

داده‌کاوی تصادفات برون شهری با رویکرد آماری و تحلیل عاملی، محورهای (مورد مطالعه: آزادراه و محور قدیم قزوین - لوشان)

مقاله پژوهشی

حمید بهبهانی، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
میثم عفتی*، استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
سمانه مرتضایی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: Meysameffati@guilan.ac.ir

دریافت: ۹۸/۰۱/۱۹ - پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۸

صفحه ۳۵-۴۶

چکیده

از آنجایی که تصادفات جاده‌ای از عوامل بسیار مهم مرگومیر و صدمات شدید جانی و مالی به شمار می‌آیند، استفاده از روش‌هایی برای شناسایی عوامل تاثیرگذار به منظور کاهش هزینه و تلفات، بیش از پیش مطرح می‌شود. در این پژوهش هدف بررسی تاثیر عوامل محیطی، انسانی و طرح هندسی راه بر تصادفات آزادراه و محور قدیم قزوین-لوشان در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ شمسی با استفاده از تحلیل عاملی می‌باشد. در واقع به منظور بررسی توامان پارامترها و میزان تاثیرگذاری آن‌ها بر تصادفات رخ داده، تحلیل عاملی با تکیه بر پارامترهایی که به عنوان متغیر مستقل شناخته می‌شوند، صورت می‌گیرد. نتایج تحقیق نشان داد که ۱۴ متغیر موثر بر تصادفات در محورهای مورد مطالعه، بر اساس درجه اولویت به ۶ دسته اصلی تقسیم می‌شوند. از جمله متغیرهایی که بیشترین تاثیر را بر تصادفات آزادراه قزوین-لوشان داشته، عوامل محیطی (شرایط روشنایی، شرایط آب‌وهوایی و شرایط سطح روسازی) بوده است، درحالی‌که در محور قدیم قزوین-لوشان، عوامل هندسی (نوع منطقه، طرح هندسی و نوع راه) بیشترین تاثیر را بر تصادفات داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، تحلیل عاملی، تصادفات جاده‌ای، شدت تصادفات

۱-مقدمه

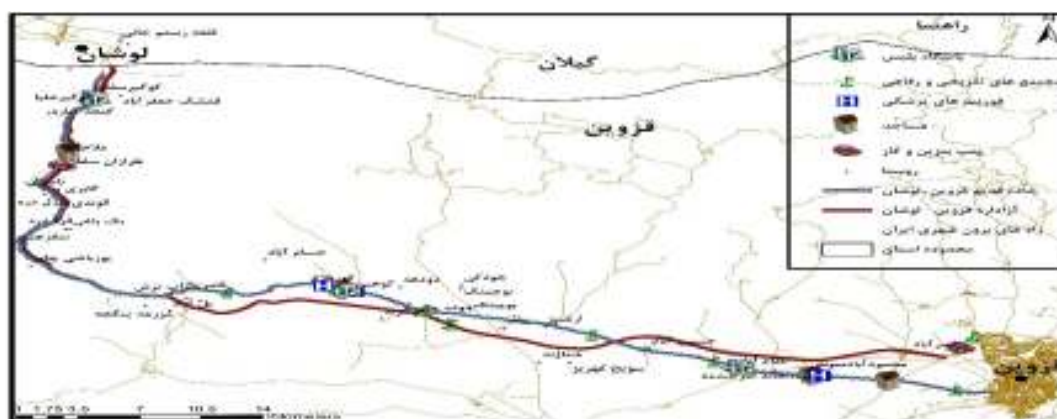
از تحلیل‌های آماری، به منظور تجزیه و تحلیل، کشف و شناسایی عوامل موثر در وقوع تصادفات در ایران امری ضروری است. استفاده از تحلیل‌های آماری در محاسبه عوامل موثر بر تصادفات در حوزه حمل و نقل درون‌شهری و برون‌شهری، به دلیل افزایش سالانه تلفات ناشی از حوادث ترافیکی در سال‌های اخیر مرسوم شده است (Anastasopoulos, 2012). تاکنون مطالعات زیادی به منظور تعیین و شناسایی عوامل موثر بروقوع تصادفات آزادراه‌ها با استفاده از روش‌های داده‌کاوی در ایران و جهان صورت گرفته است: به عنوان مثال بررسی شدت تصادفات در آزادراه‌های بین‌ایالتی (Yu and Abdel-2014)

با افزایش تعداد مالکین خودروهای سواری، ضعف زیرساخت‌های حمل و نقل به یک مشکل رو به رشد مبدل گشته و ایمنی ترافیک و چگونگی کاهش تلفات جاده‌ای به عنوان مهم‌ترین مسائل روز شناخته شده است. آمار متوفیات و مصدومین تصادفات جاده‌ای ایران در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ براساس گزارشات پزشکی قانونی نشان می‌دهد که تعداد کشته شده‌ها در تصادفات، از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ روند نزولی را طی می‌کند، به طوری که در سال ۹۵ با کاهش ۳/۹٪ همراه بوده است ولی تعداد مصدومین دارای روند ثابتی نبوده و در سال‌های اخیر (از ۹۳ به بعد) به طور متوسط به میزان ۴/۶٪ افزایش یافت. با توجه به آمار و اطلاعات منتشر شده، استفاده

پارامترهای موثر در وقوع تصادف از قبیل خصوصیات راننده، وسیله نقلیه، محیط، طرح هندسی مسیر و مشخصات ترافیکی آن را در راه‌ها تعیین نمود. در این مطالعات مصرف مشروبات الکلی به‌عنوان اصلی‌ترین عامل انسانی در افزایش شدت تصادفات شناخته شده است (Khorashadi, ۲۰۰۵).

Rahimi و Kazemi به‌منظور شناسایی و بررسی پارامترهای موثر بر رفتار کاربران از الگوریتم درخت طبقه‌بندی و رگرسیون که مدلی ناپارامتریک و از زیرشاخه‌های روش داده‌کاوی است، استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها بر روی ۵۲۷ راننده نشان داد که پارامترهایی از قبیل زمان رانندگی، درآمد ماهیانه و شغل افراد، در توجیه به تابلوهای راهنمایی و رانندگی بسیار مهم هستند و در مقابل سن و جنسیت تاثیر قابل توجهی نداشتند (Rahimi and Kazemi, 2013) تاکنون بیشتر مطالعات صورت گرفته در زمینه بررسی تصادفات بر اساس تحلیل‌های آماری متداول نظیر لجیت، پواسون و یا دو جمله‌ای منفی بوده و به‌ندرت از تحلیل عاملی برای شناسایی پارامترهای موثر بر تصادفات استفاده شده است، لذا با توجه به عملکرد مناسب این تحلیل در بیان گروهی عامل‌های موثر، در این پژوهش از روش داده‌کاوی تحلیل عاملی بر روی دومی محور آزادراه و جاده قدیم قزوین-لوشان استفاده شده است، در ادامه در بخش ۲ مواد و روش تحقیق، در بخش ۳ پیاده‌سازی و بحث و در نهایت نتیجه‌گیری و پیشنهادات در بخش ۴ ارائه شده است.

(Aty, تونل‌ها در آزادراه (Ma et al., ۲۰۱۶)، آزادراه‌های برون‌شهری (Haleem and Gan, ۲۰۱۳) و آزادراه‌های کوهستانی (Yu and Abdel-Aty, ۲۰۱۴). در مطالعه‌ای که توسط جونز، جانسن و منرینگ در سیاتل آمریکا با هدف تجزیه و تحلیل تصادف با استفاده از مدل پواسون انجام شد، از بانک اطلاعاتی گسترده‌ای به‌عنوان مجموعه اطلاعاتی و تعیین متغیرها استفاده شد. متغیرهای بکار رفته بیانگر حجم ترافیک، الگوی سفر، تاثیرات متقابل اندازه‌گیری نشده، طرح هندسی و نظایر آن می‌باشند (Jones, Janssen and Mannering, ۱۹۹۱). Chen و همکارانش در سال ۲۰۱۶ از تحلیل عاملی اکتشافی به منظور بررسی عوامل موثر بر تصادفات با خسارات شدید استفاده کردند. آن‌ها تحلیل عاملی را بر روی ۲۵۰ تصادف، در چین طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۲ انجام دادند. نتیجه بررسی آن‌ها نشان داد که اولین عامل تاثیرگذار بر تصادفات، تحصیلات رانندگان بخصوص آن‌هایی که در حمل و نقل کالا و مسافر نقشی دارند می‌باشد، زیرا افزایش بهبود سطح دانش، باعث کاهش خطرات مربوط می‌گردد. عامل بعدی، تعمیر و نگهداری منظم وسیله نقلیه و عامل سوم شرایط سطح جاده و شرایط روشنایی آن می‌باشد (Chen, Zhang and Xu, ۲۰۱۶). Khorashadi در سال ۲۰۰۵ با استفاده از مدل لجیت چندجمله‌ای، به بررسی شدت تصادفات وسایل مسافری و کامیون‌ها در جاده‌های برون‌شهری و درون‌شهری پرداخت. همچنین با استفاده از مدل فوق تاثیر هر یک از



شکل ۱. موقعیت آزادراه و محور قدیم قزوین - لوشان

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش، ابتدا ویژگی‌های محورهای مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده بیان شده و سپس، در بخش‌های بعدی روش به کار برده شده جهت دستیابی به اهداف تحقیق تشریح می‌گردد.

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در تحقیق

داده	مشخصات	منبع	توضیح
داده تصادف	داده ۵ ساله آزادراه و محور قدیم قزوین-لوشان شامل عوامل محیطی، انسانی و طرح هندسی	پلیس راه کشور	توصیفی
نقشه‌های مکانمند	شامل کاربری‌ها و عوارض (مجموع‌های تفریحی و رفاهی، پاسگاه پلیس، مساجد، پمپ بنزین و فوریت‌های پزشکی) محورهای مورد مطالعه	سازمان راه‌داری و حمل‌ونقل جاده‌ای	مکانی و توصیفی در فرمت GIS

۲-۱- داده و محورهای مورد مطالعه

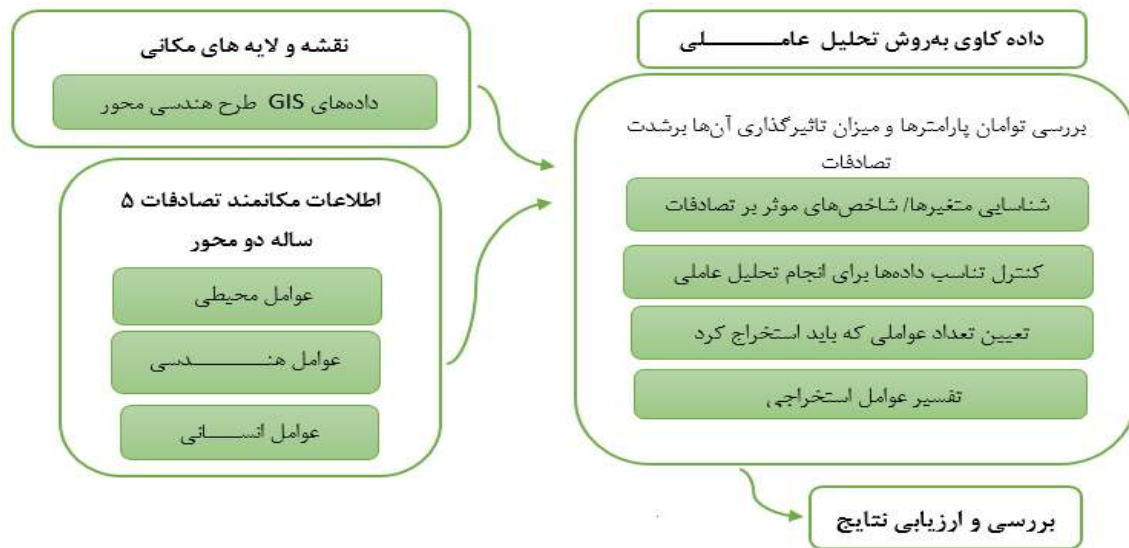
آزادراه قزوین-لوشان بخشی از آزادراه قزوین-رشت است که در استان قزوین واقع شده است. این محور اولین آزادراهی است که از رشته‌کوه البرز می‌گذرد و یکی از مهم‌ترین محورهای ارتباطی کشور محسوب می‌شود. قبل از احداث آزادراه، اتصال تهران به شمال از طریق محور قدیم قزوین-رشت صورت می‌گرفت. محور قدیم نیز در منطقه کوهستانی با ارتفاعی بین ۳۰۰ تا ۲۳۹۴ متر، واقع شده که از راه‌های اصلی برون‌شهری پرخطر کشور به شمار می‌آید و بدلیل وجود قوس‌های پر پیچ و خم بسیار مستعد تصادف است. شکل ۱ موقعیت مکانی این دو محور را نشان می‌دهد و جدول ۱ داده‌های مورد استفاده در پژوهش را توصیف می‌کند.

۲-۲- روش تحقیق

روش پیشنهادی تحقیق براساس تحلیل‌های آماری و عاملی، به منظور داده‌کاوی تصادفات و تعیین فاکتورهای مؤثر در آن استوار است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش داده‌کاوی تحلیل عاملی بر روی دو محور آزادراه و جاده قدیم قزوین-لوشان عوامل مؤثر در تصادفات دو محور در عامل‌های مختلف رتبه‌بندی می‌گردد، سپس در پایان مقایسه‌ای بین دو محور قدیم و جدید صورت می‌گیرد. در شکل ۲ روش کلی تحقیق را می‌توان مشاهده کرد.

۲-۲-۱- تحلیل عاملی

معمولاً به دلیل حجم زیاد متغیرها در پژوهش، برای تحلیل دقیق‌تر داده‌ها و رسیدن به نتایج علمی‌تر و در عین حال عملیاتی‌تر، پژوهشگران به دنبال کاهش حجم متغیرها و تشکیل ساختار جدید برای آن‌ها، از تحلیل عاملی استفاده می‌کنند. تحلیل عاملی سعی در شناسایی متغیرهای اساسی به منظور تبیین الگوی همبستگی بین متغیرهای مشاهده شده دارد. عامل، متغیر جدیدی است که از طریق ترکیب خطی مقادیر اصلی متغیرهای مشاهده شده به صورت رابطه (۱) برآورد می‌شود. در این رابطه X_i بیانگر متغیر i ام، W_{ij} ضریب نمره عاملی متغیر i ام و از نظر عامل j ام، p تعداد متغیرها و F_j عامل j ام است.



شکل ۲. روش تحقیق

۲-۲-۲-۲- شاخص کایسر (KMO)

شاخصی از کفایت نمونه گیری است که کوچک بودن همبستگی جزئی بین متغیرها را بررسی می کند و از این طریق مشخص می کند آیا واریانس متغیرهای پژوهش، تحت تاثیر واریانس مشترک برخی عامل های پنهانی و اساسی است یا خیر. این شاخص در بازه صفر تا یک قرار دارد. اگر مقدار شاخص نزدیک به یک باشد، داده های مورد نظر (اندازه نمونه) برای تحلیل عاملی مناسب اند و گرنه نتایج تحلیل عاملی برای داده های مورد نظر چندان مناسب نیست. این شاخص از رابطه (۲) بدست می آید که در این رابطه r_{ij} ضریب همبستگی بین متغیرهای i ، j و a_{ij} ضریب همبستگی جزئی بین آنهاست.

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{ij}^2}{\sum \sum r_{ij}^2 + \sum \sum a_{ij}^2} \quad (2)$$

۳- پیاده سازی و بحث

در این پژوهش روش داده کاوی تحلیل عاملی به منظور رتبه بندی عوامل موثر بر تصادفات در محور مورد مطالعه استفاده می شود. بدین منظور در مجموع ۳۲۰۸ مورد تصادفات (فوتی، جرحی و خسارتی) در دو محور آزادراه قزوین-لوشان و محور قدیم قزوین-لوشان از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ برای تجزیه و تحلیل مورد بررسی قرار گرفت. این داده ها از سوی افسر پلیس برای هر رویداد تصادف تکمیل می شوند و در پایان هر ماه، با توجه به وضعیت مصدومان و افزایش تعداد متوفیان تصادف در روزهای پس از حادثه، اطلاعات به روز می شود.

در تحلیل عاملی، ابتدا باید از این مسئله اطمینان یافت که می توان داده های موجود را برای تحلیل به کار برد. به عبارت دیگر، ابتدا باید بررسی نمود که تعداد داده های مورد نظر (اندازه نمونه و رابطه بین متغیر) برای تحلیل عاملی مناسب باشد. بدین منظور از شاخص کایسر (KMO) ^۲ و آزمون بارتلت ^۳ استفاده می شود.

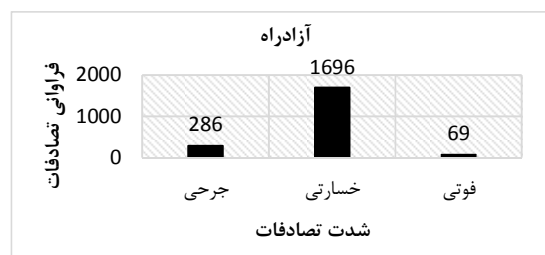
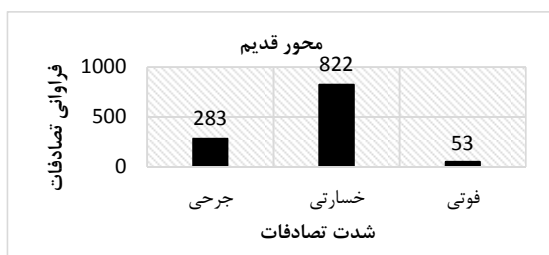
۲-۲-۱-۱- آزمون بارتلت

این آزمون بررسی می کند چه هنگام ماتریس همبستگی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) نامناسب است. ماتریس همبستگی دارای دو حالت است: حالت اول (زمانی که ماتریس همبستگی بین متغیرها یک ماتریس یکه است، در این صورت متغیرها ارتباط معنی داری با هم نداشته و در نتیجه امکان شناسایی عامل های جدید، براساس همبستگی متغیرها با یکدیگر وجود ندارد. حالت دوم) زمانی که ماتریس همبستگی بین متغیرها ماتریسی واحد (همانی) نباشد، در این صورت ارتباط معنی داری بین متغیرها وجود داشته و بنابراین امکان شناسایی و تعریف عامل های جدید براساس همبستگی متغیرها وجود دارد. اگر سطح معنی داری (sig) آزمون بارتلت کوچکتر از ۵ درصد باشد، تحلیل عاملی برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) مناسب است، زیرا فرض یکه (واحد) بودن ماتریس همبستگی رد می شود.

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که داده‌های تصادفات از سالی به سال دیگر متفاوت است و تغییر پذیری آماری چشمگیری دارد. بدین منظور ۲۰۵۱ رکورد متشکل از رویدادهای تصادف در فرمت متن، عدد، تاریخ و زمان در دوره زمانی شش ساله، در آزادراه قزوین-لوشان و ۱۱۵۷ رکورد تصادفات از همان نوع، در محور قدیم قزوین-لوشان بررسی می‌شود. شکل ۳ فراوانی تصادفات جرحی، فوتی و خسارتی را در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ برای این دو محور نشان می‌دهد.

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده در تحلیل عاملی

عامل	متغیر	توضیح
محیطی	شرایط آب و هوا	بارانی، صاف، طوفانی، مه آلود، ببری و برفی
	شرایط روشنایی	شب، روز، طلوع و غروب
	شرایط سطح روسازی	خشک، یخبندان و برفی، تر، شنی و خاکی، روغنی و کثیف
	کاربری اطراف	مسکونی، تجاری، کشاورزی
عوامل هندسی	طرح هندسی	مسیر مستقیم، مستقیم و سربالایی و سربایی (قوس قائم)، پیچ و مسطح (قوس افقی)، پیچ و سربالایی و سربایی (ترکیب قوس افقی و قائم)
	نوع منطقه	هموار، تپه ماهور، کوهستانی
	نوع شانه	شانه خاکی، شانه آسفالتی، بدون شانه
	نوع راه	دو طرفه مجزا، دو طرفه غیر مجزا، یکطرفه
	نوع خط کشی	مقطع، ممتد، دوبل
	شدت تصادفات	فوتی، جرحی و خسارتی
تصادف	نوع برخورد	جلو به جلو، جلو به عقب، جلو به پهلو راست، جلو به پهلو چپ و ...
	نوع تصادف	واژگونی و سقوط، برخورد وسیله نقلیه با شی ثابت، برخورد وسیله نقلیه با یک وسیله نقلیه، برخورد وسیله نقلیه با چند وسیله نقلیه، برخورد وسیله نقلیه با موتورسیکلت، برخورد وسیله نقلیه با یک عابر، خروج از جاده و چند برخوردی برخورد وسیله نقلیه با حیوان
	محل تصادف	باند سواره، رفوژ میانه‌رو، شانه، کنار جاده (حریم)، خارج از حریم جاده
راننده	عوامل انسانی	خواب آلودگی، عدم توجه به رانندگی، عجله و شتاب بی مورد و ..



شکل ۳. فراوانی تصادفات در محورهای مورد مطالعه طی سالهای ۱۳۹۰-۱۳۹۵

صورت گرفت. متغیرهای به کار برده شده در تحلیل عاملی در جدول ۲ تشریح شده است. شاخص KMO و Sig آزمون بارتلت برای متغیرهای به کار برده در تحلیل عاملی، در دو محور آزادراه و جاده قدیم قزوین-لوشان به صورت جدول ۳ می‌باشد. در تحلیل عاملی با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی، تعداد عامل‌هایی که قابل استخراج

۳- ارزیابی عوامل موثر بر تصادفات از طریق تحلیل عاملی

به منظور بررسی توامان پارامترها و میزان تاثیرگذاری آنها بر تصادفات، تحلیل عاملی در نرم افزار SPSS با تکیه بر ۱۴ پارامتری که بعنوان متغیر مستقل شناخته می‌شوند،

تنها عامل‌های دارای مقدار ویژه ۱ یا بیشتر، به عنوان منبع ممکن تغییرات در داده‌ها پذیرفته می‌شوند.

هستند، مشخص می‌گردد. برای تعیین این عامل‌ها، ابتدا از معیار کایسره استفاده می‌شود. براساس این معیار، عواملی که دارای مقادیر ویژه کمتر از ۱ هستند، از تحلیل خارج شده و

جدول ۳. شاخص KMO و آماره آزمون بارتلت

آزادراه	جاده قدیم	شاخص KMO	
۰/۵۳۲	۰/۵۳۹		
۱۷۶۷/۹	۱۳۰۱/۲	کای دو ^۴ (تقریبی)	آزمون بارتلت
۹۱	۹۱	درجه آزادی	
۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	Sig.	

توضیح داده می‌شود، ثابت است (۵۵ درصد برای آزادراه و ۵۷ درصد برای جاده قدیم)، ولی برخلاف روش بدون چرخش که در آن عامل اول درصد بیشتری از تغییرات را تبیین می‌کند، در روش چرخش عامل‌ها، هر یک از آن-هانست تقریباً یکسانی از تغییرات را توضیح می‌دهند. جداول موجود در بخش ۷ (پیوست) این بخش از تحلیل را نشان می‌دهند.

اولین خروجی تحلیل عاملی، مربوط به واریانس‌های توضیح داده شده است که حاوی سه بخش می‌باشد. بخش اول مربوط به مقادیر ویژه بوده و تعیین کننده عامل‌هایی است که در تحلیل باقی می‌مانند. بخش دوم مربوط به مقادیر ویژه عامل استخراجی بدون چرخش است. بخش سوم نیز نشان‌دهنده مقادیر ویژه عوامل استخراجی با چرخش است. نکته قابل توجه این است که، در چرخش عامل‌های باقی‌مانده، نسبتی از کل تغییرات که توسط این ۶ عامل

جدول ۴. بارهای عاملی هر یک از متغیرها در محور آزادراه قزوین- لوشان

۶	۵	۴	۳	۲	۱	
-۰/۰۲۴	۰/۰۲۳	-۰/۰۲۶	۰/۰۰۹	-۰/۰۶۳	۰/۸۹۲	سطح روسازی شرایط
۰/۰۰۳	-۰/۰۱۸	۰/۰۱۵	۰/۱۳۲	۰/۰۰۲	۰/۸۷۱	شرایط آب و هوایی
۰/۱۱۸	۰/۲۹۹	-۰/۰۸۹	-۰/۳۶۸	۰/۰۶۴	۰/۲۹۸	شرایط روشنایی
۰/۰۳۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۵۳	-۰/۱۴۴	۰/۶۸۲	-۰/۰۷۳	شدت تصادفات
۰/۱۴۵	-۰/۰۰۸	-۰/۱۱۷	۰/۳۶۵	۰/۶۴۴	۰/۰۷۳	محل تصادف
-۰/۱۸۶	۰/۰۰۵	۰/۰۲۶	۰/۰۳۱	۰/۶۳۸	-۰/۰۱۳	نوع تصادف
-۰/۱۳۴	-۰/۰۲۹	-۰/۱۷۸	۰/۶۶۲	۰/۱۰۸	۰/۰۸۰	طرح هندسی
۰/۱۸۷	۰/۱۵۵	۰/۲۱۱	۰/۶۲۴	-۰/۰۴۳	۰/۱۰۷	نوع منطقه
-۰/۲۱۳	-۰/۲۶۷	۰/۶۸۹	-۰/۰۵۴	-۰/۰۶۶	-۰/۰۶۰	نوع راه
-۰/۱۶۸	-۰/۱۵۰	-۰/۶۶۷	-۰/۰۶۰	-۰/۰۶۰	-۰/۰۱۹	عامل انسانی
-۰/۱۷۹	۰/۷۰۴	۰/۱۶۹	-۰/۰۱۵	-۰/۰۲۲	-۰/۰۸۳	کاربری محل
-۰/۰۹۸	-۰/۶۲۴	۰/۱۶۸	-۰/۰۶۱	-۰/۰۰۳	-۰/۰۷۲	نوع شانه
۰/۷۰۳	۰/۰۶۷	-۰/۱۸۶	۰/۱۵۶	-۰/۲۱۹	-۰/۰۵۲	نوع برخورد
۰/۵۹۷	-۰/۱۲۷	۰/۲۵۷	-۰/۲۰۹	۰/۱۳۹	۰/۰۴۶	نوع خط کشی

۶ دسته کاوش شده است، به صورت ضرایبی برای هر یک از متغیرها نشان می‌دهد، به این ضرایب اصطلاحاً بار عاملی گفته می‌شود. بار عاملی نشان‌دهنده میزان همبستگی میان متغیرها و عوامل است. هر چقدر مقادیر قدرمطلق این ضرایب بیشتر باشد، ارتباط بیشتری با عامل مربوطه دارند. لازم به ذکر است که علامت منفی در این جداول فقط نشان‌دهنده جهت مخالف این شاخص با شاخص‌های دیگر است و نه مقدار عددی کمتر. در جدول ۵ به‌طور خلاصه شش دسته عوامل خروجی و شاخص‌های ذیل آن‌ها در آزادراه قزوین-لوشان را می‌توان مشاهده کرد.

بزرگتر از یک بوده، که طبق توضیحات فوق، به‌عنوان عوامل اصلی انتخاب می‌شوند. خروجی بعدی تحلیل عاملی، مربوط به ماتریس اجزا است. ماتریس اجزا به صورت ضرایبی برای هر یک از متغیرها نشان داده می‌شود، که به آن بار عاملی گفته می‌شود. بار عاملی نشان‌دهنده میزان همبستگی میان متغیرها و عوامل است، عوامل استخراج شده، به ترتیب از اهمیت بیشتر به اهمیت کمتر شماره‌گذاری می‌شوند. عامل شماره ۱، مهم‌ترین عامل بوده، پس از آن عامل شماره ۲ به‌عنوان دومین عامل تاثیرگذار در نظر گرفته می‌شود و به همین ترتیب با افزایش شماره عامل، از اهمیت و تاثیرگذاری آن کاسته می‌شود. جداول ۴ و ۶ نتایج تحلیل عاملی را که در

جدول ۵. شاخص‌های استخراج شده برای آزادراه قزوین - لوشان

متغیرهای عامل	شماره عامل	
شرایط روشنایی، شرایط آب‌وهوایی و شرایط سطح روسازی	عامل اول	عوامل
شدت تصادف، نوع تصادف و محل تصادف	عامل دوم	تاثیر گذار بر
نوع منطقه و طرح هندسی	عامل سوم	تصادفات
عامل انسانی و نوع راه	عامل چهارم	آزادراه
کاربری محل و نوع شانه	عامل پنجم	
نوع برخورد و نوع خط کشی	عامل ششم	

حوالی جاده جدید قزوین به جاده قدیم رشت، ساوه و اصفهان، روشنایی وجود دارد و خودروها در مابقی مسیر در تاریکی شب و بدون روشنایی از این آزادراه عبور می‌کنند که این امر موجبات بروز تصادفات جبران‌ناپذیری خواهد شد. همچنین با توجه به آب‌وهوای بارانی و مرطوب دو استان قزوین و گیلان، لغزنده بودن سطح این محور در فصول مختلف از دیگر دلایل وقوع تصادفات می‌باشد. شکل ۴ نمونه‌ای از مشکلات فوق را در سطح آزادراه نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از تحلیل عاملی در آزادراه قزوین-لوشان نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل تاثیرگذار بر تصادفات این محور، شامل متغیرهای شرایط روشنایی، شرایط آب‌وهوایی و شرایط سطح روسازی می‌باشد. در واقع با توجه به متغیرهای موجود در این دسته، عامل اول را می‌توان به‌عنوان عوامل محیطی موثر بر تصادفات آزادراه قزوین-لوشان دانست. در حال حاضر نیز یکی از مشکلات موجود در آزادراه قزوین-لوشان مربوط به شرایط روشنایی می‌باشد، بدین صورت که فقط در نقاطی از محمودآباد نمونه قزوین،



(ب)



(الف)

شکل ۴: نمونه ای از مشکلات موجود در آزادراه قزوین-لوشان؛ (الف) شرایط روشنایی نامناسب (ب) آب‌وهوای بارانی و لغزنده شدن

سطح روسازی

جاده‌ای انجام شده است؛ محور قدیم قزوین-لوشان یکی از محورهای کوهستانی و پریپیچ‌وخم در شمال کشور است که همه سال جان بسیاری از هموطنان در این جاده به خطر می‌افتد. بازدید میدانی صورت گرفته از این محور نشان داد حوالی لوشان چندین قوس افقی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها به‌عنوان نقاط بحرانی این محور یاد کرد، که باعث بروز تصادفات مختلف به خصوص واژگونی می‌شود. گلنون و همکارانش در سال ۱۹۸۵ مطالعاتی را بر روی ایمنی قوس‌های افقی در ایالت‌های آمریکا انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که پارامترهای هندسی قوس‌های افقی نقش مهمی را در وقوع تصادفات ایفا می‌کنند. پس از طرح هندسی، نوع راه نیز یکی دیگر از پارامترهای موثر بر تصادفات این محور می‌باشد؛ دوطرفه بودن این محور بدون جداکننده‌ای در وسط آن (غیر مجزا) را می‌توان یکی دیگر از دلایل بروز تصادفات دانست. در بیشتر طول مسیر، خط‌کشی وسط جاده از نوع ممتد است، این در حالی است که تاکنون بسیاری از تصادفات رخ داده در این محور به دلیل سبقت و از نوع برخورد از جلو بوده است. بنابراین می‌توان در جاده‌های دوطرفه از قبیل محور قدیم قزوین-لوشان به‌منظور کاهش تصادفات، از میانه‌ای در وسط جاده برای جداکردن دو مسیر رفت و برگشت استفاده کرد. شکل ۵ نمونه‌ای از مشکلات فوق را در سطح محور قدیم قزوین-لوشان نشان می‌دهد.

Shankar و همکارش نیز در سال ۲۰۰۵ به بررسی رابطه بین تعداد تصادفات بزرگراهی و عواملی از قبیل طرح هندسی مسیر، شرایط آب‌وهوایی و سایر خصوصیات مربوط به فصول مختلف سال پرداخت؛ مطالعات وی نتیجه‌ای مشابه این تحقیق داشته و نشان داد که عوامل محیطی از قبیل شرایط آب‌وهوایی نقش مهمی را در وقوع تصادفات جاده‌ای ایفا می‌کند (Mannering and Shankar, ۲۰۰۱). درخصوص شرایط سطح روسازی نیز می‌توان به نتایج تحقیق Glennon و همکارانش بر روی تعدادی از قوس‌های افقی در ایالات آمریکا اشاره کرد، تحقیقات وی نشان داد که شرایط سطح روسازی نیز یکی از پارامترهای تاثیرگذار بر تصادفات بوده و احتمال وقوع تصادفات در روسازی‌هایی با سطوح مرطوب و یخی بیشتر از روسازی‌های خشک می‌باشد (Glennon, Neuman and Leisech, ۱۹۸۵). جدول ۷۶ نتایج تحلیل عاملی را برای محور قزوین-لوشان نشان می‌دهد. براساس این جداول، مهم‌ترین دسته عوامل موثر در تصادفات محور قدیم قزوین-لوشان، ابتدا عوامل محیطی (شرایط آب‌وهوایی و شرایط سطح روسازی) و پس از آن عوامل هندسی شامل نوع منطقه (هموار، تپه ماهور و کوهستانی)، طرح هندسی (قوس‌های قائم و افقی) و نوع راه (یکطرفه، دوطرفه مجزا و غیرمجزا) مشخص گردید. قوس‌های افقی همواره نقاط پرحادثه جاده‌ها محسوب می‌شوند و مطالعات زیادی درباره تاثیر آن‌ها بر تصادفات

جدول ۶. بارهای عاملی هر یک از متغیرها در محور قزوین-لوشان

۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۰۵۵	-۰/۰۱۷	-۰/۰۱۵	-۰/۰۴۸	۰/۰۲۰	۰/۹۰۶	سطح روسازی شرایط
۰/۰۴۶	-۰/۰۱۷	۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱	۰/۹۰۱	شرایط آب و هوایی
۰/۱۳۶	۰/۰۵۰	-۰/۰۳۱	-۰/۱۳۲	۰/۷۴۶	۰/۰۱۰	نوع منطقه
-۰/۰۳۷	-۰/۰۱۶	-۰/۰۴۴	۰/۰۵۴	۰/۷۳۱	۰/۱۲۸	طرح هندسی
-۰/۰۹۱	-۰/۰۲۶	۰/۲۸۱	۰/۱۶۸	۰/۷۲۵	-۰/۱۱۱	نوع راه
۰/۰۶۰	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۹	۰/۷۲۱	۰/۱۰۸	-۰/۰۲۴	محل تصادف
۰/۰۲۹	۰/۱۴۷	-۰/۰۰۹	۰/۵۹۳	۰/۰۱۳	۰/۰۳۱	نوع تصادف
-۰/۰۴۵	-۰/۱۰۲	۰/۱۴۴	۰/۵۶۶	-۰/۰۶۷	۰/۰۲۰	نوع برخورد
-۰/۰۵۴	-۰/۲۳۰	۰/۷۰۴	۰/۱۳۹	۰/۱۱۶	۰/۰۲۹	کاربری محل
۰/۰۸۷	۰/۳۴۴	۰/۶۹۴	-۰/۱۳۴	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	نوع شانه
-۰/۰۹۵	۰/۶۷۰	-۰/۰۶۷	۰/۱۷۳	-۰/۰۶۱	۰/۰۶۱	شرایط روشنایی
۰/۰۷۲	۰/۶۷۶	۰/۰۷۰	-۰/۰۹۷	۰/۰۷۱	-۰/۰۸۷	شدت تصادفات
۰/۷۱۷	۰/۰۵۲	-۰/۱۶۱	-۰/۰۰۴	۰/۰۶۴	-۰/۰۴۸	عامل انسانی
۰/۷۱۱	۰/۰۴۲	-۰/۱۴۴	۰/۰۴۰	۰/۰۸۲	-۰/۰۰۲	نوع خط کشی

جدول ۷. شاخص‌های استخراج شده برای محور قدیم قزوین-لوشان

متغیرهای عامل	شماره عامل	عوامل تاثیر گذار بر تصادفات محور قدیم
شرایط آب و هوایی و شرایط سطح روسازی	عامل اول	
نوع منطقه، طرح هندسی و نوع راه	عامل دوم	
نوع تصادف، محل تصادف و نوع برخورد	عامل سوم	
کاربری محل و نوع شانه	عامل چهارم	
شدت تصادف، شرایط روشنایی	عامل پنجم	
نوع خط‌کشی و عامل انسانی	عامل ششم	



(ب)



(الف)

شکل ۵. نمونه ای از مشکلات موجود در جاده قدیم قزوین-لوشان (الف) قوس‌های افقی پرخطر (مسیر قرمز رنگ) در گردنه کوهین (ب) نبود جداکننده فیزیکی در وسط جاده

۴- نتیجه گیری

"A multivariate tobit analysis of highway accident-injury-severity rates "Accident - Analysis and Prevention, Vol.45, pp. 110-119.

-Chen, T. Zheng, C. and Xu, L., (2016), "Factor analysis of fatal road traffic crashes with massive casualties in China" *Advances in Mechanical Engineering*, Vol.8, pp. 1-11.

-Haleem, K. Gan, A., (2013), "Effect of driver's age and side of impact on crash severity along urban freeways: a mixed logit approach" *Journal of Safety Research*, Vol.46, pp. 67-76.

-John, C. Glennon, Timothy, R. Neuman Jack, E. Leisech, A., (1985), "Safety and operational considerations for design of Highway curves" *Federal Highway Administration Report No. FHWA/RD-86/035*, Washington DC.

-Jones B., Janssen, L., and Mannering, F., (1991), "Analysis of the Frequency and Duration of Freeway Accidents in Seattle" *Accident Analysis and Prevention*, Vol.23, No.4, pp. 239-255.

-Khorashadi, A., Niemeier, D., Shankar, V. and Mannering, F., (2005), "Differences in rural and urban driver-injury severities in accidents involving large-trucks an exploratory analysis" *Accident Analysis and Prevention*, Vol.37, No.5, pp. 910-921.

-Ma, Z., Chien, I.J., Dong, C., Hu, D. and Xu, T., (2016), "Exploring factors affecting injury severity of crashes in freeway tunnels" *Tunneling and Underground Space Technology*, Vol.59, pp. 100-104.

-Rahimi, A. M. Kazemi, M., (2014), "Identify and analyze the factors affecting the behavior of road.

-Shankar, V.N., Mannering, F.L. and Barfield, W., (2001), "Effect of Roadway Geometric and Environmental conditions on Rural Accident Frequencies" *Accident Analysis and Prevention*, Vol.27, No.3, pp.371-389.

با توجه به خسارات مالی و جانی تصادفات، به‌ویژه شمار بالای تصادفات در جاده‌های برون شهری ایران، در این پژوهش، عوامل موثر بر تصادفات در آزادراه قزوین-لوشان و محور قزوین-لوشان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل عاملی نشان داد که از میان عوامل مختلف موثر در تصادفات، دسته عوامل محیطی و عوامل هندسی راه بیشترین تاثیر را بر تصادفات این دو محور دارند. از آنجایی که محور قدیم قزوین-لوشان، کوهستانی بوده و دارای پیچ و خم های زیادی است، تاثیر عوامل هندسی بر تصادفات به‌عنوان مهم‌ترین عامل، امری منطقی به نظر می‌رسد در حالیکه همین عامل در آزادراه قزوین-لوشان به‌عنوان پارامتر تاثیرگذار انتخاب نشد؛ چراکه آزادراه بر اساس معیارهای طرح هندسی آیین نامه ایران (۱۵) طراحی شده است. شرایط محیطی نیز یکی دیگر از عامل‌هایی است که در هر دو محور در گروه عوامل موثر قرار گرفت، زیرا موقعیت جغرافیایی این دو محور به‌گونه ایست که احتمال بارش باران و نامساعد بودن آب‌وهوا در آن زیاد می‌باشد. نتایج این تحقیق سازگار با نتایج برخی مطالعات پیشین که در محورهای برون‌شهری دیگری انجام شده، بود. در واقع این نتایج نشان داد که شرایط آب‌وهوایی مختلف مانند بارش باران، ریزش برف و مه گرفتگی جاده از طریق ایجاد اثرات نامطلوب بر روی سطح جاده از قبیل لغزندگی و یخ زدگی معابر بر روی شدت و تعداد تصادفات رانندگی تاثیر می‌گذارد. در این مقاله از تحلیل عاملی برای بررسی تاثیر فاکتورهای تصادفات در راه‌های برون‌شهری استفاده شد. در تحقیقات آتی می‌توان از روش پیشنهادی این تحقیق در تحلیل تصادفات معابر درون‌شهری استفاده کرد.

۵- پی‌نوشت‌ها

1. Who-World Health Organization
2. Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy
3. Bartlett's Test of Sphericity
4. Chi-Square
5. Kaiser Criteria

۶- مراجع

-Anastasopoulos, P. Ch., Shankar, V.N., Haddock, J.E. and Mannering, F.L., (2012),

-Yu, R., Abdel-Aty, M., (2014), "Analyzing crash injury severity for a mountainous freeway incorporating real-time traffic and weather data" Safety Science, Vol.63, No.4, pp. 50-56.

-Users in the face of urban traffic signal" Journal of Transportation Engineering, Vol.5, No.4, pp.512-496 (in Persian).

پیوست ۱. واریانس‌های توضیح داده شده برای تصادفات آزادراه قزوین-لوشان

ردیف	مقادیر ویژه اولیه			استخراج مجموع مربعات هر بار			چرخش مجموع مربعات هر بار		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	1/798	12/842	12/842	1/798	12/842	12/842	1/694	12/101	12/101
۲	1/446	10/329	23/171	1/446	10/329	23/171	1/384	9/889	21/990
۳	1/261	9/004	32/175	1/261	9/004	32/175	1/214	8/672	30/662
۴	1/093	7/809	39/984	1/093	7/809	39/984	1/179	8/419	39/081
۵	1/067	7/625	47/608	1/067	7/625	47/608	1/115	7/963	47/045
۶	1/011	7/219	54/827	1/011	7/219	54/827	1/089	7/782	54/827
۷	0/989	7/068	64/894						
۸	0/977	6/982	68/876						
۹	0/903	6/452	75/328						
۱۰	0/849	6/064	81/392						
۱۱	0/822	5/871	87/264						
۱۲	0/774	5/528	92/792						
۱۳	0/658	4/703	97/494						
۱۴	0/351	2/506	100						

پیوست ۲. واریانس‌های توضیح داده شده برای تصادفات محور قدیم قزوین-لوشان

ردیف	مقادیر ویژه اولیه			استخراج مجموع مربعات هر بار			چرخش مجموع مربعات هر بار		
	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد تجمعی
۱	1/801	12/865	12/865	1/801	12/865	12/865	1/678	11/983	11/983
۲	1/661	11/865	24/730	1/661	11/865	24/730	1/668	11/913	23/896
۳	1/288	9/203	33/933	1/288	9/203	33/933	1/321	9/437	33.333
۴	1/147	8/191	42/124	1/147	8/191	42/124	1/146	8/187	41/520
۵	1/076	7/682	49/806	1/076	7/682	49/806	1/118	7/986	49/506
۶	1/040	7/425	57/231	1/040	7/425	57/231	1/082	7/725	57/231
۷	0/990	7/075	64/306						
۸	0/927	6/618	70/924						
۹	0/922	6/586	77/510						
۱۰	0/843	6/019	83/528						
۱۱	0/779	5/562	89/090						
۱۲	0/660	4/717	93/807						
۱۳	0/533	3/804	97/610						
۱۴	0/335	2/390	100						