

الحمد لله رب العالمين



دانشکده مهندسی عمران
پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری

مدلسازی تصمیم گیری توقف - عبور رانندگان در تقاطع های چراغ دار

نگارنده : محمدعلی حقیقت

استاد راهنما
دکتر عبدالاحد چوپانی

استاد مشاور
مهندس فرشید افشار

بهمن ۱۳۹۹

شماره: ۴۰۰/۴۸۳/ع=۲
تاریخ: ۱۴۰۰/۳/۲

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد علی حقیقت با شماره دانشجویی ۹۶۳۳۷۸۴ رشته عمران گرایش راه و ترابری تحت عنوان مدل سازی تصمیم گیری توقف- عبور رانندگان در تقاطع های چراغ دار که در تاریخ ۹۹/۱۱/۲۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

- الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☐ (ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹-۱۸ ☒
ج) درجه خوب: نمره ۱۷/۹۹-۱۶ ☐ (د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴ ☐
ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد اهنمای اول	دکتر عبدالاحد چوپانی	استادیار	
۲- استاد اهنمای دوم			
۳- استاد مشاور	مهندس فرشید افشار		
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سید علی حسینی	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر ایمان آقاییان	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر حسین قاسم زاده مهرانی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:
نیمه: هر صورتی که کسی مرود شود حداکثر یکبار دیگر در هیأت مجاز تحصیل می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود)

۷

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شماره: ۳۸۷/۴۵۸۷/ع
چیت بررسی و اقدام لازم: مدیر تحصیلات تکمیلی

تقدیم به

پدر و مادر عزیز و مهربانم

که در سختی ها و دشواری های زندگی همواره یاور می دلسوز و فداکار

و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده اند

و همسر نازنینم

که به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش

و آسایش

برای من فراهم آورده است.

مشکو و قدردانی

از استاد کرامی جناب آقای دکتر عبدالاحد چوپانی بسیار سپاسگزارم چرا که بدون راهنمایی های ایشان انجام این پژوهش بسیار مشکل می نمود.

همچنین جادارد از مهندس فرشید افشار به دلیل یاری ها و راهنمایی های بی چشمداشت ایشان که بسیاری از سختی ها را بر ایمن آسان تر نمودند مشکرم نمایم.

تعمدنامه

این جانب **محمدعلی حقیقت** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران (راه و ترابری) دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه «مدلسازی تصمیم گیری توقف-عبور رانندگان در تقاطع های چراغ دار» تحت راهنمایی دکتر عبدالاحد چوپانی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط این جانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

تقاطعات چراغ‌دار با وجود اینکه بخش کوچکی از شبکه راه‌ها را تشکیل می‌دهند، اما از نقاط حادثه‌خیز محسوب می‌شوند. رانندگان در تقاطعات زمان‌بندی شده وقتی در زمان شروع چراغ زرد و در فاصله‌ای که به آن ناحیه تردید می‌گویند، به تقاطع نزدیک می‌شوند معمولاً دارای دو انتخاب هستند، یا به حرکت خود ادامه می‌دهند و از تقاطع عبور می‌کنند و یا پشت خطوط عابرپیاده توقف می‌کنند. از میان رانندگانی که قصد عبور از تقاطع را دارند، تعدادی تقاطع را تخلیه می‌کنند ولی تعداد دیگر موفق نمی‌شوند که این امر باعث اختلال در رفت و آمد سایر وسایل نقلیه و یا حتی برخورد با آن‌ها می‌شود. همین مسئله سبب شده تا بررسی و مطالعه ناحیه تردید اهمیت ویژه‌ای بیابد. مدلسازی توقف و عبور رانندگان نقش مهمی در سیستم‌های پیشگیری از ناحیه تردید برای جلوگیری از گرفتار شدن رانندگان در ناحیه تردید دارد. در این پایان‌نامه به منظور مدلسازی توقف و عبور رانندگان با استفاده از داده‌های سه تقاطع در شهر سمنان، شش گروه مدل توسط دو نرم افزار SPSS و NLOGIT، بررسی شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که سرعت خودرو در لحظه شروع فاز زرد تأثیر منفی بر رفتار رانندگان دارد زیرا با افزایش سرعت، زمان لازم برای راننده در تصمیم‌گیری کاهش محسوسی پیدا می‌کند. همچنین مشخص شد که زمان تا خط توقف (TTS) شاخص بهتری در مقایسه با فاصله تا خط توقف (DTS) می‌باشد. از طرفی هرچه فاصله خودرو از تقاطع در هنگام چراغ زرد کمتر باشد تمایل عبور راننده از چراغ زرد افزایش می‌دهد. لازم به ذکر است که در پایان برای ارزیابی و مقایسه مدل‌ها به اعتبارسنجی آن‌ها پرداخته شده است که مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف با درصد برآورد درست ۹۹/۴۳٪ به عنوان بهترین مدل معرفی شده است.

کلید واژه: تصمیم‌گیری رانندگان، عبور از چراغ زرد، عبور از چراغ قرمز، ناحیه تردید، مدلسازی

فهرست مطالب

فصل ۱ : مقدمه.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۱-۲ تعریف مسأله و ضرورت انجام تحقیق.....	۳
۱-۳ فرضیات تحقیق.....	۴
۱-۴ محدودیت‌های تحقیق.....	۵
۱-۵ اهداف تحقیق.....	۵
۱-۶ نوآوری تحقیق.....	۵
۱-۷ ساختار تحقیق.....	۶
فصل ۲ : مبانی نظری و پیشینه تحقیق.....	۷
۲-۱ مقدمه.....	۸
۲-۱-۱ تقاطع.....	۸
۲-۱-۲ چراغ راهنمایی.....	۹
۲-۱-۳ ناحیه تردید.....	۱۱
۲-۱-۴ رفتار راننده و اثر آن بر تأخیر در تقاطعات چراغ‌دار.....	۱۲
۲-۲ مروری بر کارهای گذشته.....	۱۳
فصل ۳ : روش انجام پژوهش.....	۲۲
۳-۱ مقدمه.....	۲۳
۳-۲ ملاک‌های انتخاب تقاطع ایده‌آل.....	۲۳
۳-۳ معرفی تقاطعات آماربرداری شده.....	۲۳
۳-۴ برداشت داده‌های میدانی.....	۲۷
۳-۵ اطلاعات جمع‌آوری شده میدانی از خودروها.....	۲۷
۳-۶ نظریه انتخاب گسسته.....	۳۰
۳-۶-۱ مدل‌های مطلوبیت انتخاب گسسته.....	۳۱
۳-۶-۱-۱ مدل لوجیت چند جمله‌ای.....	۳۲
۳-۶-۱-۲ مدل لوجیت ترکیبی.....	۳۳
۳-۶-۱-۳ مدل لوجیت آشیانه‌ای.....	۳۶

۳۷	۳-۶-۲ مدل‌های رگرسیونی انتخاب گسسته
۳۸	۳-۶-۲-۱ رگرسیون لوجستیک
۳۸	۳-۶-۲-۲ مدل لوجیت رتبه‌ای
۴۰	۳-۶-۲-۳ مدل پروبیت
۴۱	۳-۷ ضوابط ارزیابی مدل‌ها
۴۱	۳-۷-۱ آماره p-value
۴۱	۳-۷-۲ آماره t
۴۲	۳-۷-۳ آزمون wald
۴۲	۳-۷-۴ نیکویی برازش
۴۵	۳-۷-۵ آزمون نسبت درست نمایی
۴۵	۳-۷-۶ نمودار ROC
۴۶	۳-۸ معرفی نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش
۴۶	۳-۸-۱ نرم افزار SPSS
۴۷	۳-۸-۲ نرم افزار NLOGIT

فصل ۴: نتایج..... ۵۰

۵۱	۴-۱ مقدمه
۵۱	۴-۲ معرفی متغیرهای موجود در مدلسازی
۵۲	۴-۳ آمار توصیفی
۵۳	۴-۴ تحلیل و بررسی نتایج حاصل از مدلسازی
۵۴	۴-۴-۱ نتایج لوجیت چندجمله‌ای
۵۶	۴-۴-۱-۱ ارزیابی مدل
۵۸	۴-۴-۲ نتایج مدل لوجیت آشیانه‌ای
۶۰	۴-۴-۲-۱ ارزیابی مدل
۶۱	۴-۴-۳ نتایج مدل لوجیت ترکیبی
۶۴	۴-۴-۳-۱ ارزیابی مدل
۶۵	۴-۴-۴ نتایج مدل رگرسیون لوجستیک
۶۶	۴-۴-۴-۱ نتایج مدلسازی رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف
۶۸	۴-۴-۴-۲ نتایج مدلسازی رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف
۷۱	۴-۴-۵ نتایج مدل لوجیت رتبه‌ای
۷۱	۴-۴-۵-۱ نتایج مدلسازی لوجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف
۷۳	۴-۴-۵-۲ نتایج مدلسازی لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

۷۵	۴-۴-۶ نتایج مدل پروبیت
۷۶	۴-۴-۶-۱ نتایج مدل سازی پروبیت براساس فاصله تا خط توقف
۷۷	۴-۴-۶-۲ نتایج مدل سازی پروبیت براساس زمان تا خط توقف
۷۹	۴-۵ اعتبار سنجی مدل ها
۸۰	۴-۵-۱ اعتبار سنجی مدل لوجیت چند جمله ای
۸۱	۴-۵-۲ اعتبار سنجی مدل لوجیت آشیانه ای
۸۲	۴-۵-۳ اعتبار سنجی مدل لوجیت ترکیبی
۸۲	۴-۵-۴ اعتبار سنجی مدل رگرسیون لوجستیک
۸۳	۴-۵-۵ اعتبار سنجی مدل لوجیت رتبه ای
۸۴	۴-۵-۶ اعتبار سنجی مدل پروبیت
۸۴	۴-۶ تحلیل و مقایسه مدل ها
۸۷	فصل ۵: نتیجه گیری
۸۸	۵-۱ مقدمه
۸۸	۵-۲ نتایج بدست آمده
۹۱	۵-۳ پیشنهاد جهت مطالعات آینده:
۹۳	پیوست ۱

فهرست جداول

جدول ۱-۲. خلاصه مطالعات مربوط به کارهای گذشته.....	۱۷
جدول ۱-۳. مشخصات فنی و ترافیکی تقاطع ها.....	۲۶
جدول ۱-۴. تعریف متغیرهای بکار برده شده.....	۵۱
جدول ۲-۴. آمار توصیفی.....	۵۲
جدول ۳-۴. توابع مطلوبیت مربوط به مدل لوجیت چندجمله‌ای.....	۵۴
جدول ۴-۴. نتایج پرداخت مدل لوجیت چند جمله ای.....	۵۴
جدول ۵-۴. شاخص‌های نیکویی برازش مدل لوجیت چند جمله ای.....	۵۷
جدول ۶-۴. درصد برآورد درست مدل لوجیت چندجمله‌ای.....	۵۷
جدول ۷-۴. توابع مطلوبیت مربوط به مدل لوجیت آشیانه‌ای.....	۵۹
جدول ۸-۴. نتایج پرداخت مدل لوجیت آشیانه‌ای.....	۵۹
جدول ۹-۴. شاخص‌های نیکویی برازش مدل لوجیت آشیانه‌ای.....	۶۱
جدول ۱۰-۴. درصد برآورد درست مدل لوجیت آشیانه‌ای.....	۶۱
جدول ۱۱-۴. توابع مطلوبیت مربوط به مدل لوجیت ترکیبی.....	۶۲
جدول ۱۲-۴. نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی.....	۶۲
جدول ۱۳-۴. شاخص‌های نیکویی برازش مدل لوجیت ترکیبی.....	۶۴
جدول ۱۴-۴. درصد برآورد درست مدل لوجیت ترکیبی.....	۶۵
جدول ۱۵-۴. مدل‌های ساخته شده با رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف.....	۶۶
جدول ۱۶-۴. نتایج پرداخت مدل رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف.....	۶۶
جدول ۱۷-۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف.....	۶۷
جدول ۱۸-۴. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف.....	۶۷
جدول ۱۹-۴. مدل‌های ساخته شده با رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف.....	۶۸
جدول ۲۰-۴. نتایج پرداخت مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف.....	۶۹
جدول ۲۱-۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف.....	۷۰
جدول ۲۲-۴. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف.....	۷۰
جدول ۲۳-۴. مدل‌های ساخته شده با لوجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف.....	۷۱
جدول ۲۴-۴. نتایج پرداخت مدل لوجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف.....	۷۲
جدول ۲۵-۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل لوجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف.....	۷۲

جدول ۴-۲۶	مدل‌های ساخته شده با لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف	۷۳
جدول ۴-۲۷	نتایج پرداخت مدل لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف	۷۴
جدول ۴-۲۸	آماره‌های نیکویی برازش مدل لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف	۷۵
جدول ۴-۲۹	مدل‌های ساخته شده با پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	۷۶
جدول ۴-۳۰	نتایج پرداخت مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	۷۶
جدول ۴-۳۱	آماره‌های نیکویی برازش مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	۷۷
جدول ۴-۳۲	مدل‌های ساخته شده با پروبیت براساس زمان تا خط توقف	۷۸
جدول ۴-۳۳	نتایج پرداخت مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف	۷۸
جدول ۴-۳۴	آماره‌های نیکویی برازش مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف	۷۸
جدول ۴-۳۵	درصد برآورد درست مدل لوجیت چند جمله ای	۸۱
جدول ۴-۳۶	درصد برآورد درست مدل لوجیت آشیانه‌ای	۸۱
جدول ۴-۳۷	درصد برآورد درست مدل لوجیت ترکیبی	۸۲
جدول ۴-۳۸	درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف	۸۲
جدول ۴-۳۹	درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف	۸۳
جدول ۴-۴۰	درصد برآورد درست مدل لوجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف	۸۳
جدول ۴-۴۱	درصد برآورد درست مدل لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف	۸۳
جدول ۴-۴۲	درصد برآورد درست مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	۸۴
جدول ۴-۴۳	درصد برآورد درست مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف	۸۴
جدول ۴-۴۴	مقایسه مدل‌های لوجیت چند جمله ای، آشیانه‌ای و ترکیبی	۸۵
جدول ۴-۴۵	مقایسه مدل‌های لوجستیک، رتبه‌ای و پروبیت	۸۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۲. تقاطع هوشمند	۹
شکل ۲-۲. حلقه القایی و شناساگر مغناطیسی	۹
شکل ۲-۳. ناحیه تردید نوع یک و نوع دو	۱۲
شکل ۳-۱. موقعیت تقاطع‌های مورد مطالعه در شهر سمنان	۲۴
شکل ۳-۲. تقاطع نهضت	۲۵
شکل ۳-۳. تقاطع مدرس	۲۵
شکل ۳-۴. تقاطع مازندران	۲۵
شکل ۳-۵. مساحت تقاطع نهضت	۲۷
شکل ۳-۶. موقعیت خودروها در تقاطع نهضت	۳۰
شکل ۳-۷. تصویری از محیط نرم افزار SPSS	۴۷
شکل ۳-۸. تصویری از محیط نرم افزار NLOGIT	۴۸
شکل ۳-۹. نمودار خلاصه روش انجام پژوهش	۴۹
شکل ۴-۱. توزیع فراوانی داده‌ها	۵۳
شکل ۴-۲. نمودار آشیانه‌ای	۵۸
شکل ۴-۳. نمودار ROC برای مدل رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف	۶۸
شکل ۴-۴. نمودار ROC برای مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف	۷۱
شکل ۴-۵. نمودار ROC برای مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف	۷۳
شکل ۴-۶. نمودار ROC برای مدل لجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف	۷۵
شکل ۴-۷. نمودار ROC برای مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	۷۷
شکل ۴-۸. نمودار ROC برای مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف	۷۹
شکل پ-۱. خروجی مدل لجیت چندجمله‌ای	۹۴
شکل پ-۲. خروجی مدل لجیت آشیانه‌ای	۹۵
شکل پ-۳. خروجی مدل لجیت ترکیبی	۹۶
شکل پ-۴. خروجی مدل رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف	۹۶
شکل پ-۵. خروجی مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف	۹۷
شکل پ-۶. خروجی مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف	۹۷
شکل پ-۷. خروجی مدل لجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف	۹۸
شکل پ-۸. خروجی مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	۹۸
شکل پ-۹. خروجی مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف	۹۹

- شکل پ-۱۰. درصد برآورد درست مدل لوجیت چند جمله‌ای ۹۹
- شکل پ-۱۱. درصد برآورد درست مدل لوجیت آشیانه‌ای ۱۰۰
- شکل پ-۱۲. درصد برآورد درست مدل لوجیت ترکیبی ۱۰۰
- شکل پ-۱۳. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف ۱۰۰

فصل ۱: مقدمه

۱-۱ مقدمه

در سالیان اخیر با توجه به روند فزاینده استفاده از سوخت‌های فسیلی و همچنین رشد روزافزون صنایع مختلف، شهرها توسعه گسترده‌ای داشته‌اند به همین سبب نیاز به خدمات حمل‌ونقل افزایش یافته است. مقوله حمل و نقل و ترافیک چنان با زندگی بشر در آمیخته که تصور دنیایی بدون حمل و نقل به دور از ذهن است. توسعه سیستم حمل و نقل و همچنین اهمیت زمان در جامعه، نیاز مبرم به حمل‌ونقل اصولی، برنامه‌ریزی‌شده، سریع و ایمن به شدت مورد توجه قرار گرفته است.

کارشناسان ترافیک در سالیان اخیر در جهت بهبود کیفیت جریان ترافیک برخی اقداماتی را انجام داده‌اند و تجهیزاتی را در این راستا بکار برده‌اند. می‌توان گفت چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، موثرترین تجهیزات حمل‌ونقلی است که رفتار رانندگان را تحت تاثیر قرار می‌دهد، این چراغ‌ها بی‌شک از مهم‌ترین وسایل کنترل رفت‌وآمد وسایل نقلیه و همچنین افزایش ایمنی در تقاطعات هستند.

در سیستم حمل و نقل، راه، وسیله نقلیه، راننده و بار و مسافر از اجزای اصلی محسوب می‌شوند. که در این میان، عامل راننده پیچیده‌ترین و غیرقابل پیش‌بینی‌ترین جزء است. در نتیجه شناخت رفتار راننده اهمیت زیادی دارد زیرا اگر تمام اجزای دیگر سیستم حمل و نقل به شکلی ایده‌آل عمل کنند، ولی رفتار رانندگان نامناسب باشد، سیستم حمل و نقل بازدهی مناسبی نخواهد داشت. بنابراین باید چگونگی رفتار راننده در مکان‌ها و زمان‌های مختلف مورد مطالعه قرار گیرد. یکی از این مکان‌ها که اهمیت خاصی در ترافیک شهری دارد، تقاطع‌های چراغ‌دار می‌باشد. در تقاطع‌های چراغ‌دار، هرگونه اقدام که موجب کاهش زمان عکس‌العمل راننده گردد، باعث کاهش تاخیرات و در نتیجه استفاده بهینه از تقاطع می‌گردد.

در تقاطعات بررسی رفتار رانندگان در شروع زمان زرد نقش مهمی را در بالا بردن ظرفیت تقاطع، جلوگیری از تصادفات و کاهش تأخیر وسایل نقلیه در تقاطع، ایفا می‌کند. در واقع استفاده از فاز زرد یکی از اقدامات، با هدف کاهش اثر تصمیم‌گیری راننده در تقاطعات است. فاز زرد یک علامت هشدار دهنده در مورد پایان زمان استفاده مجاز از راه می‌باشد.

به طور کلی ایمنی در تقاطع‌های چراغ‌دار به عوامل مختلفی بستگی دارد. یکی عوامل مهم در بروز تصادفات در تقاطع‌های چراغ‌دار، محدوده ناحیه تردید^۱ است. ناحیه تردید در واقع محدوده‌ای است که رانندگان پس از رؤیت چراغ زرد درخصوص عبور یا توقف دچار شک و تردید می‌شوند. باتوجه به نکته‌های گفته شده در خصوص اهمیت رفتار رانندگان در طول زمان زرد، پژوهش پیش رو به این موضوع اختصاص یافته است.

۱-۲ تعریف مسأله و ضرورت انجام تحقیق

رشد جمعیت در کشور ما و همچنین افزایش روز افزون سفرهای داخل شهری و به تبع آن ازدحام خودروها در خیابان‌های شهر باعث شده تا نقش کنترل و ساماندهی ترافیک پر رنگ گردد. در یک سیستم حمل و نقل شهری تقاطعات اهمیت ویژه‌ای دارد و بطور مستقیم عملکرد معابر را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. بطور کلی بیش از نیمی از سفرهای داخل شهری با تقاطعات برخورد دارند پس می‌توان گفت بررسی و مطالعات تقاطعات امری حیاتی است و می‌توان با کمک تجهیزات ترافیکی تاخیرها را کاهش داد و جریان کلی ترافیک را بهبود بخشید (عبدالرزاقی و همکاران ۲۰۱۹).

زمان زرد در تقاطع‌های چراغ‌دار، یکی از عوامل مهم در ایمنی و کارایی تقاطعات می‌باشد. در هنگام رویت چراغ زرد چنانچه فاصله راننده در ابتدای چراغ زرد نه برای توقف و نه برای عبور کافی باشد، رانندگان دچار تردید و دودلی می‌شوند که آیا به حرکت خود ادامه داده و از تقاطع عبور می‌کنند و یا توقف می‌کنند. در بین رانندگانی که از تقاطع عبور می‌کنند، تعدادی در تخلیه کامل تقاطع موفق هستند و تعدادی دیگر باعث مسدود شدن و یا تصادف احتمالی با وسایل نقلیه سایر مسیرهای تقاطع می‌شوند. لازم به ذکر است بخشی از زمان زرد جزء زمان سبز موثر حساب می‌شود. به این ترتیب چراغ زرد بر طول سبز موثر و ظرفیت تقاطع اثر می‌گذارد. به طور خلاصه می‌توان گفت تصمیم رانندگان در ابتدای چراغ زرد مبنی بر توقف یا عبور بر تصادفات جلو به پشت و جلو به پهلو و همچنین میزان مشارکت چراغ زرد بر سبز موثر تاثیر بسزایی دارد (نجمی اتر آباد ۱۳۹۶).

¹ dilemma zone

سیستم‌هایی نظیر تمدید چراغ سبز^۱، تمدید زمان تمام قرمز^۲ و... برای پیشگیری از گرفتار شدن رانندگان در ناحیه تردید^۳ است. مدل‌های تصمیم‌گیری توقف و عبور در سیستم‌های پیشگیری از ناحیه تردید^۴ کاربرد دارد. در این سیستم‌ها، اطلاعات رانندگان استخراج می‌شود و به کمک این مدل‌ها پیش‌بینی می‌شود که راننده در این ناحیه قرار می‌گیرد یا نه و همچنین تصمیم راننده برای توقف یا عبور چیست. سپس به راننده اعلام می‌شود اگر بخواهد توقف کند، سرعت خود را تا چه اندازه کاهش دهد و اگر بخواهد عبور کند، تا چه اندازه سرعتش را زیاد کند تا در ناحیه تردید قرار نگیرد.

از آنجا که اقدام به عبور یا توقف رانندگان در زمان زرد چراغ ماهیت تصادفی داشته و انتخاب هریک از گزینه‌های عبور یا توقف در تقاطع دارای مطلوبیت است؛ لذا در این پروژه سعی شده است تا با جمع‌آوری آماری و اطلاعات موردنیاز از تقاطعات و با استفاده از برخی روش‌های مدلسازی ناحیه تردید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا به این وسیله عوامل مختلف فیزیکی، ترافیکی، سرعت، طول زمان سیکل چراغ، فاصله از تقاطع و غیره بر روی عکس‌العمل و رفتار رانندگان به هنگام مشاهده چراغ زرد بررسی شود. درنهایت این بررسی می‌تواند گامی در جهت بهبود کارایی و ایمنی زمان زرد بردارد.

۳-۱ فرضیات تحقیق

در این بخش به فرضیات اساسی برای انجام پژوهش اشاره می‌شود. فرضیات این پژوهش عبارتند از:

۱-جنسیت رانندگان در رفتار آن‌ها در هنگام فاز زرد تاثیری ندارد.

۲-تعداد خطوط تقاطع در رفتار رانندگان بی تاثیر بوده است.

۳-شرایط کلی تقاطع‌های نهضت، مدرس، مازندران واقع در سمنان و زمانبندی چراغ راهنمایی یکسان

فرض شده است.

¹ green extension

² all-red clearance extension

³ dilemma zone

⁴ dilemma zones protection system

۴- شرایط جوی و همچنین بروز برخی سوانح در تقاطع که منجر به اخلاف در عبور و مرور می شود تاثیر در رفتار رانندگان ندارد.

۵- رفتار رانندگان در تقاطع تابعی از ساعات روز نیست.

۴-۱ محدودیت های تحقیق

در این پژوهش به علت نبود دوربین های کنترل ترافیک در تقاطعات نام برده از داده هایی استفاده شده است که توسط دوربین فیلمبرداری معمولی ضبط گردیده است. همین امر باعث شده در مدت زمان فیلمبرداری محدودیت ایجاد شود. علاوه براین به علت وجود درختان مرتفع در اطراف تقاطع مدرس، ضبط فیلم از این تقاطع دارای محدودیت بوده است.

۵-۱ اهداف تحقیق

در این بخش اهداف تحقیق در بندهای زیر خلاصه شده است که عبارت اند از:

- ۱- بررسی عوامل موثر بر رفتار رانندگان در تقاطعات چراغدار
- ۲- مدلسازی رفتار رانندگان با استفاده از مدل های لوجیت چند جمله ای^۱، لوجیت آشیانه ای^۲، لوجیت ترکیبی^۳، رگرسیون لوجستیک^۴، لوجیت رتبه ای^۵ و پروبیت^۶
- ۳- مقایسه مدل های ذکر شده و بررسی نتایج حاصل از آنها
- ۴- بدست آوردن احتمال هریک از تصمیمات رانندگان در فاز زرد درخصوص توقف یا عبور از تقاطع
- ۵- اعتبارسنجی مدل های استفاده شده بر روی ۲۰ درصد از داده ها

۶-۱ نوآوری تحقیق

با توجه به مطالعات انجام شده، می توان گفت که تاکنون پژوهش کاملی در خصوص مدلسازی ناحیه تردید در

¹ multinomial logit

² nested Logit

³ mixed Logit

⁴ logistic regression

⁵ ordinal Logit

⁶ probit

تقاطع‌ات صورت نگرفته است. همچنین استفاده همزمان مدل‌های لوجیت چند جمله‌ای، لوجیت آشیانه‌ای، لوجیت ترکیبی، رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه‌ای، پروبیت که در این پایان نامه انجام شده است در نوع خود منحصر بفرد است. علاوه بر این موارد، در نظر گرفتن عبور رانندگان از تقاطع وقتی که چراغ قرمز است یک پارامتر جدید در بررسی ناحیه تردید محسوب می‌شود.

۷-۱ ساختار تحقیق

در فصل اول این پایان نامه اهمیت موضوع، بیان مسئله، فرضیات و محدودیت‌های تحقیق مطرح شده است. علاوه بر آن نوآوری تحقیق و همچنین اهداف آن بیان گردیده است.

فصل دوم به تعریف برخی موارد از قبیل تقاطع، چراغ راهنمایی، ناحیه تردید و رفتار راننده و اثر آن بر تاخیر در تقاطع چراغ‌دار پرداخته شد و پس از آن به مروری بر کارهای گذشته که در راستای این پژوهش می‌باشد، پرداخته شده است.

در فصل سوم روش‌های انجام پژوهش که شامل گردآوری داده‌ها، معرفی متغیرها و مدل‌ها که عبارتند از مدل لوجیت چند جمله‌ای، لوجیت آشیانه‌ای، لوجیت ترکیبی، رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه‌ای و پروبیت پرداخت شده است.

در فصل چهارم نتایج حاصل از مدل‌های بکار گرفته شده و همچنین توضیح و بررسی خروجی‌های مدل‌ها آورده شده است و نیز مدل‌های مورد استفاده با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

در فصل پنجم نتایج پژوهش به صورت کلی آورده است و پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده مطرح شده است.

فصل ۲ : مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۱-۲ مقدمه

فعالیت‌های حمل‌ونقلی و ترافیکی از جمله فعالیت‌های اصلی و مهم یک مجموعه شهری محسوب می‌شود که در ساختار یک شهر اهمیت بسزایی دارد. موضوع حمل و نقل و ترافیک به قدری در زندگی افراد جامعه پررنگ شده است که بدون جابجایی و تحرک امکان زندگی وجود ندارد. به همین دلیل نوع رفتار افراد و رانندگان در ترافیک شهری بسیار تاثیرگذار می‌باشد.

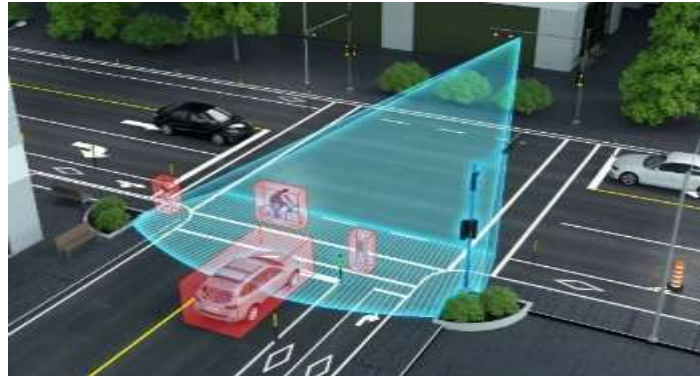
در این فصل در ابتدا به چند موضوع اساسی مانند تقاطع، چراغ راهنمایی، ناحیه تردید و رفتار راننده و اثر آن بر تاخیر در تقاطع چراغ‌دار اشاره شده است و سپس به مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در گذشته پرداخته شده است

۱-۱-۲ تقاطع

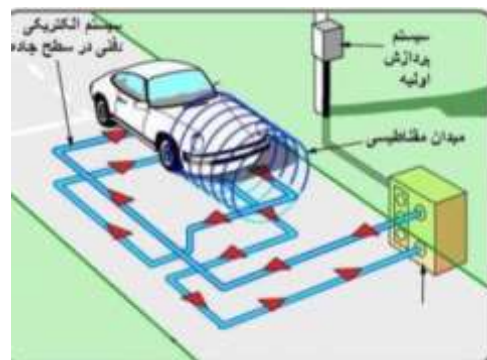
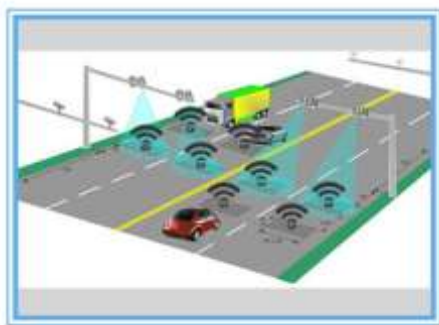
تقاطع محل گذر دو راه از یکدیگر است که به دو دسته مهم هم سطح و غیر هم سطح تقسیم می‌شود. تقاطع همسطح محل برخورد دو یا چند راه ارتباطی است. وقتی همه این راه‌های ارتباطی در یک ارتفاع از سطح زمین ساخته شده باشند، به‌طوری‌که عبور و مرور یکدیگر را مختل ننمایند. تقاطع‌های همسطح در شهرها معمولاً چهارراه و سه‌راه می‌باشند. در محل تقاطع‌های همسطح در شهرها معمولاً از چراغ راهنمایی استفاده می‌شود. تقاطع‌های غیر هم سطح بر خلاف هم سطح کار کرده و به هم برخورد ندارند به گونه‌ای که از روی هم می‌گذرند در مکان‌هایی که مدام ترافیک سنگین وجود دارد از تقاطع ناهمسطح استفاده می‌شود. به شکلی دیگر تقاطع‌ها را می‌توان به دو دسته پیش زمانبندی شده و هوشمند تقسیم کرد. در تقاطع پیش زمانبندی شده زمان چراغ معین و بدون توجه به تغییرات شرایط عمل می‌کند و در شرایطی مناسب است که حجم ترافیک زیاد نباشد.

تقاطع هوشمند (شکل ۱-۲) دارای شناساگرها و کنترل‌کننده‌هایی هستند که در شرایط مختلف در مورد مدت زمان هر فاز چراغ راهنمایی و یا شکل فازبندی تصمیم‌گیری می‌نمایند. این نوع تقاطع اثراتی همچون مدیریت بهتر ترافیک، کاهش تردید رانندگان در هنگام فاز زرد و کاهش میزان تصادفات تقاطع‌ها را در پی دارد.

شناساگرها در حکم چشم‌های سیستم کنترل سازگار با ترافیک عمل می‌کنند که برای تشخیص وسایل نقلیه و عابران پیاده استفاده می‌شود. و به دو دسته حلقه القایی و شناساگر مغناطیسی تقسیم شده است (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۱. تقاطع هوشمند



شکل ۲-۲. حلقه القایی و شناساگر مغناطیسی

۲-۱-۲ چراغ راهنمایی

به منظور ایجاد نظم و ایمنی می‌توان از علائم و تجهیزات ترافیکی استفاده کرد. وسایل کنترل ترافیک به دو گروه کلی می‌توان تقسیم کرد:

الف-علائم عمودی مانند تابلوها، چراغ‌های راهنمایی، علائم هادی و سایر تجهیزات ب-علائم افقی مانند خط کشی‌ها، نوشته‌ها، نقش‌ها، و علائم منعکس‌کننده.

وسایل کنترل ترافیک باید دارای شش خصوصیت اصلی باشند:

۱- نیاز عمده ترافیکی را رفع کند.

۲- جلب توجه کند.

۳- یک پیغام سریع و ساده را منتقل کنند.

۴- احترام استفاده کنندگان از جاده را جلب کنند.

۵- طوری نصب شوند که فرصت کافی برای نشان دادن عکس العمل مناسب را فراهم کنند.

۶- پشتوانه قانونی داشته باشد.

چراغ‌های راهنمایی یکی از مهم‌ترین وسایل کنترل عبور و مرور وسایل نقلیه و افزایش ایمنی در تقاطعات هستند. اگرچه چراغ‌های راهنمایی و رانندگی از حرکت دائم وسایل نقلیه در مسیرهای مختلف جلوگیری می‌کنند، ولی به‌طور کلی، متوسط تاخیر وسایل نقلیه، کمتر از زمانی است که تقاطع بدون چراغ راهنمایی باشد. برای کارایی بیشتر چراغ‌های راهنمایی ممکن است تجهیزات اضافی بر روی آن‌ها نصب و یا کلیه تقاطعات مرتبط با چند چراغ باهم کنترل شوند.

درواقع چراغ راهنمایی و رانندگی بعد از مأمور پلیس مهم‌ترین عامل در رفت و آمد وسایل نقلیه است. به همین دلیل اهمیت بسیار بالایی دارد. چراغ راهنمایی در تقاطع جاده‌ها، ورودی و خروجی معابر نصب می‌شود و جریان ترافیکی را کنترل می‌کند. این وسیله حق تقدم عبور را به کمک سه رنگ قرمز، زرد و سبز مشخص می‌کند. نور قرمز شامل فام نارنجی رنگ و نور سبز شامل فام آبی رنگ است تا مبتلایان به کوررنگی قرمز-سبز را به گمراهی نیندازد.

➤ رنگ سبز به رانندگان اجازه عبور در مسیر مشخص شده را می‌دهد.

➤ رنگ زرد به معنی قریب الوقوع بودن، اتمام مهلت عبور از تقاطع است.

➤ چراغ قرمز به معنی توقف است.

چراغ‌های راهنمایی در ایران قبل از تقاطع نصب می‌شود ولی در آمریکا چراغ‌های راهنمایی بعد از آن نصب می‌شوند تا راننده هنگام توقف پشت خط عابر پیاده دید بهتری به چراغ داشته باشد. در سال ۱۸۶۸ پیش از

اختراع اتومبیل و در زمانی که ترافیک شامل چهارپایان، واگن‌ها، کالسکه‌ها و عابران پیاده می‌شد، چراغ‌های راهنمایی طراحی و در لندن نصب شد. این چراغ از دو فانوس گازی قرمز به معنای توقف و سبز به معنای احتیاط و توسط مهندس راه‌آهن، به نام "J P Knight" ساخته شده بود. البته یک سال بعد در ژانویه ۱۸۶۹ این چراغ راهنمایی گازی منفجر شد و مأمور پلیسی را که مشغول روشن کردن آن بود، به شدت مجروح کرد. اما اولین چراغ راهنمایی نسل جدید که به چراغ‌های راهنمایی امروزی شبیه تر است، بعد از اختراع اتومبیل و در شهر دیترویت و به همت یک مأمور پلیس راهنمایی و رانندگی ساخته شد.

در خصوص چراغ راهنمایی اصطلاحات زیر قابل تعریف است:

۱- زمان تمام قرمز: در این زمان همه فازها با هم قرمز هستند. این حالت در تقاطع‌های شلوغ برای عبور پیاده‌ها و تخلیه تقاطع از وسایل نقلیه و همچنین برای تکمیل رعایت زمان زرد زمانبندی بعضی چراغ‌های راهنمایی منظور می‌شود (شاهی ۱۳۶۸).

۲- طول سیکل^۱: این زمان در واقع از شروع سبز یک جهت تا شروع سبز مجدد همان جهت است. که می‌تواند بر حسب عوامل مختلفی مانند حجم ترافیک ورودی تقاطع‌ها، عرض مسیر و عرض تقاطعات بین ۳۵ ثانیه تا ۱۲۰ ثانیه متغیر باشد.

۳- بازه زمانی: مدت زمانی است که در طی آن رنگ چراغ تغییری نکند.

۴- زمان زرد: این بازه شامل زمانی است که اگر رانندگان بعد از پایان زمان سبز قادر به تخلیه تقاطع نشده‌اند به طور ایمن و قانونی از تقاطع عبور کنند که این زمان معمولاً از ۳ ثانیه تا ۶ ثانیه متغیر است.

۵- فاز: به حالتی که به یک یا چند مسیر حرکت، دستور توقف یا حرکت خودرو را به صورت مجزا می‌دهند، گفته می‌شود.

۳-۱-۲ ناحیه تردید (دودلی)

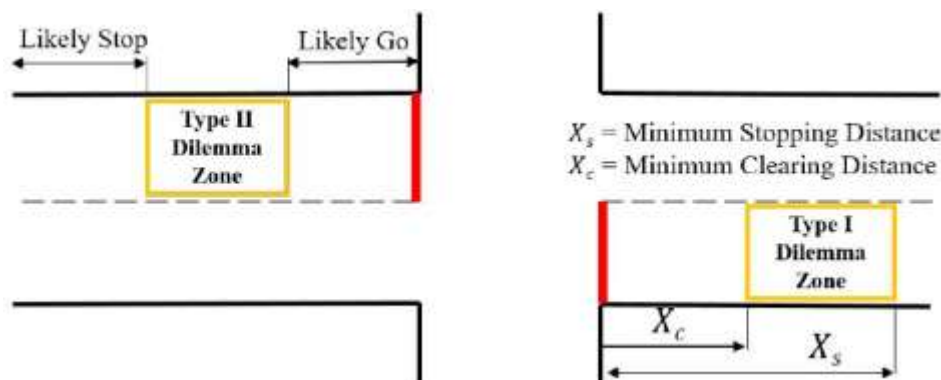
ناحیه تردید همان طور که از نامش پیداست، محدوده‌ای است که در آن برخی از رانندگان در خصوص عبور

¹ cycle time

از تقاطع یا توقف پشت آن دچار تردید می‌شوند. این دودلی در رانندگان ممکن است منجر به اتخاذ تصمیمات اشتباه در رانندگان گردد و باعث شود آن‌ها در زمان نامناسب وارد تقاطع شوند و در نتیجه باعث ایجاد اختلال در تقاطع یا حتی بروز تصادف با سایر خودروها گردد. طول ناحیه تردید، برابر $1/5$ تا $4/5$ ثانیه از خط توقف پیشنهاد و به دو نوع کلی تعریف می‌شود (شکل ۲-۳):

نوع ۱: رانندگان در این ناحیه با توجه به طول زمان زرد و سرعت و شتاب خود دچار دودلی می‌شوند. که می‌توان گفت اگر راننده در این ناحیه قرار گیرد تصمیم نامطمئن می‌گیرد.

نوع ۲: ناحیه‌ای است که اکثر رانندگان (حدود ۹۰ درصد) در آن ناحیه توقف می‌کنند و درصد کمی (حدود ۱۰ درصد) از رانندگان عبور می‌نمایند این نوع ناحیه به شرایط مختلفی از جمله زمان زرد چراغ بستگی دارد.



شکل ۲-۳. ناحیه تردید نوع یک و نوع دو

۴-۱-۲ رفتار راننده و اثر آن بر تأخیر در تقاطعات چراغ‌دار

در تقاطعات بروز برخی از رفتار رانندگان باعث ایجاد تأخیر می‌شود. این رفتار می‌تواند به شکل‌های مختلفی از قبیل حواس پرتی رانندگان، خستگی، بی‌حوصلگی، عجله داشتن، هیجان و اهمیت ندادن به قانون بروز داده شود و باعث می‌شود این امر در زمان زرد و تمام قرمز به صورت مشکل اساسی و ایجاد ترافیک نمایان شود، که می‌توان با کنترل برخی از رفتار رانندگان توسط قانون به بهبود عملکرد جریان ترافیک کمک کرد.

زمان تاخیر به عنوان یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در زمانبندی تقاطعات چراغ‌دار، بشمار می‌آید. یکی از عوامل افزایش زمان سفر در خیابان‌های شهری، وجود تقاطعات درون شهری است. تقاطعات چراغ‌دار نقاط کنترل کننده جریان ترافیک در سطح شبکه هستند که مقدار تأخیر در آن‌ها معیار اندازه‌گیری مناسبی است که برای خصوصیات عملکردی تقاطعاتی چراغ‌دار به کار می‌رود (کانگ ۲۰۰۰). در گذشته روش زمانبندی ثابت مورد استفاده قرار می‌گرفت که با توجه به تغییرات حجم جریان ورودی‌ها به تقاطع، زمان تاخیرافزایش می‌یافت. امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی از انواع شناساگرها در تقاطعات چراغ‌دار به منظور شمارش حجم حجم ورودی به تقاطع استفاده می‌شود.

برخی از مهم ترین انواع تاخیر در تقاطعات چراغ دار به شرح زیر می‌باشد :

۱- تاخیر ناشی از توقف وسایل نقلیه^۱:

۲- تاخیر صف^۲

۳- تاخیر زمان سفر^۳

۴- تاخیر ناشی از وسایل کنترل ترافیک^۴:

۲-۲ مروری بر کارهای گذشته

بونسون (۲۰۱۰) طبق تحقیقاتی به این نتیجه رسید زمانبندی نامناسب چراغ‌ها یکی از علل تصادفات در تقاطعات چراغ‌دار است.

زعیمی (۱۳۷۶) ، بطورکلی وجود چراغ زرد در سیستم چراغ راهنما به این سبب است که اولاً به رانندگان هشدار دهد که چراغ قرمز به زودی روشن خواهد شد و باید خود را برای توقف آماده سازند. ثانیاً برای وسایل

¹ stopped time delay

² time in queue delay

³ travel time delay

⁴ control delay

نقلیه‌ای که در آخرین لحظات زمان سبز وارد تقاطع شده‌اند فرصت کافی جهت تخلیه تقاطع، قبل از آغاز حرکت وسایل نقلیه مسیر مقابل باشد.

استیمسون و همکاران (۱۹۸۰) به این نتیجه رسیدند که ناحیه تردید می‌تواند باعث بروز حوادث و برخوردهای احتمالی شود. یک چنین برخوردهایی را می‌توان با تصحیح دوره زمانی چراغ راهنمایی کاهش داد و به حداقل رسانید. تغییر زمان زرد در چراغ راهنمایی در تکرار برخوردهای بالقوه مؤثر است. مشخص کردن مدت زمان زردی که تناوب برخوردها را پایین نگه می‌دارد نیاز به شناخت دقیق و صحیح از رفتار رانندگان در شروع زمان زرد در تقاطع های زمان بندی شده دارد. آلووس و الهیدی در سال

۱۹۹۲ بیان داشتند که مفهوم حوزه بلاتکلیفی اولین بار توسط گزیس و همکارانش (۱۹۶۰) مطرح شد. گزیس بیان کرد که اگر مدت زمان زرد کمتر از یک آستانه‌ای باشد، بعضی از رانندگان که در حال نزدیک شدن به تقاطع هستند قبل از شروع زمان قرمز نه می‌توانند توقف کنند و نه می‌توانند به حرکت خود ادامه داده و تقاطع را تخلیه کنند به یک چنین رانندگانی گفته می‌شود که در محدوده بلاتکلیفی قرار دارند (ناحیه تردید نوع ۱). و همچنین محدوده انتخاب به محدوده‌ای گفته می‌شود که راننده در شروع زمان زرد در آن قرار گیرد، می‌تواند یا بطور ایمن توقف کند و یا اینکه به حرکت خود جهت عبور از تقاطع قبل از اینکه چراغ قرمز نمایان شود ادامه دهد. هردو مورد از این تصمیم‌گیری‌ها بطور یکسان امکان پذیر می‌باشند. زیگر و همکاران (۱۹۷۸) ناحیه تردید را به عنوان منطقه ای در بالادست تقاطع تعریف می‌کنند که ۹۰ و ۱۰ درصد از رانندگان متوقف می‌شوند (ناحیه تردید نوع ۲).

بهروزی (۱۳۸۱) اذعان داشت که منطقه ی تردید مسافتی است قبل از تقاطع ، که اگر طی آن راننده اتومبیل با موج زرد چراغ راهنما مواجه شود در مدت زمان بسیار محدودی بایستی مبادرت به کاهش سرعت و توقف اتومبیل نماید و یا این که سرعت اتومبیل را افزایش داده و کوشش کند تا قبل از موج قرمز از حریم تقاطع عبور نماید. طول مسافت یاد شده با زمانبندی چراغ راهنما و حداکثر سرعت مجاز خیابان منتهی به تقاطع رابطه مستقیم دارد.

لیو و همکاران (۱۹۹۶) دریافتند که سرعت و شرایط هندسی تقاطع در قرارگیری در ناحیه بلا تکلیفی تأثیرگذار است.

طبق نتایج حاصل از پژوهش یان و همکاران (۲۰۰۵) تقاطعاتی که دارای ناحیه سردرگمی علامت گذاری شده‌اند با کاهش ۷۴/۳ درصدی حرکت در زمان فاز چراغ قرمز روبه رو بودند.

فوجیتا و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند که شمارشگر معکوس چراغ راهنمایی و کنترل نامناسب آن می‌تواند سبب بروز حرکات پرخطر رانندگان که از جمله آن افزایش یا کاهش ناگهانی سرعت می‌باشد، اشاره کرد.

ال-شربی و همکاران (۲۰۰۷) بر این باورند که حرکت و توقف رانندگان در آغاز زمان زرد در سرعت های بالا به فاصله از تقاطع، جنسیت و سن وابسته است. در رابطه با رفتار توقف یا عبور رانندگان، راننده پیرتر (بالای ۶۵ سال) منطقه تردید گسترده‌تر است، که TTI آن ۴/۸۱ تا ۱/۶۶ ثانیه و برای گروه سنی جوانتر ۴/۹۰ تا ۲/۸۷ ثانیه می‌باشد. رانندگان زن بیشتر از رانندگان مرد توقف می‌کنند و تمایل دارند ناحیه تردید نزدیکی به تقاطع داشته باشند. سرانجام، این مطالعه نشان می‌دهد که سیستم‌های کنترل ناحیه تردید باید به جای وضعیت فعلی ۵ تا ۱/۵ ثانیه، با در نظر گرفتن همه گروه‌های سنی و جنسیتی راننده، از ۵/۵ تا ۲/۵ ثانیه در نظر بگیرند.

در شبیه سازهای رانندگی، رفتار رانندگان جوان و پیر در شروع زمان زرد در تقاطع های چراغ دار مورد بررسی قرار گرفت کایرد و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که هرچه فاصله زمانی رانندگان از خط توقف بیشتر باشد، تمایل تمامی رانندگان به عبور از چراغ زرد کاهش می‌یابد.

لاورنز و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر تلفن همراه و مشخصات راننده بر تصمیم رانندگان مبنی بر توقف/عبور در هنگام زمان زرد پرداختند.

لوم و همکارانش (۲۰۰۳) نشان دادند که دودلی رانندگان و تردید آنها با تغییر فاز چراغ راهنمایی در مرحله فاز زرد، می‌تواند مشکلاتی را برای آنها ایجاد کند. به طوری که رانندگان ابتدا سرعت خود را کم می‌کنند و پس از آن در صورت پیدا کردن فرصت عبور از تقاطع در ۲ یا ۳ ثانیه اول فاز قرمز با توجه به شرایط ترافیکی (به

ویژه در ترافیک کم) تصمیم به عبور می‌گیرند و عمل ریسک‌پذیری را انجام می‌دهند آن‌ها از آزمون تست‌تی برای تحلیل آماری خود استفاده کردند.

گیتز و همکاران (۲۰۰۷) از رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی احتمال تصمیم‌گیری در مورد توقف / عبور رانندگان استفاده کردند و تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی چندگانه برای برآورد زمان درک واکنش و کاهش سرعت وسایل نقلیه که ایستاده اند (FTS) انجام دادند و از طرفی دریافتند که عملکرد خودروها در خط مجاور بر ناحیه تردید تأثیر می‌گذارد.

وی و همکاران (۲۰۰۹) از همان روش مدل سازی لجستیک برای انواع مختلف وسایل نقلیه استفاده کردند و نتیجه گرفتند که وسایل نقلیه سنگین برای عبور از تقاطع مستعدتر هستند.

لیو و همکارانش (۲۰۱۱) از مدل پروبیت برای شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در احتمال تصمیم‌گیری توقف/عبور رانندگان محافظه‌کار، عادی و یا پرخاشگر استفاده کردند.

یانگ و همکاران (۲۰۱۴) با ایجاد مدل های رفتاری انتخاب راننده توسط رگرسیون لجستیک و مدل تصمیم‌گیری فازی در طی بازه زمانی بر روی داده های جمع آوری شده به بررسی رفتار رانندگان در بازه زمانی زرد در تقاطعات چراغدار پرداختند. در این مطالعه مشاهده گردید که احتمال توقف وسایل نقلیه در تقاطعات بدون شمارشگر بیشتر از تقاطعات دارای شمارشگر می باشد. همچنین فاصله وسیله نقلیه از خط ایست تقاطع، بیشترین تأثیر را بر روی رفتار توقف و یا عبور از تقاطع را بر روی رانندگان را نشان داد. المیتینی و همکاران (۲۰۱۰) مدل های آشیانه ای را به کار برد تا بتواند چگونگی احتمال توقف /عبور رانندگان و حرکت در چراغ قرمز (RLR) را با پارامترهای جریان ترافیک مرتبط کند.

وی و همکاران (۲۰۱۱) از آنالیز رگرسیون غیرخطی برای مدل سازی وسایل نقلیه که در ناحیه تردید نقش دارند استفاده کردند.

لو و همکاران (۲۰۱۵) رفتار رانندگان در ناحیه تردید (YLR) واقع در چهار منطقه تصمیم‌گیری را مقایسه کردند. آن‌ها همچنین تعداد وسایل نقلیه در YLR را با استفاده از یک مدل غیرخطی با استفاده از سرعت جریان ساعتی به عنوان متغیر ورودی پیش‌بینی کردند.

فو و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی زمان درک و واکنش ترمز راننده در تقاطعات چراغدار، با استفاده از شمارشگر معکوس و بدون استفاده از شمارشگر معکوس پرداختند که از مدل‌های پارامتری زمانی استفاده کردند و دو توزیع Log logistic و Weibull را به کار برده‌اند. وجود شمارشگر معکوس، زمان درک و واکنش را افزایش می‌دهد و از طرفی دو متغیر فاصله خودرو تا خط توقف و سرعت خودرو در هنگام شروع چراغ زرد به عنوان متغیر تأثیرگذار معرفی شده‌اند.

مدینا و همکاران (۲۰۱۰) اثرات عوامل آب و هوایی را در عملکرد سیستم‌های ویدیویی که برای حفاظت از ناحیه تردید استفاده می‌شود، ارزیابی کردند.

ساوولان و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی سیستم هشداردهنده هوشمند تغییر چراغ و دوربین‌های کنترل سرعت بر رفتار و تصمیم‌گیری راننده می‌پردازد و احتمال رفتن یا توقف خودرو به صورت تابع احتمالی باینری می‌پردازد. در نهایت، به این نتیجه رسیدند که وجود سیستم هشداردهنده تغییر چراغ که ۰/۵ ثانیه قبل از تغییر هشدار می‌دهد، در رفتار رانندگان تأثیرگذار است.

قدرت آبادی و همکاران (۲۰۱۷) چهار استراتژی تشخیص Red Clearance Extension را ارزیابی کردند. RCE به عنوان نوعی حفاظت از ناحیه تردید تلاش می‌کند تا مشکل RLR غیر عمدی را کاهش دهد، که می‌تواند زمانی اتفاق بیفتد که راننده نتواند تصمیم بگیرد که در زمان زرد برود یا توقف کند. هدف از یک سیستم RCE موفق این است که وسیله نقلیه نزدیک به تقاطع در شروع رنگ زرد را تشخیص داده و پیش‌بینی کند که آیا این وسیله نقلیه دچار RLR می‌شود یا خیر.

جدول ۱-۲. خلاصه مطالعات مربوط به کارهای گذشته		
نویسندگان - سال	روش (مدل) - هدف	نتیجه

زمانبندی نامناسب چراغ راهنمایی یکی از علل تصادفات در تقاطعات چراغ دار	مطالعه تئوری خودروهای عبوری در زمان قرمز	بونسون ۲۰۱۰
۱- هشدار به رانندگان برای توقف ۲- وسایل نقلیه ای که در آخرین لحظات زمان سبز وارد تقاطع شده اند فرصت کافی جهت تخلیه تقاطع، قبل از آغاز حرکت وسایل نقلیه مسیر مقابل	مطالعه تئوری وجود چراغ زرد در سیستم چراغ راهنما	زعیمی ۱۳۷۶
۱- ناحیه تردید می تواند باعث بروز حوادث و برخوردهای احتمالی شود. که می توان با تصحیح دوره زمانی چراغ راهنمایی، کاهش داد. ۲- مشخص کردن مدت زمان زرد تناوب برخوردها را پایین نگه می دارد.	مطالعه تئوری شناخت دقیق و صحیح از رفتار رانندگان در شروع زمان زرد در تقاطع های زمان بندی شده	استیمسون و همکاران ۱۹۸۰
۱- ارائه فرمول برای تعیین زمان زرد با توجه به مشخصات تقاطع ۲- تعیین زمان زرد بهینه ۳- تعیین محدوده ناحیه تردید نوع ۱	مطالعه تئوری ناحیه تردید نوع ۱ و ارائه فرمول برای حرکت خودرو در تقاطع	گریس و همکاران ۱۹۶۰
تعیین مرزبندی ناحیه تردید نوع ۲ با توجه به احتمال توقف ۱۰ و ۹۰ درصد بر اساس متر	مطالعه موردی ناحیه تردید نوع ۲ و تعیین رفتار راننده در زمان زرد	زیگر و همکاران ۱۹۷۸

طول مسافت تا تقاطع با زمان بندی چراغ راهنما و حداکثر سرعت مجاز خیابان منتهی به تقاطع رابطه مستقیم دارد.	مطالعه تئوری عوامل تاثیر گذار بر رفتار رانندگان در شروع زمان زرد در تقاطع های چراغ دار	بهروزی ۱۳۸۱
سرعت و شرایط هندسی تقاطع در قرارگیری در ناحیه تردید تأثیرگذار است.	مطالعه موردی بررسی عوامل موثر بر تصمیم راننده در ناحیه تردید	لیو و همکاران ۱۹۹۶
تقاطعاتی که دارای ناحیه سردرگمی علامت گذاری شده اند با کاهش ۷۴/۳ درصدی حرکت در فاز چراغ قرمز روبه رو بودند.	مطالعه موردی بررسی عوامل موثر بر تصمیم گیری راننده در ناحیه سردرگمی	یان و همکاران ۲۰۰۵
شمارشگر معکوس چراغ راهنمایی و کنترل نامناسب آن می تواند سبب بروز حرکات پرخطر رانندگان شود.	مطالعه تئوری عوامل تاثیر گذار بر رفتار رانندگان در شروع زمان زرد در تقاطع های زمان بندی شده	فوجیتا و همکاران ۲۰۰۷
حرکت و توقف رانندگان در آغاز زمان زرد در سرعت های بالا به فاصله از تقاطع، جنسیت و سن وابسته است. رانندگان پیرتر و زن بیشتر از رانندگان جوان و مرد توقف می کنند و تمایل دارند ناحیه تردید نزدیکی به تقاطع داشته باشند.	مطالعه موردی بررسی عوامل موثر بر تصمیم راننده در ناحیه تردید چراغ زرد تقاطع	ال-شربی و همکاران ۲۰۰۷
هرچه فاصله زمانی رانندگان از خط توقف بیشتر باشد، تمایل تمامی رانندگان به عبور از چراغ زرد کاهش می یابد.	مطالعه تئوری تعیین رفتار رانندگان در شروع زمان زرد در تقاطع های چراغ دار	کایرد و همکاران ۲۰۰۷

لاورنز و همکاران ۲۰۱۴	مطالعه تئوری بررسی عوامل موثر بر تصمیم راننده در ناحیه تردید چراغ زرد تقاطع	اثر تلفن همراه و مشخصات راننده بر تصمیم رانندگان مبنی بر توقف/عبور در هنگام زمان زرد
لوم و همکارانش ۲۰۰۳	مطالعه موردی و تعیین عوامل موثر بر تصمیم راننده در ناحیه دودلی - آزمون تست تی	دودلی رانندگان با تغییر فاز زرد، باعث مشکلاتی می شود. رانندگان ابتدا سرعت خود را کم می کنند و ریسک کرده و در صورت داشتن فرصت در ۲ یا ۳ ثانیه اول فاز قرمز تصمیم به عبور می گیرند.
گیتز و همکاران ۲۰۰۷	مطالعه موردی استفاده از رگرسیون لجستیک برای پیش بینی احتمال تصمیم گیری راننده	دریافتند که سرعت و عملکرد خودروها در خط مجاور بر ناحیه تردید و تصمیم راننده تأثیر می گذارد.
وی و همکاران ۲۰۰۹	مطالعه موردی استفاده از رگرسیون لجستیک برای پیش بینی احتمال توقف/عبور رانندگان در مورد وسایل نقلیه مختلف	وسایل نقلیه سنگین برای عبور از تقاطع مستعد تر هستند.
لیو و همکاران ۲۰۱۱	مطالعه موردی و استفاده از مدل پروبیت	شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در احتمال تصمیم گیری توقف / عبور رانندگان محافظه کار ، عادی و یا پرخاشگر
یانگ و همکاران ۲۰۱۴	مطالعه موردی و بررسی رفتار رانندگان در بازه زمانی زرد در تقاطعات چراغ دار توسط رگرسیون لجستیک بر روی داده های جمع آوری شده	احتمال توقف وسایل نقلیه در تقاطعات بدون شمارشگر بیشتر از تقاطعات دارای شمارشگر می باشد. و از طرفی فاصله وسیله نقلیه از خط ایست تقاطع، بیشترین تأثیر را بر روی رفتار رانندگان نشان می دهد.
المیتینی و همکاران ۲۰۱۰	مطالعه موردی استفاده از مدل آشیانه ای	چگونگی احتمال توقف/عبور رانندگان در تقاطع و حرکت در هنگام چراغ

قرمز (RLR) را با پارامترهای جریان ترافیک مرتبط ساختند.		
مدل سازی وسایل نقلیه در ناحیه تردید و اینکه هرچه فاصله زمانی و مکانی رانندگان از خط توقف بیشتر باشد، تمایل تمامی رانندگان به عبور از چراغ زرد کاهش می‌یابد.	مطالعه موردی و استفاده از آنالیز رگرسیون غیرخطی	وی و همکاران ۲۰۱۱
رفتار رانندگان در ناحیه تردید (YLR) واقع در چهار منطقه تصمیم‌گیری را مقایسه کردند و تعداد وسایل نقلیه عبوری در YLR را با استفاده از سرعت جریان ساعتی پیش‌بینی کردند.	مطالعه موردی رفتار رانندگان در ناحیه تردید و استفاده از مدل غیرخطی	لو و همکاران ۲۰۱۵
وجود شمارشگر معکوس زمان درک و واکنش را افزایش می‌دهد و دو توزیع Weibull و Log logistic به عنوان بهترین توزیع معرفی شد.	مطالعه موردی و بررسی زمان درک و واکنش ترمز راننده در تقاطعات چراغدار، با استفاده از شمارشگر معکوس و بدون استفاده از شمارشگر معکوس	فو و همکاران ۲۰۱۵
وجود سیستم هشداردهنده تغییر چراغ که ۰/۵ ثانیه قبل از تغییر هشدار می‌دهد، در رفتار رانندگان تأثیرگذار است و خطرات احتمالی و دودلی در عبور از تقاطع را کاهش می‌دهد.	مطالعه موردی و بررسی اثر سیستم هشداردهنده هوشمند تغییر چراغ و دوربین‌های کنترل سرعت بر رفتار و تصمیم‌گیری راننده و احتمال رفتن یا توقف خودرو به صورت تابع احتمالی باینری	ساوولانن و همکاران ۲۰۱۶
RCE نوعی حفاظت از ناحیه تردید می‌باشد که مشکل RLR غیر عمدی را کاهش دهد. هدف از یک سیستم RCE موفق این است که وسیله نقلیه نزدیک به تقاطع در شروع رنگ زرد را تشخیص داده و پیش‌بینی کند که آیا این وسیله نقلیه دچار RLR می‌شود یا خیر.	مطالعه موردی برای ارزیابی چهار استراتژی تشخیص Red Clearance Extension	قدرت آبادی و همکاران ۲۰۱۷

فصل ۳ : روش انجام پژوهش

۱-۳ مقدمه

در این فصل مراحل انتخاب تقاطع، پارامترهای مورد نیاز، استخراج پارامترها از طریق فیلم پرداخته شده است. سپس به نحوه‌ی انجام فیلم‌برداری و استخراج اطلاعات از مشاهدات ویدیویی پرداخته می‌شود. همچنین تئوری روش‌های مدلسازی نیز در این فصل بیان شده است.

۲-۳ ملاک‌های انتخاب تقاطع ایده‌آل

برای اینکه بتوانیم داده‌های مناسبی از تقاطع بدست آوریم ویژگی‌های زیر در انتخاب آن باید مد نظر قرار بگیرد:

- (۱) تقاطع مورد نظر چراغ راهنمایی داشته باشد.
- (۲) تقاطع انتخاب شده دارای زمان‌بندی مناسب با شرایط آن تقاطع باشد.
- (۳) تقاطع دارای خط‌کشی‌های لازم و کافی (خط توقف) باشد.
- (۴) در اطراف تقاطع محل مناسبی برای استقرار دوربین وجود داشته باشد.
- (۵) امکان فیلم‌برداری از کل تقاطع هم وجود داشته باشد.
- (۶) فیلم‌برداری هنگامی انجام شود که شرایط جوی از قبیل آفتاب، باران و... خللی در ضبط فیلم ایجاد نکند.
- (۷) در تقاطع تصادف یا اختلال ترافیکی وجود نداشته باشد این امر می‌تواند داده‌ها را به شدت تحت تاثیر قرار دهد.

۳-۳ معرفی تقاطعات آماربرداری شده

بطور کلی شهرسمنان دارای سه تقاطع چراغ دار با نام‌های نهضت، مدرس و مازندران می‌باشد. هر سه تقاطع نامبرده شده تمام شرایط بخش ۲-۳ را دارا بوده و هر سه تقاطع برای برداشت داده‌ها استفاده شد. (شکل ۱-)

(۳)



شکل ۱-۳. موقعیت تقاطع‌های مورد مطالعه در شهر سمنان

تقاطع نهضت از برخورد بلوار نهضت و بلوار ورزش ایجاد شده است که بلوار نهضت از شمال به جنوب و بلوار ورزش از شرق به غرب می‌باشد. فیلمبرداری در این تقاطع از سمت جنوب شرقی به طرف شمال غربی بوده است. و حرکت خودروهایی که از سمت بلوار ورزش می‌آمدند را ضبط کرده است. (شکل ۳-۲)

تقاطع مدرس از برخورد بلوار مدرس و بلوار ورزش ایجاد شده است که بلوار مدرس از شمال به جنوب و بلوار ورزش از شرق به غرب می‌باشد فیلمبرداری در این تقاطع از سمت شمال غربی به سمت جنوب شرقی بوده است. و حرکت خودرو هایی که از سمت بلوار ورزش می‌آمدند را ضبط کرده است. (شکل ۳-۳)

تقاطع مازندران از برخورد خیابان امام و خیابان طالقانی-حافظ ایجاد شده است. خیابان امام از غرب به شرق و خیابان طالقانی از شمال به جنوب می‌باشد فیلمبرداری از جهت شمال غربی به سمت جنوب شرقی می‌باشد. و حرکت خودرو هایی که از سمت خیابان حافظ می‌آمدند را ضبط کرده است. (شکل ۳-۴)



شکل ۲-۳. تقاطع نهضت



شکل ۳-۳. تقاطع مدرس



شکل ۴-۳. تقاطع مازندران

تقاطع نهضت ۲ فاز زمانبندی دارد که مساحت این تقاطع حدود ۱۴۰۰ مترمربع می باشد و همچنین عرض

بلوار ورزش و نهضت ۲۴ متر است. (شکل ۳-۵)

تقاطع مدرس ۲ فاز زمانبندی دارد که مساحت این تقاطع حدود ۶۵۰ مترمربع می باشد و همچنین عرض

بلوار ورزش ۲۴ متر و عرض بلوار مدرس ۱۸ متر است.

تقاطع مازندران ۲ فاز زمانبندی دارد که مساحت این تقاطع حدود ۳۲۰ مترمربع می باشد و همچنین عرض

خیابان امام و خیابان طالقانی-حافظ ۱۲ متر است. لازم به ذکر است که خیابان امام یک طرفه از سمت غرب

به شرق است اما خیابان طالقانی - حافظ دو طرفه می باشد.

جدول ۱-۳. مشخصات فنی و ترافیکی تقاطع ها

نام تقاطع	مساحت تقاطع (مترمربع)	عرض خیابان (متر)-به ترتیب	تعداد فاز		زمان زرد(ثانیه)	زمان تمام قرمز(ثانیه)	محل استقرار دوربین در تقاطع
			فاز اول	فاز دوم			
نهضت (نهضت -ورزش)	۱۴۰۰	۲۴-۲۴			۳	۱	جنوب شرقی
مدرس (مدرس -ورزش)	۶۵۰	۲۴-۱۸			۳	۱	شمال غربی
مازندران (امام-طالقانی)	۳۲۰	۱۲-۱۲			۳	۱	شمال غربی



شکل ۵-۳. مساحت تقاطع نهضت

۴-۳ برداشت داده‌های میدانی

برای برداشت داده‌ها از تقاطعات چراغ‌دار نهضت، مدرس و مازندران از دوربین فیلمبرداری دیجیتال نیکون مدل D5300 با لنز ۷۰-۲۰۰ میلی متر انجام شد. همچنین برای بررسی فیلم و برداشت داده‌ها از نرم‌افزار Adobe Premiere CS6 استفاده شده است.

فیلمبرداری از روی پشت بام ساختمان‌هایی که اطراف تقاطع بودند انجام شد و دوربین به گونه‌ای تنظیم شد که بتواند حرکت خودروها را بطور کامل پوشش دهد. فیلمبرداری در اردیبهشت سال ۱۳۹۸ و در ساعات ۱۰ الی ۱۱ صبح برای هر تقاطع انجام گرفته است. سرعت متوسط عبور از هر ۳ تقاطع حدود ۲۵-۴۰ کیلومتر بر ساعت و تعداد خطوط عبور مورد بررسی از تقاطع نهضت و مدرس ۳ خط و مازندران ۲ خط می‌باشد.

۵-۳ اطلاعات جمع آوری شده میدانی از خودروها

بعد از فیلمبرداری از تقاطع‌ها برای اندازه‌گیری فواصل از جداول کنار بلوار مدرس و نهضت و از فواصل درختان در خیابان حافظ استفاده شد. در بررسی فیلم‌ها سه نوع حرکت خودرو مورد توجه قرار گرفت:

۱- خودروهای عبوری در زمان زرد^۱: این گروه خودروهایی هستند که هنگام زرد شدن چراغ وارد تقاطع شده‌اند و در همان بازه زرد، قبل از قرمز شدن چراغ توانسته‌اند از تقاطع خارج شوند.

¹ (YLR) Yellow Light Running

۲- خودروهای عبوری در اواخر زمان زرد^۱: این گروه خودروهایی هستند که در بازه زرد وارد تقاطع شده‌اند و در بازه زرد قادر به خروج از تقاطع نشدند و چراغ راهنمایی قرمز شده است و دچار تخلف ترافیکی شده‌اند.

۳- اولین خودروهای توقفی^۲: این گروه اولین ردیف خودروهایی هستند که بعد از قرمز شدن چراغ، پشت خط ایست^۳ توقف کامل می‌کنند. در واقع این خودروها نتوانستند در زمان زرد از تقاطع عبور کنند و منتظر زمان سبز فاز بعدی هستند.

اطلاعات جمع‌آوری شده از فیلم‌ها به شرح زیر است:

۱. فاصله وسیله نقلیه تا خط توقف در ابتدای زمان زرد (X_0): تصمیم راننده به عبور یا توقف، در زمان شروع زرد تابع فاصله وسیله نقلیه تا خط توقف است. که لازم است این فاصله برای هر دو گروه خودرو بدست آید.

۲. سرعت وسیله نقلیه در ابتدای زمان زرد (V_0): این پارامتر از تقسیم مسافت طی شده خودرو به مدت ۳ تا ۵ ثانیه قبل از زمان زرد به همان زمان اندازه‌گیری است.

$$V_0 = \frac{x}{t} \quad (3-1)$$

بطوری که در رابطه‌ی (۳-۱)، x مسافت طی شده خودرو و t برابر ۳ تا ۵ ثانیه است.

۳. زمان لازم برای رسیدن وسیله نقلیه به خط توقف (T_a): برای خودروهای عبوری، مقدار زمانی است که خودروها بعد از زمان زرد طی می‌کنند تا از خط توقف عبور کنند اما برای خودروهایی که متوقف می‌شوند این زمان برابر است با هنگامی که چراغ زرد می‌شود تا وقتی که خودرو بطور کامل توقف می‌کند.

۴. لاین خودرو: با توجه به اینکه رفتار راننده براساس موقعیتی که در لاین‌ها دارد متفاوت است، لاینی را که خودرو در آن قرار دارد ثبت شده است.

۵. نوع خودرو: خودروها به چهار دسته‌ی سواری، شاسی بلند، نیمه سنگین و سنگین تقسیم می‌شوند.

1 (RLR) Red Light Running

2 (FTS) First To Stop

3 stop line

۶. زمان تا خط توقف (T_0): از نسبت فاصله‌ی وسیله‌ی نقلیه تا خط توقف در ابتدای زمان زرد، بر سرعت وسیله‌ی نقلیه در ابتدای زمان زرد بدست می‌آید.

$$T_0 = \frac{X_0}{V_0} \quad (3-2)$$

بطوری که در رابطه‌ی (۳-۲)، X_0 فاصله وسیله نقلیه تا خط توقف در ابتدای زمان زرد و V_0 برابر با بر سرعت وسیله‌ی نقلیه در ابتدای زمان زرد است.

۷. سرعت در بازه زرد (V_y): وقتی که رانندگان چراغ زرد را مشاهده می‌کنند محتاط‌تر عمل می‌کنند و رفتارشان تغییر میکند و باعث میشود از سرعت خود بکاهند، از این رو این مقدار از نسبت فاصله‌ی وسیله‌ی نقلیه تا خط توقف در ابتدای زمان زرد به زمان عبور از خط توقف بدست می‌آید.

$$V_y = \frac{X_0}{T_a} \quad (3-3)$$

بطوری که در رابطه‌ی (۳-۳)، X_0 فاصله وسیله نقلیه تا خط توقف در ابتدای زمان زرد و T_a برابر با زمان عبور از خط توقف است.

۸. شتاب در بازه زرد (a_y): این پارامتر از نسبت اختلاف سرعت در ابتدای زمان زرد و سرعت در زمان زرد به زمانی که خودرو به خط توقف می‌رسد بدست می‌آید.

$$a_y = \frac{V_0 - V_y}{T_a} \quad (3-4)$$

بطوری که در رابطه‌ی (۴-۳)، V_0 سرعت در ابتدای زمان زرد و V_y سرعت در بازه زرد و T_a برابر با زمان عبور از خط توقف است.

۹. شتاب کاهنده (a_d): همانطور که قبلاً گفته شد وقتی که رانندگان چراغ زرد را مشاهده می‌کنند با احتیاط بیشتری رفتار می‌کنند و باعث می‌شود از شتاب خود بکاهند که این شتاب کاهنده پارامتر مهمی محسوب می‌شود. نسبت اختلاف سرعت در زمان توقف (سرعت صفر) و سرعت در ابتدای زمان زرد بر زمان ترمز گیری تا خط توقف شتاب کاهشی را به ما می‌دهد.

پس از فیلمبرداری از تقاطع‌ها با مرور فیلم‌ها اطلاعات مورد نیاز را استخراج کرده و با استفاده از نرم

افزار Excel داده‌ها را جمع‌آوری نموده تا مورد مدلسازی قرار گیرد. (شکل ۳-۶)

لازم به ذکر است که ۸۰ درصد داده‌های جمع‌آوری شده برای مدلسازی استفاده شده و ۲۰ درصد بقیه داده‌ها در جهت اعتبار سنجی بکار گرفته شده است. این دسته‌بندی کاملاً بصورت تصادفی و رندوم بوده است تا بتواند صحت اعتبار سنجی را بالا ببرد.



شکل ۳-۶. موقعیت خودروها در تقاطع نهضت

۳-۶ نظریه انتخاب گسسته^۱

از آنجا که این پژوهش در رابطه با انتخاب تصمیم‌راننده در پشت چراغ زرد، مبنی بر عبور از تقاطع یا توقف قبل از خط توقف می‌باشد، می‌توان از نظریه انتخاب گسسته برای مدلسازی داده‌های بدست آمده استفاده نمود.

انتخاب یکی از عنصرهای اساسی در فرآیند تصمیم‌گیری است. وضعیت انتخاب گسسته به وضعیتی اطلاق می‌شود که پاسخ دهنده با یک انتخاب از میان مجموعه‌ای از انتخاب‌ها روبرو است. واژه ((گسسته)) نشان می‌دهد که انتخاب، ماهیت گسسته‌ای دارد و فقط یک گزینه قابل انتخاب است (ترین و همکاران ۲۰۰۹).

در واقع مدل‌های انتخاب گسسته، انتخاب تصمیم‌گیرنده‌ها را از بین تمام گزینه‌های موجود توصیف می‌کنند. تصمیم‌گیرنده در این پژوهش راننده است و گزینه‌های انتخاب می‌توانند عبور از تقاطع یا توقف

1 discrete choice theory

باشند. در مدل‌های انتخاب گسسته، به مجموعه گزینه‌ها، مجموعه انتخاب^۱ گفته می‌شود. بطور کلی هر انتخاب باید دارای سه ویژگی مهم زیر باشد:

(۱) گزینه‌ها باید طوری باشند که انتخاب یک گزینه شامل گزینه‌های دیگر نشود.

(۲) مجموعه گزینه‌ها باید جامع باشد، یعنی تمام انتخاب‌های ممکن را شامل شود.

(۳) تعداد گزینه‌ها باید محدود باشد.

با توجه به استفاده از مدل‌های لوجیت چند جمله‌ای، ترکیبی، آشیانه‌ای، رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه‌ای و پروبیت در این مطالعه، در ادامه جزئیات بیشتری از این مدل‌ها و همچنین پرداخت و ارزیابی آن‌ها ارائه شده است.

۱-۶-۳ مدل‌های مطلوبیت انتخاب گسسته

فرض اصلی مدل‌های انتخاب گسسته این است که تصمیم‌گیرنده وقتی با یک انتخاب مواجه می‌شود، ترجیح شخصی او نسبت به سایر گزینه‌های پیش رو می‌تواند با یک معیار مطلوبیت^۲ یا جذابیت^۳ بیان گردد. این مطلوبیت تابعی از ویژگی‌های گزینه‌ها و نیز مشخصات تصمیم‌گیرنده است. فرض می‌شود که تصمیم‌گیرنده گزینه‌ای را انتخاب می‌نماید که بیشترین مطلوبیت را برای او دارد. فرض دیگر نظریه انتخاب گسسته این است که تصمیم‌گیرنده با یک مجموعه از گزینه‌های مجزا مواجه است که تنها می‌تواند یکی از آن‌ها (و نه مقداری از هر کدام) را برگزیند. به این دلیل به آن‌ها انتخاب گسسته گفته می‌شود (شاه‌حسینی ۱۳۹۴).

تابع مطلوبیت گزینه j برای فرد q به صورت U_{jq} بیان می‌شود. این مطلوبیت دارای دو بخش معین (قطعی) و تصادفی است و در رابطه (۳-۵) نشان داده شده است. طبق رابطه (۳-۶) تصمیم‌گیرنده از بین گزینه‌های موجود در مجموعه انتخاب (C_q) گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که دارای بیشترین مطلوبیت نسبت به سایر گزینه‌ها باشد.

1 choice set

2 utility

3 attractiveness

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (3-5)$$

$$j \in C_q \quad \text{if} \quad U_{jq} > U_{mq} \quad \forall m \neq j \quad (3-6)$$

که در آن‌ها:

U_{jq} : مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q

V_{jq} : جزء معین مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q

ε_{jq} : جزء تصادفی مطلوبیت انتخاب گزینه j توسط فرد q

احتمال اینکه فرد q گزینه j را انتخاب کند از رابطه ۳-۷ تعیین می‌شود (شاه حسینی و همکاران ۱۳۹۴)

(ترین و همکاران ۲۰۰۹).

$$P_{jq} = P(U_{jq} \geq U_{mq}) \quad \forall m \neq j \in C_q \quad (3-7)$$

$$P_{jq} = P(\varepsilon_{mq} - \varepsilon_{jq} \leq V_{jq} - V_{mq}) \quad \forall m \neq j \in C_q \quad (3-8)$$

۱-۶-۳ مدل لوجیت چند جمله‌ای

مدل لوجیت چند جمله‌ای ساده‌ترین و پرکاربردترین مدل انتخاب گسسته و به طور خاص مدل‌های

مقدار حدی تعمیم یافته^۱ به شمار می‌آید. محبوبیت این مدل از آنجاست که فرم بسته‌ای برای بیان احتمال

انتخاب گزینه‌ها ارائه می‌دهد که با سادگی قابل تفسیر است (هس و همکاران ۲۰۰۵). به عبارتی دیگر مدل

لوجیت چندگانه، احتمال انتخاب یک گزینه را از میان چند گزینه دیگر با مطلوبیت‌های متفاوت، براساس

اصل حداکثرسازی مطلوبیت بیان می‌کند.

با فرض توزیع مستقل و یکسان (IID^2) گامبل در تمامی گزینه‌ها برای قسمت احتمالی تابع مطلوبیت (رابطه

۳-۵)، رابطه مدل لوجیت چند جمله‌ای به صورت رابطه ۳-۹ تعریف می‌شود.

$$P_{jq} = \frac{e^{V_{jq}}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}}} \quad (3-9)$$

^۱ Generalized Extreme Value (GEV) models

^۲ Independantly and Identically Distributed

که در آن P_{jq} احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q است.

در این ساختار هرگونه تغییر احتمال انتخاب گزینه یا حذف و افزودن یک گزینه، تأثیر مشابهی بر سایر گزینه‌ها دارد. این خاصیت احتمال تقاطعی^۱ نامیده می‌شود (هس و همکاران ۲۰۰۵). به عبارتی دیگر با افزودن گزینه‌ای جدید، مقدار کاهش احتمال انتخاب هریک از گزینه‌های قبلی متناسب با مقدار احتمال انتخاب آن گزینه است. همچنین در مورد حذف یک گزینه نیز همین اتفاق می‌افتد (مک فادن و همکاران ۱۹۷۴).

۲-۱-۶-۳ مدل لوجیت ترکیبی

مدل لوجیت ترکیبی یکی از انعطاف‌پذیرترین مدل‌های انتخاب گسسته است که به کمک آن می‌توان تقریباً هر ساختار دیگری در مدل‌های مطلوبیت تصادفی را تخمین زد. توصیف بسیار خوبی از این مدل و ویژگی‌های آن در سال ۲۰۰۰ میلادی توسط مک فادن و ترین^۲ ارائه شده است. این مدل امکان تغییرات در سلیقه‌های تصادفی^۳، استفاده از الگوهای جانشینی^۴ و نیز همبستگی در جزء مشاهده نشده در زمان^۵ را برای مدل‌ساز فراهم می‌آورد (ترین و همکاران ۲۰۰۹). این مدل برای سال‌های طولانی است که شناخته شده است. با این وجود استفاده از آن از زمان شناخت و توسعه تکنیک‌های شبیه‌سازی گسترش پیدا کرده است. تابع احتمال مدل لوجیت ترکیبی در حقیقت یک انتگرال از تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت چندجمله‌ای روی یک تابع چگالی از پارامترها است. در حالت کلی این تابع احتمال تعریفی به فرم رابطه ۳-۱۰ دارد.

$$P_{jq} = \int L_{jq}(\beta) f(\beta) d\beta \quad (3-10)$$

که در آن:

P_{jq} : احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q

¹ cross Probability

² Mc Fadden and Train

³ random taste variation

⁴ unrestricted substitution patterns

⁵ correlation in unobserved factor over time

$L_{jq}(\beta)$: احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q در مدل لوجیت که تابعی از پارامتر β است و به صورت

رابطه ۳-۱۱ بیان می‌گردد، می‌باشد.

$$L_{jq}(\beta) = \frac{e^{V_{jq}(\beta)}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}(\beta)}} \quad (3-11)$$

که در آن:

$f(\beta)$: تابع چگالی از پارامتر β

$V_{jq}(\beta)$: جزء مشاهده شده تابع مطلوبیت گزینه j توسط فرد q است که به پارامتر β بستگی دارد.

در نهایت تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت ترکیبی به صورت رابطه ۳-۱۲ نوشته می‌شود.

$$P_{jq} = \int \left(\frac{e^{V_{jq}(\beta)}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}(\beta)}} \right) f(\beta) d\beta \quad (3-12)$$

با این تعریف تابع احتمال انتخاب مدل لوجیت ترکیبی یک میانگین وزنی از تابع احتمال انتخاب مدل

لوجیت چند جمله‌ای روی مقادیر مختلف β است. وزن در این مدل همان تابع چگالی است. در مطالعات

محققین مختلف طیف بسیار گسترده‌ای از توابع توزیع برای β در نظر گرفته شده است. برخی از رایج‌ترین

این توابع توزیع را می‌توان نرمال، لگاریتم نرمال، یکنواخت، مثلثی و S_B جانسون نام برد که در ادامه به طور

خلاصه به بررسی هریک از این توزیع‌ها پرداخته می‌شود (هنشر و همکاران ۲۰۰۵، پارک ۲۰۱۰، لی و

همکاران ۲۰۱۰). شایان ذکر است که در تمامی این توزیع‌ها μ و σ به ترتیب نشان‌دهنده میانگین و انحراف

معیار است.

۱- توزیع نرمال

توزیع نرمال به عنوان پرکاربردترین توزیع مورد استفاده در مدل‌های لوجیت ترکیبی شناخته می‌شود. تابع

چگالی در این توزیع به صورت رابطه ۳-۱۳ بیان می‌شود (پارک ۲۰۱۰).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \times -1} \quad x \in (-\infty, +\infty) \quad (3-13)$$

۲- توزیع لگاریتم نرمال^۱

این توزیع اغلب مواقعی که پارامتر به علامت مشخص (غیر منفی) نیاز دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر متغیر x دارای توزیع لگاریتم نرمال باشد، در آن صورت لگاریتم آن دارای توزیع نرمال خواهد بود. بنابراین با فرض $Ln(x) \sim N(\mu_N, \sigma_N)$ ، تابع چگالی به صورت رابطه ۳-۱۴ نوشته می‌شود (پارک ۲۰۱۰).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_N x \sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{Ln(x) - \mu_N}{\sigma_N}\right)^2 \times -1} \quad (3-14)$$

میانگین (μ_{LN}) و انحراف معیار (σ_{LN}) در توزیع لگاریتم نرمال به ترتیب برابر است با $e^{\mu_N + \frac{\sigma_N^2}{2}}$ و

$$\mu_{LN} \sqrt{e^{\sigma_N^2} - 1}$$

۳- توزیع یکنواخت

توزیع یکنواخت یکی از اساسی‌ترین توزیع‌های آماری به شمار می‌آید. در این توزیع به تمامی مقادیر موجود در دامنه تعریف آن، احتمال ثابت اختصاص داده می‌شود. برای x که در بازه $[a, b]$ توزیع یکنواخت داشته باشد، تابع چگالی به صورت رابطه ۳-۱۵ نوشته می‌شود (پارک ۲۰۱۰).

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{For } x < a \\ \frac{1}{b-a} & \text{For } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{For } x > b \end{cases} \quad (3-15)$$

در این توزیع μ و σ به ترتیب برابر است با $\frac{a+b}{2}$ و $\frac{b-a}{\sqrt{12}}$.

۴- توزیع مثلثی

توزیع مثلثی یک حالت تعمیم‌یافته از توزیع یکنواخت است. برای x که در بازه $[a, b]$ ، با میانه c ، توزیع مثلثی داشته باشد، تابع چگالی به صورت رابطه ۳-۱۶ نوشته می‌شود (پارک ۲۰۱۰).

¹ log - normal

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{For } a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-a)} & \text{For } c \leq x \leq b \\ 0 & \text{For } x < a, x > b \end{cases} \quad (3-16)$$

$$\text{در این توزیع } \mu \text{ و } \sigma \text{ به ترتیب برابر است با } \frac{a+b+c}{3} \text{ و } \sqrt{\frac{a^2+b^2+c^2-ab-ac-bc}{18}}$$

۵- توزیع S_B جانسون

توزیع S_B جانسون نیز می‌تواند به عنوان یک حالت تبدیل یافته از توزیع نرمال که دارای محدودیت از دو

طرف است، به شمار آید. اگر متغیرهای x و c دارای توزیع نرمال و S_B باشد، c برابر است با $\frac{e^x}{1+e^x}$. بنابراین

شکل توزیع، به میانگین و انحراف معیار در توزیع نرمال بستگی خواهد داشت و مقدار c بین ۰ و ۱ محدود

خواهد بود. با اضافه کردن اعداد ثابت در تساوی فوق می‌توان محدودیت c را به دلخواه تغییر داد (پارک

۲۰۱۰).

۳-۶-۱-۳ مدل لوجیت آشیانه‌ای

به منظور حل مشکل استقلال گزینه‌های نامرتبط در مدل لوجیت چند جمله‌ای، می‌توان از مدل لوجیت

آشیانه‌ای استفاده کرد (بن-اکیوا و همکاران ۱۹۸۵). به طور کلی ساختار لوجیت آشیانه‌ای از گروه‌بندی زیر

مجموعه‌های گزینه‌های وابسته به یکدیگر در سطوح مختلف تشکیل می‌شود. در صورتی که J مجموعه گزینه-

های سطح بالا و I_j مجموعه گزینه‌های سطح پایین در ساختار لوجیت آشیانه‌ای باشد، احتمال انتخاب

گزینه‌ها از روابط ۳-۱۷ تا ۳-۲۰ به دست می‌آید.

$$P(i) = P(j^*) \cdot P(i|j^*) \quad (3-17)$$

$$P(i|j^*) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{l \in I_{j^*}} \exp(V_l)} \quad (3-18)$$

$$P(j^*) = \frac{\exp(V_{j^*} + \phi_{j^*} \cdot V'_{j^*})}{\sum_{j \in J} \exp(V_j + \phi_j \cdot V'_j)} \quad (3-19)$$

$$V'_j = \ln(\sum_{i \in I_j} \exp(V_i)) \quad (3-20)$$

که در آن:

i : گزینه i در سطح پایین

j^* : یک گزینه خاص j در سطح بالا

$P(i|j^*)$: احتمال انتخاب گزینه i از سطح پایین به شرط انتخاب گزینه j^* در سطح بالا

$P(i)$: احتمال انتخاب گزینه i در سطح پایین

$P(j^*)$: احتمال انتخاب گزینه j^* در سطح بالا

$V(i)$: جزء معین مطلوبیت گزینه i

$V(j)$: جزء معین مطلوبیت گزینه j به استثنای بخش $V'(j)$ که می‌تواند به صورت برداری از متغیر-

های بیانگر مشخصات فرد تصمیم‌گیرنده و شرایط محیطی محاسبه شود

$V'(j)$: مطلوبیت معادل مجموعه گزینه‌های I_j در سطح پایین وابسته به گزینه j در سطح بالا

ϕ_{j^*} : ضریب بخش مطلوبیت معادل مجموعه گزینه‌های I_{j^*} است.

۲-۶-۳ مدل‌های رگرسیونی انتخاب گسسته

بررسی و شناخت رابطه بین متغیرها اساس کار رگرسیون است. می‌توان رابطه بین متغیرها را به شکل‌های

متفاوتی بیان کرد. این ارتباط ممکن است از نوع خطی یا غیر خطی باشد فرض کنیم $x_1, x_2, \dots, x_k$

متغیرهایی باشند که سبب تغییر در مقدار متغیر y می‌شوند آنگاه $x_1, x_2, \dots, x_k$ را متغیرهای مستقل و y را

متغیر وابسته گویند. تابعی که ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته را بیان می‌کند به تابع رگرسیون موسوم است (ربیعی و همکاران ۱۳۹۴).

۱-۲-۶-۳ رگرسیون لوجستیک

رگرسیون لوجستیک برای وضعیت‌هایی مفید است که شانس حضور رخداد یک پیشامد را بر اساس مقادیر یک مجموعه از متغیرهای پیشگویی کننده، مدنظر باشد. به عبارت دیگر اگر $x_1, x_2, \dots, x_5$ متغیرهای مستقل باشند و همچنین Y متغیر تابع باشد که تنها دو مقدار صفر و یک بگیرد؛ هدف رگرسیون لوجستیک یافتن مدلی است که بتوان برای هر فرد با مقادیر معلوم متغیرهای مستقل، شانس دارا بودن ویژگی مورد نظر را برای او پیدا کرد. در واقع می‌شود پیشگویی کرد که پیشامد Y با چه شانس رخ خواهد داد. ضرایب رگرسیون لوجستیک را می‌توان برای برآورد بخت هر یک از متغیرهای مستقل مدل به کار برد (ربیعی و همکاران ۱۳۹۴). هنگامی که رانندگان با چراغ زرد مواجه می‌شوند با دو انتخاب روبرو هستند: یا عبور کنند یا توقف کنند. با توجه به این وضعیت مدل رگرسیون باینری می‌تواند بیان کننده رفتار راننده در چنین حالتی باشد. این مدل به صورت رابطه ۳-۲۱ بیان می‌شود (حقیقی و همکاران ۲۰۱۸).

$$P_i(\text{Stop}) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} \quad (3-21)$$

$$Z_i = a + \sum_k b_k X_{ik} \quad (3-22)$$

P_i احتمال توقف i مین راننده و Z_i تابع خطی فاکتورهای مؤثر است. همچنین a را مقدار ثابت تابع خطی و X_{ik} را k مین متغیر مؤثر بر رفتار راننده می‌نامند. b_k نیز ضریب متغیر k است.

لازم به ذکر است که اگر رانندگان در شرایطی مانند این پژوهش که دارای سه انتخاب باشند قرار گیرند، احتمال مورد نظر طبق رابطه ۳-۹ محاسبه می‌شود.

۲-۲-۶-۳ مدل لوجیت رتبه‌ای

فرضیه اساسی مدل‌های انتخاب رتبه‌ای آن است که یک متغیر پیوسته غیرقابل مشاهده، که متغیر نهانی نامیده می‌شود، میزان تمایل فرد به گزینه مورد نظر را نشان می‌دهد. در مقابل، آنچه که مشاهده می‌شود انعکاسی است

از این تمایل نهانی که بصورت متغیری گسسته تعریف می‌شود. مدل‌های رتبه‌ای به دو شکل کلی لوجیت و پروبیت مطرح شده و دارای شکل کلی بصورت رابطه ۳-۲۳ هستند (هنشر و همکاران ۲۰۰۲).

$$Y_i = \beta X_i + \varepsilon_i \quad (3-23)$$

که در آن، Y_i متغیر وابسته غیرقابل مشاهده از نوع فاصله‌ای مربوط به مشاهده i که اولویت‌گزینۀ مورد نظر را تعیین می‌کند، X_i بردار ویژگی‌های مرتبط با مشاهده i ، β بردار ضرایب مدل و ε_i قسمت تصادفی مشاهده i است. حال فرض می‌شود که واکنش قابل اندازه‌گیری از نوع رتبه‌ای مربوط به مشاهده i و متناظر Y_i و دارای M گروه واکنش $R_1, R_2, \dots, R_M$ و منتج از متغیر Y_i به صورت زیر است. فرض می‌شود $M+1$ عدد حقیقی $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_M$ با شرط زیر وجود دارند: (رابطه ۳-۲۴)

$$\mu_0 \leq \mu_1 \leq \dots \leq \mu_M \quad (3-24)$$

$R_i \in R_j \longleftrightarrow \mu_{j-1} \leq Y_i \leq \mu_j$
 μ_i آستانه بالای گروه واکنشی i است که Z_i و مقدار آن را تعیین می‌کند. از آنجا که Z_i رتبه‌ای است، می‌تواند به صورت مجموعه‌ای از متغیرهای ساختگی مانند رابطه ۳-۲۵ و رابطه ۳-۲۶ تعریف شود:

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1, & Z_i \in R_j \\ 0 \end{cases} \quad (3-25)$$

$$Z_{ij} = 1 \longleftrightarrow \mu_{j-1} \leq Y_i \leq \mu_j \longleftrightarrow \mu_{j-1} \leq \sum_k \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \leq \mu_j \quad (3-26)$$

$$\frac{(\mu_{j-1} - \sum_k \beta_k X_{ki})}{\sigma} \leq \frac{(\mu_j - \sum_k \beta_k X_{ki})}{\sigma}$$

$k = 1, \dots, K$ که K نشان دهنده ویژگی‌گزینۀ و σ انحراف معیار ε_i است. اگر ε_i دارای توزیع لوجستیک باشد، مدل لوجیت رتبه‌ای و چنانچه دارای توزیع نرمال باشد، مدل پروبیت رتبه‌ای حاصل می‌گردد. لوجیت رتبه‌ای به صورت رابطه ۳-۲۷ است:

$$pr(Z_{ij} = 1) = pr(Z_i \in R_j) - F((\mu_j - \sum_k \beta_k X_{ki}) / \sigma) \quad (3-27)$$

که در آن $f(t)$ تابع توزیع تجمعی لوجستیک به صورت $(1 + e^{-t})^{-1}$ است.

۳-۶-۲-۳ مدل پروبیت

با در نظر گرفتن توزیع وابسته و نابرابر برای قسمت احتمالی تابع مطلوبیت، مدل پروبیت حاصل می‌گردد. این مدل به مانند مدل لوجیت ترکیبی امکان تغییرات در سلیقه های تصادفی، استفاده از انواع الگوهای جانشینی و نیز همبستگی در جزء مشاهده نشده در زمان را فراهم می‌آورد. اما بر خلاف مدل لوجیت ترکیبی وابسته به توزیع نرمال است (ترین و همکاران ۲۰۰۹).

با در نظرگیری تابع نرمال با میانگین صفر و کواریانس Ω تابع چگالی قسمت احتمالی مطلوبیت به صورت رابطه ۳-۲۸ و احتمال انتخاب گزینه j توسط فرد q به صورت رابطه ۳-۳۰ بیان می‌گردد (مک فادن و ترین ۲۰۰۰).

$$\Phi(\varepsilon_q) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{J}{2}} |\Omega|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2} \varepsilon_q' \Omega^{-1} \varepsilon_q} \quad (3-28)$$

که در آن:

J : تعداد کل گزینه های پیشروی فرد q

ε_q' : ماتریس قسمت احتمالی تابع مطلوبیت فرد q در گزینه های مختلف رابطه ۳-۲۹ است.

$$\varepsilon_q' = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1q} \\ \varepsilon_{2q} \\ \vdots \\ \vdots \end{pmatrix} \quad (3-29)$$

$$P_{jq} = \int I(V_{jq} + \varepsilon_{jq} > V_{mq} + \varepsilon_{mq}) \phi(\varepsilon_q) d\varepsilon_q \quad (3-30)$$

که در آن $I(.)$ یک تابع شاخص است. زمانی که عبارت داخل پرانتز صحیح باشد، مقدار آن ۱ و در صورت ناصحیح بودن عبارت داخل پرانتز مقدار آن صفر است.

در مدل پروبیت پارامترهای خطا از توزیع نرمال مشترک برخوردار هستند. در این مدل بر خلاف مدل

لوجیت چند جمله‌ای، ماتریس واریانس-کواریانس قطری نیست) فاکتورهای مشاهده نشده برای گزینه های مختلف با هم رابطه دارند) (ترین و همکاران ۲۰۰۹).

۳-۷ ضوابط ارزیابی مدل‌ها

ضوابط متفاوتی برای ارزیابی مدل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌گردد:

۳-۷-۱ آماره p-value

به منظور تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای توضیحی مدل، از آماره‌ی p-value استفاده می‌شود. این آماره بیانگر، میزان احتمال آنکه هیچ ارتباطی بین نمونه و جامعه وجود نداشته باشد، است. در بیشتر مطالعات، مقدار p-value 5 درصد، به عنوان حداکثر خطای قابل قبول در نظر گرفته می‌شود، اما p-value ۱۰ درصد نیز قابل قبول است (هنشر و همکاران ۲۰۰۵).

۳-۷-۲ آماره t

به منظور تعیین اهمیت هریک از متغیرهای توصیفی مدل در سطوح اطمینان ۹۹٪، ۹۵٪ و ۹۰٪ همانند سایر مدل‌های روندگرا از آماره t^۱ استفاده می‌شود. منظور از آماره t همان آزمون t است (رابطه ۳-۳۱). در این آزمون مشخص می‌شود ضرایب برآورد شده برای هریک از متغیرها، با سطح اطمینان مشخص (مثلاً سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقدار بحرانی t برابر با ۱/۹۶)، درست برآورد شده و یا برابر صفر است. اگر برای سطح اطمینان مشخصی آماره t (بدون در نظر گرفتن علامت) کمتر از مقدار معینی شود، آن متغیر در سطح مورد نظر، معنی‌دار نخواهد بود. به بیان ساده تر، اگر ضریب صفر شود، متغیر مربوط به آن ضریب نیز اثری در مدل نخواهد داشت (پارک ۲۰۱۰).

(۳-۳۱)

$$t - test = \frac{\bar{X} - \mu}{Std\ error}$$

که در آن Std error خطای استاندارد، $\bar{X}$ میانگین و μ مقدار فرضیه صفر می‌باشد.

^۱ t - statistic

۳-۷-۳ آزمون wald

در مدل‌های لجیت آشیانه‌ای متغیری تحت عنوان لگاریتم مجموع^۱ از شاخه‌های سطوح پایین به بالا انتقال می‌یابد. ضریب این متغیر ضریب IV (۲) Φ_j در رابطه ۳-۱۹ نام دارد و توسط نرم افزار محاسبه و ارائه می‌شود. محدوده این ضریب در رابطه ۳-۳۲ نشان داده شده است (هنشر و همکاران ۲۰۰۵).

$$0 < IV_{Par} < 1 \quad (3-32)$$

همانطور که مشاهده می‌شود این ضریب باید بین دو عدد صفر و یک باشد در غیر این صورت با مفهوم بیشینه‌سازی مطلوبیت جهانی^۳ در تضاد است. برای آزمودن غیر صفر بودن این ضریب از آزمون t استفاده می‌شود و برای سنجش غیر یک بودن آن از آزمون Wald به صورت رابطه ۳-۳۳ استفاده می‌گردد (هنشر و همکاران ۲۰۰۵).

$$Wald - test = \frac{IV_{Par} - 1}{Std\ error} \quad (3-33)$$

که در آن Std error خطای استاندارد ضریب IV است.

در مدل‌های پرداخت شده این پژوهش فرض شده است که یکی از ضرایب IV به عدد یک نرمال شود و آماره t و آزمون Wald برای سایر ضرایب IV محاسبه شده است.

۳-۷-۴ نیکویی برازش

هنگامی که مدل اولیه تخمین زده می‌شود، بهترین ارزیابی بررسی علامت ضرایب برآورد شده، مقادیر آن‌ها و بررسی سطح معنی داری هر پارامتر است. اما به منظور مقایسه مدل‌های برآورد شده در مراحل بعدی از ضریب خوبی برازش استفاده می‌شود که این ضریب نشان دهنده بهبود یا عدم بهبود مدل‌های بعدی است (کوپلمن و همکاران ۲۰۰۶).

آماره ρ^2 برازندگی کلی مدل را نشان می‌دهد و براساس معیار سنجش مورد استفاده، انواع آن تعریف می‌گردد.

¹ logsum or Inclusive Value (IV)

² Inclusive Value Parameter

³ global maximum utility

در ادامه توضیحاتی در مورد هر کدام از انواع این آمارها داده می‌شود.

ρ_0^2 برابر است با اختلاف بین لگاریتم تابع تمایل (مطلوبیت) در حالت ضرایب صفر با ضرایب به دست آمده از روش تخمین تمایل بیشینه نسبت به اختلاف بین لگاریتم تابع تمایل در حالت ضرایب صفر با ضرایب به دست آمده در بهترین حالت ممکن و به صورت رابطه ۳-۳۴ نشان داده می‌شود.

$$\rho_0^2 = \frac{LL(\beta) - LL(0)}{LL(*) - LL(0)} \quad (3-34)$$

مقدار LL^1 در چهار حالت زیر تعریف می‌شود (ویلسمن و همکاران ۲۰۱۱):

۱- $LL(0)$: حالتی که تمام ضرایب در مدل صفر باشد و سهم تمام وسایل با هم برابر در نظر گرفته شود.

۲- $LL(C)$: حالتی که تابع مطلوبیت هر گزینه برابر با سهم آن در وضع موجود قرار داده شود یا به عبارت

دیگر تابع مطلوبیت هریک از گزینه‌ها به صورت عدد ثابت تعریف شود.^۲

۳- $LL(\beta)$: حالتی که ضرایب در توابع مطلوبیت براساس روش تمایل بیشینه تخمین زده شود.

۴- $LL(*)$: حالتی که مدل ارائه شده پیش‌بینی آینده را بسیار مناسب و کامل انجام دهد^۳ که این حالت به

عنوان حد نهایی فرض شده و قابل دستیابی نیست. این حالت در واقع ماکزیمم مقدار تمایل را نشان می‌دهد

که در این حالت مدل کاملاً بر مشاهدات منطبق است. در مقام تمثيل می‌توان آن را در مدل‌های رگرسیون با

برازش مشابه دانست (ویلسمن و همکاران ۲۰۱۱).

بین مقادیر لگاریتم تابع تمایل در چهار حالت مذکور باید شرطی به صورت رابطه ۳-۳۵ برقرار باشد.

$$LL(0) \leq LL(C) \leq LL(\beta) \leq LL(*) = 0 \quad (3-35)$$

حالت کامل و بی نقصی که به آن اشاره شده، احتمال پیشامد هر گزینه را به گونه‌ای ارائه و برآورد می‌کند

که احتمال وقوع در حالت کلی برابر یک باشد. براساس مقدار $LL(*)$ که در واقع $LL(1)$ است، برآورد صفر

¹ log likelihood

² constant only models

³ perfect prediction models

خواهد شد و رابطه مذکور به شکل رابطه ۳-۳۶ تبدیل می‌شود.

$$\rho_0^2 = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(0)} \quad (3-36)$$

به طور مشابه، اگر لگاریتم تابع تمایل در حالت تابع مطلوبیت به صورت عدد ثابت، به عنوان مرجع در نظر گرفته شود، ρ_c^2 به صورت رابطه ۳-۳۷ تعریف می‌شود.

$$\rho_c^2 = \frac{LL(\beta) - LL(C)}{LL(*) - LL(C)} = \frac{LL(\beta) - LL(C)}{0 - LL(C)} = 1 - \frac{LL(\beta)}{LL(C)} \quad (3-37)$$

بنابراین طبق تعریف، ρ_0^2 و ρ_c^2 در بازه $[0,1]$ قرار دارند. مقدار $\rho^2 = 0$ بیان می‌کند که مدل به دست آمده بهتر از مدل مرجع نبوده و بهتر است مدل مرجع ارائه گردد و برعکس $\rho^2 = 1$ بیان می‌کند که مدل به دست آمده، مدل کامل و بی نقصی است (کوپلمن و همکاران ۲۰۰۶).

ضرایب فوق مانند ضریب R^2 در تحلیل مدل‌های رگرسیونی است با این تفاوت که بالا بودن این ضریب به طور مطلق نشان دهنده خوبی مدل نبوده و تنها مقایسه این ضریب بین دو مدل برآورد شده، می‌تواند گویای خوبی برازش مدل‌ها نسبت به هم باشد.

مشکلات آماره‌های ρ^2 :

۱- مشکلی که در مورد هر دو معیار اندازه گیری ρ^2 وجود دارد این است که معیاری برای سنجش مناسب بودن ρ^2 وجود ندارد. این ضرایب معمولاً در بازه محدود تغییر می‌کنند و باید به این نکته در مقایسه بین گزینه‌های مختلف توجه داشت و شاید بهتر باشد که از این معیارها برای تایید انتخاب یک مدل مطلوب از بین مدل‌های مختلف، استفاده کرد.

۲- مشکل دیگری که در رابطه با این معیارها وجود دارد این است که بهبودهای حاصل از اضافه کردن یک متغیر به مدل را، گذشته از این که اهمیت آن متغیر چه اندازه است، شناسایی نمی‌کنند. این اشکال مستقیماً به این مسئله برمی‌گردد که با اضافه شدن یک متغیر به مدل و زیاد شدن درجات آزادی آن که گاهی اوقات می‌تواند بیشتر از 1 نیز باشد، هنوز از یک سری اطلاعات یکسان برای تخمین خوب بودن مدل

بهره برده می‌شود. یک راه حل برای این است که معیار ρ^2 را با معیار بهبود یافته و اصلاح شده $\bar{\rho}^2$ جایگزین کنیم که به نوعی می‌خواهد مشکل بوجود آمده را تا حدی کاهش دهد. براین اساس $\bar{\rho}^2$ طبق رابطه‌ی ۳-۳۸ و ۳-۳۹ محاسبه خواهد شد.

$$\bar{\rho}_0^2 = 1 - \frac{LL(\beta) - K}{LL(0)} \quad (3-38)$$

$$\bar{\rho}_c^2 = 1 - \frac{LL(\beta) - K}{LL(C) - K_{ms}} \quad (3-39)$$

که K تعداد متغیر مستقل منهای یک و K_{ms} تعداد توابع مطلوبیت منهای یک می‌باشد.

۳-۷-۵ آزمون نسبت درست نمایی

برای اعتبارسنجیکل مدل و مقایسه مدل تخمین زده شده با مدل پایه، از این آزمون استفاده می‌شود روش کار آن به این صورت است که باید مشخص شود میزان تفاوت $LL(\beta)$ با $LL(0)$ در مدل مورد نظر دارای معنی است یا خیر. این آزمون با استفاده از توزیع مربع خی^۱ صورت می‌گیرد. که باید رابطه ۳-۴۰ برقرار باشد.

$$-2[LL(0) - LL(\beta)] > \chi_{N,1-\alpha}^2 \quad (3-40)$$

که در آن α سطح معناداری و N تعداد پارامترهای برآورده شده در مدل است. در صورتیکه، مقدار $-2[LL(0) - LL(\beta)]$ بیشتر از مقدار بحرانی χ^2 باشد برتری مدل تخمینی نسبت به مدل پایه مشخص باشد می‌گردد (سورنسن ۲۰۰۳).

۳-۷-۶ نمودار ROC

یکی از روش‌های ارزیابی نتایج حاصل از طبقه‌بندی^۲، استفاده از منحنی ((مشخصه عملکرد سیستم)) یا ROC^۳ است. که ابزاری برای نمایش دقت و کارایی یک تکنیک رده‌بندی یا دسته‌بندی است. نحوه ارزیابی

^۱ chi-square

^۲ categorized

^۳ Receiver Operating Characteristics

در منحنی ROC، به شیوه‌ای است که براساس نمونه‌هایی که دسته یا رده‌های آن‌ها مشخص است، اقدام کرده و نتیجه دسته‌بندی الگوریتم رده‌بندی را با رده‌های واقعی مقایسه می‌کند. تعداد حالاتی که تشخیص رده به درستی یا نادرستی صورت گرفته، مبنایی برای محاسبه نواحی مختلف در منحنی ROC است.

در منحنی ROC محور عمودی حساسیت^۱ و محور افقی آن همان (ویژگی - ۱)^۲ است. حساسیت را نرخ مثبت صحیح نیز می‌نامند و بدین معنی است که احتمال اینکه پیشامدی رخ داده است و بطور صحیح پیش‌گویی کرده باشیم. ویژگی را نرخ منفی صحیح می‌گویند که برابر است با احتمال اینکه پیشامدی رخ نداده است و بطور صحیح پیش‌گویی کرده باشیم. مساحت زیر منحنی ROC که به اختصار با AUC^۳ تعیین شده است، نشان می‌دهد که نتیجه سنجش برای یک مورد مثبت که البته به طور تصادفی انتخاب شده است، با چه احتمالی نتیجه را برای یک مورد منفی به طور تصادفی افزایش می‌دهد. مقدار عددی AUC به وضوح عددی بین صفر تا یک است و نشان می‌دهد قدرت تشخیص یا درستی نتایج یک آزمون چقدر می‌باشد. اگر این عدد به یک نزدیک باشد، به معنای آن است که میزان نرخ مثبت صحیح بالا است و روش آزمون از قدرت تشخیص یا درستی مناسبی برخوردار است.

۳-۸ معرفی نرم افزارهای مورد استفاده در این پژوهش

۳-۸-۱ نرم افزار SPSS

نرم افزار SPSS (شکل ۳-۷) یکی از قدیمی ترین نرم افزارهای آماری می‌باشد که توانایی بالایی در تجزیه و تحلیل داده‌ها دارد SPSS^۴ ابتدا به وسیله‌ی عده‌ای غیر آماری طراحی گردید و سپس کارشناسان آماری در آن وارد گردیدند. به همین دلیل نرم افزار بسیار ساده‌ای است و استفاده از آن برای غیر آماری‌ها بسیار آسان

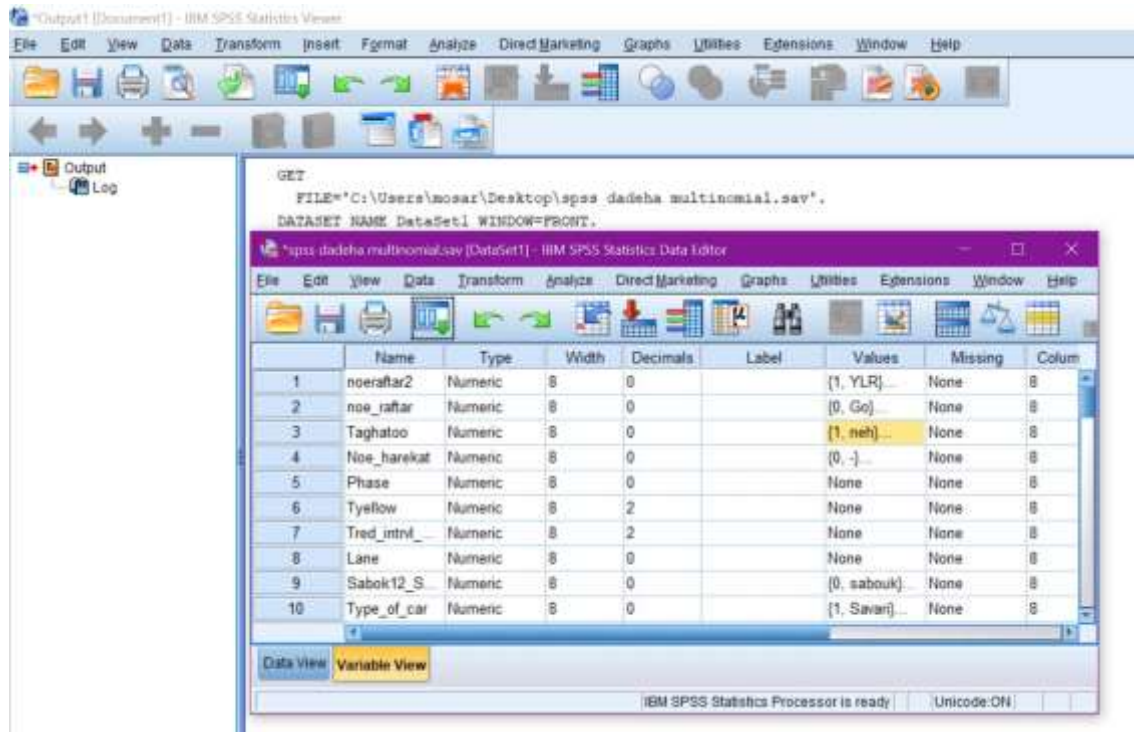
^۱ sensitivity

^۲ 1- Specificity

^۳ Area Under the Curve

^۴ Statistical Processor for Social Science

است. این نرم افزار تنوع گرافیکی خوبی دارد که می تواند تجزیه واریانس، آزمون های آماری، رگرسیون، آنالیز چند متغیره و تهیهی جداول و نمودارهای متنوع یک یا چند بعدی و غیره را مورد بررسی قرار دهد.

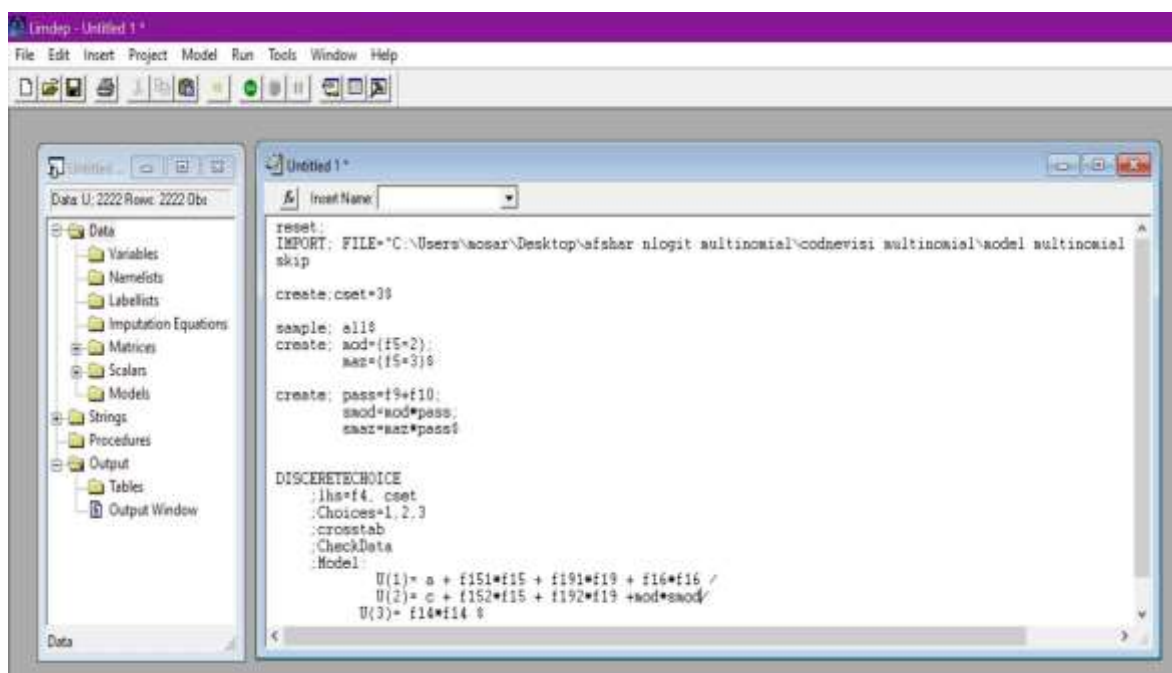


شکل ۷-۳. تصویری از محیط نرم افزار SPSS

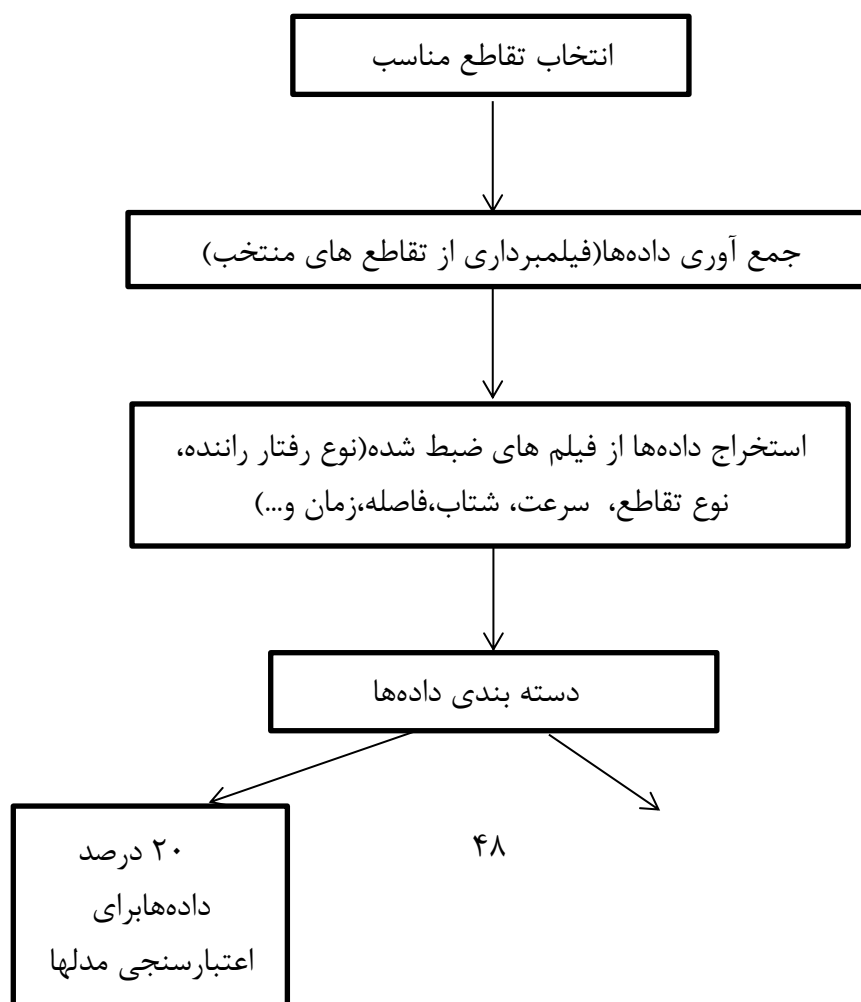
۲-۸-۳ نرم افزار NLOGIT

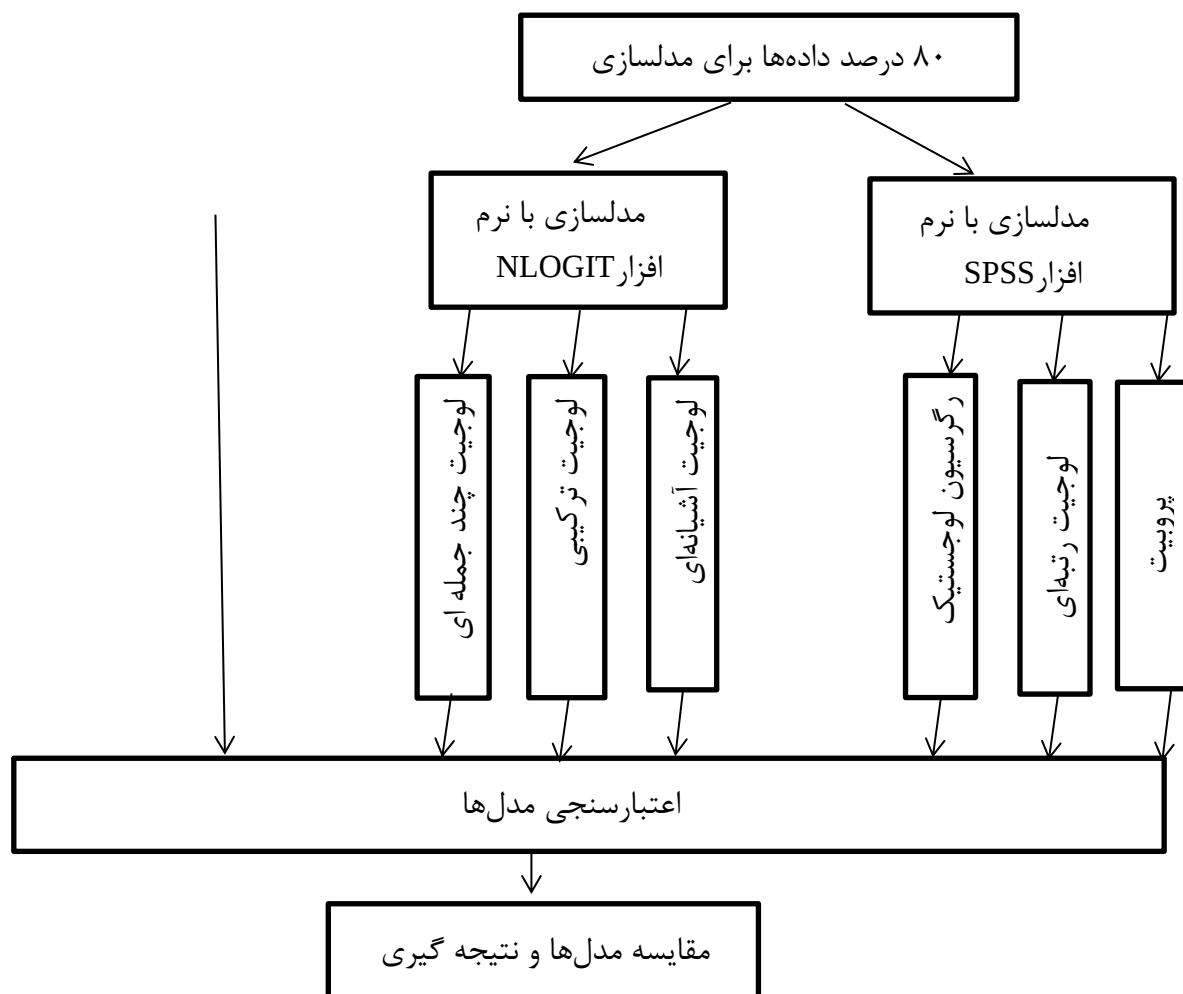
طبق گفتهی سایت سازنده^۱ نرم افزار NLOGIT (شکل ۳-۸) اصلی ترین نرم افزار برای مدل سازی انتخاب است که شامل مجموعه کاملی از ویژگی های یک برنامه آماری یکپارچه است. NLOGIT برنامه هایی را برای برآورد، شبیه سازی و تجزیه و تحلیل داده های انتخاب چند جمله ای، مانند انتخاب نام تجاری، انتخاب وسیله در حمل و نقل و بطور کلی همه داده هایی که در آن فرد تصمیم گیرنده از بین گزینه های رقابتی انتخاب می کند. از زمان معرفی آن (تقریباً ۲۰ سال پیش)، NLOGIT به عنوان نرم افزار آماری برتر برای تخمین و شبیه سازی مدل های لجیت چند جمله ای تبدیل شده است. این نرم افزار تنها برنامه موجود است که از ترکیب مجموعه داده های آماری و توصیفی انتخاب پشتیبانی می کند.

^۱ www.limdep.com



شکل ۸-۳. تصویری از محیط نرم افزار NLOGIT





شکل ۹-۳. نمودار خلاصه روش انجام پژوهش

فصل ۴ : نتائج

۴-۱ مقدمه

در فصل چهارم، ابتدا به معرفی متغیرها پرداخته شده است، سپس آماره توصیفی از داده‌ها مربوط به خودروها در ناحیه تردید بیان می‌شود. بعد از آن نتایج مدلسازی بطور جداگانه آورده شده و مدل‌ها با روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. در گام بعدی، اعتبارسنجی مدل‌ها با ۲۰ درصد از داده‌ها انجام شده است و در پایان به مقایسه مدل‌ها با یکدیگر پرداخته شده است.

۴-۲ معرفی متغیرهای موجود در مدلسازی

در این پژوهش به منظور مدلسازی ناحیه تردید در تقاطعات نهضت، مدرس و مازندران تعدادی متغیر و همچنین تعدادی اصطلاح، مورد استفاده قرار گرفته است که در ابتدای این فصل نیاز است بطور کامل معرفی شوند. این متغیرها در جدول ۴-۱ آمده است.

جدول ۴-۱. تعریف متغیرهای بکار برده شده

متغیر	تعریف	واحد/مقدار
X_o	فاصله تا تقاطع هنگام چراغ زرد	متر
$X_{o<52}$	فاصله تا خط توقف کمتر از ۵۲ متر	متر
V_o	سرعت هنگام زرد شدن چراغ	کیلومتر بر ساعت
T_a	زمان رسیدن به تقاطع پس از زرد شدن چراغ	ثانیه
V_y	سرعت در بازه چراغ زرد	کیلومتر بر ساعت
a_y	شتاب در بازه چراغ زرد	متر بر مجذور ثانیه
$SMod$	سواری‌های موجود در تقاطع مدرس	۰ یا ۱
Neh	تقاطع نهضت	۰ یا ۱
Maz	تقاطع مازندران	۰ یا ۱
$Pass$	خودروهای شاسی بلند و سواری	۰ یا ۱
$Taghato$	نام تقاطع	۱: نهضت ۲: مدرس ۳: مازندران
$Sangin$	خودروی سنگین	۰ یا ۱

۳-۴ آمار توصیفی

به منظور تجزیه و تحلیل کلی متغیرها مورد بررسی در این پایان نامه ابتدا آماره توصیفی آن‌ها در جدول ۴-۲ آورده شده است. تعداد کلی داده‌های مورد بررسی ۸۷۹ خودرو می‌باشد، این داده‌ها مربوط تمام خودروهای مشاهده در فاز زرد بوده و فارغ از نوع خودرو اعم از : سواری، شاسی بلند، نیمه سنگین و سنگین و همچنین بدون در نظر گرفتن تقاطع (نهضت، مدرس و مازندران) آورده شده است.

جدول ۴-۲. آمار توصیفی

پارامترهای مورد بررسی	X_o (m)	V_o (km/hr)	T_a (s)	V_y (km/hr)	a_y (m/s ²)
تعداد خودروهای مورد بررسی	879	879	878	878	879
میانگین	48/09	32/07	8/09	21/87	-0/93
میانه	37/00	34/20	6/58	21/15	-0/85
مد	0/25	39/60	0/04	13/489	-0/91
انحراف معیار ^۱	41/37	15/80	7/28	12/08	1/02
واریانس	1711/41	249/63	52/94	145/84	1/03
چولگی ^۲	0/47	-0/12	1/49	0/81	0/21
کشیدگی ^۳	-1/16	-0/73	3/43	1/09	6/97
دامنه	139/77	78/10	45/90	77/08	13/79
کمینه	0/10	1/10	0/02	0/36	-6/16
بیشینه	139/87	79/20	45/92	77/44	7/63
صدک ها ^۴	25	9/50	2/36	13/08	-1/46
	50	37/00	6/58	21/15	-0/85
	75	84/00	11/69	28/41	-0/38

¹ Standard deviation

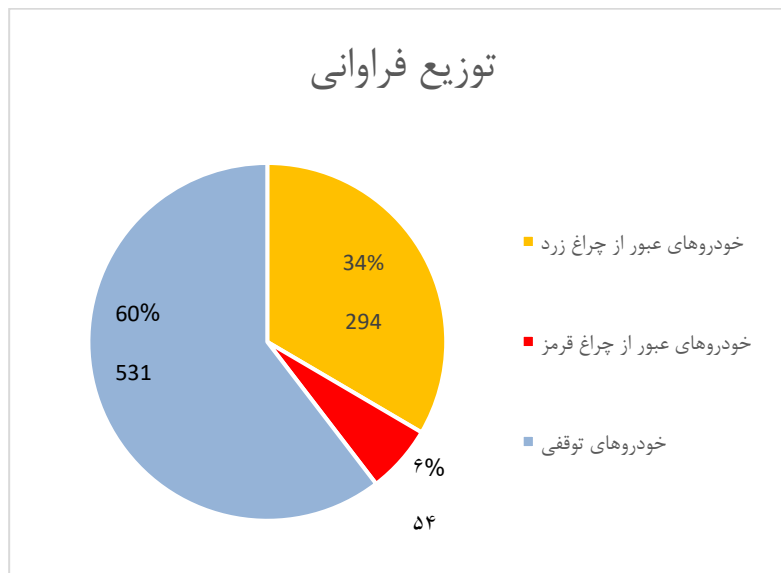
² Skewness

³ kurtosis

⁴ Percentiles

فاصله تا خط توقف خودروها به طور میانگین ۴۸/۰۹ متر و انحراف از معیار آن ۱/۴۰ بوده است. میانگین سرعت خودروهای مشاهده شده درابتدای چراغ زرد ۳۲ کیلومتر بر ساعت بوده و همچنین میانگین سرعت در طول بازه زرد ۲۱/۸۷ کیلومتر بر ساعت بوده است. این کاهش سرعت در خودروها می تواند به احتیاط رانندگان در هنگام چراغ زرد مرتبط باشد.

در شکل ۴-۱ توزیع فراوانی داده ها قابل مشاهده است. نمودار نشان می دهد که ۶۰ درصد خودروها در هنگام چراغ زرد توقف کرده اند و ۳۴ درصد آن ها هنگام چراغ زرد از تقاطع عبور کرده اند و ۶ درصد مابقی بعد از مشاهده چراغ زرد وارد تقاطع شده اند و در این هنگام چراغ قرمز شده است.



شکل ۴-۱. توزیع فراوانی داده ها

۴-۴ تحلیل و بررسی نتایج حاصل از مدلسازی

برای مدلسازی داده های مورد بررسی ۸۰ درصد از داده ها (معادل ۷۰۳ عدد) بکار گرفته شده است (بخش ۴-۴) و ۲۰ درصد مابقی (معادل ۱۷۶ عدد) برای صحت سنجی مدل ها استفاده شده است که در بخش ۴-۵ آمده است.

لازم به ذکر است که در ساخت مدل های لوجیت چندجمله ای، لوجیت آشیانه ای و لوجیت ترکیبی از نرم افزار NLOGIT (مدل های مطلوبیت) و برای ساخت مدل های رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه ای و پروبیت

از نرم افزار SPSS (مدل های رگرسیونی) استفاده شده است.

۴-۴-۱ نتایج لجیت چند جمله ای

برای ساخت مدل لجیت چند جمله ای متغیرهای سرعت، شتاب، فاصله تا خط توقف، زمان تا خط توقف و سواری های عبوری از تقاطع مدرس استفاده شده است. جدول ۳-۴ فرم عمومی (توابع مطلوبیت) انتخاب رانندگان را نشان می دهد.

جدول ۳-۴. توابع مطلوبیت مربوط به مدل لجیت چند جمله ای

انتخاب (تصمیم)	مدل مطلوبیت
عبور هنگام چراغ زرد	$U(1) = a_1 + a_2 \times V_{o1} + a_3 \times a_{y1} + a_4 \times T_a$ ^۱
عبور هنگام چراغ قرمز	$U(2) = a_5 + a_6 \times V_{o2} + a_7 \times a_{y2} + a_8 \times SMod$
توقف	$U(3) = a_9 \times X_o$

جدول ۴-۴. نتایج پرداخت مدل لجیت چند جمله ای

نماد	متغیر	ضریب B	خطای استاندارد	p-value	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	t-value
a_1	عدد ثابت	23/027	3/619	۰/۰۰۰	15/934	6/36
a_2	V_{o1}	۰/۴۳۷	۰/۰۶۵	۰/۰۰۰	۰/۳۰۹	۰/۵۶۵
a_3	a_{y1}	9/069	1/365	۰/۰۰۰	6/393	11/746
a_4	T_a	-6/452	1/046	۰/۰۰۰	-8/503	-4/400
a_5	عدد ثابت	-۰/۷۱۱	۰/۵۸۱	۰/۲۲۱	-1/850	۰/۴۲۷
a_6	V_{o2}	۰/۳۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	0/252	0/449
a_7	a_{y2}	9/206	1/209	۰/۰۰۰	6/835	11/576
a_8	$SMod$	-1/203	۰/۵۳۶	۰/۰۲۴	-2/256	-۰/۱۵۱
a_9	X_o	۰/۱۱۶	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰	۰/۰۸۰	۰/۱۵۲

انتخاب های راننده در هنگام رویت چراغ زرد به شرح زیر می باشد:

*** اعداد در اندیس های متغیرها نشان دهنده ی آن است که آن متغیر در کدام انتخاب تاثیر دارد به عنوان مثال V_{o1} اثر سرعت در هنگام چراغ زرد را بر انتخاب اول (عبور هنگام چراغ زرد) نشان می دهد.

۱- عبور هنگام چراغ زرد (YLR): راننده در این حالت هنگام مشاهده چراغ زرد تصمیم به عبور از تقاطع می گیرد و موفق به تخلیه تقاطع میشود.

۲- عبور هنگام چراغ زرد (RLR): راننده در این وضعیت هنگام چراغ زرد قصد عبور از تقاطع را می کند ولی تا قبل از پایان چراغ زرد موفق به تخلیه تقاطع نمی گردد و تقاطع را مسدود میکند.

۳- توقف هنگام چراغ زرد (FTS): این دسته از رانندگان وقتی چراغ زرد را مشاهده می کنند محتاط تر عمل کرده و تصمیم به توقف می گیرند.

در جدول ۴-۴ نتایج پرداخت مدل لجیت چندجمله ای آورده شده است. در این جدول درستون دوم متغیرهای مورد استفاده در مدل آورده شده است. ضریب B که در ستون سوم آمده است میزان تاثیر در مدل را نشان می دهد.

طبق جدول ۴-۴ می توان برداشت کرد که:

۱- براساس بخش ۱-۷-۳، از آنجا که مقادیر سطح معناداری (P-value) برای تمام متغیرها کمتر از 0/05 می باشد می توان گفت متغیرها در مدل لجیت چندجمله ای موثر بوده اند و تمامی متغیرها در سطح ۰/۰۵ معنادار هستند.

۲- طبق بخش ۲-۷-۳ و همچنین مقادیر مربوط به ستون t-value می توان گفت که قدر مطلق تمام این مقادیر بزرگتر از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) است. پس مقادیر ضرایب متغیرها در مدل لجیت چندجمله ای اختلاف معناداری با مقدار یک در سطح اطمینان ۹۵ دارند.

۳- با توجه به اعداد ستون ضریب B می توان برداشت کرد که:

- ضریب متغیر V_{01} با توجه به مثبت بودن، اثر مستقیم بر انتخاب اول راننده دارد. یعنی با افزایش

سرعت، احتمال اینکه راننده تصمیم به عبور از چراغ زرد بگیرد بیشتر است.

- با توجه به این که ضریب a_{y1} مثبت است، می توان گفت هرچه شتاب خودرو بیشتر باشد راننده

ترجیح می دهد تا از چراغ زرد عبور کنند.

- T_a دارای ضریبی مساوی با $۶/۴۵۲$ می باشد که این ضریب نشان می دهد که زمان رسیدن تا خط توقف رابطه معکوس با انتخاب راننده مبنی عبور هنگام چراغ زرد دارد. به بیان دیگر هرچه زمان رسیدن تا خط توقف بیشتر باشد امکان این که راننده از چراغ زرد عبور کند کمتر است. این متغیر بیشتر اثر بازدارنده بر تصمیم راننده بر عبور از چراغ را دارد.
- ضریب متغیر V_{o2} مثبت است و نشان دهنده اینست که با افزایش سرعت، امکان اینکه راننده تصمیم به عبور از چراغ زرد بگیرد و در حین عبور از تقاطع چراغ قرمز شود، بیشتر است.
- ضریب a_{y2} با مقدار $۲/۹$ دارای اثر مستقیم و زیادی بر انتخاب راننده به عبور از چراغ زرد است. همچنین با توجه به اینکه ضریب آن بیشترین مقدار را در بین ضرایب متغیرها دارد می توان گفت شتاب خودرو بیشترین تاثیر را بین متغیرها در مدل دارد.
- $S Mod$ که در واقع همان سواری مشاهده شده در تقاطع مدرس است (که مقدار صفر یا یک دارد) دارای ضریب منفی بوده است. یعنی سواری های موجود در تقاطع مدرس با احتمال کمتری در زمان نامناسب از چراغ زرد عبور می کنند.
- ضریب X_o نشان می دهد که هر چقدر فاصله تا خط توقف بیشتر باشد راننده تمایل بیشتری به توقف دارد در واقع رانندگان وقتی می بینند که فاصله آن ها تا تقاطع زیاد است ریسک نکرده و عبور نمی کنند.

۱-۴-۴ ارزیابی مدل

ارزیابی بانیکویی برازش: براساس جدول ۴-۵ که در آن شاخص های برازش مدل نمایش داده شده می توان گفت از آنجا که مقدار ρ_0^2 و ρ_c^2 به عدد یک نزدیک می باشند و فاصله قابل قبولی از صفر دارند، مدل لجیت چندجمله ای ساخته شده (طبق بخش ۴-۷-۳) برازنده است.

ارزیابی با نسبت درست نمایی: باتوجه به مقادیر جدول ۴-۵ و براساس بخش ۵-۷-۳ می توان گفت چون رابطه ی $\chi_{10}^2(0.05df) > -2[LL(0) - LL(\beta)]$ برقرار است بنابراین در این مدل $LL(0)$ و $LL(\beta)$

اختلاف معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارند.

ارزیابی با درصد برآورد درست: باتوجه به جدول ۴-۶ و مقادیر قطر اصلی، درصد برآورد درست بسیار مطلوب و برابر ۹۷/۲ درصد است.

جدول ۴-۵. شاخص‌های نیکویی برازش مدل لجیت چند جمله‌ای

$-65/018$	$LL(\beta)$
$-596/517$	$LL(C)$
$-772/324$	$LL(0)$
$0/915$	ρ_0^2
$0/891$	ρ_c^2
$-2[LL(0)-LL(\beta)] = 1414/612$	$\chi^2_{10}(0.05df) = 1060/981$
$147/9$	AIC
۷۰۱	تعداد مشاهده
۹	تعداد متغیرهای مستقل

جدول ۴-۶. درصد برآورد درست مدل لجیت چند جمله‌ای

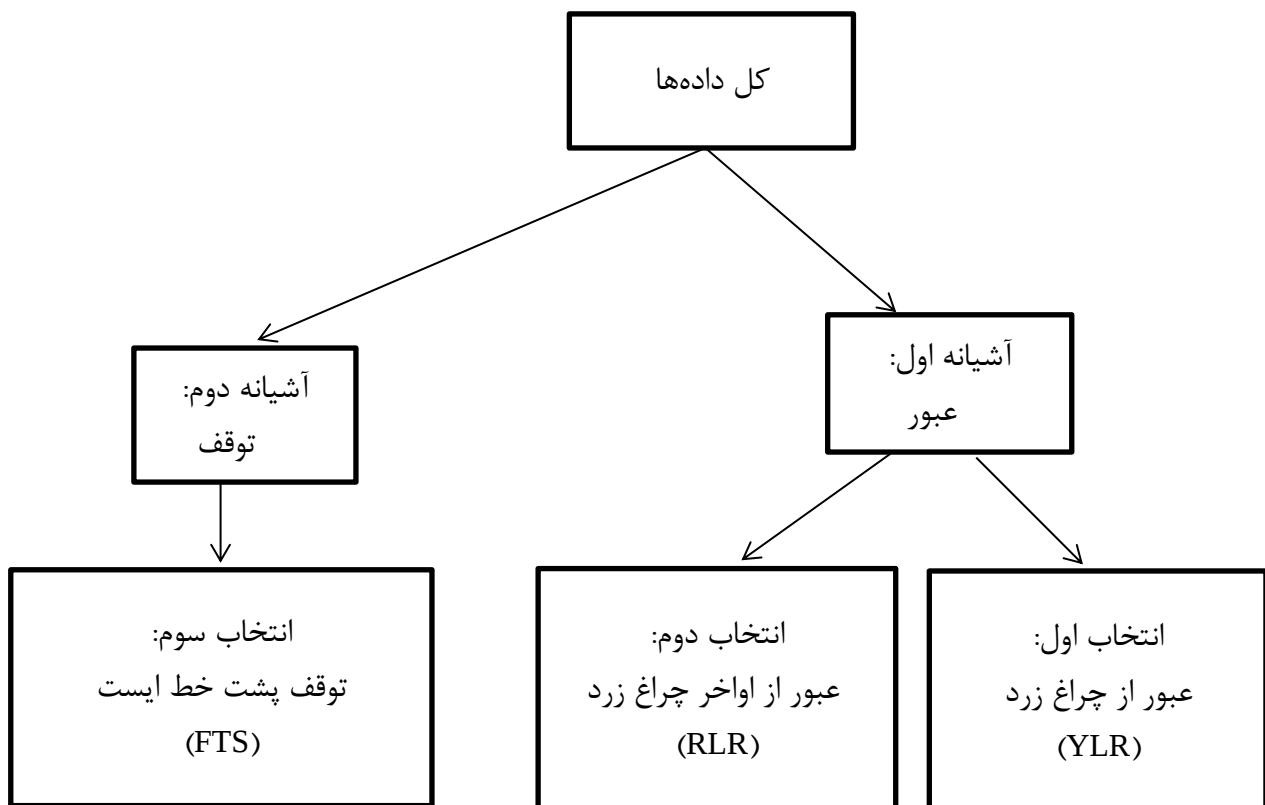
جمع	FTS	RLR	YLR	برآورد
				مشاهده
۲۳۲	۲	۱	۲۲۹	YLR
46	۸	۳۸	۰	RLR
۴۲۳	۴۱۵	۶	۲	FTS
۷۰۱	۴۲۵	۴۵	۲۳۱	جمع

درصد برآورد درست = ۹۷/۲٪

۴-۴-۲ نتایج مدل لوجیت آشیانه‌ای

مدل لوجیت آشیانه‌ای را از جمله مدل‌های دقیق تر و پیچیده تر برای تشخیص چارچوب انتخاب رانندگان و مطلوبیت‌های آن‌ها، اشاره نمود که دارای فرآیند خاص خود است. در این مدل لوجیت آشیانه‌ای متغیرهای سرعت، فاصله تا خط توقف، زمان تا خط توقف و تقاطع نهضت استفاده شده است.

در این مدل باید روابط موجود میان گزینه‌های انتخاب رانندگان مورد بررسی قرار گیرند و تا حد امکان گزینه‌های مرتبط در یک آشیانه قرار گیرند. با توجه به مطالب بیان شده، در این پژوهش دو آشیانه ایجاد شده است؛ آشیانه اول برای وضعیت عبور رانندگان ایجاد گردید که شامل زیر مجموعه عبور از چراغ زرد و عبور از اواخر چراغ زرد است و آشیانه دوم برای رانندگانی است که چراغ زرد را مشاهده می‌کنند و پشت خط ایست توقف می‌نمایند.



شکل ۴-۲. نمودار آشیانه‌ای

توابع مطلوبیت برای انتخاب رانندگان به فرم جدول ۴-۷ آمده است و انتخاب‌های راننده در هنگام رویت چراغ زرد در بخش ۴-۴-۱ بیان شده است.

جدول ۴-۷. توابع مطلوبیت مربوط به مدل لوجیت آشیانه‌ای

انتخاب (تصمیم)	مدل مطلوبیت
عبور از چراغ زرد	$U(1) = a_1 + a_2 \times V_o^{-1} + a_3 \times Neh$
عبور از چراغ قرمز	$U(2) = a_4 + a_5 \times X_{o<52}$
توقف	$U(3) = a_6 \times T_a^2$

جدول ۴-۸. نتایج پرداخت مدل لوجیت آشیانه‌ای

نماد	متغیر	ضریب B	خطای استاندارد	p-value	فاصله اطمینان ۹۵ درصد		t-value
a_1	عدد ثابت	5/492	1/695	۰/۰۰۱	2/169	8/815	3/24
a_2	V_o	-1/423	2/176	۰/۵۱۳	-5/689	2/843	-۰/65
a_3	Neh	-2/211	۰/486	۰/۰۰۰	-3/165	-1/258	-4/55
a_4	عدد ثابت	9/389	2/966	۰/۰۰۱	3/574	15/204	3/16
a_5	X_o	-7/448	1/696	۰/۰۰۰	-10/773	-4/123	-4/39
a_6	T_a	۰/۰۸۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۶۶	۰/۰۹۵	10/94
$IV\ GO$		۰/۴۶۵	۰/۱۵۲	۰/۰۰۲	۰/۱۶۶	۰/۷۶۴	3/05
$IV\ STOP$		1					

در جدول ۴-۸ نتایج پرداخت مدل لوجیت آشیانه‌ای آورده شده است. که مهم ترین خروجی های متغیرها از جمله ضریب B و سطح معناداری اشاره شده است که میزان تاثیر متغیر در مدل را نشان می دهد. حال می توان براساس جدول ۴-۸ نتیجه گرفت که :

- ۱- براساس بخش ۱-۷-۳، از آنجا که باید مقادیر سطح معناداری (P-value) برای متغیرها کمتر از 0/05 باشد ، می توان گفت که متغیر سرعت (V_o) در مدل لوجیت آشیانه‌ای تاثیر ندارد و بقیه متغیرها موثر هستند.
- ۲- طبق بخش ۲-۷-۳ و همچنین مقادیر مربوط به ستون t-value می توان گفت که قدر مطلق تمام این مقادیر به جز متغیر سرعت ، بزرگتر از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) است. پس متغیر

V_0 در مدل لجیت آشیانه‌ای اثرگذار نیست.

۳- با توجه به اعداد ستون ضریب B می‌توان برداشت کرد که:

- متغیر Neh که به تقاطع نهضت اشاره دارد دارای ضریب منفی بوده و رابطه معکوس با انتخاب اول دارد که بدین معنی است که رانندگان در این تقاطع تمایل کمتری به عبور از چراغ زرد نسبت به دیگر تقاطع‌ها دارند.
- ضریب X_0 برابر با $-7/44$ است که نشان می‌دهد اثر بازدارنده را بر تصمیم راننده بر عبور از چراغ را دارد و هر چقدر فاصله تا خط توقف بیشتر باشد راننده تمایل بیشتری به توقف دارد و رانندگان از تقاطع عبور نمی‌کنند.
- T_a دارای ضریب مثبت می‌باشد که این ضریب نشان می‌دهد که زمان رسیدن تا خط توقف رابطه مستقیم با انتخاب راننده مبنی بر توقف دارد. به بیان دیگر هرچه زمان رسیدن تا خط توقف بیشتر باشد امکان این که راننده توقف کند بیشتر است.
- لازم به ذکر است که سرعت خودرو در این مدل اثر ندارد.

۴-۴-۲-۱ ارزیابی مدل

ارزیابی با نیکویی برازش: براساس جدول ۴-۹ که در آن شاخص‌های برازش مدل نمایش داده شده می‌توان گفت از آنجا که مقدار ρ_0^2 و ρ_c^2 به عدد یک نزدیک می‌باشند و فاصله قابل قبولی از صفر دارند، مدل لجیت آشیانه‌ای ساخته شده (طبق بخش ۴-۷-۳) برازنده است.

ارزیابی با نسبت درست نمایی: با توجه به مقادیر جدول ۴-۹ و براساس بخش ۵-۷-۳ می‌توان گفت چون رابطه‌ی $-2[LL(0) - LL(\beta)] > \chi_{10}^2(0.05df)$ برقرار است بنابراین در این مدل $LL(0)$ و $LL(\beta)$ اختلاف معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارند.

ارزیابی با آزمون Wald: براساس بخش ۳-۷-۳ و مقادیر جدول ۴-۹ و ۴-۸، IV_{par} بین صفر و یک می‌باشد که مقدار قابل قبولی را داراست و مدل نشان می‌دهد که راننده تمایل بیشتری به عبور از چراغ

زرد دارد، در نتیجه مدل لوجیت آشیانه‌ای مورد تایید می‌باشد. از طرفی با توجه به جدول ۴-۹، قدر مطلق مقدار آزمون *Wald* از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است که نشان دهنده این است که تفاوت ضریب IV_{Par} با مقدار یک در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنا دار است. ارزیابی با درصد برآورد درست: با توجه به جدول ۴-۱۰ و مقادیر قطر اصلی، درصد برآورد درست مطلوب و برابر ۸۹/۳۱ درصد است.

جدول ۴-۹. شاخص‌های نیکویی برازش مدل لوجیت آشیانه‌ای

$LL(\beta)$	-۲۶۰/۴۵۷
$LL(C)$	-۵۹۶/۵۱۷
$LL(0)$	-۷۷۲/۳۲۴
ρ_0^2	۰/۶۶۲
ρ_c^2	۰/۵۶۳
$\chi^2(0.05df) = 837 / 653$	$-2[LL(0) - LL(\beta)] = 1023 / 734$
<i>AIC</i>	534 / 9
<i>Wald – test</i>	-۳/۵۰۴
تعداد مشاهده	۷۰۲
تعداد متغیرهای مستقل	۶

جدول ۴-۱۰. درصد برآورد درست مدل لوجیت آشیانه‌ای

برآورد مشاهده				
	YLR	RLR	FTS	جمع
YLR	۲۳۲	۰	۰	۲۳۲
RLR	۶	۱۰	۳۰	۴۶
FTS	۲۷	۱۲	۳۸۵	۴۲۴
جمع	۲۶۵	۲۲	۴۱۵	۷۰۲

درصد برآورد درست = ۸۹/۳۱٪

۴-۴-۳ نتایج مدل لوجیت ترکیبی

برای ساخت مدل لوجیت ترکیبی از متغیرهای سرعت، شتاب، فاصله تا خط توقف، تقاطع نهضت، تقاطع

مازندران و خودروهای شاسی بلند و سواری استفاده شده است.

در جدول ۴-۱۱ توابع مطلوبیت برای انتخاب رانندگان آمده است که مفهوم هر تابع مطابق با بخش ۴-۴-۱، می‌باشد.

جدول ۴-۱۱. توابع مطلوبیت مربوط به مدل لوجیت ترکیبی

انتخاب (تصمیم)	مدل مطلوبیت
عبور از چراغ زرد	$U(1) = a_1 + a_2 \times X_{o1} + a_3 \times a_{y1} + a_4 \times Neh$
عبور از چراغ قرمز	$U(2) = a_2 \times X_{o2} + a_3 \times a_{y2} + a_5 \times Maz$
توقف	$U(3) = a_6 + a_7 \times V_o + a_8 \times Pass$

جدول ۴-۱۲. نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی

نماد	متغیر	ضریب B	خطای استاندارد	p-value	t-value
a_2 متغیرهای تصادفی ^۱	X_o	-۰/۱۳۳	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	-۴/۵۷
	انحراف معیار X_o NS ^۲	۰/۰۲۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲	۲/۴۹
	a_y	۳/۵۸۵	۰/۷۰۹	۰/۰۰۰	۵/۰۵
	انحراف معیار a_y NS	۰/۸۷۹	۰/۴۱۸	۰/۰۳۵	۲/۱۰
a_1	عدد ثابت	۲/۲۴۰	۰/۲۶۰	۰/۰۰۰	۸/۵۹
a_4	Neh	-۱/۰۳۴	۰/۳۰۳	۰/۰۰۰	-۳/۴۱
a_5	Maz	۰/۸۷۳	۰/۳۶۸	۰/۰۱۷	۲/۳۷
a_6 غیر تصادفی ^۳	عدد ثابت	۱/۰۱۸	۰/۶۶۰	۰/۱۲۲	۱/۵۴
	V_o	-۰/۱۶۱	۰/۰۳۹	۰/۰۰۰	-۴/۱۳
	$Pass$	-۱/۲۶۷	۰/۶۳۲	۰/۰۴۵	-۲/۰۰
	a_8				

در جدول ۴-۱۲ نتایج پرداخت مدل لوجیت ترکیبی آورده شده است. در این جدول ضریب B که در ستون

دوم آمده است میزان تاثیر در مدل را نشان می‌دهد.

^۱ random parameters in utility functions

^۲ distns.of RPs.Std.Devs or limits of triangular

^۳ nonrandom parameters in utility functions

طبق جدول ۴-۱۲ می‌توان برداشت کرد که:

۱- براساس بخش ۱-۷-۳، از آنجا که مقادیر سطح معناداری (P-value) برای تمام متغیرها کمتر از 0/05 می‌باشد می‌توان گفت متغیرها در مدل لوجیت ترکیبی موثر بوده‌اند.

۲- طبق بخش ۲-۷-۳ و همچنین مقادیر مربوط به ستون t-value می‌توان گفت که قدر مطلق تمام این مقادیر بزرگتر از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) است. پس مقادیر ضرایب متغیرها در مدل لوجیت ترکیبی اختلاف معناداری با مقدار یک در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارند.

۳- همانطور که در بخش ۲-۶-۳ گفته شده بود مدل لوجیت ترکیبی، مدلی با انعطاف پذیری بالا است که توانایی تقریب مدل‌های مختلف با مطلوبیت تصادفی را دارد. در این مدل متغیرهای، فاصله خودرو از خط توقف (X_o) و شتاب (a_y) به عنوان پارامترهای تصادفی در نظر گرفته شد و تابع توزیع ضریب این متغیرها نیز طبق مطالعات از گذشته نرمال در نظر گرفته شد (مک فادن و ترین ۲۰۰۰).

۴- با توجه به اعداد ستون ضریب B می‌توان برداشت کرد که:

- ضریب X_o نشان می‌دهد که با توجه به منفی بودن هر چقدر فاصله تا خط توقف بیشتر باشد راننده تمایل بیشتری به توقف دارد در واقع رانندگان وقتی می‌بینند که فاصله آن‌ها تا تقاطع زیاد است ریسک نکرده و عبور نمی‌کنند.

- با توجه به این که ضریب a_y مثبت است و رابطه مستقیم با مدل را دارد، می‌توان گفت هرچه شتاب خودرو بیشتر باشد راننده ترجیح می‌دهد تا از چراغ زرد عبور کنند. همچنین با توجه به اینکه ضریب آن بیشترین مقدار را در بین ضرایب متغیرها دارد می‌توان گفت شتاب خودرو بیشترین تاثیر را بین متغیرها در مدل دارد.

- متغیر Neh که در واقع همان تقاطع نهضت است (که مقدار صفر یا یک دارد) دارای ضریب منفی بوده است. یعنی رانندگان در این تقاطع تمایل کمتری به عبور از چراغ زرد نسبت به دیگر تقاطع‌ها دارند.

- ضریب متغیر V_0 منفی است و نشان دهنده اینست که با افزایش سرعت، امکان اینکه راننده تصمیم به توقف بگیرد کمتر است.
- متغیر Maz که در واقع همان تقاطع مازندران است (که مقدار صفر یا یک دارد) دارای ضریب مثبت بوده و رابطه مستقیم با عبور از تقاطع را دارد. یعنی رانندگان در این تقاطع تمایل بیشتری به عبور از چراغ زرد نسبت به دیگر تقاطع ها دارند.
- متغیر $Pass$ که خودروهای شاسی بلند و سواری هستند ، با توجه به اینکه ضریب منفی بوده رانندگان در این تقاطع تمایل بیشتری به عبور از چراغ زرد دارند و توقف نمی کنند.

۱-۳-۴-۴ ارزیابی مدل

ارزیابی با نیکویی برازش: براساس جدول ۴-۱۳ که در آن شاخص های برازش مدل نمایش داده شده می توان گفت از آنجا که مقدار ρ_0^2 و ρ_c^2 به عدد یک نزدیک می باشند و فاصله قابل قبولی از صفر دارند، مدل لوجیت ترکیبی ساخته شده (طبق بخش ۴-۷-۳) برازنده است.

ارزیابی با نسبت درست نمایی: باتوجه به مقادیر جدول ۴-۱۳ و براساس بخش ۵-۷-۳ می توان گفت چون رابطه $\chi_{10}^2(0.05df) > -2[LL(0) - LL(\beta)]$ برقرار است بنابراین در این مدل $LL(0)$ و $LL(\beta)$ اختلاف معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارند.

ارزیابی با درصد برآورد درست: باتوجه به جدول ۴-۱۴ و مقادیر قطر اصلی، درصد برآورد درست، مطلوب بوده و برابر ۸۵/۳۲ درصد است.

جدول ۴-۱۳. شاخص های نیکویی برازش مدل لوجیت ترکیبی

$LL(\beta)$	-۳۰۷/۱۴۶
$LL(C)$	-۷۷۱/۲۲۵

-۷۷۲/۳۲۴	$LL(0)$
0/602	ρ_0^2
0/601	ρ_c^2
$-2[LL(0) - LL(\beta)] = 930/356$	$\chi_{11}^2(0.05df) = 928/158$
634/3	AIC
۷۰۲	تعداد مشاهده
۱۰	تعداد متغیرهای مستقل

جدول ۱۴-۴. درصد برآورد درست مدل لجیت ترکیبی

جمع	FTS	RLR	YLR	برآورد
				مشاهده
232	28	0	204	YLR
46	18	0	28	RLR
424	395	0	29	FTS
702	441	0	261	جمع

درصد برآورد درست = ۸۵/۳۲٪

لازم به ذکر است که با توجه به جدول ۱۴-۴ برای انتخاب RLR هیچ برآوردی صورت نگرفته است که می‌توان دریافت در مدل لجیت ترکیبی رانندگان در هنگام چراغ قرمز از تقاطع عبور نکرده و ترجیح به توقف داده‌اند.

۴-۴-۴ نتایج مدل رگرسیون لجستیک

در این پژوهش برای بررسی سه مدل رگرسیون لجستیک، لجیت رتبه‌ای و پروبیت مدلسازی به دو صورت، زمان تا خط توقف و فاصله تا خط توقف انجام شده است تا اثر زمان و مکان به نحوی دقیق‌تر مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. نحوه دسته‌بندی به شرح زیر است:

در مدلسازی براساس فاصله تا خط توقف (DTS) از تمامی متغیرها بجز زمان تا خط توقف (T_a) می‌توان استفاده کرد. در حالی که مدلسازی براساس زمان تا خط توقف (TTS) از تمامی متغیرها بجز فاصله تا خط

توقف (X_o) استفاده شده است.

۱-۴-۴-۴ نتایج مدل سازی رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف

در این قسمت نتایج حاصل مدل سازی با در نظر گرفتن متغیرهای، فاصله تا خط توقف، سرعت، شتاب، نوع

تقاطع و خودروهای سنگین آورده شده است. مدل های ساخته شده در جدول ۴-۱۵ آورده شده است.

جدول ۴-۱۵. مدل های ساخته شده با رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف

$$Z(YLR) = a_1 + a_2 \times X_o + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghto + a_6 \times Sangin$$

$$Z(RLR) = a_7 + a_8 \times X_o + a_9 \times V_o + a_{10} \times a_y + a_{11} \times Taghto + a_{12} \times Sangin$$

جدول ۴-۱۶. نتایج پرداخت مدل رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف

نوع رفتار	نماد	متغیر	ضریب B	خطای استاندارد	Wald	p-value	Exp(B)
YLR	a_1	عدد ثابت	0/481	۰/۴۹۵	۰/۹۴۴	۰/۳۳۱	
	a_2	X_o	-0/246	۰/۰۲۷	82/59	۰/۰۰۰	۰/۷۸۲
	a_3	V_o	۰/۱۹۶	۰/۰۲۵	63/853	۰/۰۰۰	1/217
	a_4	a_y	۳/۷۰۴	۰/۳۷۳	98/343	۰/۰۰۰	40/599
	a_5	Taghato	1/414	۰/۲۸۴	24/807	۰/۰۰۰	4/111
	a_6	Sangin	-3/991	2	3/982	۰/۰۴۶	۰/۰۱۸
RLR	a_7	عدد ثابت	-1/463	۰/۵۳۸	7/397	۰/۰۰۷	
	a_8	X_o	-0/044	۰/۰۰۸	31/369	۰/۰۰۰	۰/۹۷۵
	a_9	V_o	۰/۰۹۹	۰/۰۲	24/617	۰/۰۰۰	1/104
	a_{10}	a_y	3/356	۰/۳۸۸	74/739	۰/۰۰۰	28/688
	a_{11}	Taghato	۰/۵۶۳	۰/۳۰۱	3/492	۰/۰۶۲	1/756
	a_{12}	Sangin	-19/736	.	.	0/000	0/000

FTS^۱ : توقف رانندگان به عنوان گروه مبنا در نظر گرفته شد.

در جدول ۴-۱۶ نتایج پرداخت مدل رگرسیون لجستیک آورده شده است که به بررسی تمام متغیرهای

موثر در این مدل می پردازد. با توجه به مقادیر موجود در ستون ضریب B می توان گفت متغیرهای سرعت،

¹ reference category

شتاب، نوع تقاطع اثر مستقیم بر احتمال توقف دارند و در طرف دیگر متغیرهای فاصله تا خط توقف و خودروهای سنگین اثر معکوس بر احتمال توقف دارند. همچنین می‌توان گفت این نتیجه را از ستون $\text{Exp}(B)$ برداشت کرد زیرا برای متغیرهایی که ارتباط مستقیم با احتمال توقف دارند $\text{Exp}(B)$ آن‌ها مقدار بزرگ‌تر از یک است و برای ارتباط معکوس متغیرها این مقدار کمتر از یک است. لازم به ذکر است هرگاه $\text{Exp}(B)$ برابر با یک باشد ضریب B مساوی با صفر است این بدان معناست متغیر مستقل تاثیر معناداری بر متغیر وابسته ندارند.

با توجه به جدول ۴-۱۶، قدر مطلق مقدار آزمون wald برای تمام متغیرها از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است پس می‌توان برداشت کرد که تمام متغیرها در مدل ساخته شده موثرند. این نتیجه را همچنین می‌توان از مقادیر سطح معناداری که همگی از مقدار ۰/۰۵ کوچک‌ترند، نیز دریافت.

نتایج ارزیابی مدل ساخته شده با رگرسیون لجستیک در جدول ۴-۱۷ آورده شده است نتایج حاصله از آزمون Cox & Snell و Nagelkerke نشان می‌دهد که متغیرهای مستقلین ۶۷/۳ تا ۸۲/۴ درصد توانسته است تغییرات احتمال توقف را مشخص کند.

جدول ۴-۱۷. آماره‌های نیکویی برازش مدل رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف	
406/780	¹ -2 LL
0/673	Cox and Snell
0/824	Nagelkerke
0/659	McFadden

جدول ۴-۱۸. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف				
				برآورد
مشاهده	YLR	RLR	FTS	جمع

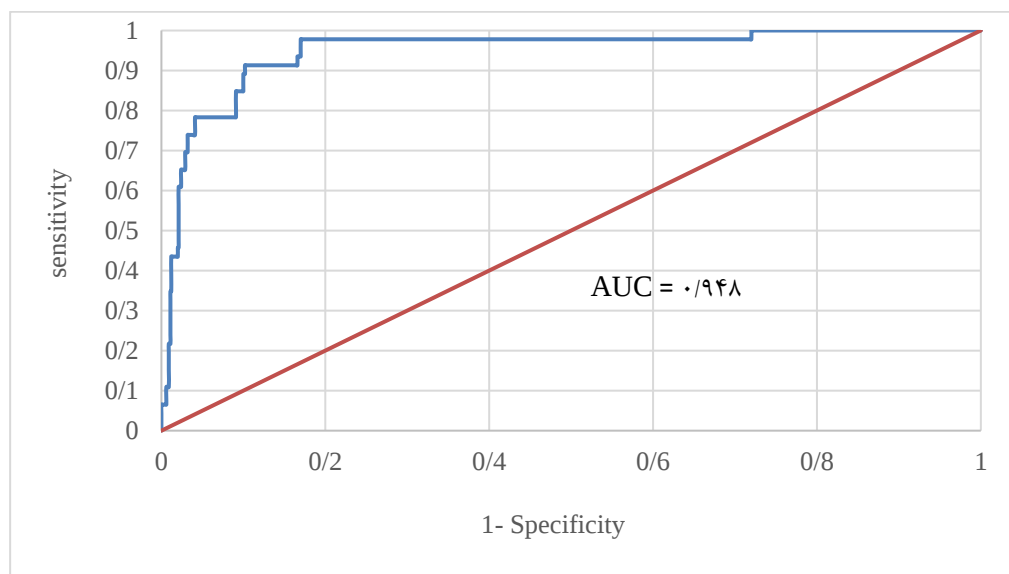
¹ -2 Log Likelihood

232	18	7	207	YLR
46	20	14	12	RLR
425	396	0	29	FTS
703	434	21	248	جمع

درصد برآورد درست = $87/8\%$

همچنین با توجه به جدول ۴-۱۸ و مقادیر قطر اصلی، درصد برآورد درست، مناسب بوده و مقداری برابر با $87/8\%$ درصد داشته است.

نمودار ROC که در شکل ۴-۳ آورده شده است یکی از معتبرترین روش های آزمون، برای بررسی نیکویی مدل می باشد، براساس بخش ۶-۷-۳ هدف از این آزمون، بررسی مناسب بودن دسته بندی در مدل برازش شده است. در این منحنی سطح زیر نمودار باید بین $0/5$ تا 1 باشد تا بتوان گفت مدل ساخته شده برازنده است. در این مدل مساحت زیر منحنی $0/948$ است که شرط بالا را برآورده می کند.



شکل ۴-۳. نمودار ROC برای مدل رگرسیون لجستیک براساس فاصله تا خط توقف

۴-۴-۴-۲ نتایج مدل سازی رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف

نتایج حاصل از مدل سازی رگرسیون لجستیک با در نظر گرفتن متغیرهای زمان تا خط توقف، سرعت، شتاب، آورده شده است. مدل های ساخته شده در جدول ۴-۱۹ آورده شده است.

جدول ۴-۱۹. مدل های ساخته شده با رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف

$$Z(YLR) = a_1 + a_2 \times T_a + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y$$

$$Z(RLR) = a_5 + a_6 \times T_a + a_7 \times V_o + a_8 \times a_y$$

جدول ۲۰-۴. نتایج پرداخت مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف

نوع رفتار	نماد	متغیر	ضریب B	خطای استاندارد	Wald	p-value	Exp(B)
YLR	a_1	عدد ثابت	32/532	5/472	35/343	۰/۰۰۰	
	a_2	T_a	-8/829	1/519	33/793	۰/۰۰۰	.
	a_3	V_o	۰/۶۴۵	۰/۱۲۱	28/628	۰/۰۰۰	1/907
	a_4	a_y	14/371	2/557	31/586	۰/۰۰۰	1743432/7
RLR	a_5	عدد ثابت	6/713	1/869	12/893	۰/۰۰۰	
	a_6	T_a	-1/733	۰/۳۴۵	25/176	۰/۰۰۰	۰/۱۷۷
	a_7	V_o	۰/۵۳۷	۰/۱۰۶	25/813	۰/۰۰۰	1/71
	a_8	a_y	13/943	2/621	28/297	۰/۰۰۰	1135432/7

FTS : توقف رانندگان به عنوان گروه مبنا در نظر گرفته شد.

در جدول ۲۰-۴ نتایج پرداخت مدل رگرسیون لوجستیک آورده شده است که به بررسی تمام متغیرهای موثر در این مدل می پردازد. با توجه به مقادیر موجود در ستون ضریب B می توان گفت متغیرهای سرعت، شتاب اثر مستقیم بر احتمال توقف دارند و در طرف دیگر متغیر زمان تا خط توقف اثر معکوس بر احتمال توقف دارند. همچنین این نتیجه را از ستون Exp(B) برداشت کرد زیرا متغیرهایی که ارتباط مستقیم با احتمال توقف دارند Exp(B) آن ها مقدار بزرگ تر از یک است و برای ارتباط معکوس متغیرها این مقدار کمتر از یک است. لازم به ذکر است هرگاه Exp(B) برابر با یک باشد ضریب B مساوی با صفر است این بدان معناست متغیر مستقل تاثیر معناداری بر متغیر وابسته ندارند.

با توجه به جدول ۲۰-۴، قدر مطلق مقدار آزمون wald برای تمام متغیرها از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است پس می توان برداشت کرد که تمام متغیرها در مدل ساخته شده موثرند.

این نتیجه همچنین می‌توان از مقادیر سطح معناداری که همگی از مقدار ۰/۰۵ کوچکترند، نیز دریافت. نتایج ارزیابی مدل ساخته شده با رگرسیون لجستیک در جدول ۴-۲۱ آورده شده است. نتایج حاصله از آزمون Nagelkerke و Cox & Snell نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل بین ۷۹/۹ تا ۹۷/۸ درصد توانسته است تغییرات احتمال توقف را مشخص کند.

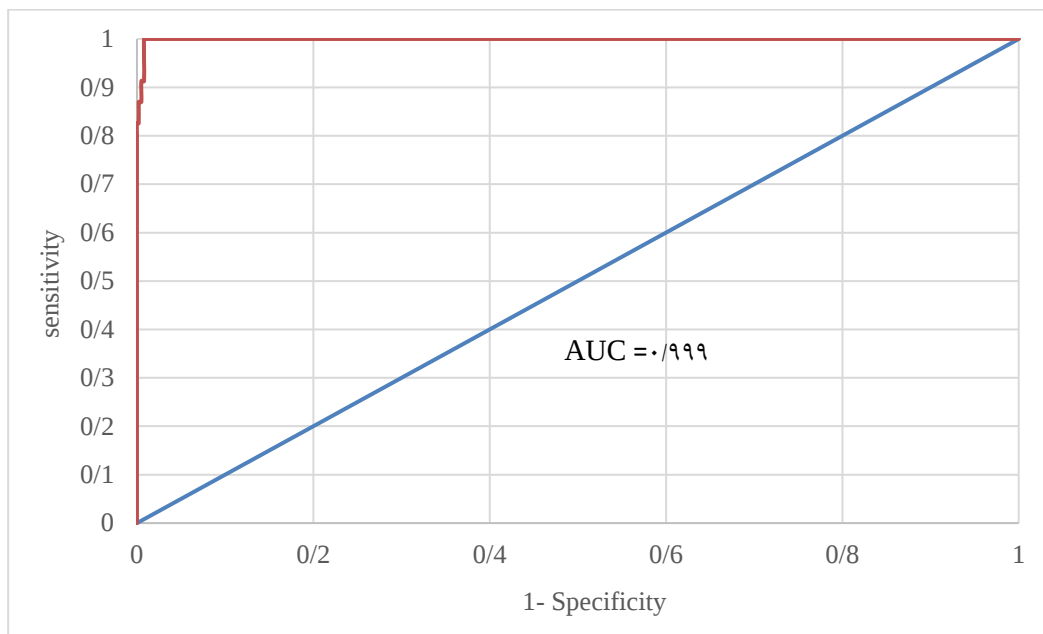
جدول ۲۱-۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف	
64/588	¹ -2 LL
۰/۷۹۹	Cox and Snell
۰/۹۷۸	Nagelkerke
0/946	McFadden

جدول ۲۲-۴. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف				
جمع	FTS	RLR	YLR	برآورد
				مشاهده
232	1	2	229	YLR
46	6	40	0	RLR
425	419	1	4	FTS
703	426	43	233	جمع

درصد برآورد درست = ۹۸٪

همچنین باتوجه به جدول ۴-۲۲ و مقادیر قطر اصلی، درصد برآورد درست، مناسب بوده و مقداری برابر با ۹۸ درصد داشته است. نمودار ROC که در شکل ۴-۴ آورده شده است نشان می‌دهد (طبق مطالب گفته شده در بخش ۶-۷-۳) مدل ساخته شده برازندگی قابل قبولی داشته زیرا مساحت زیر منحنی مقدار ۰/۹۹۹ است که بین ۰/۵ و ۱ می‌باشد که هرچه به یک نزدیکتر باشد مناسب تر می‌باشد.

¹ -2 Log Likelihood



شکل ۴-۴. نمودار ROC برای مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف

۴-۴-۵ نتایج مدل لجیت رتبه‌ای

این بخش به مدل‌سازی لجیت رتبه‌ای اختصاص دارد با این توضیح که مدل‌سازی طبق دسته بندی گفته شده در بخش ۴-۴-۴ صورت گرفته است تا بتوانیم شاخص مکانی و زمانی را با هم مورد سنجش قرار دهیم.

۴-۴-۵-۱ نتایج مدل‌سازی لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

در این قسمت نتایج حاصل مدل‌سازی لجیت رتبه‌ای با در نظر گرفتن متغیرهای فاصله تا خط توقف، سرعت، شتاب، نوع تقاطع آورده شده است. مدل‌های ساخته شده در جدول ۴-۲۳ آورده شده است.

جدول ۴-۲۳. مدل‌های ساخته شده با لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

$$Z(YLR) = a_1 + a_2 \times X_o + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$$

$$Z(RLR) = a_6 + a_2 \times X_o + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$$

جدول ۲۴-۴. نتایج پرداخت مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

نماد	ضریب B	خطای استاندارد	Wald	p-value	
a_1	-۰/۶۶۳	۰/۳۲۹	4/052	۰/۰۴۴	$Z(YLR)$
a_6	۰/۱۹۲	۰/۳۲۸	۰/۳۴۲	۰/۵۵۹	$Z(RLR)$
a_2	۰/۰۹۶	۰/۰۰۸	158/414	۰/۰۰۰	X_o
a_3	-۰/۰۸۶	۰/۰۱۲	50/826	۰/۰۰۰	V_o
a_4	-۲/۳۴۵	۰/۲۱۹	114/512	۰/۰۰۰	a_y
a_5	-۱/۲۷۲	۰/۱۸۵	47/487	۰/۰۰۰	$Taghato$

عدد ثابت

متغیرها

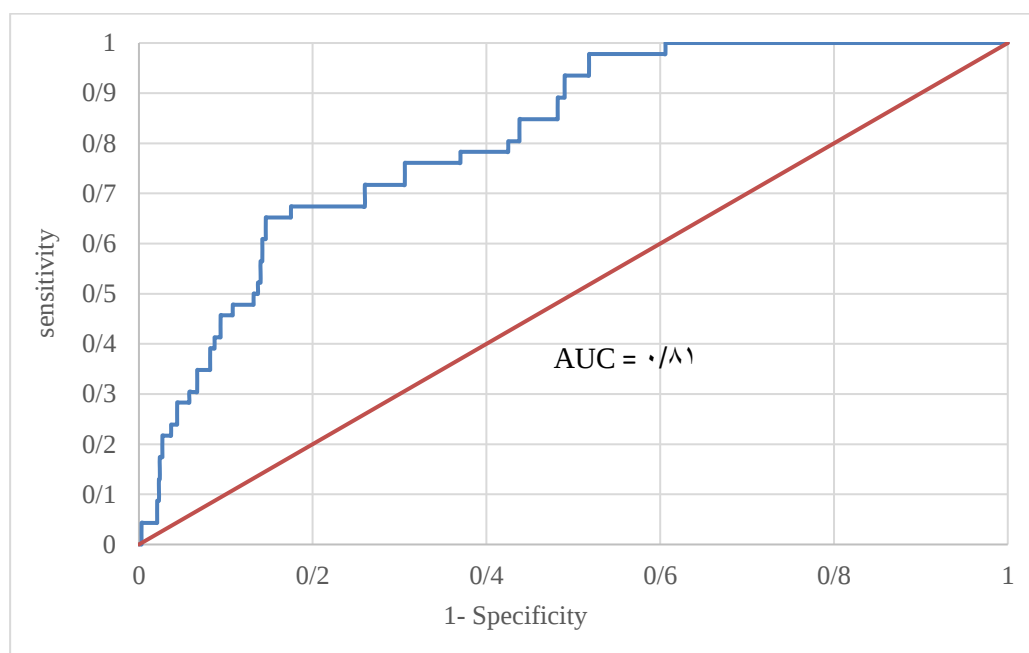
نتایج پرداخت مدل لجیت رتبه‌ای در جدول ۴-۲۴ آمده است که به بررسی تمام متغیرهای موثر در این مدل می‌پردازد. با توجه به مقادیر موجود در ستون ضریب B می‌توان گفت متغیر فاصله تا خط توقف اثر مستقیم بر احتمال توقف دارند و در طرف دیگر متغیر سرعت، شتاب و نوع تقاطع اثر معکوس بر احتمال توقف دارند.

با توجه به جدول ۴-۲۴، قدر مطلق مقدار آزمون wald برای تمام متغیرها از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است پس می‌توان برداشت کرد که تمام متغیرها در مدل ساخته شده موثرند. این نتیجه همچنین می‌توان از مقادیر سطح معناداری که همگی از مقدار ۰/۰۵ کوچکترند، نیز دریافت. نتایج ارزیابی مدل ساخته شده با لجیت رتبه‌ای در جدول ۴-۲۵ آورده شده است نتایج حاصله از آزمون Nagelkerke و Cox & Snell نشان می‌دهد که متغیرهای مستقل بین ۶۰/۴ تا ۷۳/۹ درصد توانسته است تغییرات احتمال توقف را مشخص کند.

جدول ۲۵-۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

541/967	-2 LL
۰/۶۰۴	Cox and Snell
۰/۷۳۹	Nagelkerke
۰/۵۴۶	McFadden

نمودار ROC (طبق مطالب گفته شده در بخش ۶-۷-۳) که در شکل ۴-۵ آورده شده است نشان می‌دهد مدل ساخته شده برازندگی قابل قبولی داشته زیرا مساحت زیر منحنی مقدار ۰/۸۱ است که بین ۰/۵ و ۱ می‌باشد که هرچه به یک نزدیکتر باشد مناسب تر می‌باشد.



شکل ۴-۵. نمودار ROC برای مدل لوجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

۲-۵-۴-۴ نتایج مدل‌سازی لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

در این قسمت نتایج حاصل از مدل‌سازی لوجیت رتبه‌ای با در نظر گرفتن متغیرهای زمان تاخط توقف، سرعت، شتاب، نوع تقاطع آورده شده است. مدل‌های ساخته شده در جدول ۴-۲۶ آمده است.

جدول ۴-۲۶. مدل‌های ساخته شده با لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

$$Z(YLR) = a_1 + a_2 \times T_a + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$$

$$Z(RLR) = a_6 + a_2 \times T_a + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$$

جدول ۲۷-۴. نتایج پرداخت مدل لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

نماد	ضریب B	خطای استاندارد	Wald	p-value	
a_1	3/281	۰/۵۲۱	39/583	۰/۰۰۰	$Z(YLR)$
a_6	5/631	۰/۶۴۸	75/542	۰/۰۰۰	$Z(RLR)$
a_2	1/336	۰/۱۱۳	138/758	۰/۰۰۰	T_a
a_3	-۰/۰۸۹	۰/۰۱۷	27/154	۰/۰۰۰	V_o
a_4	-۲/۶۲۲	۰/۲۸۱	87/021	۰/۰۰۰	a_y
a_5	-۰/۹۳۶	۰/۲۴۲	14/914	۰/۰۰۰	$Taghato$

نتایج پرداخت مدل لوجیت رتبه‌ای در جدول ۲۷-۴ آمده است که به بررسی تمام متغیرهای موثر در این مدل می‌پردازد. با توجه به مقادیر موجود در ستون ضریب B می‌توان گفت متغیر زمان تا خط توقف اثر مستقیم بر احتمال توقف دارند و در طرف دیگر متغیر سرعت، شتاب و نوع تقاطع اثر معکوس بر احتمال توقف دارند.

با توجه به جدول ۲۷-۴، قدر مطلق مقدار آزمون wald برای تمام متغیرها از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است پس می‌توان برداشت کرد که تمام متغیرها در مدل ساخته شده موثرند. این نتیجه همچنین می‌توان از مقادیر سطح معناداری که همگی از مقدار ۰/۰۵ کوچکترند، نیز دریافت. نتایج ارزیابی مدل ساخته شده با لوجیت رتبه‌ای در جدول ۲۸-۴ آورده شده است نتایج حاصله از آزمون Nagelkerke و Cox & Snell نشان می‌دهد که متغیرهای مستقلمین ۷۲/۸ تا ۸۹/۲ درصد توانسته است تغییرات احتمال توقف را مشخص کند.

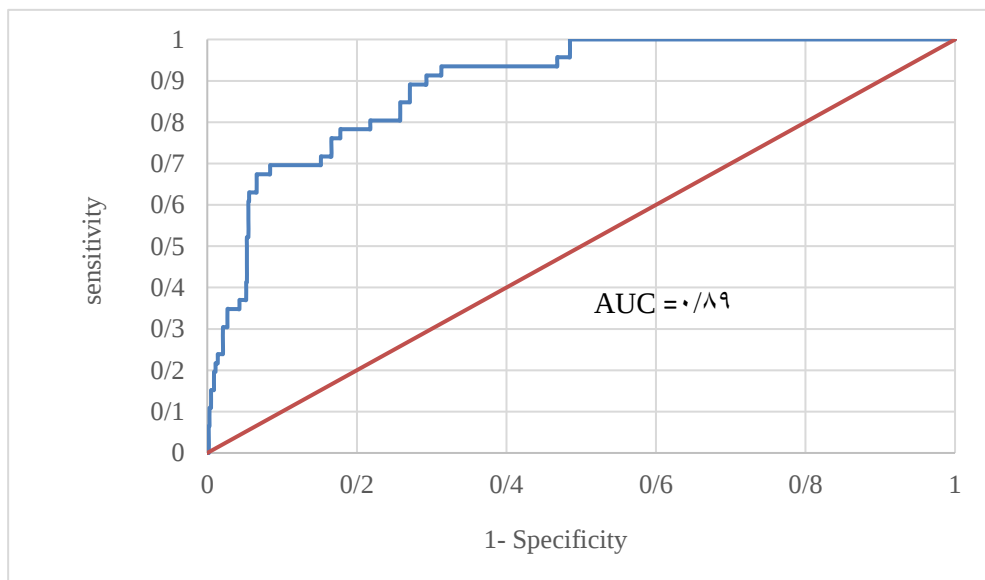
جدول ۲۸-۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل لجوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

277/040	-2 LL
0/728	Cox and Snell
0/892	Nagelkerke
0/768	McFadden

نمودار ROC (طبق مطالب گفته شده در بخش ۶-۷-۳) که در شکل ۴-۶ آورده شده است نشان می‌دهد

مدل ساخته شده برازندگی قابل قبولی داشته زیرا مساحت زیر منحنی مقدار ۰/۸۹ است که بین ۰/۵ و ۱

می‌باشد که هرچه به یک نزدیکتر باشد مناسب تر می‌باشد.



شکل ۴-۶. نمودار ROC برای مدل لجوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

۴-۴-۶ نتایج مدل پروبیت

این بخش به مدلسازی پروبیت اختصاص دارد با این توضیح که مدلسازی طبق دسته‌بندی گفته شده در

بخش ۴-۴-۴ صورت گرفته است. همانطور که قبلاً گفته شد می‌توان با در نظر گرفتن توزیع وابسته و نابرابر

برای قسمت احتمالی تابع مطلوبیت، به مدل پروبیت دست یافت. این مدل به مانند مدل لجوجیت ترکیبی

امکان تغییرات در سلیقه‌های تصادفی را فراهم می‌آورد.

۱-۶-۴ نتایج مدل سازی پروبیت براساس فاصله تا خط توقف

در این قسمت نتایج حاصل از پروبیت با در نظر گرفتن متغیرهای فاصله تا خط توقف، سرعت، شتاب، نوع تقاطع آورده شده است. مدل های ساخته شده در جدول ۴-۲۹ آمده است.

جدول ۴-۲۹. مدل های ساخته شده با پروبیت براساس فاصله تا خط توقف

$Z(YLR) = a_1 + a_2 \times X_o + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$
$Z(RLR) = a_6 + a_2 \times X_o + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$

جدول ۴-۳۰. نتایج پرداخت مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف

نماد	ضریب B	خطای استاندارد	Wald Chi-Square	p-value	Exp(B)
a_1	-0/373	۰/۱۹۱	3/817	۰/۰۵۱	۰/۶۸۸
a_6	۰/۱۱	۰/۱۹۱	۰/۳۲۸	۰/۵۶۷	1/116
a_2	۰/۰۵۴	۰/۰۰۳	212/721	۰/۰۰۰	1/055
a_3	-0/049	۰/۰۰۶	53/581	۰/۰۰۰	۰/۹۵۲
a_4	-1/347	۰/۱۱۸	129/398	۰/۰۰۰	۰/۲۶
a_5	-0/726	۰/۱۰۲	49/985	۰/۰۰۰	۰/۴۸۴

عدد ثابت

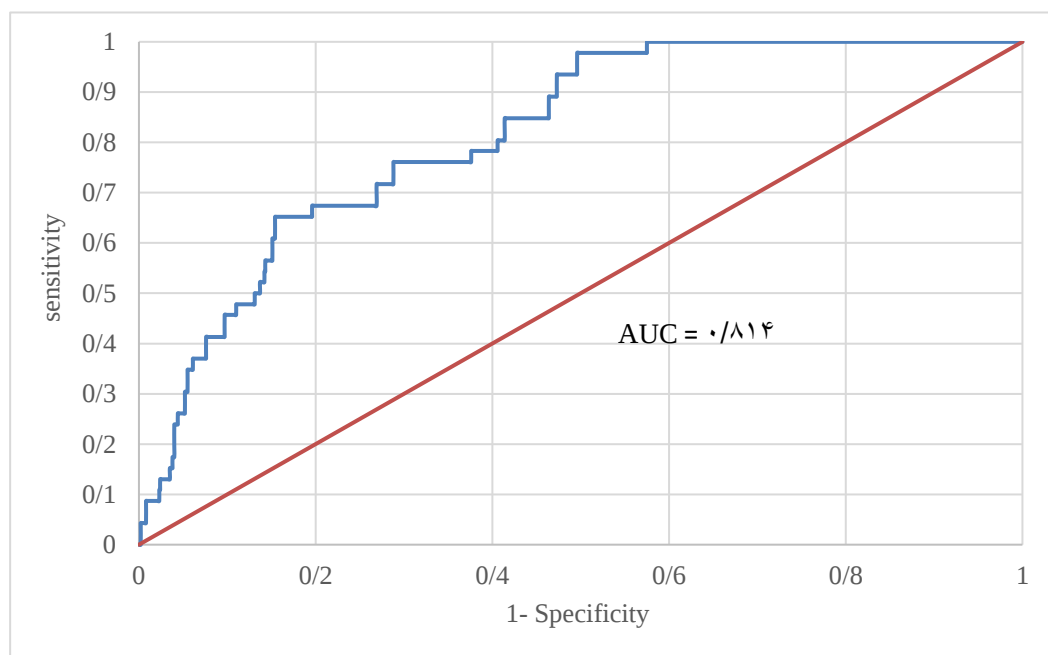
متغیرها

در جدول ۴-۳۰ نتایج پرداخت مدل پروبیت آورده شده است که به بررسی تمام متغیرهای موثر در این مدل می پردازد. با توجه به مقادیر موجود در ستون ضریب B می توان گفت متغیرهای سرعت، شتاب و نوع تقاطع اثر معکوس بر احتمال توقف دارند و در طرف دیگر متغیر فاصله تا خط توقف اثر مستقیم بر احتمال توقف دارند. همچنین این نتیجه را از ستون Exp(B) برداشت کرد زیرا متغیرهایی که ارتباط مستقیم با احتمال توقف دارند Exp(B) آن ها مقدار بزرگ تر از یک است و برای ارتباط معکوس متغیرها این مقدار کمتر از یک است.

با توجه به جدول ۴-۳۰، قدر مطلق مقدار آزمون wald برای تمام متغیرها از مقدار بحرانی $1/96$ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است پس می‌توان برداشت کرد که تمام متغیرها در مدل ساخته شده موثرند. این نتیجه همچنین می‌توان از مقادیر سطح معناداری که همگی از مقدار $0/05$ کوچکترند، نیز دریافت.

جدول ۴-۳۱. آماره‌های نیکویی برازش مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف	
-2 LL	۵۴۰/۴۵۸
Pearson Chi-Square	۹۷۷/۰۷۰
Akaike's Information Criterion (AIC)	552/457

نمودار ROC (طبق مطالب گفته شده در بخش ۶-۷-۳) که در شکل ۴-۷ آورده شده است نشان می‌دهد مدل ساخته شده برازندگی قابل قبولی داشته زیرا مساحت زیر منحنی مقدار $0/814$ است که بین $0/5$ و 1 می‌باشد که هرچه به یک نزدیکتر باشد مناسب تر می‌باشد.



شکل ۴-۷. نمودار ROC برای مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف

۲-۶-۴ نتایج مدلسازی پروبیت براساس زمان تا خط توقف

در این قسمت نتایج حاصل از پروبیت با در نظر گرفتن متغیرهای زمان تاخط توقف، سرعت، شتاب، نوع

تقاطع آورده شده است. مدل‌های ساخته شده در جدول ۴-۳۲ آمده است
 جدول ۴-۳۲. مدل‌های ساخته شده با پروبیت براساس زمان تا خط توقف

$$Z(YLR) = a_1 + a_2 \times T_a + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$$

$$Z(RLR) = a_6 + a_2 \times T_a + a_3 \times V_o + a_4 \times a_y + a_5 \times Taghato$$

جدول ۴-۳۳. نتایج پرداخت مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف

نماد	ضریب B	خطای استاندارد	Wald Chi-Square	p-value	Exp(B)	
a_1	1/674	۰/۲۶۵	39/874	۰/۰۰۰	5/331	عدد ثابت
a_6	2/916	۰/۳۲۱	82/054	۰/۰۰۰	18/464	
a_2	۰/۶۹	۰/۰۴۹	191/038	۰/۰۰۰	1/994	متغیرها
a_3	-0/042	۰/۰۰۸	28/102	۰/۰۰۰	۰/۹۵۸	
a_4	-1/426	۰/۱۳۷	107/843	۰/۰۰۰	۰/۲۴	
a_5	-0/585	۰/۱۲۹	20/3	۰/۰۰۰	۰/۵۵۷	
T_a						
V_o						
a_y						
Taghatoo						

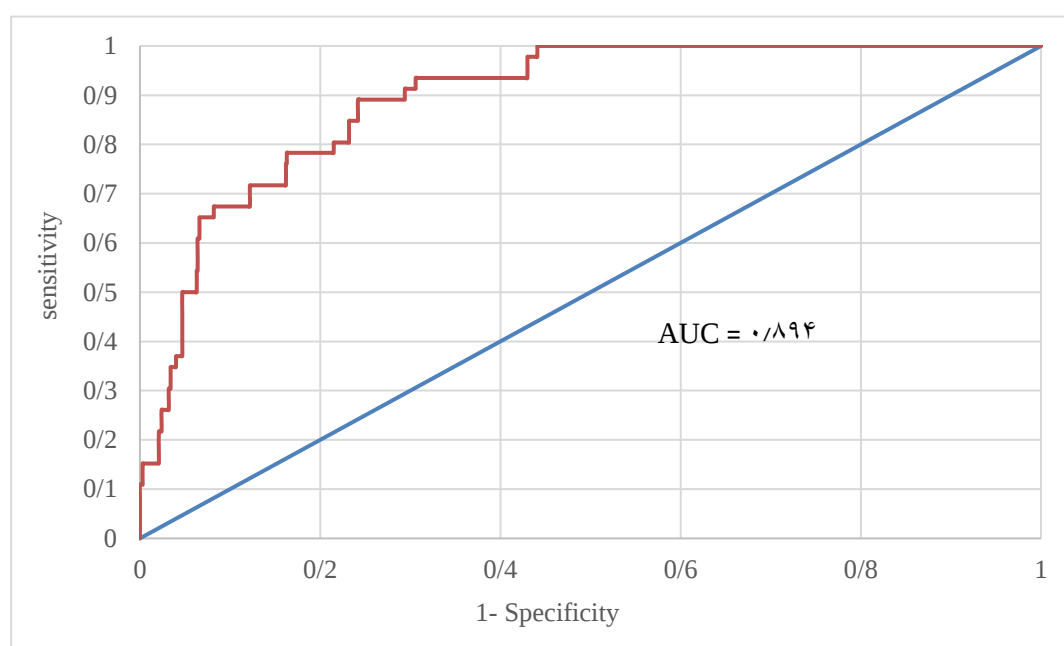
در جدول ۴-۳۳ نتایج پرداخت مدل پروبیت آورده شده است که به بررسی تمام متغیرهای موثر در این مدل می پردازد. با توجه به مقادیر موجود در ستون ضریب B می توان گفت متغیرهای سرعت، شتاب و نوع تقاطع اثر معکوس بر احتمال توقف دارند و در طرف دیگر متغیر زمان تا خط توقف اثر مستقیم بر احتمال توقف دارند. همچنین این نتیجه را از ستون Exp(B) برداشت کرد زیرا متغیرهایی که ارتباط مستقیم با احتمال توقف دارند Exp(B) آن‌ها مقدار بزرگ تر از یک است و برای ارتباط معکوس متغیرها این مقدار کمتر از یک است.

با توجه به جدول ۴-۳۳، قدر مطلق مقدار آزمون wald برای تمام متغیرها از مقدار بحرانی ۱/۹۶ (برای سطح اطمینان ۹۵ درصد) بیشتر شده است پس می توان برداشت کرد که تمام متغیرها در مدل ساخته شده موثرند. این نتیجه همچنین می توان از مقادیر سطح معناداری که همگی از مقدار ۰/۰۵ کوچکترند، نیز دریافت.

جدول ۴-۳۴. آماره‌های نیکویی برازش مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف

279/224	-2 LL
738/753	Pearson Chi-Square
291/224	Akaike's Information Criterion (AIC)

نمودار ROC (طبق مطالب گفته شده در بخش ۶-۷-۳) که در شکل ۴-۸ آورده شده است نشان می‌دهد مدل ساخته شده برازندگی قابل قبولی داشته زیرا مساحت زیر منحنی مقدار ۰/۸۹۴ است که بین ۰/۵ و ۱ می‌باشد که هرچه به یک نزدیکتر باشد مناسب تر می‌باشد.



شکل ۴-۸. نمودار ROC برای مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف

۴-۵ اعتبار سنجی مدل‌ها

همانطور که در بخش ۴-۴ اشاره شده ۲۰ درصد داده‌ها که برابر ۱۷۶ عدد خودرو می‌باشد، برای انجام اعتبار سنجی مورد استفاده قرار گرفته است. لازم به یادآوری است که این تعداد از داده‌ها در فرآیند مدلسازی مورد استفاده قرار نگرفته اند. هدف از این اعتبارسنجی بررسی برازندگی مدل‌های ایجاد شده است. نحوه اعتبار سنجی بدین صورت است که با استفاده از توابع مطلوبیت (U) و مدل‌های (Z) بدست آمده در فصل ۴ و همچنین استفاده از روابط احتمال مربوط به هر مدل در فصل ۳، احتمال وقوع یکی از انتخابات راننده

(عبور از چراغ زرد، عبور در اواخر چراغ زرد، توقف) پیش بینی می شود و در نهایت پیش بینی های انجام شده با مشاهدات واقعی مقایسه می گردد تا درصد برآورد صحیح محاسبه شود.

۱-۵-۴ اعتبار سنجی مدل لجیت چند جمله ای

نمونه ای از نحوه بدست آوردن رفتار راننده (پیش بینی) با استفاده از روابط احتمال و توابع مطلوبیت بدست آمده :

مقادیر مربوط به یک مشاهده واقعی از خودرویی در تقاطع نهضت بشرح زیر است :

سرعت خودرو در هنگام زرد شدن چراغ (V_o) برابر با ۲۱ کیلومتر بر ساعت و شتاب آن (a_y) برابر با ۱/۰۰۷- متر بر مجذور ثانیه و زمان رسیدن خودرو به تقاطع پس از زرد شدن چراغ (T_a) برابر با ۷/۰۴ ثانیه و فاصله خودرو تا تقاطع هنگام زرد (X_o) برابر با ۳۸/۵ متر می باشد. از آنجایی که این خودرو از تقاطع نهضت عبور می کند متغیر SMod برابر با صفر است.

مقادیر ضرایب در توابع مطلوبیت طبق جدول ۴-۴ مشخص شده است و برای محاسبه مقدار توابع به شکل زیر عمل می کنیم:

انتخاب (تصمیم)	مدل مطلوبیت
عبور هنگام چراغ زرد	$U(1) = a_1 + a_2 \times V_{o1} + a_3 \times a_{y1} + a_4 \times T_a$
عبور هنگام چراغ قرمز	$U(2) = a_5 + a_6 \times V_{o2} + a_7 \times a_{y2} + a_8 \times SMod$
توقف	$U(3) = a_9 \times X_o$

$$U(YLR) = 23.0278 + 0.437 * 21 + 9.069 * (-1.007) - 6.452 * 7.04 = -22.346$$

$$U(RLR) = -0.711 + 0.35 * 21 + 9.206 * (-1.007) - 1.203 * 0 = -2.627$$

$$U(FTS) = 0.116 * 38.5 = 4.466$$

برای محاسبه احتمال داریم :

$$P_{jq} = \frac{e^{V_{jq}}}{\sum_{m \neq j \in C_q} e^{V_{mq}}}$$

$$P_1 = \frac{e^{-22.346}}{e^{-22.346} + e^{-2.627} + e^{4.466}} \approx 0$$

$$P_2 = \frac{e^{-2.627}}{e^{-22.346} + e^{-2.627} + e^{4.466}} = 0.00083$$

$$P_3 = \frac{e^{4.466}}{e^{-22.346} + e^{-2.627} + e^{4.466}} = 0.999$$

$$\text{Max}(P_1, P_2, P_3) = 0.999 \Rightarrow P_3$$

باتوجه به مقدار محاسبه شده احتمال، پیش بینی می شود راننده تصمیم به توقف بگیرد که با مشاهده واقعی تطابق دارد. به همین روش احتمال انتخاب راننده برای تمام ۱۷۶ داده محاسبه می شود و در نهایت ۹۷/۱۶٪ از داده ها مقدار مشاهده واقعی و پیش بینی برابر بوده و می توان گفت مدل لوجیت چندجمله ای درصد برآورد مناسبی دارد.

جدول ۳۵-۴. درصد برآورد درست مدل لوجیت چند جمله ای

مشاهده	برآورد			جمع
	YLR	RLR	FTS	
YLR	60	0	2	62
RLR	0	6	2	8
FTS	0	1	105	106
جمع	60	7	109	176

درصد برآورد درست = ۹۷/۱۶٪

۲-۵-۴ اعتبار سنجی مدل لوجیت آشیانه ای

برای اعتبار سنجی لوجیت آشیانه ای با روش ذکر شده در بخش ۱-۵-۴ محاسبات برای ۱۷۶ داده انجام شد و درصد برآورد درست این مدل ۸۷/۸۹٪ بدست آمد.

جدول ۳۶-۴. درصد برآورد درست مدل لوجیت آشیانه ای

مشاهده	برآورد			جمع
	YLR	RLR	FTS	
YLR	۶۲	۰	۰	۶۲
RLR	۱	۳	۴	۸

FTS	۷	۶	۹۳	۱۰۶
جمع	۷۰	۹	۹۷	۱۷۶

درصد برآورد درست = $\frac{۸۹}{۸۷} \%$

۴-۵-۳ اعتبار سنجی مدل لوجیت ترکیبی

برای اعتبار سنجی لوجیت ترکیبی با روش ذکر شده در بخش ۴-۵-۱ محاسبات برای ۱۷۶ داده انجام شد

و درصد برآورد درست این مدل $\frac{۸۴}{۰۹} \%$ بدست آمد.

جدول ۴-۳۷. درصد برآورد درست مدل لوجیت ترکیبی

جمع	FTS	YLR	برآورد
			مشاهده
58	8	50	YLR
13	6	7	RLR
105	98	7	FTS
176	112	64	جمع

درصد برآورد درست = $\frac{۸۴}{۰۹} \%$

۴-۵-۴ اعتبار سنجی مدل رگرسیون لوجستیک

برای اعتبار سنجی رگرسیون لوجستیک با روش ذکر شده در بخش ۴-۵-۱ محاسبات برای ۱۷۶ داده انجام

شد و درصد برآورد درست این مدل بر اساس فاصله تا خط توقف $\frac{۹۲}{۰۴} \%$ و زمان تا خط توقف $\frac{۹۹}{۴۳} \%$

بدست آمد.

جدول ۴-۳۸. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف

جمع	FTS	RLR	YLR	برآورد
				مشاهده
۶۲	۶	۲	۵۴	YLR
۸	۱	۵	۲	RLR

FTS	۳	۰	۱۰۳	۱۰۶
جمع	۵۹	۷	۱۱۰	۱۷۶

درصد برآورد درست = $92/04\%$

جدول ۴-۳۹. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف

مشاهده	برآورد			
	YLR	RLR	FTS	جمع
YLR	۶۱	۰	۱	۶۲
RLR	۰	۸	۰	۸
FTS	۰	۰	۱۰۶	۱۰۶
جمع	۶۱	۸	۱۰۷	۱۷۶

درصد برآورد درست = $99/43\%$

۴-۵-۵ اعتبار سنجی مدل لجیت رتبه‌ای

برای اعتبار سنجی لجیت رتبه‌ای با روش ذکر شده در بخش ۴-۵-۱ محاسبات برای ۱۷۶ داده انجام شد و درصد برآورد درست این مدل بر اساس فاصله تا خط توقف $89/20\%$ و زمان تا خط توقف $94/31\%$ بدست آمد.

جدول ۴-۴۰. درصد برآورد درست مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

مشاهده	برآورد		
	YLR	FTS	جمع
YLR	۵۵	۷	۶۲
RLR	۵	۳	۸
FTS	۴	۱۰۲	۱۰۶
جمع	۶۴	۱۱۲	۱۷۶

درصد برآورد درست = $89/20\%$

جدول ۴-۴۱. درصد برآورد درست مدل لجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

مشاهده	برآورد			
	YLR	RLR	FTS	جمع
YLR	۵۷	۴	۱	۶۲
RLR	۳	۳	۲	۸
FTS	۰	۰	۱۰۶	۱۰۶

جمع	۶۰	۷	۱۰۹	176
-----	----	---	-----	-----

درصد برآورد درست = $\frac{۹۴}{۳۱}\%$

۴-۵-۶ اعتبار سنجی مدل پروبیت

برای اعتبار سنجی مدل پروبیت با روش ذکر شده در بخش ۴-۵-۱ محاسبات برای ۱۷۶ داده انجام شد و درصد برآورد درست این مدل بر اساس فاصله تا خط توقف $\frac{۸۹}{۲۰}\%$ و زمان تا خط توقف $\frac{۹۴}{۳۸}\%$ بدست آمد.

جدول ۴-۴۲. درصد برآورد درست مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف

مشاهده	برآورد	YLR	FTS	جمع
YLR	۵۵	۷	۶۲	
RLR	۵	۳	۸	
FTS	۴	۱۰۲	۱۰۶	
جمع	۶۴	۱۱۲	176	

درصد برآورد درست = $\frac{۸۹}{۲۰}\%$

جدول ۴-۴۳. درصد برآورد درست مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف

مشاهده	برآورد	YLR	RLR	FTS	جمع
YLR	۵۸	۳	۱	۶۲	
RLR	۴	۲	۲	۸	
FTS	۰	۰	۱۰۶	۱۰۶	
جمع	۶۲	۵	۱۰۹	176	

درصد برآورد درست = $\frac{۹۴}{۳۸}\%$

۴-۶ تحلیل و مقایسه مدل‌ها

پس از مدلسازی برای مقایسه مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای، لوجیت آشیانه‌ای، لوجیت ترکیبی، رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه‌ای و پروبیت از چندین شاخص استفاده شده که به خاطر تشابه شاخص‌های مورد

بررسی، مقایسه مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای، لوجیت آشیانه‌ای، لوجیت ترکیبی در جدول ۴-۴۴ و مقایسه مدل‌های رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه‌ای و پروبیت در جدول ۴-۴۵ آمده است.

از آنجا که می‌توان از $LL(\beta)$ بعنوان یک شاخص برای مقایسه بین چند مدل استفاده کرد، به طوری که هر چه این مقدار به صفر نزدیکتر باشد می‌توان گفت آن مدل ارزنده‌تر است. از طرفی ρ_0^2 و ρ_c^2 که مشابه R^2 هستند، می‌توان گفت که هرچه به یک نزدیکتر باشند مطلوب‌تر است. AIC نیز یکی از شاخص‌های مقایسه مدل‌ها می‌باشد که مقدار کمتر آن مناسب‌تر است. همچنین از درصد برآورد درست می‌توان از کیفیت مدل مطلع شد.

باتوجه به جدول ۴-۴۴ و مقادیر مربوط به $LL(\beta)$ ، ρ_0^2 ، ρ_c^2 ، AIC می‌توان فهمید که مدل لوجیت چند جمله‌ای بهتر از لوجیت آشیانه‌ای و ترکیبی است. همچنین مدل لوجیت آشیانه‌ای مناسب‌تر از لوجیت ترکیبی به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است درصد برآورد درست ۹۷/۲ درصد براین نتیجه صحه می‌گزارد.

جدول ۴-۴۴. مقایسه مدل‌های لوجیت چند جمله‌ای، آشیانه‌ای و ترکیبی

نام مدل	$LL(\beta)$	$LL(C)$	$LL(0)$	ρ_0^2	ρ_c^2	$\bar{\rho}_0^2$	$\bar{\rho}_c^2$	AIC	درصد برآورد درست
لوجیت چند جمله‌ای	-۶۵/۰۱۸	-۵۹۶/۵۱۷	-۷۷۲/۳۲۴	۰/۹۱۵	۰/۸۹۱	۰/۹۰۵	۰/۸۷۸	۱۴۷/۹	۹۷/۲
لوجیت آشیانه‌ای	-۲۶۰/۴۵۷	-۵۹۶/۵۱۷	-۷۷۲/۳۲۴	۰/۶۶۲	۰/۵۶۳	۰/۶۵۶	۰/۵۵۶	۵۳۴/۹	۸۹/۳۱
لوجیت ترکیبی	-۳۰۷/۱۴۶	-۷۷۱/۲۲۵	-۷۷۲/۳۲۴	۰/۶۰۲	۰/۶۰۱	۰/۵۹	۰/۵۹۲	۶۳۴/۳	۸۵/۳۲

باتوجه به جدول ۴-۴۵ برای مقایسه مدل‌های لوجستیک و لوجیت رتبه‌ای و پروبیت می‌توان از 2LL- استفاده کرد. این پارامتر در واقع میزان ضعف در پیش‌گویی را نشان می‌دهد که هرچه نزدیک به صفر باشد آماره بهتری دارد و پیش‌گویی مدل درست‌تر است. آزمون‌های آماری Nagelkerke، Cox and Snell و McFadden هرچه قدر نزدیک به یک باشند مطلوب‌ترند. از طرفی مساحت زیر نمودار ROC که یکی از

معتبرترین روش های آزمون برای بررسی نیکویی مدل است، باید بین ۰/۵ و ۱ باشد که مقدار نزدیک تر به یک مدل بهتری را نشان می دهد.

براساس مطالب فوق واضح است که در تمام مدل ها، مدل سازی براساس زمان تا خط توقف (TTS) نسبت به فاصله تا خط توقف (DTS) نتایج بهتری دارد. همچنین با توجه به اینکه مدل رگرسیون لجستیک کمترین مقدار 2LL- و بیشترین مساحت زیر نمودار ROC را نسبت به لجیت رتبه ای و پروبیت دارد، بهتر است. از طرفی مدل لجیت رتبه ای از پروبیت مناسب تر است.

جدول ۴-۴۵. مقایسه مدل های لجستیک، رتبه ای و پروبیت

نام مدل	براساس	-2LL	Cox and Snell	Nagelkerke	Mc Fadden	Pearson Chi Square	AIC	AUC
رگرسیون	DTS	۴۰۶/۷۸	۰/۶۷۳	۰/۸۲۴	۰/۶۵۹	-	-	۰/۹۴۸
لجستیک	TTS	۶۴/۵۵۸	۰/۷۹۹	۰/۹۷۸	۰/۹۴۶	-	-	۰/۹۹۹
لجیت	DTS	۵۴۱/۹۶۷	۰/۶۰۴	۰/۷۳۹	۰/۵۴۶	-	-	۰/۸۱
رتبه ای	TTS	۲۷۷/۰۴۰	۰/۷۲۸	۰/۸۹۲	۰/۷۶۸	-	-	۰/۸۹
پروبیت	DTS	۵۴۰/۴۵۸	-	-	-	۹۷۷/۰۷	۵۵۲/۴۵۷	۰/۸۱۴
	TTS	۲۷۹/۲۲۴	-	-	-	۷۳۸/۷۵۳	۲۹۱/۲۲۴	۰/۸۹۴

در نهایت با مقایسه 2LL- در دو مدل رگرسیون لجستیک و لجیت چند جمله ای می توان دریافت که مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف بهتر می تواند رفتار رانندگان را در تقاطع هنگام چراغ زرد، پیش بینی کند. همچنین برای این ادعا می توان به مساحت زیر نمودار ROC در رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف، استناد کرد که این مقدار بسیار به عدد ۱ نزدیک می باشد.

فصل ۵: نتیجه گیری

۵-۱ مقدمه

از آنجا که ناحیه تردید نقش مهمی در ایمنی تقاطعات ایفا می‌کند، مطالعه و بررسی این ناحیه می‌تواند به بهبود جریان ترافیک و امنیت در آن کمک کند. در این پژوهش برای بررسی و مدلسازی رفتار راننده هنگام چراغ زرد (عبور به هنگام چراغ زرد، عبور در اواخر چراغ زرد، توقف) ابتدا داده‌های مربوط به رفتار رانندگان در فاز زرد، از ۳ تقاطع واقع در سمنان به نام های نهضت، مدرس و مازندران جمع آوری شد. ۸۰ درصد از داده‌های بدست آمده برای مدلسازی با مدل‌های لوجیت چندجمله‌ای، آشیانه‌ای، ترکیبی، رگرسیون لوجستیک، لوجیت رتبه‌ای و پروبیت، مورد استفاده قرار گرفت. پس از مدلسازی با نرم افزارهای SPSS و NLOGIT برای ارزیابی و صحت سنجی بهتر مدل‌ها، ۲۰ درصد از داده‌های جمع آوری شده برای اعتبارسنجی بکار گرفته شد و در نهایت مدل‌ها با یکدیگر مقایسه شد.

مهم ترین نتایج بدست آمده از این پایان نامه در بخش ۲-۵ آمده است.

۵-۲ نتایج بدست آمده

نتایج حاصل از مدلسازی توسط ۸۰ درصد داده‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- ۱- از مدل لوجیت چند جمله‌ای دریافت شد که هرچه سرعت و شتاب خودرو بیشتر باشد راننده تصمیم به عبور از تقاطع به هنگام چراغ زرد می‌گیرد و در مقابل هرچه فاصله تا خط توقف و زمان تا خط توقف بیشتر باشد، راننده ریسک نکرده و توقف می‌کند. از طرفی خودروهای سواری در تقاطع مدرس با احتمال کمتری از تقاطع مدرس عبور می‌کنند. درصد برآورد درست در این مدل ۹۷/۲٪ محاسبه شد.
- ۲- مدل لوجیت آشیانه‌ای بیان داشت که هرچه زمان و فاصله تا خط توقف بیشتر باشد احتمال عبور از تقاطع رانندگان پایین می‌آید. و در تقاطع نهضت رانندگان از چراغ زرد عبور نمی‌کنند و پشت چراغ زرد توقف می‌کنند. که درصد برآورد درست در این مدل برابر با ۸۹/۳۱٪ است.
- ۳- از نتایج حاصل از مدل لوجیت ترکیبی دریافت شد که هرچه شتاب و سرعت خودرو ها بیشتر باشد،

رانندگان از تقاطع عبور می‌کنند و هرچه فاصله تا خط توقف بیشتر باشد رانندگان پشت خط عابر پیاده توقف می‌کنند. از طرفی می‌توان گفت که رانندگان در تقاطع مازندران تمایل بیشتری به عبور از تقاطع را دارند در حالی که در تقاطع نهضت این گونه نیست و رانندگان تمایل به توقف دارند. لازم به ذکر است که در این مدل بیان شد که خودروهای شاسی بلند و سواری تمایل به عبور از تقاطع را دارند. درصد برآورد درست در این مدل ۸۵/۳۲٪ محاسبه شد.

۴- در مدل لوجستیک بر اساس فاصله تا خط توقف سرعت، شتاب و نوع تقاطع رابطه مستقیم با احتمال توقف دارد در حالی که فاصله تا خط توقف و خودروهای سنگین رابطه معکوس با احتمال توقف دارند. که درصد برآورد درست در این مدل برابر با ۸۷/۸٪ است.

۵- از مدل لوجستیک بر اساس زمان تا خط توقف دریافت شد که سرعت و شتاب رابطه مستقیم با احتمال توقف دارد و زمان تا خط توقف رابطه معکوس با احتمال توقف دارد. قابل ذکر می‌باشد که بالاترین درصد برآورد درست مربوط به این مدل می‌باشد که برابر با ۹۸٪ است.

۶- مدل لوجیت رتبه‌ای بر اساس فاصله تا خط توقف بیان داشت که سرعت، شتاب و نوع تقاطع رابطه معکوس با احتمال توقف دارند از طرفی دیگر فاصله تا خط توقف رابطه مستقیم با احتمال توقف دارد. ۷- در مدل لوجیت رتبه‌ای بر اساس زمان تا خط توقف سرعت، شتاب و نوع تقاطع رابطه معکوس با احتمال توقف دارند در حالی که زمان تا خط توقف رابطه مستقیم با احتمال توقف دارد.

۸- از مدل پروبیت بر اساس فاصله تا خط توقف دریافت شد که سرعت، شتاب و نوع تقاطع رابطه معکوس با احتمال توقف دارد از طرفی دیگر فاصله تا خط توقف رابطه مستقیم با احتمال توقف دارد.

۹- در مدل پروبیت بر اساس زمان تا خط توقف سرعت، شتاب و نوع تقاطع رابطه معکوس با احتمال توقف دارد در حالی که زمان تا خط توقف رابطه مستقیم با احتمال توقف دارند.

- ۱۰- از نتایج تمامی مدل‌ها می‌توان دریافت کرد که سرعت، شتاب، زمان و فاصله تا خط توقف از عوامل موثر بر رفتار راننده می‌باشد. که با توجه به شرایط و این عوامل، رانندگان می‌توانند تصمیم بگیرند که در هنگام چراغ زرد از تقاطع عبور کنند و یا اینکه ریسک نکرده و توقف کنند.
- ۱۱- با بررسی مدل‌های لجستیک، لجیت رتبه‌ای و پروبیت و مقایسه نتایج آن‌ها دریافت شد که مدلسازی براساس زمان تا خط توقف (TTS) شاخص بهتری در مقایسه با فاصله تا خط توقف (TTS) می‌باشد.
- ۱۲- مدل‌های زده شده در نرم افزار NLOGIT به ترتیب لجیت چند جمله‌ای، آشیانه‌ای و ترکیبی بهترین نتایج را دارا می‌باشند و این درحالیست که در نرم افزار SPSS بهترین مدل به ترتیب مختص به رگرسیون لجستیک، لجیت رتبه‌ای و پروبیت می‌باشد.
- ۱۳- از بین کلیه مدل‌ها، با مقایسه شاخص‌ها مدل رگرسیون لجستیک بر اساس زمان تا خط توقف (TTS) به عنوان بهترین مدل انتخاب شده است که از تاثیرگذارترین متغیر در این مدل طبق ضریب B، می‌توان به شتاب خودرو اشاره کرد. لازم به ذکر است که درصد برآورد درست برابر با ۹۸٪ و مساحت زیر منحنی ROC برابر با ۰/۹۹۹ بدست آمده است که می‌تواند بر این امر صحنه گذارد.
- ۱۴- از درصد برآورد درست به دست آمده از اعتبار سنجی (۲۰ درصد داده‌ها) که مقادیر بالایی را نشان می‌دهد، می‌توان دریافت کرد که مدلسازی‌ها به خوبی عمل کرده و عوامل موثر بر راننده در تصمیم‌گیری از عبور تقاطع به درستی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.
- ۱۵- در نهایت می‌توان گفت که برای کنترل رفتار راننده در ناحیه تردید از تجهیزات کاهش سرعت مانند سرعت‌گیر در نزدیکی تقاطعات پر رفت و آمد استفاده کرد تا از مسدود شدن تقاطع و تصادفات احتمالی جلوگیری به عمل آید.

۳-۵ پیشنهاد جهت مطالعات آینده:

- ۱- ساخت مدل‌های پیشرفته‌تر انتخاب گسسته مانند مدل‌های کلاس پنهان (Latent Class Models).
- ۲- استفاده از سایر رویکردهای نوین مدلسازی مانند رویکردهای مدلسازی بر مبنای تکنیک‌های یادگیری ماشین (Machine Learning) و یادگیری عمیق (Deep Learning).

پوستا

شکل‌های مربوط به خروجی‌های مدلسازی در نرم‌افزار SPSS و NLOGIT به شرح زیر می‌باشد :

```
Discrete choice (multinomial logit) model
Dependent variable      Choice
Log likelihood function  -65.01831
Estimation based on N = 701, K = 9
Inf.Cr.AIC = 148.0 AIC/N = .211
Model estimated: Jan 31, 2021, 22:00:38
R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT :...;RHS=ONE$
Chi-squared[ 7] = 1060.98143
Prob [ chi squared > value ] = .00000
Response data are given as ind. choices
Number of obs. = 703, skipped 2 obs
```

F4	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
A	23.0278***	3.61912	6.36	.0000	15.9344	30.1211
F151	.43746***	.06512	6.72	.0000	.30983	.56510
F191	9.06988***	1.36569	6.64	.0000	6.39317	11.74659
F16	-6.45216***	1.04677	-6.16	.0000	-8.50380	-4.40052
C	-.71126	.58115	-1.22	.2210	-1.85029	.42777
F152	.35087***	.05007	7.01	.0000	.25273	.44901
F192	9.20620***	1.20938	7.61	.0000	6.83585	11.57655
MOD	-1.20388**	.53681	-2.24	.0249	-2.25600	-.15176
F14	.11658***	.01820	6.40	.0000	.08091	.15226

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

شکل پ-۱. خروجی مدل لوجیت چندجمله‌ای

```

FIML Nested Multinomial Logit Model
Dependent variable      F4
Log likelihood function  -260.45729
Restricted log likelihood -679.28424
Chi squared [ 7 d.f.]   837.65389
Significance level       .00000
McFadden Pseudo R-squared .6165710
Estimation based on N = 702, K = 7
Inf.Cr.AIC = 534.9 AIC/N = .762
Model estimated: Jan 31, 2021, 22:04:48
Constants only must be computed directly
Use NLOGIT ;...:RHS=ONE$
At start values -263.3430 .0110*****
Response data are given as ind. choices
The model has 2 levels.
Nested Logit form: IVparms=Taub|l,r,Sl|r
& Fr.No normalizations imposed a priori
Number of obs.= 703, skipped 1 obs

```

F4	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Attributes in the Utility Functions (beta)						
A	5.49264***	1.69527	3.24	.0012	2.16997	8.81530
VONSET	-1.42310	2.17683	-.65	.5133	-5.68960	2.84341
NEH	-2.21187***	.48647	-4.55	.0000	-3.16534	-1.25840
C	9.38972***	2.96676	3.16	.0016	3.57498	15.20445
XONSET	-7.44843***	1.69654	-4.39	.0000	-10.77358	-4.12327
TREAL	.08118***	.00742	10.94	.0000	.06664	.09573
IV parameters. tau(b l,r).sigma(l r).phi(r)						
GO	.46521***	.15260	3.05	.0023	.16612	.76430
STOP	1.0	(Fixed Parameter).....				

Note: ***, **, * **> Significance at 1%, 5%, 10% level.
Fixed parameter ... is constrained to equal the value or

شکل ۲-۵. خروجی مدل لوجیت آشیانه‌ای

Dependent variable F4
 Log likelihood function -307.14642
 Restricted log likelihood -771.22583
 Chi squared [10 d.f.] 928.15881
 Significance level .00000
 McFadden Pseudo R-squared .6017426
 Estimation based on N = 702, K = 10
 Inf. Cr. AIC = 634.3 AIC/N = .904
 Model estimated: Jan 31, 2021, 22:08:08
 Constants only must be computed directly
 Use NLOGIT ;...:RHS=ONES
 At start values -311.0338 .0125*****
 Response data are given as ind. choices
 Replications for simulated probs. = 250
 Halton sequences used for simulations
 Number of obs. = 703, skipped 1 obs

F4	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
Random parameters in utility functions						
F14	-.13316***	.02917	-4.57	.0000	-.19032	-.07600
F19	3.58533***	.70976	5.05	.0000	2.19423	4.97642
Nonrandom parameters in utility functions						
A	2.24013***	.26090	8.59	.0000	1.72878	2.75149
NEH	-1.03485***	.30390	-3.41	.0007	-1.63048	-.43922
MAZ	.87384**	.36819	2.37	.0176	.15220	1.59549
C	1.01875	.66040	1.54	.1229	-.27562	2.31311
F15	-.16175***	.03913	-4.13	.0000	-.23844	-.08505
PASS	-1.26761**	.63273	-2.00	.0451	-2.50774	-.02749
Distns. of RPs, Std. Devs or limits of triangular						
NsF14	.02951**	.01187	2.49	.0129	.00624	.05278
NsF19	.87948**	.41894	2.10	.0358	.05838	1.70058

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

شکل ۳-۵. خروجی مدل لوجیت ترکیبی

Parameter Estimates									
		B	Std. Error	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Confidence Interval for Exp (B)	
noeraftar2*								Lower Bound	Upper Bound
YLR	Intercept	.481	.495	.944	1	.331			
	Xonset_of_yellow_metr	-.246	.027	82.590	1	.000	.782	.741	.824
	Vonset_of_yellow_km.h	.196	.025	63.853	1	.000	1.217	1.160	1.277
	a_yellow	3.704	.373	98.343	1	.000	40.599	19.526	84.415
	Taghatoo	1.414	.284	24.807	1	.000	4.111	2.357	7.170
	sangin	-3.991	2.000	3.982	1	.046	.018	.000	.932
RLR	Intercept	-1.463	.538	7.397	1	.007			
	Xonset_of_yellow_metr	-.044	.008	31.369	1	.000	.957	.943	.972
	Vonset_of_yellow_km.h	.099	.020	24.617	1	.000	1.104	1.062	1.148
	a_yellow	3.356	.388	74.739	1	.000	28.688	13.403	61.400
	Taghatoo	.563	.301	3.492	1	.062	1.756	.973	3.170
	sangin	-19.736	.000		1		2.685E-9	2.685E-9	2.685E-9

a. The reference category is: FTS.

شکل پ-۴. خروجی مدل رگرسیون لوجستیک براساس فاصله تا خط توقف

Parameter Estimates								
							95% Confidence Interval for Exp (B)	
noeraftar2 ^a		B	Std. Error	Wald	df	Sig.	Exp(B)	
YLR	Intercept	32.532	5.472	35.343	1	.000		
	TarriveTyellow_sec	-8.829	1.519	33.793	1	.000	.000	7.461E-6
	Vonset_of_yellow_km.h	.645	.121	28.628	1	.000	1.907	1.505
	a_yellow	14.371	2.557	31.586	1	.000	1743432.712	11608.518
RLR	Intercept	6.713	1.869	12.893	1	.000		
	TarriveTyellow_sec	-1.733	.345	25.176	1	.000	.177	.090
	Vonset_of_yellow_km.h	.537	.106	25.813	1	.000	1.710	1.390
	a_yellow	13.943	2.621	28.297	1	.000	1135432.665	6670.467

a. The reference category is: FTS.

شکل ۵-۵. خروجی مدل رگرسیون لجستیک براساس زمان تا خط توقف

Pseudo R-Square							
Cox and Snell		.604					
Nagelkerke		.739					
McFadden		.546					
Link function: Logit.							

Parameter Estimates								
		Estimate	Std. Error	Wald	df	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Threshold	[noeraftar2 = 1]	-.663	.329	4.052	1	.044	-1.308	-.017
	[noeraftar2 = 2]	.192	.328	.342	1	.559	-.451	.835
Location	Xonset_of_yellow_metr	.096	.008	158.414	1	.000	.081	.111
	Vonset_of_yellow_km.h	-.086	.012	50.826	1	.000	-.110	-.063
	a_yellow	-2.345	.219	114.512	1	.000	-2.774	-1.915
	Taghatoo	-1.272	.185	47.487	1	.000	-1.634	-.910
Link function: Logit.								

شکل پ-۶. خروجی مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

شکل پ-۶. خروجی مدل لجیت رتبه‌ای براساس فاصله تا خط توقف

Pseudo R-Square								
Cox and Snell		.728						
Nagelkerke		.892						
McFadden		.768						
Link function: Logit.								
Parameter Estimates								
		Estimate	Std. Error	Wald	df	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Threshold	[noeraftar2 = 1]	3.281	.521	39.583	1	.000	2.259	4.303
	[noeraftar2 = 2]	5.631	.648	75.542	1	.000	4.361	6.901
Location	TarriveTyellow_sec	1.336	.113	138.758	1	.000	1.114	1.559
	Vonset_of_yellow_km.h	-.089	.017	27.154	1	.000	-.122	-.056
	a_yellow	-2.622	.281	87.021	1	.000	-3.172	-2.071
	Taghatoo	-.936	.242	14.914	1	.000	-1.411	-.461
Link function: Logit.								

شکل ۷-۵. خروجی مدل لوجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

شکل ۷-۵. خروجی مدل لجیت رتبه‌ای براساس زمان تا خط توقف

Parameter Estimates										
		95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			95% Wald Confidence Interval for Exp(B)			
Parameter	B	Std. Error	Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.	Exp(B)	Lower	Upper
Threshold [noeraftar2=1]	-.373	.1911	-.748	.001	3.817	1	.051	.688	.473	1.001
	[noeraftar2=2]	.110	.1914	-.266	.485	1	.567	1.116	.767	1.624
Vonset_of_yellow_metr	.054	.0037	.046	.061	212.721	1	.000	1.055	1.047	1.063
Vonset_of_yellow_km.h	-.049	.0067	-.062	-.036	53.581	1	.000	.952	.940	.965
a_yellow	-1.347	.1184	-1.579	-1.115	129.398	1	.000	.260	.206	.328
Taghatoo	-.726	.1026	-.927	-.524	49.985	1	.000	.484	.396	.592
(Scale)	1 ^a									
Dependent Variable: noeraftar2										
Model: (Threshold), Vonset_of_yellow_metr, Vonset_of_yellow_km.h, a_yellow, Taghatoo										
a. Fixed at the displayed value.										

شکل پ-۸. خروجی مدل پروبیت براساس فاصله تا خط توقف

Parameter Estimates										
Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.		Lower	Upper
Threshold [noeraftar2=1]	1.674	.2650	1.154	2.193	39.874	1	.000	5.331	3.171	8.963
[noeraftar2=2]	2.916	.3219	2.285	3.547	82.054	1	.000	18.464	9.825	34.699
TarriveTyellow_sec	.690	.0499	.592	.788	191.038	1	.000	1.994	1.808	2.199
Vonset_of_yellow_kmh	-.042	.0080	-.058	-.027	28.102	1	.000	.958	.944	.974
a_yellow	-1.426	.1373	-1.695	-1.157	107.843	1	.000	.240	.184	.315
Taghatoo	-.585	.1298	-.840	-.331	20.300	1	.000	.557	.432	.719
(Scale)	1 ^a									
Dependent Variable: noeraftar2										
Model (Threshold), TarriveTyellow_sec, Vonset_of_yellow_kmh, a_yellow, Taghatoo										
a. Fixed at the displayed value.										

شکل پ-۹. خروجی مدل پروبیت براساس زمان تا خط توقف

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij) Row indicator is actual, column is predicted. Predicted total is $N(k,j,i) = \sum_{i=1}^N Y(k,j,i)$. Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.				
NLOGIT Cross Tabulation for 3 outcome Multinomial Choice Model CrossTab 1 2 3 Total				
1	229	1	2	232
2	0	38	8	46
3	2	6	415	423
Total	231	45	425	701

شکل پ-۱۰. درصد برآورد درست مدل لوجیت چند جمله‌ای

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij) Row indicator is actual, column is predicted. Predicted total is $N(k,j,i)=\sum(i=1,\dots,N) Y(k,j,i)$. Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.				
NLOGIT Cross Tabulation for 3 outcome Multinomial Choice Model				
CrossTab	1	2	3	Total
1	232	0	0	232
2	6	10	30	46
3	27	12	385	424
Total	265	22	415	702

شکل پ-۱۱. درصد برآورد درست مدل لوجیت آشیانه‌ای

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij) Row indicator is actual, column is predicted. Predicted total is $N(k,j,i)=\sum(i=1,\dots,N) Y(k,j,i)$. Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.				
NLOGIT Cross Tabulation for 3 outcome Multinomial Choice Model				
CrossTab	1	2	3	Total
1	204	0	28	232
2	28	0	18	46
3	29	0	395	424
Total	261	0	441	702

شکل پ-۱۲. درصد برآورد درست مدل لوجیت ترکیبی

Classification				
Observed	Predicted			Percent Correct
	YLR	RLR	FTS	
YLR	229	2	1	98.7%
RLR	0	40	6	87.0%
FTS	4	1	419	98.8%
Overall Percentage	33.2%	6.1%	60.7%	98.0%

شکل پ-۱۳. درصد برآورد درست مدل رگرسیون لوجستیک براساس زمان تا خط توقف

مراجع

- 1- عبدالرزاقی، ع. میربهاء، ب. رصافی، ا. (۲۰۱۹) "مدلسازی رفتار تردید رانندگان در انتخاب عبور یا توقف پس از زمان زرد در تقاطع‌های چراغ‌دار با استفاده از مدل لوجیت ترکیبی (مطالعه موردی شهر قزوین)" فصلنامه مهندسی حمل و نقل، جلد ۱۱، نشریه ۱، صفحه ۲۲۱-۲۳۸.
- ۲- نجمی اتر آباد، ا. (۱۳۹۶) ، پایان نامه کارشناسی ارشد "مطالعه ناحیه تردید در میدان های چراغ‌دار" دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود.
- ۳- شاهی، ج. (۱۳۶۸) "مهندسی ترافیک" مرکز نشر دانشگاهی، چاپ ششم، تهران.
- ۴- زعیمی، م. (۱۳۷۶) ، پایان نامه کارشناسی ارشد "مدل سازی رفتار رانندگان در تقاطع های زمان بندی شده به هنگام شروع زمان زرد" دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
- ۵- بهروزی، ک. (۱۳۸۱) "دایرت المعارف مهندسی ترافیک" انتشارات مجد، چاپ اول، تهران.
- ۶- شاه حسینی، ز. حقانی، میلاد. (۱۳۹۴) "برنامه ریزی حمل و نقل و مهندسی ترافیک به همراه مرور بر آمار و احتمالات" کتاب آوا، تهران، صفحه ۲۲۲-۲۷۳.
- ۷- اسماعیلیان، م. ربیعی، م. (۱۳۹۴) "راهنمای جامع SPSS" موسسه فرهنگی هنری دیباگران، تهران، صفحه ۱۴۳-۱۷۴.
- ۸- حقیقی، ف. شیخ فرد، ع. (۲۰۱۸) "مدل سازی رفتاری رانندگان به هنگام مواجهه با عابرین پیاده با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک" فصلنامه مهندسی حمل و نقل، جلد ۹، نشریه ۴، صفحه ۶۷۵-۶۹۲.
- 9- kang, Y. (2000) " Delay, Stop and Queue Estimation for Uniform and Random Traffic Arrivals at Fixed-Time Signalized Intersections " Record number 31.
- 10- Bonneson, J. A. (2010) " Highway safety manual " Washington, D.C. : American Association of State Highway and Transportation Official.
- 11- Stimpson, W. Zador, P. L. Tarnoff, P. (1980) " Influence of the Time Duration of Yellow Traffic Signals on Driver Response " ITE journal, 50(11): pp 22-29.
- 12- Gazis, D. Herman, R. Maradudin, A. (1960) " The problem of the amber signal light in traffic flow " Operations Research, Record number 35.
- 13- Zegeer, C. V. Deen, R. C. (1978) " Green extension systems at high-speed intersections." ITE journal 48(11): pp 19-24.

- 14- Liu, C. Herman, R. Gazis, D.C . (1996) “ A Review of the Yellow Interval Dilemma ” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(5): pp 333-348.
- 15- Yan, X. (2005) “ Driver Behavior During Yellow Change Interval ” *Proceedings of DSC North America, Orlando*, Record number 40.
- 16- Fujita, M. Suzuki, K. Yilmaz, C. (2007) “ Behavior and consciousness analyses on effect of traffic signals including countdown device for vehicles ” *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 7: pp 2289-2304
- 17- El-Shawarby, I , et al . (2007) “ Age and gender impact on driver behavior at the onset of a yellow phase on high-speed signalized intersection approaches.” *In Transportation Research Board 86th Annual Meeting*.
- 18- Caird, J.K, et al . (2007) “ The effect of yellow light onset time on older and younger drivers perception response time (PRT) and intersection behavior ” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Record number 44 .
- 19- Lavrenz, S.M . Pyrialakou, V,D . Gkritza , K . (2014) “ Modeling driver behaviour in dilemma zones: A discrete/continuous formulation with selectivity bias corrections ” *Analytic Methods in Accident Research* 3, pp 44-55 , Record number 47.
- 20- Lum, K.M . Tan, Y,W . (2003) “ Driver Response at a Signalized T-intersection During an Amber Blackout ” *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6(3) , pp 183-195 .
- 21- Gates,T, et al . (2007) “ Analysis of driver behavior in dilemma zones at signalized intersections ” *Transportation Research Record:Journal of the Transportation Research Board*(2030): 29-39.
- 22- Wei, H. Li ,Z. Ai ,Q . (2009) “ Observation-based study of intersection dilemma zone natures. ” *Journal of Transportation Safety & Security* ,1(4): pp 282-295.
- 23- Liu, Y. Chang ,G,L. Yu ,J. (2011) “ Empirical study of driver responses during the yellow signal phase at six Maryland intersections ” *Journal of Transportation Engineering*, 138(1): pp 31-42.
- 24- Yang, Z. Tian, X. Wang, W. Zhou, X. Liang, H. (2014) “ Research on Driver Behavior in Yellow Interval at Signalized Intersections ” *Mathematical Problems in Engineering*, Record number 38.

- 25- Elmitiny, N. Yan, X. Radwan, E. Russo, C. Nashar, D. (2010) “ Classification analysis of driver's stop/go decision and red-light running violation ” *Accident Analysis & Prevention*, 42(1): pp 101-111.
- 26- Wei, H. Z, Li. P, Yi. K, Duemmel. (2011) “ Quantifying dynamic factors contributing to dilemma zone at high-speed signalized intersections ” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* (2259):pp 202-212.
- 27- Lu, G. Y, Wang. X, Wu . H, X, Liu. (2015). “ Analysis of yellow-light running at signalized intersections using high-resolution traffic data.” *Transportation research part A: policy and practice* (73):pp 39-52.
- 28- Fua, Ch. Zhanga, Y. Biea, Y. Hu , Liwei. (2015) “ Comparative analysis of driver's brake perception-reaction time at signalized intersections with and without countdown timer using parametric duration models ” *Accident Analysis and Prevention*, (95): pp 448-460.
- 29- Medina, J. M, Chitturi. R, F, Benekohal. (2010) “ Effects of fog, snow, and rain on video detection systems at intersections ” *Transportation Letters* , 2(1): pp 1-12.
- 30- Savolainen, P. T, A, Sharma . T, J, Gates. (2016) “ Driver decision-making in the dilemma zone Examining the influences of clearance intervals, enforcement cameras and the provision of advance warning through a panel data random parameters probit model ” *Accident Analysis & Prevention* , (96):pp 351-360.
- 31- Ghodrat Abadi, M. D, S, Hurwitz. P, Marnell. S, Quayle. (2017) “ Evaluation of red clearance extension designs with hardware-in-the-loop simulation ”, *Transportation Letters*, 11(5): pp 264-274
- 32- Train. Kenneth , E. (2009) “ *Discrete Choice Methods with Simulation* ” Cambridge University Press: Cambridge, Edition: 2.
- 33- Hess, S. (2005) , PhD Thesis “ Advanced discrete choice models with applications to transport demand ” University of London.
- 34- McFadden. Daniel. (1974) “ Conditional logit analysis of qualitative choice behavior ” *Frontiers in econometrics*, pp 105-142.
- 35- McFadden. Daniel. Train, K. (2000) “ Mixed MNL models for discrete response ” *Journal of Applied Econometrics*, 15(5): pp 447- 470.
- 36- Hensher, D , A. John, M, R. William , H, G. (2005) “ *Applied Choice Analysis: A Primer* ” , Cambridge University Press: Cambridge.

- 37- Park, E ,S . (2010) “ *Transportation Statistics and Microsimulation* ”.
- 38- Li, H. Huang ,H. J, Liu. (2010) “ Parameter Estimation of the Mixed Logit Model and Its Application ” *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*,10(3): pp 73-78
- 39- Ben-Akiva, M. E. Lerman, S, R. (1985) “ Discrete choice analysis: theory and application to travel demand. ” MIT press,Vol: 9.
- 40- Hensher, D ,A. John, M, R. William ,H, G. (2002) “ *The mixed logit model : the state of practice and warnings for the unwary*” Institute of Transport Studies, the University of Sydney and Monash University: Sydney.
- 41- Koppelman, F. Bhat, Ch .(2006) “ A Self Instructing Course in Mode Choice Modelling: Multinomial and Nested Logit Models ”.
- 42- de Dios Ortúzar, J . L,G, Willumsen. (2011) “ *Modelling Transport* ” ,Wiley.
- 43- Sørensen, M ,V. (2003) , Ph.D. thesis “ Discrete Choice Models - Estimation of Passenger Traffic” , Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Denmark.

Abstract

signalized intersections, despite being a small part of all roads, are considered to Accident prone. scheduled intersections drivers start time when the yellow light and the proximity to the dilemma zone say, close to the intersection Usually has two choices, continue to move through the intersection or behind the line stops pedestrian. Among the drivers who have to cross the intersection, They number empty the of intersection but others fail, This interferes with the movement of other vehicles or even collides with them. This issue has caused the study of the dilemma zone to be of special importance. Modeling stop passing drivers an important role in prevention systems dilemma zone to avoid being caught driving in the dilemma zone. In this thesis, in order to model the stopping and passing of drivers using data from three intersections in the city of Semnan, Six model groups were examined by SPSS and NLOGIT software. The results show that the vehicle speed at the beginning of the yellow phase has a negative impact on driver behavior Because with increasing speed, the time required for the driver in the decision makings declined. It was also found that time to stop line (TTS) is a better indicator compared to distance to stop line (DTS). When the yellow light is on, the distance from the car to the intersection should be shorter, Increases the possibility of drivers crossing the yellow light. It should be noted that in the end, to evaluate and compare the models, their validation is done, The logistic regression model based on time to the stop line with an accurate estimation percentage of 99.43 % has been introduced as the best model.

Keywords : Drivers decisions, Cross the yellow light, Cross the red light, dilemma zone, modeling



Shahrood University of Technology
Faculty of Civil Engineering

M.Sc. Thesis in Road and Transport Engineering

Modeling the drivers stop/go decision making at signalized intersections

By:
Mohammad Ali Haghighat

Supervisor:
Dr. Abdollahad Choopani

Advisor:
Engineer. Farshid Afshar

January 2021