داشته باشد. اما همیشه نتایج و مدل های ساخته شده در برآورد این عوامل و وزن آنها با یکدیگر تفاوت هایی داشته است که گاه بحث برانگیز است. این تفاوت ها معمولاً ناشی از ناهمسانی در روش های مدل سازی است. چهار روش کلی شناخته شده برای ساخت مدل های آماری پیش بینی تصادفات عبارتند از : روش های تحلیل چندمتغیره [۱ و۲ و۳]، روش های بیز تجربی [۴ و ۵ و ۶]، روش های شبکه عصبی مصنوعی[۷ و۸] و روش های برپایه منطق فازی [۹ و۱۰و۱۱]. بیشتر روش های تحلیل چند متغیره با مدل های رگرسیونی لجستیک، پواسن پرصفر و دوجمله ای منفی پرصفر سروکار دارند که تعمیم یافته مدل های رگرسیون خطی چندگانه اند. هر چند این روش ها کاربرد موفق و کارآمدی در مدل سازی تصادفات داشته اند ، امروزه این روش ها جای خود را به روش های مدل سازی به روزتر و کارآمدتر مانند روش های مدل سازی با استفاده از شبکه های عصبی، منطق فازی ، روش های بیز تجربی و کامل و روش های تلفیقی بسیار توانمند مانند شبکه های عصبی فازی، شبکه های عصبی بیز داده اند. در سال های نزدیک، منطق فازی به عنوان یک ابزار سودمند برای فرآیندهای مدل سازی نمود یافته است، فرآیندهایی که برای تکنیک های مقداری مرسوم پیچیده اند یا وقتی دانسته های بدست آمده از فرآیند، کیفی، مبهم یا غیر قطعی باشند. اکنون منطق قازی، یک روش نام آشنا برای ساخت مدل ها و سامانه های پیچیده گردیده است. چنین اقبالی از آن روست که منطق فازی، دانسته های کیفی را به گونه ای بیان می کند که برای تصمیم گیری و استدلال منطقی انسان پذیرفتنی و قابل درک باشد. Meng و همکارانش (۲۰۰۹) از منطق فازی برای پیش بینی فراوانی تصادفات راه های درون شهری از روی ویژگی های هندسی و ترافیکی راهها استفاده کردند و پی بردند که ترافیک متوسط روزانه در سال (AADT) و بارهای ترافیکی نقش عمده ای در رخداد تصادفات ایفا می کنند [۹]. علاوه بر این روش شبکه عصبی فازی روشی توانمند برای مدل سازی تصادفات است که در واقع تلفیقی از دو روش اشاره شده است. Zheng و Meng (۲۰۱۱) برای ارزیابی کارایی مدل تلفیقی شبکه عصبی فازی در برابر مدل های منطق فازی و شبکه عصبی، از مقایسه مقدارهای آماری جذر میانگین مربع خطاها (RMSE)، بیشینه خطای نسبی(MRE) و ضریب تعیین R^2 بهره گرفتند و به این نتیجه رسیدند که مدل تلفیقی با ساختار و روش کار ساده تر، جایگزین مطمئنی برای مدل شبکه عصبی با ساختاری پیچیده و روش کاری زمان بر است، در حالی که نتایج بسیار بهتری نسبت به مدل منطق فازی هم بدست می دهد [۱۲].

مهم ترین هدف پژوهشگر در این پژوهش، ارزیابی کارایی مدل های برپایه منطق فازی در مدل سازی تصادفات مالی و جانی در بزرگراه های درون شهری است. برای این کار از نرم افزار MATLAB، بسته منطق فازی استفاده می شود. مراحل ساخت مدل ها شامل فازی سازی متغیرهای ورودی و خروجی، تولید قوانین، ترکیب یا جمع کردن نمودارها و فازی زدایی می باشد که در بخش ۲ و ۴ بطور مفصل به آن پرداخته خواهد شد. پس از ساخت مدل های پیش بینی تصادفات در بزرگراه های درون شهری، شمار برآورد شده تصادفات مالی و جانی توسط دو مدل، با شمار مشاهده شده تصادفات مقایسه می گردد. نتایج مقایسه، دقت و کارایی مدل های ساخته شده بر مبنای منطق فازی را در پیش بینی شمار تصادفات و امکان رخداد آنها نشان می دهد. دیگر نتیجه مدل سازی به فرآیند تولید قوانین فازی بر می گردد. همان طور که در بخش ۴ خواهیم دید در تولید قوانین از نتایج دو پژوهش گذشته، که توسط پژوهشگر برای بررسی نقش عوامل مربوط به جریان ترافیک و طرح هندسی راه در رخداد تصادفات مالی و جانی در بزرگراه های درون شهری انجام شده، استفاده شده است. پس اگر کارایی مدل های ساخته شده ثابت شود می توان نتایج پژوهش های گذشته را بازتأیید نمود.

۲. معرفی مدل منطق فازی

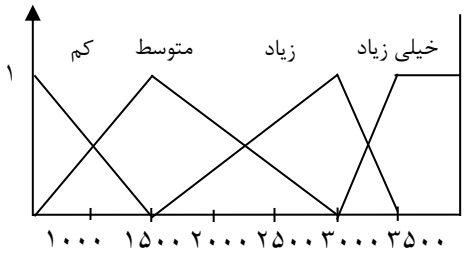
۲-۱ نظریه و مفهوم فازی

نظریه فازی یکی از روشهای بیان عدم قطعیت است. ماهیت عدم قطعیت با توجه به مسئله مورد بررسی، باید توسط تحلیلگر مشخص شود، زیرا عدم قطعیت میتواند ناشی از تصادفی بودن یا ابهام یا کمبود دانش و آگاهی باشد. نظریه احتمال برای پیش بینی نتیجه یک رویداد تصادفی در آینده به کار می رود. رویدادی که در آینده قرار است اتفاق بیفتد و نتیجه آن در حال حاضر مشخص نیست. در واقع ، نظریه احتمال به رویدادهای تصادفی

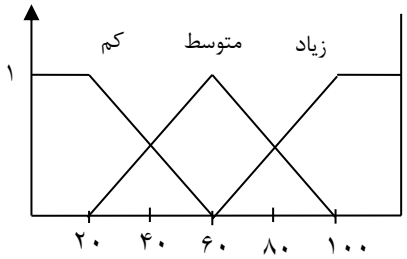
مربوط است. این در حالی است که منطق فازی به بی دقتی و مفاهیم نادقیق که در زبان طبیعی به کار می روند، مربوط است و همیشه با یک رویداد همراه نیست. در واقع نظریه فازی، عدم قطعیت غیر تصادفی را پشتیبانی می کند. بعضی مواقع، عدم قطعیت به هر دو صورت احتمالی و فازی است. با این مقدمه، می توان چنین نتیجه گیری کرد که در جایی که پیچیدگی سیستم در حدی است که نمیتوان با دقت و صراحت در مورد پارامترها، مشخصه ها و رفتار سیستم قضاوت کرد، مفهوم فازی برای مدل سازی و تحلیل بیان می شود [۱۳]. منطق فازی با مفهوم یک مجموعه فازی آغاز می شود. یک مجموعه فازی، یک مجموعه بدون یک مرز روشن است. درجه عضویت در یک مجموعه روشن بر مبنای مقیاس۰ یا ۱، با مقدار ۱ برای عضویت کامل و ۰ برای عضو نبودن، است. در حالی که در مجموعه فازی (مبهم)، که توسعه یافته مجموعه روشن است سخن از عضویت نسبی و درجه عضویت است. یعنی بین عضویت کامل با درجه عضویت ۱ و عضو نبودن با درجه ۰، عضویت های نسبی با درجه عضویت صفر تا یک هست [۱۴]. این مفهوم را می توان به صورت نمودار درجه عضویت با توابع عضویت گوناگون نمایش داد. توابع عضویت مثلثی و ذوزنقه ای معمولاً در بحث تصادفات که با تغییرات زیاد داده سروکار داریم بکار برده می شود.

۲-۲ ساخت مدل های فازی

برای ساخت مدل های فازی از واژه های زبانی کم- متوسط- زیاد استفاده می شود و یک جزء همزمان می تواند عضو بیش از یک مجموعه فازی باشد. در بحث تصادفات معمولاً از مفهوم کم- متوسط- زیاد استفاده می شود. جریان دانسته ها در یک مدل فازی نیازمند آن است که متغیرهای ورودی، پیش از خروج از سامانه به عنوان دانسته خروجی، از چهار مرحله عمده گذرانده شوند. این چهار مرحله، فازی سازی، تولید قانون، ترکیب و جمع کردن و فازی زدایی است [۱۵]. برای روشن کردن مطلب، فرض می کنیم عوامل مؤثر بر شمار تصادفات ، حجم ترافیک و سرعت باشد. فازی شده متغیرهای حجم ترافیک و سرعت مانند زیراست:

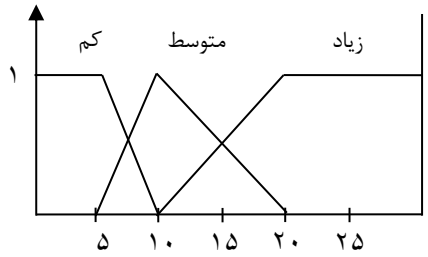


شکل(۱) فازی سازی حجم ترافیک (veh/h)



شکل(۲) فازی سازی سرعت (km/h)

نقاط شکست یا همرسی در نمودارها، با توجه به پراکندگی داده ها بر مبنای چندک ها تعیین می شود. برای نمودار شکل (۱) که سه نقطه همرسی داریم این نقاط چارک ها هستند که دو تابع عضویت ذوزنقه ای و یک تابع مثلثی را در بر دارند، توابع ذوزنقه ای دو طرف که در نقطه میانه (چارک دوم) بهم می رسند را با عبارت های کم و زیاد و تابع مثلثی وسط را با عبارت متوسط نشان می دهیم. برای نمودار شکل (۱) هم سه نقطه همرسی داریم در حالی که ۴ زیر مجموعه فازی (تابع عضویت) و بدنبال آن ۴ عبارت مثلاً کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد هست. تعیین شمار زیر مجموعه های فازی هم تابع میزان پراکندگی یا تجمع داده ها حول چندک هاست. فازی سازی شمار تصادفات هم به همین روش انجام می شود:



شکل(۳) فازی سازی شمار تصادفات

۲-۳ تولید قانون

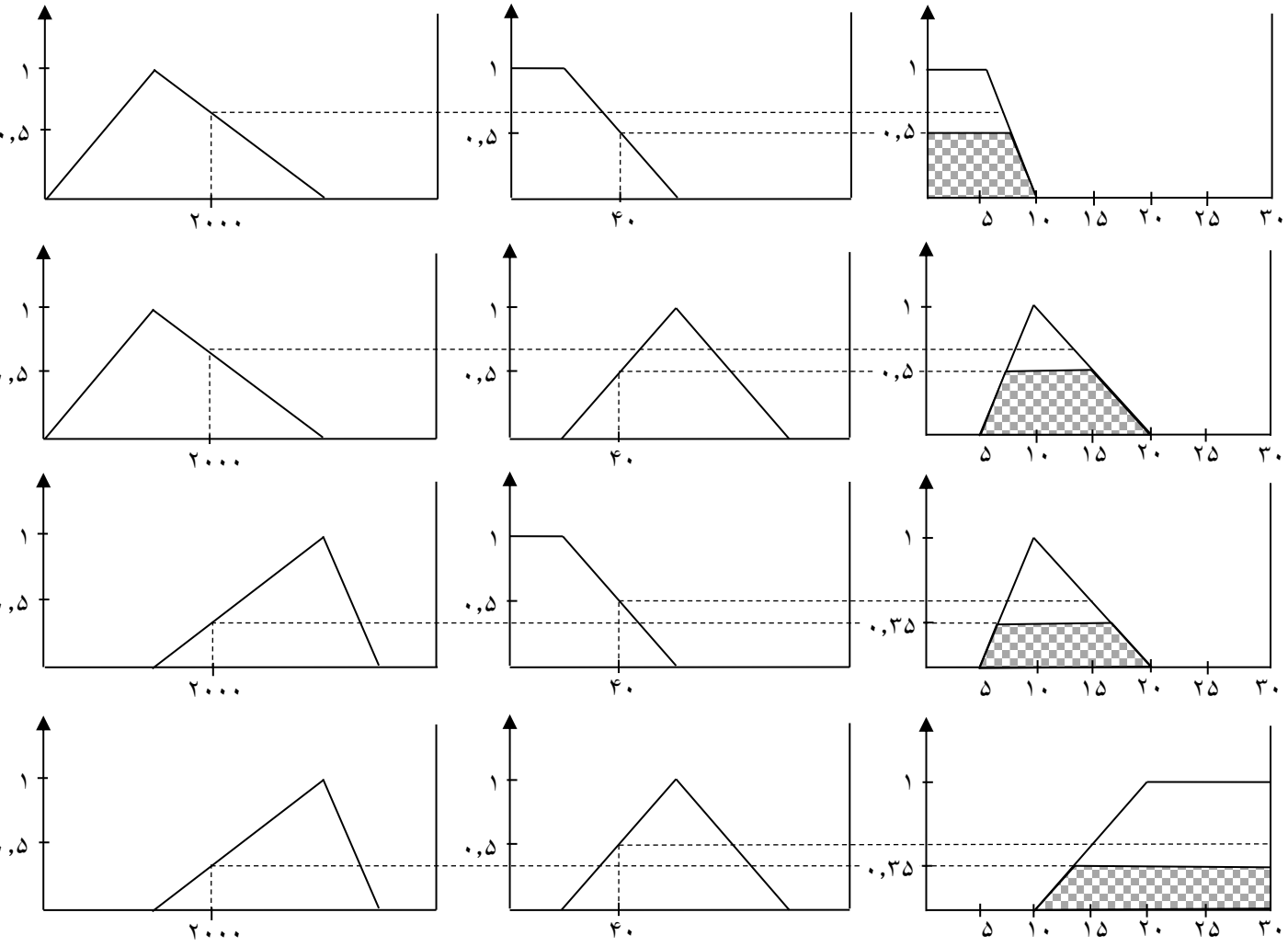
در این مرحله از مدل سازی فازی، قطعیتی در کار نیست و معمولاً تولید قانون علاوه بر روآوردن مستقیم به داده های گردآمده متغیرها، بر پایه تجربیات و یافته های پیشین و استدلال منطقی انجام می پذیرد. در مورد نمونه پیش تر آمده، دو متغیر با ۳ و ۴ زیرمجموعه فازی داریم، ۱۲ قانون می توان تولید نمود. البته برخی زیر مجموعه ها با هم جور در نمی آید که قانونی هم بدست نخواهد داد مثلاً حجم زیاد با سرعت زیاد جور در نمی آید. بطور تجربی ۹ قانون را می توان مانند زیر در آورد:

قانون اول: اگر حجم کم و سرعت کم آنگاه شمار تصادفات کم

قانون دوم: اگر حجم کم و سرعت متوسط آنگاه شمار تصادفات کم
قانون سوم: اگر حجم کم و سرعت زیاد آنگاه شمار تصادفات متوسط
قانون چهارم: اگر حجم متوسط و سرعت کم آنگاه شمار تصادفات کم
قانون پنجم: اگر حجم متوسط و سرعت متوسط آنگاه شمار تصادفات متوسط
قانون ششم: اگر حجم متوسط و سرعت زیاد آنگاه شمار تصادفات زیاد
قانون هفتم: اگر حجم زیاد و سرعت کم آنگاه شمار تصادفات متوسط
قانون هشتم: اگر حجم زیاد و سرعت متوسط آنگاه شمار تصادفات زیاد
قانون نهم: اگر حجم خیلی زیاد و سرعت کم آنگاه شمار تصادفات متوسط

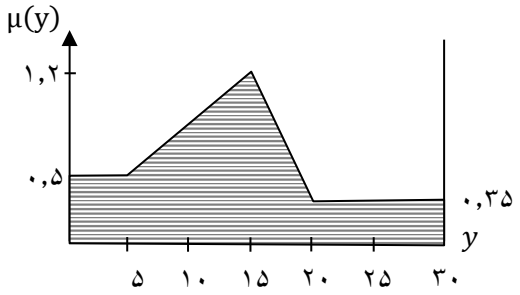
۴-۲ ترکیب و جمع کردن

پس از فازی کردن متغیرهای ورودی و خروجی و تولید قوانین بر مبنای داده های گردآمده و یافته های پیشین، به ترکیب نمودارها می پردازیم. برای ترکیب نمودارها به قوانین رو می آوریم و برای هر ترکیب حجم و سرعتی که با هم سازگار باشد این ترکیب را انجام می دهیم. برای نمونه اگر حجم ۲۰۰۰pc/h و سرعت ۴۰ km/h باشد، با توجه به نمودارهای شکل (۱) حجم متوسط و زیاد و سرعت کم و متوسط است از این رو با قانون های چهارم، پنجم، هفتم و هشتم سروکار داریم. این ترکیب مانند شکل زیر انجام می شود:



شکل(٤) ترکیب نمودارها

چنانکه از شکل پیداست برای نمونه حجم ۲۰۰۰ pc/h و سرعت ۴۰ km/h، برای هر چهار قانون نمودارهای حجم و سرعت با هم به گونه ای ترکیب شده و در نمودار شمار تصادفات ظاهر می شود که سطح شطرنجی، سطح زیر نمودار برای کمترین مقدار درجه عضویت حجم یا سرعت است. اکنون با جمع کردن ۴ سطح زیر نمودار حاصل، به نمودار زیر می رسیم:



شکل(۵) نمودار مجموع

۵-۲ فازی زدایی

گام بعدی، فازی زدایی برای بدست آوردن خروجی روشن از خروجی فازی جمع شده است. برای این کار از روش مرکز سطح استفاده می شود. در این روش از خروجی فازی که همان نمودار مجموع است مرکز سطح گرفته می شود. این مرکز سطح، همان خروجی روشن (مقدار معین شمار تصادفات) است که به ازای ورودی حجم و سرعت pc/h ۲۰۰۰ و km/h ۴۰ بدست می آید. این مرکز سطح از بستگی زیر بدست می آید:

$$\overline{y} = \frac{\int y.\,\mu(y)\,dy}{\int \mu(y)\,dy} \qquad (۱)$$

که در آن y خروجی فازی، $\mu(y)$ درجه عضویت y و $\overline{y}$ خروجی روشن است. با همین روند می توان برای همه مقادیر حجم و سرعت، شمار تصادفات را پیش بینی کرد. برای انجام محاسبات از نرم افزار MATLAB، بسته منطق فازی استفاده می شود.

۳. گردآوری داده ها

برای مدل سازی تصادفات بزرگراه های درون شهری از داده های تصادفات بزرگراه های شهر مشهد در فاصله سال های ۹۷ تا ۹۹ استفاده شده است. این اطلاعات توسط سازمان حمل و نقل و ترافیک مشهد به کمک GIS و با استفاده از گزارشات پلیس گردآوری شده است. آمار تصادفات در دو گروه با زیان مالی(خسارتی) و زیان جانی (جرحی و فوتی) گردآوری شده است. متغیرهای ناوابسته مدل ها شامل متغیرهای مربوط به جریان ترافیک شامل حجم خودروهای سواری، غیرسواری سبک و سنگین و سرعت و متغیرهای مربوط به طرح هندسی راه شامل شمارخطوط، شمار قوس های افقی و شمار راههای دسترسی می شود. آمار تصادفات و متغیرهای ناوابسته مدل ها برای ۱۵۶ بخش بزرگراه های درون شهری مشهد در ۴۶۸ زیر بخش گردآوری شده است. گفتنی است داده های مربوط به شمار تصادفات و حجم ترافیک برای هر زیر بخش در ۳ سال میانگین گیری شده است. شمار کل تصادفات مالی، جرحی و فوتی رخ داده در بزرگراه های درون شهری مشهد در فاصله سال های ۹۷ تا ۹۹ به ترتیب ۱۰۰۲۵ ، ۱۱۳۳ و ۱۸۷ می باشد. خلاصه آمار تصادفات و متغیرهای ناوابسته در جدول ۱ آمده است.

جدول۱- خلاصه آمار تصادفات و متغیرهای ناوابسته

متغیر	Mean	S.D.	Min	Max
متغیر های وابسته				
شمار تصادفات با زیان مالی	۷/۱٤	۷/۵۸	۰	۸۰
شمار تصادفات با زیان جانی	۰/۹٤	۱/۱۸	۰	۱۲
ویژگی های جریان ترافیک				
حجم خودروهای سواری	۱۰٦۵	۸۲۳	۳۳	٤۵۹۳
حجم خودروهای سنگین	۵۷۲	٤۳۳	۲۹	۲٤۲۵
حجم خودروهای غیرسواری سبک	۵٦۲	٤۲۷	٤۲	۲۲۲۵
سرعت	٦۲/۱	۱۹/۵	۵	۱۰۰
ویژگی های طرح هندسی				

شمار خطوط	۳/۳۱٤	۰/۵۸۷	۲	۵
شمار قوس های افقی	۰/۵٦٤	۰/۷۱۸	۰	٤
شمار راه های دسترسی	۱/۰۱۹	۱/٤٤۵	۰	۸

سازمان هر چند سال یکبار یک طرح جامع آمارگیری حمل و نقل و ترافیک در آبان ماه انجام می دهد و در آن حجم عبوری انواع خودروها از بخش عمده ای از راه های شهری در ساعت های شبانه روز را بدست می آورد. در آبان ماه وضعیت ترافیک مشهد عادی است و اساساً مدل هایی که در این پژوهش ساخته شده اند تغییرات فصلی ترافیک را در نظر نمی گیرند، زیرا آمار مربوط به حجم ترافیک در فصل های مختلف سال در دسترس نبود و داده های حجم ترافیک به ساعت های مختلف شبانه روز مربوط می شود. از روی این آمارها می توان به ترکیب ترافیک و درصد انواع خودروها پی برد. سازمان همچنین هر سال حجم کل ترافیک در بخش های مختلف راهها بویژه بزرگراهها در ساعات اوج ترافیک را برآورد می کند، از روی این حجم کل معادل و با داشتن ضریب همسنگ انواع خودروها و در صد هر یک در ترکیب ترافیک در ساعت های مختلف شبانه روز و نسبت حجم کل ترافیک در ساعتهای غیراوج به ساعت اوج می توان حجم هر یک را در ساعت اوج و ساعت نماینده غیراوج در روز و در شب بدست آورد و از روی آن حجم خودروهای سواری و حجم معادل خودروهای غیر سواری سبک و سنگین در ساعت اوج و ساعت های غیراوج در روز و در شب بدست خواهد آمد، این محاسبات توسط برنامه Excel انجام شده است. ضریب همسنگ سواری انواع خودروها در جدول ۲ آمده است [۱۶]:

جدول۲. ضریب همسنگ سواری انواع خودروها

سواری	تاکسی	وانت	مینی بوس	اتوبوس غیرواحد	اتوبوس واحد	موتورودوچرخه	وسایل سنگین
۱	۲	۱	۲	۲/۵	۵	۰/۵	۲/۵

حجم کل (معادل سواری) از بستگی زیر بدست می آید:

$$V_{te} = e_1 N_1 + ... + e_n N_n \quad (۲)$$

که در آن V_{te}، حجم معادل سواری و e_i و N_i به ترتیب ضریب همسنگ و شمار خودروهای نوع i می باشد.

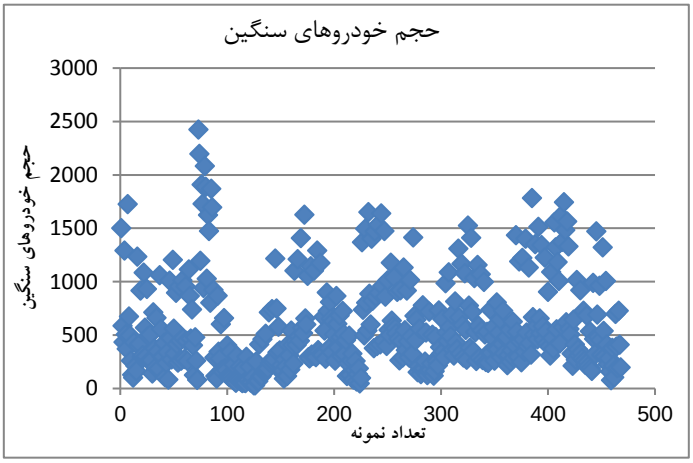
داده های سرعت در بخش های مختلف بزرگراه ها برای ساعات اوج همراه با داده های حجم توسط سازمان ترافیک و برای ساعات غیراوج روز و شب با حرکت در جریان ترافیک در ساعات موردنظر گردآوری شده است. اطلاعات مربوط به شمار خطوط، راه های دسترسی و قوس های افقی در بخش های مختلف بزرگراه های درون شهری از روی نقشه مسیر بزرگراه ها گرد آمده است.

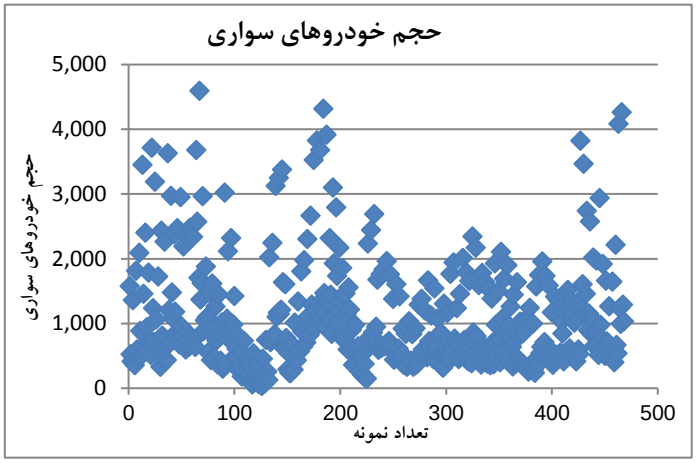
۴. ساخت مدل منطق فازی

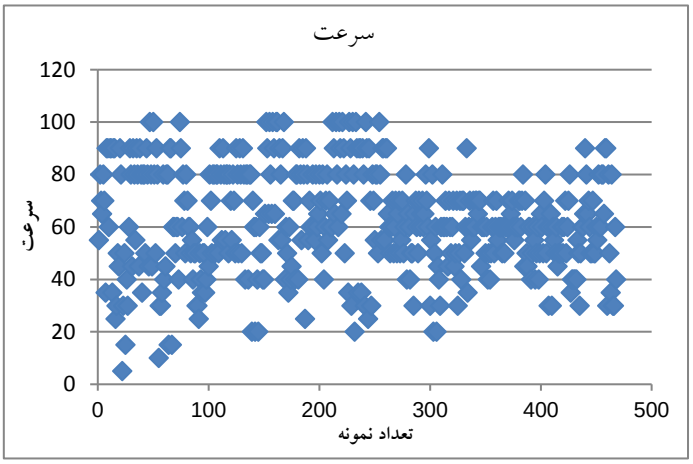
در این بخش از روی آمار گرد آمده تصادفات و اطلاعات مربوط به متغیرهای ناوابسته، مدل های برپایه منطق فازی برای تصادفات با زیان مالی و تصادفات با زیان جانی ساخته می شود. ساخت مدل منطق فازی فرآیندی چهار مرحله ای شامل فازی سازی متغیرهای ورودی (ناوابسته) و خروجی (وابسته)، تولید قوانین، ترکیب و جمع کردن نمودارها و فازی زدایی است.

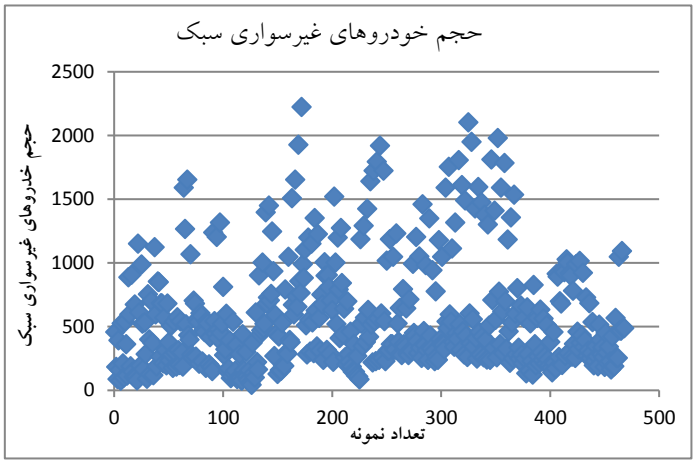
۴-۱ فرآیند فازی سازی متغیرها و تولید قانون ها

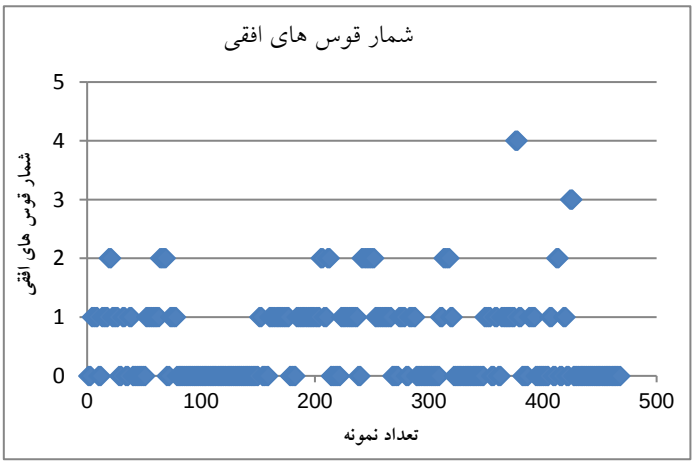
فازی سازی به دو مرحله نیاز دارد؛ بدست آوردن توابع عضویت برای متغیرهای ورودی و خروجی و نمایش زبانی این توابع. انواع مختلف توابع عضویت را برای فازی سازی می توان بکار گرفت مانند مثلثی، ذوزنقه ای، زنگی شکل، گاما و S مانند. شکل موج های مثلثی یا ذوزنقه ای را می توان برای سامانه هایی بکار زد که تغییرات زیاد داده دارند مانند مدل سازی تصادفات. آمار تصادفات و متغیرهای ناوابسته مدل ها برای ۱۵۶ بخش بزرگراه های درون شهری مشهد در ۴۶۸ زیر بخش گردآوری شده است. متغیرهای ورودی شامل حجم خودروهای سواری، خودروهای سنگین، خودروهای غیرسواری سبک، سرعت، شمار خطوط، قوس های افقی و راه های دسترسی می باشد. نمودارهای پراکندگی متغیرهای ورودی و خروجی به ترتیب در شکل های (۶) و (۷) آمده است.

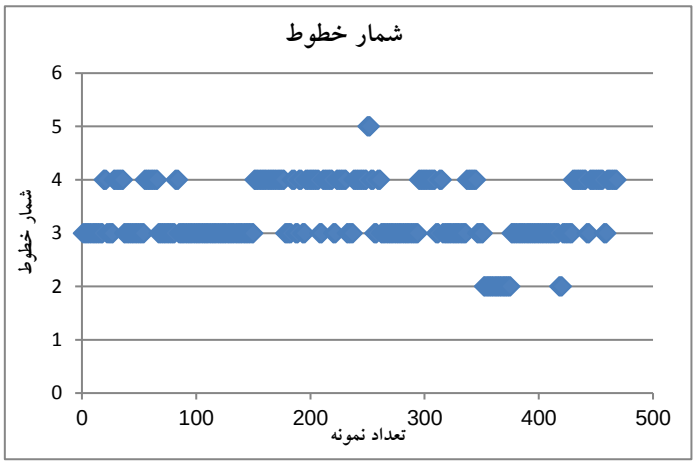

حجم خودروهای سنگین
حجم خودروهای سنگین
تعداد نمونه

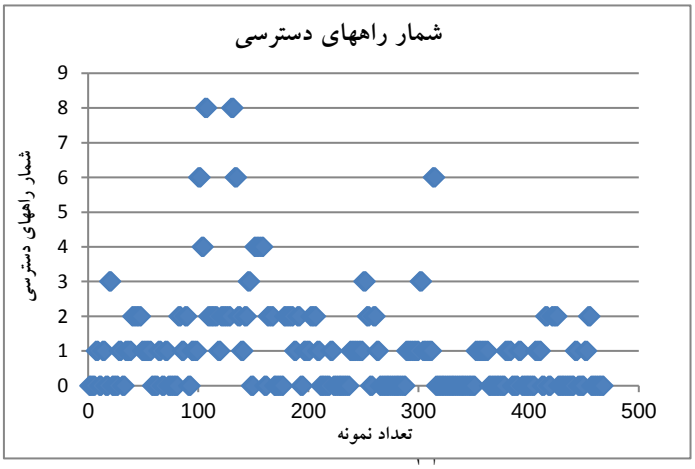

حجم خودروهای سواری
حجم خودروهای سواری
تعداد نمونه


سرعت
سرعت
تعداد نمونه

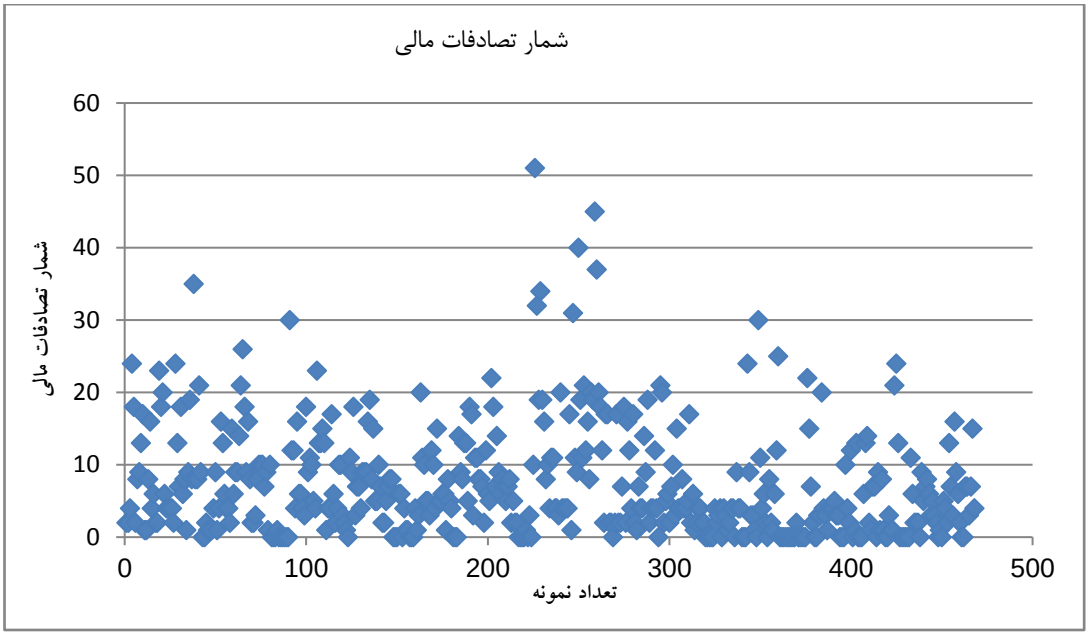

حجم خودروهای غیرسواری سبک
حجم خدروهای غیرسواری سبک
تعداد نمونه

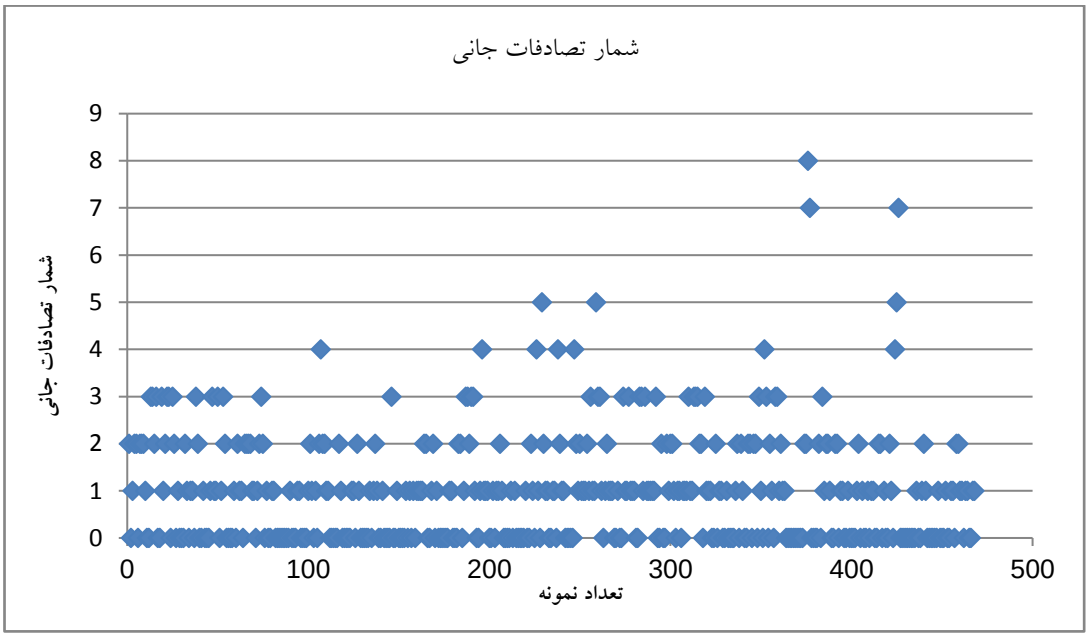

شمار قوس های افقی
شمار قوس های افقی
تعداد نمونه


شمار خطوط
شمار خطوط
تعداد نمونه


شمار راههای دسترسی
شمار راههای دسترسی
تعداد نمونه

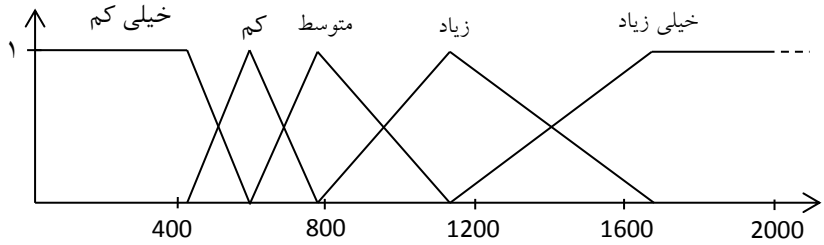
شکل(۶) نمودارهای پراکندگی متغیرهای ورودی مدل های منطق فازی





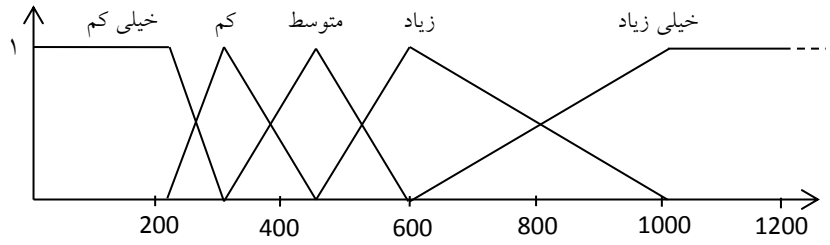
شکل(۷) نمودارهای پراکندگی متغیرهای خروجی مدل های منطق فازی

با توجه به نمودار پراکندگی حجم خودروهای سواری، برای فازی سازی از ششک های P17، P33، P50، P67 وP83 برابر به ترتیب ۴۱۷، ۵۸۵، ۷۹۲، ۱۱۵۵ و ۱۷۰۲ استفاده میشود و ۵ زیرمجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر حجم خودروهای سواری مانند نمودار زیر خواهد بود.



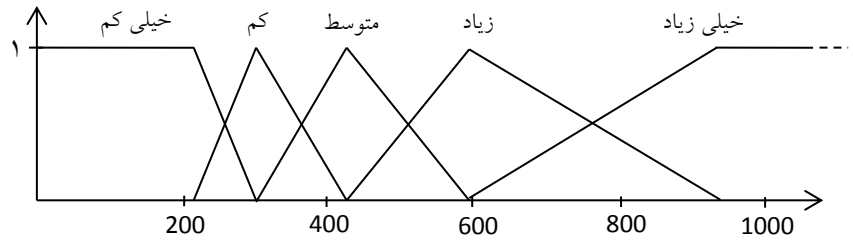
شکل(۸) فازی سازی متغیر حجم خودروهای سواری

با توجه به نمودار پراکندگی حجم خودروهای سنگین، برای فازی سازی از شش های P17، P33، P50، P67 وP83 برابر به ترتیب ۲۱۳، ۳۱۱، ۴۴۴، ۵۹۷ و ۱۰۰۳ استفاده می شود و ۵ زیرمجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر حجم خودروهای سنگین مانند نمودار زیر خواهد بود.



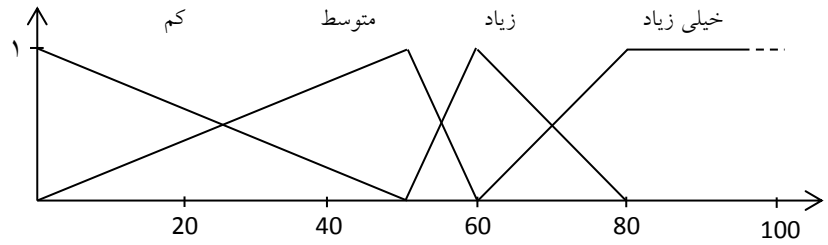
شکل(۹) فازی سازی متغیر حجم خودروهای سنگین

با توجه به نمودار پراکندگی حجم خودروهای سبک، برای فازی سازی از ششک های P17، P33، P50، P67 وP83 برابر به ترتیب ۲۱۵، ۲۹۷، ۴۲۷، ۵۹۵ و ۹۴۰ ستفاده می شود و ۵ زیرمجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر حجم خودروهای غیر سواری سبک مانند نمودار زیر خواهد بود.



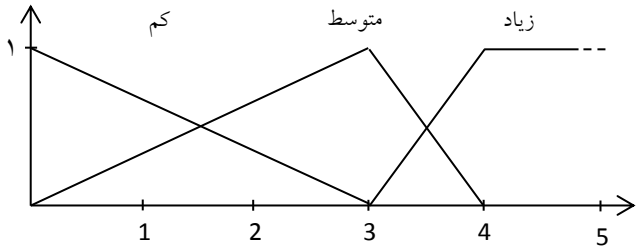
شکل(۱۰) فازی سازی متغیر حجم خودروهای سبک

در نمودار پراکندگی سرعت، برای فازی سازی از چارک های P25 ، P50 و P75 برابر ۵۰، ۶۰ و ۸۰ ستفاده و ۴ زیرمجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر سرعت مانند نمودار زیر خواهد بود.



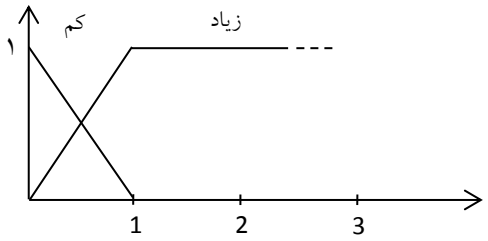
شکل(۱۱) فازی سازی متغیر سرعت

در نمودار پراکندگی شمار خطوط، از سه اک های P33 و P67 برابر ۳ و ۴ استفاده و ۳ زیرمجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر شمار خطوط مانند نمودار زیر است.



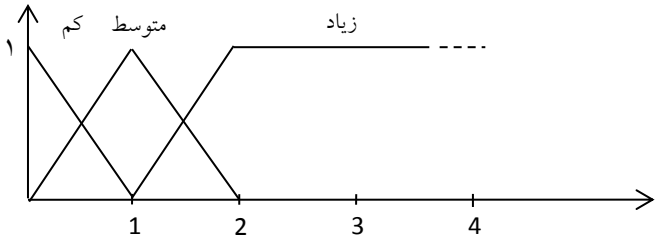
شکل(۱۲) فازی سازی متغیر شمار خطوط

برای شمار قوس های افقی از سه اک های P33 و P67 برابر ۰ و ۱ استفاده می شود اما ۲ زیر مجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر شمار قوس های افقی مانند نمودار زیر است.



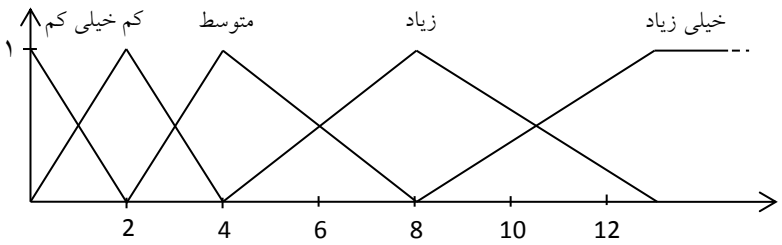
شکل(۱۳) فازی سازی متغیر شمار قوس های افقی

برای شمار راههای دسترسی از چارک های P25 ، P50 و P75 برابر ۰، ۱ و ۲ استفاده و ۳ زیر مجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر شمار راههای دسترسی مانند نمودار زیر است.



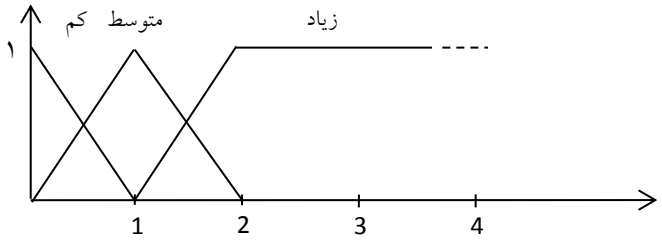
شکل ۱٤) فازی ، ِی متغیر شمار راه های سترسی

با توجه به نمودار پراکندگی شمار تصادفات مالی، برای فازی سازی از ششک های P17، P33، P50، P67 و P83 برابر به ترتیب ۰،۲ ، ۴ ، ۸ و۱۳ استفاده می شود و ۵ زیرمجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر خروجی شمار تصادفات مالی مانند نمودار زیر خواهد بود.



شکل(۱۵) فازی سازی متغیر شمار تصادفات مالی

برای شمار ت صادفات جانی از چارک های P25 ، P50 و P75 برابر ۰، ۱ و ۲ ا ستفاده و ۳ زیر مجموعه فازی تعریف می شود. فازی شده متغیر خروجی شمار تصادفات جانی مانند نمودار خواهد بود.



شکل(۱۶) فازی سازی متغیر شمار تصادفات جانی

پس از فازی سازی متغیرهای ورودی و خروجی، نوبت به تولید قانون می ر سد. چندین روش برای تولید قانون ه ست. در پژوهش پیش رو از روش تولید قانون مامدانی استفاده شده است. در این روش برای پژوهش پیش رو،

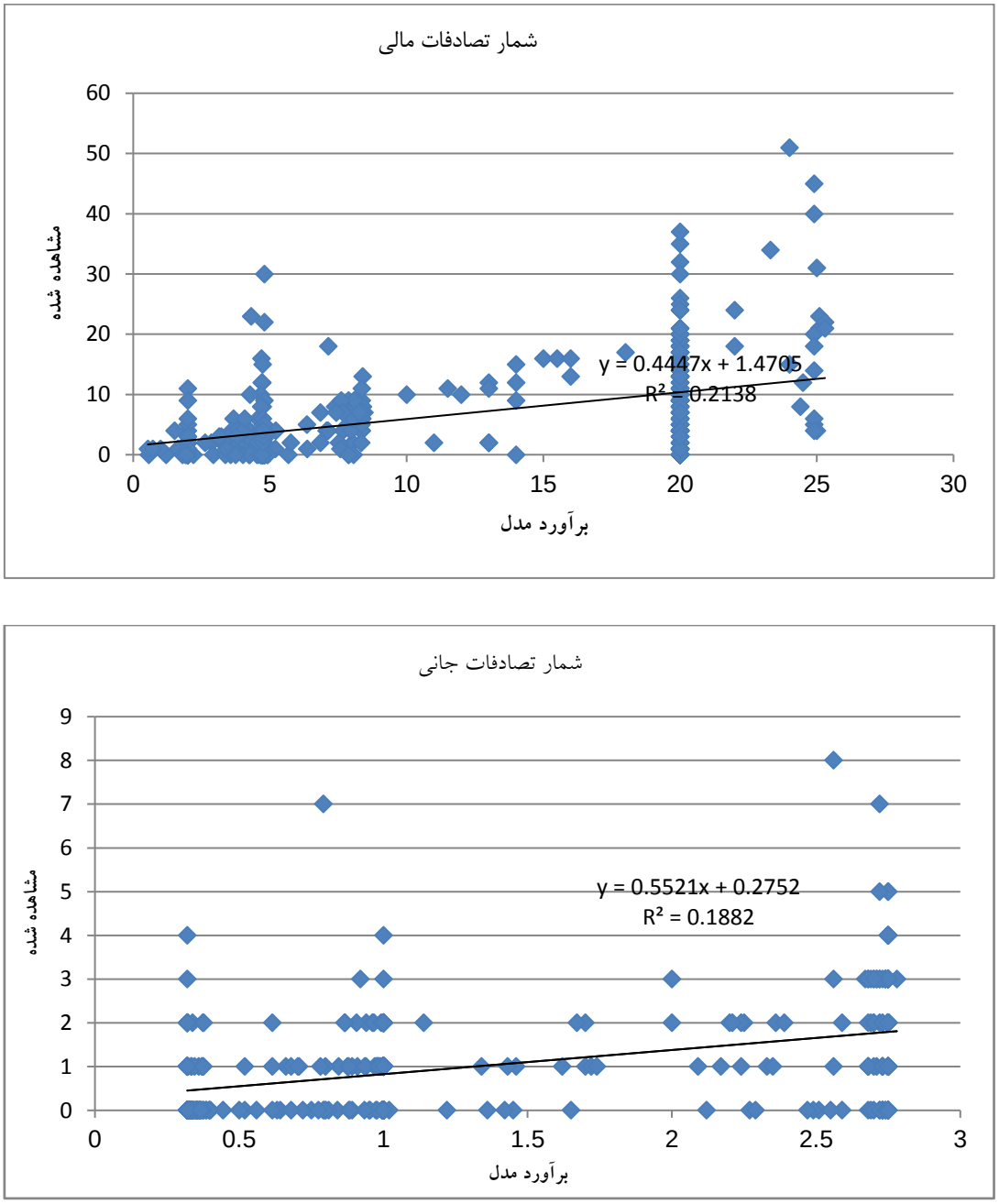
۷ متغیر ورودی شامل حجم خودروهای سواری، سنگین و غیر سواری سبک با ۵ زیر مجموعه فازی، سرعت ۴، شمار خطوط ۳، شمار قوس های افقی۲ و شمار راههای د ستر سی با ۳ زیر مجموعه فازی داریم، بنابراین ۳×۲×۳×۴×۵×۵×۵ برابر۹۰۰۰ قانون می توان تولید نمود. با در نظرگرفتن متغیرهای خروجی با ۵ و ۳ زیر مجموعه فازی به ترتیب برای شمار تصادفات مالی و جانی، برخی قوانین را می توان در هم ادغام نمود و شمار قوانین را کاهش داد همچنین باید از قوانین ناسازگار چشم پوشی کرد. برای تولید قانون ها از تجربیات و نتایج دو پژوهش گذشته استفاده شده است [۱]. بر پایه این نتایج ۶ متغیر شامل همه متغیرها بجز حجم خودروهای سنگین روی شمار ت صادفات مالی و تنها ۳ متغیر حجم خودروهای سبک، شمار قوس های افقی و راههای د ستر سی در رخداد تصادفات جانی اثر گذارند. بدین ترتیب در ابتدای کار، ۳×۲×۳×۴×۵×۵ برابر ۱۸۰۰ قانون برای برآورد شمار تصادفات مالی و ۲×۳×۵ برابر ۳۰ قانون برای شمار تصادفات جانی در د ست ا ست. منظور از قوانین ناسازگار ترکیب سرعت زیاد با حجم های زیاد، شمار قوس ها یا راه های د ستر سی زیاد ا ست در واقع در حجم های زیاد، شمار قوس های افقی یا راه های د ستر سی زیاد، سرعت کم ا ست. برای در نظر گرفتن این مو ضوع در تولید قوانین برای برآورد شمار ت صادفات مالی، سرعت های کم و متو سط با همه حجم ها، شمار قوس ها و راههای د ستر سی سازگار ا ست، سرعت زیاد با حجم های خیلی کم، کم و متو سط، شمار قوس های افقی کم و راههای د ستر سی کم و متو سط و سرعت خیلی زیاد با حجم های خیلی کم و کم، شمار قوس های افقی و راه های د ستر سی کم سازگار ا ست. بنابراین ۹۶۶ قانون مطابق زیر برای برآورد شمار تصادفات مالی پیش از ادغام قوانین خواهیم داشت:

$$5 \times 5 \times 2 \times 3 \times 2 \times 3 + 3 \times 3 \times 1 \times 3 \times 1 \times 2 + 2 \times 2 \times 1 \times 3 \times 1 \times 1 = 966$$

پس از ادغام، ۴۷۰ قانون برای برآورد شمار ت صادفات مالی و ۱۵ قانون برای برآورد شمار ت صادفات جانی تولید و در برنامه MATLAB تعریف می شود. برای تعریف قوانین در برنامه MATLAB از منطق استنتاجی If-Then استفاده می شود که مطابق ترکیب های اشاره شده متغیرهای ورودی، If ها مشخص اند، برای تعیین Then ها یعنی انتخاب زیرمجموعه های فازی مناسب متغیرهای خروجی که همان شمار تصادفات مالی و جانی اند، اثر هریک از متغیرهای ورودی در تعیین زیر مجموعه ها یکسان فرض شده ا ست، پس با برآیند گیری مناسب از زیر مجموعه های فازی متغیرهای ورودی (واژگان زبانی) می توان واژه زبانی منا سب برای متغیرهای خروجی را تعیین نمود. نحوه ادغام قوانین در برنامه MATLAB نیز پس از ثبت قوانین سازگار اولیه در برنامه، مشخص می شود. برای نمونه وقتی برای شمار راههای د ستر سی کم، متو سط و زیاد با متغیرهای دیگر مشابه، شمار تصادفات مالی کم است، با بی اثر کردن این متغیر در برنامه، سه قانون در هم ادغام می شوند. برای حالتی که شمار راههای دسترسی کم و متوسط، شمار تصادفات کم و شمار راههای دسترسی زیاد شمار تصادفات متوسط را بدست می دهد، دو قانون اول با استفاده از گزینه شمار راه های دسترسی نه زیاد، در هم قابل ادغام اند.

٤- ۲ جمع کردن و فازی زدایی

پس از فازی کردن متغیرهای ورودی و خروجی و تولید قوانین، به ترکیب نمودارها می پردازیم. برای جمع کردن نمودارها به قوانین رو می آوریم و با توجه به قوانین و روشی که پیش تر در بخش۲ توضیح داده شد این ترکیب را انجام می دهیم. پس از ترکیب و جمع کردن نمودارها، مرحله بعد فازی زدایی ا ست. در فازی زدایی، برای هر ترکیب متغیرهای ورودی و نمودار مجموع حا صل، با ا ستفاده از روش مرکز سطح مقدار خروجی رو شن که همان مقدار معین شمار تصادفات مالی یا جانی است بدست می آید. این مقدار، مرکز سطح محاسبه شده نیز هست. این مرکز سطح از بستگی (۱) بد ست می آید. برای ترکیب نمودارها و فازی زدایی، از نرم افزارMATLAB ، بسته منطق فازی ا ستفاده شده ا ست. بدین ترتیب برای هر مجموعه داده ورودی، یک مقدار معین شمار تصادفات مالی و جانی توسط مدل های منطق فازی برآورد می شود. برای مقایسه مقدارهای برآورد شده مدل ها با داده های گردآمده شمار تصادفات، نمودارهای شکل (۱۷) فراهم آمده است.



شکل(۱۷) مقایسه شمار برآورد شده مدل های فازی با شمار مشاهده شده تصادفات مالی و جانی

۵. نتایج

در پژوهشی که انجام شد و روش و مراحل انجام آن از نظر گذشت دو مدل بر مبنای منطق فازی برای پیش بینی شمار تصادفات مالی و جانی در بزرگراه های درون شهری ارائه گردید. برای ارزیابی کارایی و دقت مدل ها به مقایسه شمار برآورد شده تصادفات توسط مدل ها با شمار مشاهده شده مطابق با نمودارهای شکل (۱۷) می پردازیم و از مقدار ضریب همبستگی R^2 استفاده می کنیم. با توجه به نمودارها و مقدار R^2، مدل ارائه شده بر مبنای منطق فازی برای پیش بینی شمار تصادفات مالی نسبتاً مناسب است. اما مدل برای پیش بینی شمار تصادفات جانی چندان مناسب نیست، هرچند از آن می توان برای برآورد ریسک رخداد تصادفات جانی استفاده نمود. برای این منظور، از چندک ها بهره می گیریم یعنی اگر شمار تصادفات جانی برآورد شده کمتر از P25 = 0.35 با شد می توان گفت آن بخش از راه در دوره زمانی مورد نظر با ویژگی های ورودی مدل، ایمن ا ست. در

همین حال برای شمار تصادفات بین P25 = 0.35 و P50 = 1 ریسک رخداد تصادف جانی در آن بخش کم، بین P50 = 1 و P75 = 2.3 ریسک رخداد تصادف جانی متوسط و برای شمار تصادفات جانی برآورد شده بیش از P75 = 2.3 ریسک رخداد تصادف جانی در آن بخش از راه زیاد خواهد بود.

همان گونه که پیش تر هم اشاره شد در تولید قوانین از نتایج دو پژوهش گذشته پژوهشگر روی تصادفات بزرگراه های درون شهری استفاده گردید. در پژوهش نخ ست در بر رسی نقش حجم ترافیک در رخداد ت صادفات بزرگراه های درون شهری، رو شن شد که حجم خودروهای سواری و غیر سواری سبک نقش مؤثری در رخداد تصادفات مالی دارند اما حجم خودروهای سنگین نقشی ندارند. همچنین حجم خودروهای غیر سواری سبک نقش افزاینده ای در احتمال رخداد تصادفات جانی دارند اما حجم خودروهای سواری و سنگین نقشی ندارند [۱]. در پژوهش دوم برای بررسی کاربرد مدل های رگرسیون پرصفر در مدل سازی تصادفات بزرگراه های درون شهری، مشخص شد با وجود و افزایش شمار راه های دسترسی و قوس های افقی، شمار ت صادفات مالی و جانی افزایش می یابد. با افزایش شمار خطوط، احتمال رخداد ت صادفات با زیان مالی افزایش می یابد؛ در حالی که همین شمار خطوط، اثر چندانی روی احتمال رخداد تصادفات با زیان جانی ندارد. عامل سرعت نقشی مؤثر در رخداد تصادفات با زیان مالی ایفا می کند بطوری که با افزایش سرعت احتمال رخداد تصادفات با زیان مالی بالا می رود اما نقش چندانی در رخداد تصادفات با زیان جانی ندارد. از آنجا که مدل ارائه شده بر مبنای منطق فازی برای پیش بینی شمار تصادفات مالی، با توجه به مقدار $R^2 = 0.2066$ نسبتاً مناسب است می توان نتایج پژوهش های یاد شده در مورد ت صادفات مالی را تأیید نمود زیرا همان گونه که جلوتر ا شاره گردید مدل ارائه شده بر پایه قوانینی ا ست که از روی نتایج آن پژوهش ها تولید شده اند. با همین منطق می توان نتایج دو پژوهش انجام شده در مورد تصادفات جانی را نیز تأیید نمود زیرا هر چند مدل ارائه شده بر مبنای منطق فازی برای پیش بینی شمار تصادفات جانی، با توجه به مقدار $R^2 = 0.1882$ چندان مناسب نیست اما همان گونه که پیش تر گفته شد برای برآورد ریسک رخداد تصادفات جانی می توان از آن بهره گرفت.

پژوهش انجام شده، کارایی منطق فازی در مدل سازی تصادفات بزرگراه های درون شهری را تا حدودی نشان می دهد؛ هم برای پیش بینی شمار تصادفات و برآورد ریسک رخداد تصادفات در بخش های مختلف راهها و هم بررسی نقش عوامل مؤثر در رخداد تصادفات از مجرای تولید قوانینی که مبنای مدل های منطق فازی اند.

۶. مراجع

[1] Ayati, E., Abbasi, E. (2011) "Investigation on the role of traffic volume in accidents on urban highways", Safety research 42, 209-214.

[2] Lord, D., Guikema, S.D., Geedipally, S.R. (2008) "Application of the Conway-Maxwell-Poisson generalized linear model for analyzing motor vehicle crashes", Accident Analysis and Prevention 40(3), 1123-1134.

[3] Lord, D., Park, Y.-J. (2008) "Investigating the effects of the fixed and varying dispersion parameters of Poisson-gamma models on empirical Bayes estimates", Accident Analysis and Prevention 40(4), 1441-1457.

[4] Cafiso, S., Graziano, A.D., Silvestro, G.D., Cava, G.L., and Persaud, B. (2010) "Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables", Accident Analysis and Prevention 42, 1072-1079.

[5] EI-Basyouny, K., and Sayed, T. (2009) "Accident prediction models with random corridor Parameters", Accident Analysis and Prevention 41, 1118-1123.

[6] Ozbay, K., and Noyan, N. (2006) "Estimation of incident clearance times using Bayes Network Approach", Accident Analysis and Prevention 38, 542-555.

[7] Chang, L.-Y. (2005) "Analysis of freeway accident frequencies: Negative binomial regression versus artificial neural network", Safety Science 43, 541–557.

[8] Delen, D., Sharada, R., and Bessonov, M. (2006) "Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks", Accident Analysis and Prevention 38, 434-444.

[9] Meng, X.H., Zheng, L., and Qing, G.M. (2009) "Traffic accidents prediction and prominent influencing factors analysis based on fuzzy logic", Journal of Transportation Systems and Information Technology 9(2), 87-92.

[10] De Brabander, B., E. Nuyts and L. Vereeck. 2005. Road safety effects of roundabouts in Flanders. Journal of Safety Research 36(3): 289-296.

[11] Quek, C., M.Pasquier, and B.Lim. 2009. A novel self-organizing fuzzy rule-based system for modelling traffic flow behaviour. Expert Systems with Applications.

[12] Zheng, L., and Meng, X. (2011) "An approach to predict road accident frequencies: Application of Fuzzy Neural Network", 3rd International Conference on Road Safety and Simulation, September 14-16, 2011, Indianapolis, USA.

[۱۳] خانزادي، مصطفي؛ افندي زاده، شهريار و ابريشم چي، ايمان (۱۳۹۰) "برآورد تأخير در ساخت پروژه هاي راهسازي بر اثر شرايط آب و هوايي با تحليل فازي- احتمالاتي"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال هشتم، شماره ۳، ص. ۲۲۴-۲۱۱.

[14] Konstandinidoua, M., Nivolianitoub, Z., Kiranoudisa, C., and Markatosa, N. (2006) "A fuzzy modeling application of CREAM methodology for human reliability analysis", Reliability Engineering and System Safety 91, 706–716.

[15] Zadeh, L.A. (1989) "Knowledge representation in fuzzy logic", IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering 1, 89-100.

[۱۶] دفتر مطالعات جامع حمل و نقل؛ هفتمين آمارنامه حمل و نقل شهر مشهد؛ سازمان حمل و نقل و ترافيك مشهد، ۱۳۹۰.