

تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل

تناظر چندگانه

علی توکلی کاشانی (مسئول مکاتبات)، دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-mail: Alitavakoli@iust.ac.ir

معید ذهبیون، رئیس اداره ایمنی و ترافیک، اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استان اصفهان، اصفهان، ایران

محمدعلی صلواتی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

مهدی هادی‌نیا، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

متین چنگیز، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱

دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

چکیده

یافتن الگوهایی میان تصادفات همواره مورد توجه پژوهشگران مختلف بوده تا با یافتن ارتباط میان آنها، به طریقی بتوانند راهکاری برای جلوگیری از وقوع تصادفات ارائه کنند. حال با افزایش تصادفات و به طبع آن تعداد مجروحین و فوتی‌ها در طی سالیان اخیر، تحلیل تصادفات و یافتن روابط میان آنها ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین در پژوهش حاضر، با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل چندگانه به تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان پرداخته و الگوهای پنهان میان تصادفات شناسایی شدند. بدین منظور ابتدا با استفاده از تحلیل تناظر به تحلیل عامل انسانی در تصادفات که در بیش از ۹۰ درصد رخداد تصادفات نقش دارند، پرداخته و سه دسته با بیش‌ترین معناداری شناسایی شدند؛ که خود یکی از نوآوری‌های پژوهش حاضر است. سپس با استفاده از تحلیل تناظر چندگانه به تحلیل تصادفات پرداخته شد. نتایج این تحلیل نشان می‌دهند تصادفات استان اصفهان عموماً به ۸ دسته تقسیم شده‌اند؛ از دیگر نتایج این تحلیل می‌توان به دقت بالای مدل ساخته شده پرداخت که در مقایسه با دقت مدل‌های ساخته شده در مطالعات پیشین، به مراتب بالاتر است. نوآوری این مطالعه، استفاده از مدل‌های تحلیل تناظر و تحلیل چندگانه برای نخستین بار در داده‌های تصادفات کشور بوده که ابزار جدیدی را به تحلیل‌کنندگان و پژوهشگران در رابطه با تحلیل تصادفات معرفی می‌کند.

کلمات کلیدی: تصادفات برون‌شهری، تحلیل تناظر، تحلیل تناظر چندگانه، الگوهای تصادفات

۱. مقدمه و ادبیات پژوهش

اگرچه مطالعات بسیار گسترده‌ای، در ایران و جهان، در مورد تصادفات از قبیل علت رخداد تصادفات، فراوانی تصادفات، شدت تصادفات و غیره صورت پذیرفته است، اما همچنان مشاهده می‌شود که در ایران تصادفات روند صعودی به خود گرفته‌اند. در گذشته تصادفات را تک‌عامله قلمداد نموده که اغلب عامل انسان را در وقوع آن دخیل می‌دانسته‌اند و سهم دیگر عوامل در وقوع تصادفات اندک قلمداد می‌شده است؛ اما امروزه تصادفات پدیده چند علتی هستند که با حذف یک عامل از عامل‌های دخیل در تصادف می‌توان انتظار داشت که تصادف رخ ندهد؛ بنابراین در این مطالعه قصد داریم با بررسی عامل‌های دخیل در تصادفات و شناسایی نقش آنها، در گام اول با استفاده از تحلیل تناظر^۱ ارتباط میان عوامل انسانی (متغیرهای اشتباهات و علل انسانی) با یکدیگر و در گام دوم با استفاده از تحلیل تناظر چندگانه^۲ ویژگی‌ها و الگوهای مشترک میان تصادفات استان اصفهان را بیابیم.

از انواع مدل‌هایی که برای بررسی علت تصادفات بکار برده شده‌اند، به بررسی مدل‌های تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه اشاره خواهیم کرد.

تحلیل تناظر (CA) (Huaqing, Yu, & Bai, 2022; Kim & Yamashita, 2008; Mitchell, Senserrick, Bambach, & Mattos, 2015; Peng, Lu, & Yin, 2010; خانزاده، جعفری، & غفاری، ۱۳۹۸؛ یاری، یاراحمدی، خسروی، & آسیوند، ۱۳۹۵)، یک تکنیک تجزیه و تحلیل داده‌های طبقه‌بندی شده است که به بررسی رابطه دو متغیر طبقه‌بندی پرداخته و نتایج نهایی را به صورت گرافی با دو بعد ارائه می‌کند. هاجینگ و همکاران با استفاده از تحلیل تناظر به بررسی رابطه بین انواع تصادف و رفتارهای نایمن پرداخته‌اند؛ آنها نشان دادند رفتارهای نایمی که باعث برخورد از عقب می شود با برخوردهای کناری متفاوت است. کیم و یاماشیتا با استفاده از تحلیل تناظر نتیجه گرفتند عابران پیاده مرد یا خردسال

به احتمال بیشتری نسبت به زنان و بزرگسالان ممکن است مقصر تصادفات باشند. میچل و همکاران به بررسی ویژگی تصادفات میان رانندگان مبتدی و رانندگانی با بالاترین درجه گواهینامه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تفاوتی میان این دو گروه وجود ندارد؛ پنگ و همکاران با کمک تحلیل تناظر به تحلیل علت وقوع تصادفات پرداختند و در دسته‌های مختلف، به روابط میان آنها پی بردند. بیشترین کاربرد مدل تحلیل تناظر به حوزه مارکتینگ برمی‌گردد، در مطالعه‌ای خانزاده و همکاران به بررسی انگیزه استفاده کاربران از اینستاگرام پرداختند. یا در یک مطالعه‌ای دیگر یاری و همکاران به بررسی حوادث شغلی با استفاده از مدل‌های تحلیل تناظر پرداختند.

تحلیل تناظر چندگانه (MCA) (Champahom et al.,

2022; Jalayer, Pour-Rouholamin, & Zhou, 2018; Spychala, Armand, Dombry, & Goga, 2021) شاخه‌ای از تحلیل تناظر به حساب می‌آید، که برخلاف

تحلیل تناظر، بررسی بیش از دو متغیر دسته‌بندی شده را ممکن می‌سازد؛ و همانند روش تحلیل تناظر، خروجی این مدل نیز به صورت گراف است. با وجود آنکه این مدل نیز مانند تحلیل تناظر کاربردهای گسترده‌ای در موضوعات مختلف دارد، اما برخلاف تحلیل تناظر، کاربرد بیشتری در مباحث تحلیل و بررسی تصادفات جاده‌ای دارد. جلاپر^۳ و همکاران با استفاده از تحلیل تناظر چندگانه به بررسی تصادفات ناشی از رانندگی در سمت اشتباه مسیر در ایالت‌های ایلینویز و آلاباما پرداختند و مشخصاتی که علت این تصادفات را شرح می‌کنند، مشخص کردند. اسپچالا^۴ و همکاران نیز مطالعه مشابهی را در فرانسه انجام دادند و به بررسی روابط بعدهای ۱ تا ۳ با یکدیگر پرداختند، آنها با بررسی دسته‌بندی‌های متفاوت در متغیرها، به روابط میان آنها با یکدیگر برای تصادفات شدید (جرعی و فوتی) پی بردند. چمپاهوم^۵ و همکاران نیز با این تکنیک و رگرسیون لجستیک ترتیبی به بررسی عوامل موثر بر تصادفات موتورسیکلت در تایلند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این

تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه

دو مدل نتایج یکسانی را ارائه می‌دهند، همچنان آنان با استفاده از تکنیک تحلیل تناظر چندگانه سه گروه با بیشترین قرابت دسته‌بندی‌ها را شناسایی کردند.

استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه در این مطالعه به سه دلیل اهمیت دارد، اولین مورد سروکار داشتن این تکنیک‌ها به طور خاص با داده‌های طبقه‌بندی شده اسمی است که قادر به شناسایی الگوهای پیچیده و یافتن ارتباط بین دسته‌های آنها است؛ دومین مورد به‌خاطر کاربرد این تکنیک‌ها در حمل‌ونقل و با وجود پایگاه داده‌ای با اندازه کوچک بوده؛ و سومین مورد، با معلومات فعلی نویسندگان، فقدان یک نمونه مورد مطالعاتی با استفاده از این تکنیک‌ها در کشور است که به بررسی حوادث ترافیکی و ایمنی راه بپردازد.

۲. داده‌ها و روش پژوهش

۱-۲ مشخصات داده‌ها

جدول ۱. داده‌ها و مشخصات به همراه دسته‌بندی‌های استخراج شده در گام اول

متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
اشتباهات انسانی		
Inattention	عدم توجه به جلو	۶۶
Excessive speed	سرعت زیاد	۳۷
Improper driving	رانندگی نامناسب	۳۱
Internal distraction	حواس‌پرتی داخلی	۶
False assumption	فرض اشتباه	۴
Overcompensation	جبران بیش از حد	۳
Improper lookout	دید نامناسب	۳
Improper evasive action	اقدام اجتنابی نامناسب	۲
Improper maneuver	مانور نامناسب	۱
علل انسانی		
Fatigue	خستگی	۴۷
In-hurry	عجله و شتاب بی‌مورد	۳۳
Reduced vision	محدوده دید کاهش یافته	۸
Driver Inexperience	کم‌تجربگی راننده	۷

در این مطالعه دو سری ویژگی و متغیر از پایگاه‌داده استخراج شدند، همچنین این پایگاه‌داده تشکیل شده از کروکی‌های پلیس (کام ۱۱۴) و گزارشات سازمان راهداری استان اصفهان می‌باشد. سری اول شامل متغیرهای علل و اشتباهات انسانی است که در جدول ۱ به آن اشاره شده و با استفاده از تحلیل تناظر، رابطه میان اشتباهات انسانی با علل انسانی وجود دارد و به عبارت دیگر پاسخ این سوال را می‌دهیم که چه عامل انسانی (وضعیت) باعث کدام نوع از خطای انسانی می‌شود؟

سری دوم نیز شامل متغیرهایی مثل وسیله مقصر، علت تامه تصادف، وضع هوا، زمان وقوع تصادف، نوع راه، یک یا دوطرفه بودن راه، نوع و نحوه برخورد می‌شود که با استفاده از این متغیرها به بررسی روابط پنهان میان تصادفات رخ داده در استان اصفهان پرداخته خواهد شد.

متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
Road area unfamiliarity	۴	۳,۹٪
Alcohol-impairment	۲	۱,۹٪
Pressure from other drivers	۲	۱,۹٪
جدول ۲. داده‌ها و مشخصات به همراه دسته‌بندی‌های استخراج شده در گام دوم		
متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
وسیله مقصر		
car	۹۵	۶۰,۹٪
heavy_veh	۵۰	۳۲,۱٪
pedestrian	۱	۰,۶٪
two_veh	۲	۱,۳٪
two_wheel	۸	۵,۱٪
نوع راه		
freeway	۲۵	۱۶,۰٪
highway	۷۴	۴۷,۴٪
local_road	۳	۱,۹٪
rural	۱۲	۷,۷٪
two_way	۴۲	۲۶,۹٪
نوع برخورد		
car_car	۱۶	۱۰,۳٪
car_heavy	۳۲	۲۰,۵٪
car_only	۶۳	۴۰,۴٪
car_ped	۴	۲,۶٪
heavy_heavy	۱۴	۹,۰٪
heavy_only	۱۴	۹,۰٪
heavy_ped	۲	۱,۳٪
two_wheel_car	۷	۴,۵٪
two_wheel_heavy	۲	۱,۳٪
two_wheel_only	۲	۱,۳٪
علت تامه تصادف		
com_errors	۱۶	۱۰,۳٪
exc_speed	۳۰	۱۹,۲٪
fai_distance	۴	۲,۶٪

تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه

متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
fai_way	۵	۳,۲٪
ina_vehicle	۸	۵,۱٪
lac_front	۶۲	۳۹,۷٪
left_dev	۱۶	۱۰,۳٪
left_vio	۱	۰,۶٪
mov_direction	۱	۰,۶٪
mov_gear	۲	۱,۳٪
others	۱	۰,۶٪
ove_place	۱	۰,۶٪
sud_direction	۸	۵,۱٪
tec_vehicle	۱	۰,۶٪
یک یا دوطرفه بودن		
1_way	۱۱۷	۷۵,۰٪
2_way	۳۹	۲۵,۰٪
وضع هوا		
clear	۱۵۰	۹۲,۶٪
hail	۱	۰,۶٪
rainy	۵	۳,۲٪
زمان وقوع تصادف		
afternoon	۱۹	۱۲,۲٪
before_noon	۱۴	۹,۰٪
evening	۲۰	۱۲,۸٪
midnight	۱۹	۱۲,۲٪
morning	۳۵	۲۲,۴٪
night	۴۳	۲۷,۶٪
noon	۶	۳,۸٪
نحوه برخورد		
single_vehicle	۱۲	۷,۷٪
side_swipe	۱۴	۹,۰٪
front_end	۲۱	۱۳,۵٪
rear_end	۳۱	۱۹,۹٪
run_of_road	۶۷	۴۲,۹٪

متغیر	فراوانی	درصد فراوانی
other	۱۱	۷,۱٪

۲-۲ تحلیل تناظر

تحلیل تناظر یک روش آماری برای تحلیل داده‌هایی از جنس داده‌های طبقه‌بندی اسمی است که به کمک آن می‌توان روابط پنهان و زیرساختی در پایگاه‌داده را شناسایی کرد (Husson & Josse, ۲۰۰۶)؛ که از ملزومات این روش تبدیل متغیرهای پیوسته به گسسته است. در این روش با استفاده از جدول احتمالاتی^۶، به بررسی دو متغیر در سطر و ستون این جدول پرداخته می‌شود (Kim & Yamashita, 2008). برای اینکار ابتدا استقلال دو متغیر باید نسبت به یکدیگر سنجیده شود که اینکار با استفاده از آزمون آماره کای-دو انجام می‌شود. در این آزمایش فرض صفر مستقل بودن دو متغیر بوده و در صورت رد شدن آن می‌توان فرض صفر را رد نموده و گفت دو متغیر به احتمال ۹۵ درصد از یکدیگر مستقل نیستند (Peng et al., ۲۰۱۰؛ توکلی کاشانی & بشارتی, ۱۳۹۹). و در نهایت با رسم گراف دوبعدی می‌توان به بررسی رابطه میان دو متغیر پرداخت. هر چه طبقه‌های دو متغیر در این گراف به یکدیگر نزدیک‌تر بوده، رابطه میان آنها نیز به هم نزدیک‌تر است. در نهایت با استفاده از افزونه XLSTAT در برنامه مایکروسافت اکسل، به بررسی روابط طبقه‌بندی‌های مختلف با یکدیگر خواهیم پرداخت.

۳-۲ تحلیل تناظر چندگانه

تحلیل تناظر چندگانه یک روش آماری برای تحلیل داده‌هایی از جنس داده‌های طبقه‌بندی اسمی است که به کمک آن می‌توان روابط پنهان و زیرساختی در پایگاه‌داده را شناسایی کرد (Husson & Josse, ۲۰۰۶)؛ که از ملزومات این روش تبدیل متغیرهای پیوسته به گسسته است. به عبارت دیگر روش تحلیل تناظر چندگانه نمایش رابطه متغیر طبقه‌بندی اسمی را با دیگر متغیرهای طبقه‌بندی اسمی امکان پذیر کرده و به تجزیه و تحلیل رابطه آنها با یکدیگر، کمک می‌کند (Champahom et al.,

۲۰۲۲). همانطور که در بخش مرور ادبیات بدان اشاره شد، تحلیل تناظر چندگانه (MCA) به عنوان ابزاری قدرتمند در ترسیم روابط بین متغیرهای اسمی چندگانه شناخته شده است. در این پژوهش، با بهره‌گیری از قابلیت‌های گرافیکی این روش، تلاش شده است تا الگوهای پنهان در داده‌ها به صورت بصری و قابل فهمی آشکار شوند. این رویکرد نه تنها به ارائه درکی عمیق‌تر از ساختار داده‌ها کمک می‌کند، بلکه امکان تفسیر نتایج را نیز تسهیل می‌نماید. تحلیل گرافیکی MCA به محققان اجازه می‌دهد تا به طور همزمان روابط بین چندین متغیر را بررسی کرده و الگوهای همبستگی را شناسایی نمایند. (Hsu, Wu, & Chen, 2022). در این روش معمولاً به علت بیشتر بودن درجات واریانس دو بعد اول از تمامی بعدهای دیگر، از دو بعد اول برای ارائه و ترسیم گراف‌ها استفاده می‌شود که شامل بیشترین و مهم‌ترین اطلاعات این تکنیک هستند. همچنین از مزایای این تکنیک می‌توان به کاربرد آن بر روی پایگاه‌داده با اندازه کوچک هم اشاره کرد (Champahom et al., 2022؛ Jalayer et al., 2018; Spsychala et al., 2021). در نهایت با استفاده از افزونه XLSTAT در برنامه مایکروسافت اکسل، به بررسی روابط طبقه‌بندی‌های مختلف با یکدیگر خواهیم پرداخت.

۳. نتایج و تفسیر آنها

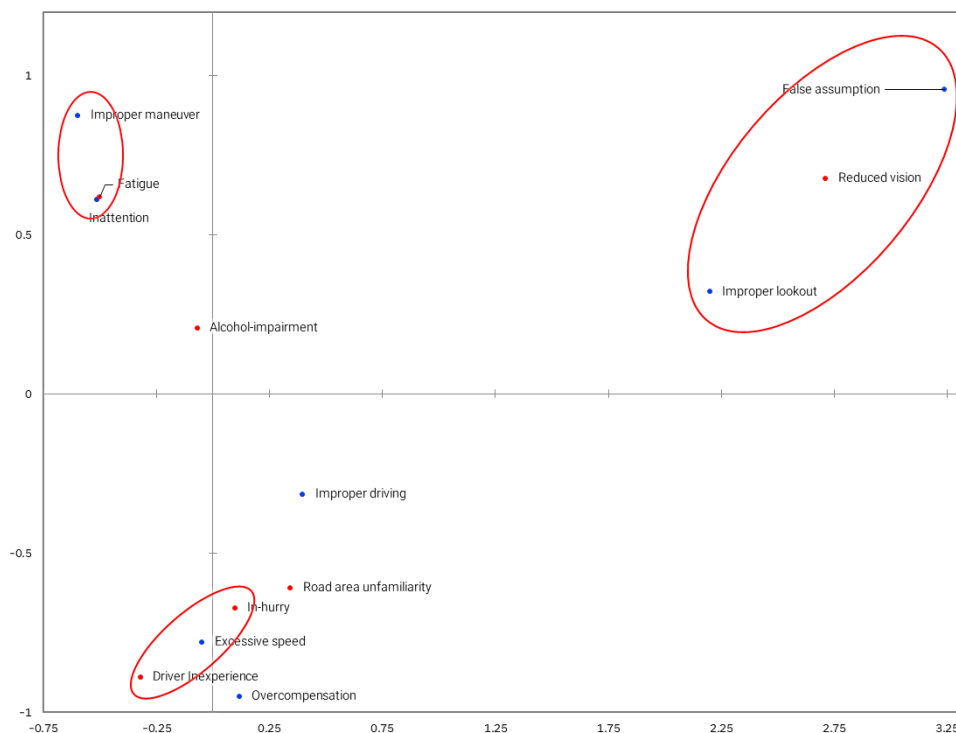
۱-۳ تحلیل تناظر

ابتدا باید عدم استقلال میان علل انسانی و اشتباهات انسانی مورد بررسی قرار گرفته تا بتوان روابط میان آنها را استخراج نمود، بر همین اساس پس از تشکیل جدول احتمالاتی با آزمون استقلال میان دو متغیر طبقه‌بندی، استقلال یا عدم استقلال میان این دو متغیر مورد بررسی خواهند گرفت. در این آزمون فرض صفر مستقل بودن اشتباهات انسانی از علل انسانی است؛ نتیجه این آزمون نشان می‌دهد که مقدار p-value این آزمون از ۰,۰۰۱ فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال هفدهم / شماره سوم (۶۸) بهار ۱۴۰۵

تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه

باتوجه به شکل ۱، رابطه خطاهای انسانی با علل اصلی آنها را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم نمود و رابطه معناداری میان آنها یافت.

کمتر بوده و نتیجه می‌شود که فرض صفر به احتمال ۹۵ درصد مردود بوده و به عبارت دیگر اشتباهات انسانی و علل انسانی از یکدیگر مستقل نیستند.



شکل ۱. شناسایی روابط میان اشتباهات و علل انسانی با استفاده از تحلیل تناظر

شد، همه آنها به بررسی روابطی میان تصادفات با عوامل مقصر در تصادف اعم از رانندگان و عابران پیاده پرداخته‌اند اما به بررسی عامل‌های انسانی در تصادفات پرداخته نشده است که خود یک نوآوری محسوب می‌شود.

۲-۳ تحلیل تناظر چندگانه

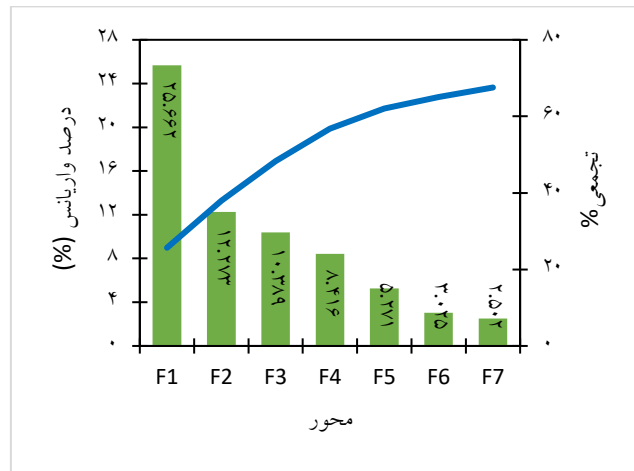
با استفاده از متغیرهای استخراج شده از کروکی‌های پلیس و گزارش‌های سازمان راه‌داری، متغیرها و دسته‌بندی آنها در جدول ۲، به بررسی روابط موجود میان دسته‌بندی متغیرهای نظیر وسیله مقصر، علت تامه تصادف، وضع هوا، زمان وقوع تصادف، نوع راه، یک یا دوطرفه بودن راه، نوع و نحوه برخورد را با استفاده از تحلیل تناظر چندگانه مدنظر قرار دهیم.

باتوجه به شکل ۲، همانطور که در بخش قبلی گفته شد، دو بعد اول بیشترین درجات واریانس را پوشش داده و به همین علت

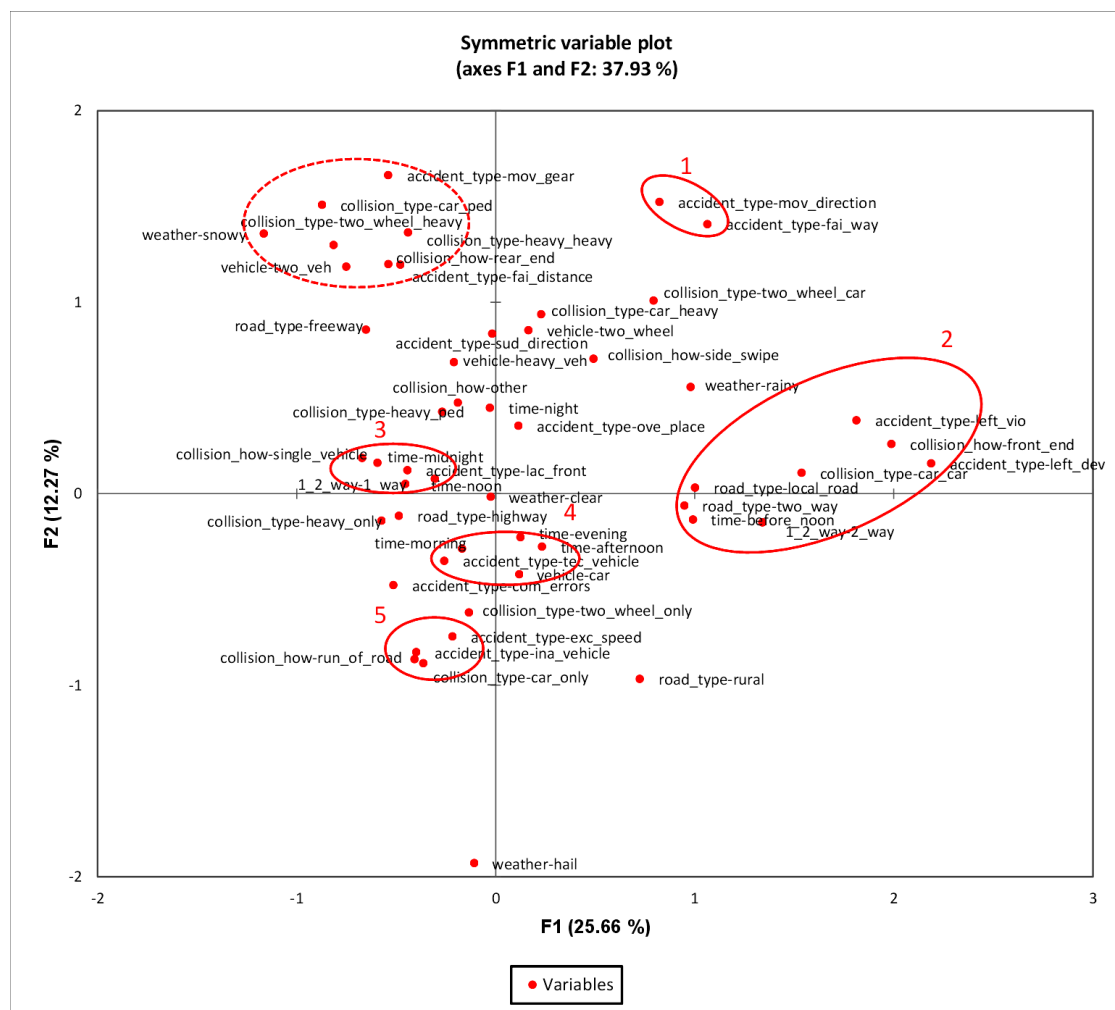
۱. عدم توجه به جلو و مانور نامناسب رانندگان به علت خستگی و خواب‌آلودگی رانندگان رخ می‌دهد.
۲. سرعت زیاد نیز باعث عجله و شتاب بی‌مورد و همچنین تجربه پایین رانندگان ارتباط معنادار دارند.
۳. تصمیم‌گیری بر اساس فرض نادرست و همچنین بی‌توجهی به محیط، در رانندگی، به علت کاهش محدوده دید رانندگان اتفاق می‌افتد.

در این مطالعه برای اولین بار در میان مطالعات پیشین، به بررسی روابط میان اشتباهات و علل انسانی پرداخته شد. اگرچه مطالعات پیشین به بررسی عمقی تصادفات و عوامل مؤثر بر آنها پرداخته‌اند (Treat, McDonald, Shinar, Mayer, & Stansifer, 1979)، اما هیچگاه بدین صورت تحلیلی بر روی آنها صورت نپذیرفته که از نوآوری‌های این مطالعه است؛ همچنین در مطالعات گذشته‌ای که در این مطالعه به آنها اشاره فصلنامه مهندسی حمل و نقل / سال هفدهم / شماره سوم (۶۸) / بهار ۱۴۰۵

از بعدهای یک و دو برای بررسی روابط میان طبقه‌های متفاوت استفاده می‌کنیم. همانطور که قابل مشاهده است، مجموع دو بعد اول نزدیک به ۳۸ درصد واریانس را شامل می‌شود که در مقایسه با دیگر مطالعات (Champahom et al., ۲۰۲۲; Jalayer et al., ۲۰۱۸; Spsychala et al., ۲۰۲۱)، چندین درصد بیشتر است.



شکل ۲. درصد واریانس ۱۰ بعد (محور) برتر



شکل ۳. نتایج تحلیل تناظر چندگانه بر روی طبقه‌بندی‌های ۸ متغیر مستقل

تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه

جدول ۳. دسته‌های (خوشه‌های) مشخص شده از میان تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر چندگانه

دسته‌بندی					
شماره ۱			شماره ۲		
accident_type	mov_direction	حرکت در خلاف جهت	collision_how	front_end	رخ‌به‌رخ
fai_way		عدم رعایت حق تقدم	accident_type	left_dev	انحراف چپ
شماره ۳			left_vio		
1_2_way	1_way	یک‌طرفه	time	before_noon	قبل از ظهر
accident_type	lac_front	عدم توجه به جلو	1_2_way	2_way	دوطرفه
collision_how	single_vehicle	تک وسیله‌ای	collision_type	car_car	سواری با سواری
time	noon	ظهر	road_type	local_road	فرعی
	midnight	نیمه‌شب		two_way	اصلی
شماره ۴			شماره ۵		
accident_type	tec_vehicle	نقص فنی وسیله نقلیه	collision_type	car_only	فقط سواری
vehicle	car	سواری	collision_how	run_of_road	خروج از جاده
time	morning	صبح	accident_type	ina_vehicle	عدم توانایی در کنترل وسیله
	afternoon	بعدازظهر	exc_speed		تخطی از سرعت مطمئنه
	evening	عصر			

را با یکدیگر تجربه می‌کنند که عمده این تصادفات در زمان قبل از ظهر رخ می‌دهند.

۳. در زمان‌های ظهر و نیمه‌شب، در مسیرهای یک‌طرفه عدم توجه به جلو می‌تواند منجر به تصادفات تک وسیله‌ای نظیر برخورد با عابر پیاده و یا برخورد با اجسام ثابت شود.

۴. تصادفات خودرو سواری که به علت نقص فنی در وسیله نقلیه رخ می‌دهند، بیشتر در زمان‌های صبح، بعدازظهر و عصر رخ می‌دهند.

۵. تصادفات خروج از جاده و واژگونی خودروهای سواری عموماً به علت سرعت زیاد و عدم کنترل وسیله نقلیه است.

نتایج در این قسمت، تصادفات برون‌شهری استان اصفهان را به ۵ دسته تقسیم می‌کنند؛ که از این ۵ دسته، ۴ دسته معنادار هستند و دسته اول شامل تصادفاتی است که نمی‌توان رابطه‌ای معنی‌دار میان آنها یافت.

نتایج تحلیل تناظر چندگانه برای تصادفات استان اصفهان به‌صورت گراف در شکل ۳ آورده شده‌اند؛ همچنین دسته‌های شناسایی شده در این شکل، در جدول ۳ نیز به اختصار قابل مشاهده هستند، مطابق خروجی‌ها (شکل و جدول ۳)، می‌توان روابط بین طبقات مختلف را به ۵ دسته تقسیم کرد:

۱. در مورد دسته اول نتیجه‌گیری مناسبی نمی‌توان کرد، به عبارتی با استفاده از قضاوت مهندسی نمی‌توان رابطه‌ای میان حرکت در خلاف جهت و عدم رعایت حق تقدم یافت. نظیر این دسته، در دسته‌های دیگری نیز یافت می‌شد که از اشاره به آنها صرف‌نظر شد (دسته مشخص شده با خط‌چین نیز از این قاعده پیروی می‌کند و نمی‌توان رابطه مشخصی از میان آن شناسایی کرد).

۲. در راه‌های اصلی و فرعی دوطرفه، خودروهای سواری در صورت انحراف و تجاوز به چپ، تصادفات رخ‌به‌رخ (روبرو)

با استفاده از متغیر زمان تصادف که در دسته‌ها مشخص شده‌اند، می‌توان راهکارهایی را به نحوی مشخص کرد تا در زمان‌های مشخص، نیروهای امدادی آماده به فعالیت باشند. به‌عنوان مثال دسته چهارم از این جهت می‌تواند حائز اهمیت باشد که در صبح، بعدازظهر و عصر گشت‌های امدادی می‌تواند افزایش بیابد و یا در راستای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، تمرکز اصلی گشت‌های امدادی در این ساعات از روز باشد. وگرنه به‌خودی‌خود نمی‌توان این دسته را در تصادفات معنادار توصیف کرد.

تصادفات دسته دوم نشان می‌دهند در صورت انحراف یا تجاوز به چپ در راه‌های دوطرفه، امکان رخداد تصادفات رخ‌به‌رخ را افزایش می‌یابد و این دسته از تصادفات در زمان قبل از ظهر از باقی ساعت‌های روز رخ می‌دهند که با توجه به ماهیت این دسته از تصادفات که منجر به تصادفات رخ به رخ می‌شوند، می‌توان در این ساعت نیروهای امدادی و پلیس راه را در حالت آماده باش قرار داد.

دسته سوم نیز اگرچه مشخص می‌کند که یک سری از تصادفات عدم توجه به جلو در راه‌های یک‌طرفه به‌صورت تک وسیله‌ای است، اما نمی‌توان به طور خاص در مورد زمان وقوع تصادف که در گراف شکل ۳، و جدول ۳، مشخص شده نمی‌توان رابطه معناداری استخراج کرد.

مطالعات مختلف با تکنیک‌ها و روش‌های متفاوت همواره به دنبال کشف رابطه بین متغیرها و طبقه‌بندی‌های متفاوت در تصادفات بوده‌اند که این مطالعه نیز به همین قصد صورت گرفته است؛ اما نسبت به مطالعات پیشین خود با حجم کمتری از داده‌ها سرکار داشته است؛ ولی از طرفی دقت مدل ساخته شده نسبت به مطالعات پیشین خود بیشتر است. اما همین نتایج نشان می‌دهند که تصادفات استان اصفهان باتوجه‌به داده‌های اندک این مطالعه، از ۴ الگو مشخص پیروی می‌کنند.

۴. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

باتوجه‌به افزایش آمار تصادفات و طبع آن افزایش آمار مجروحین و فوتی‌های تصادفات استان اصفهان (منصورخاکی & محسنی،

۱۳۸۸)، انجام مطالعه‌ای جهت یافتن روابط پنهان میان تصادفات برون‌شهری استان اصفهان ضروری به نظر می‌رسد. به همین دلیل با استفاده از تکنیک‌های تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه، برای اولین بار، به تحلیل تصادفات استان اصفهان پرداخته شد. مطالعات گذشته عنوان کردند که عامل انسانی در بیش از ۹۰ درصد تصادفات نقش دارند و به همین دلیل نقش عامل انسانی در تصادفات استان اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه با استفاده از تکنیک تحلیل تناظر به بررسی روابط میان علل انسانی و اشتباهات انسانی پرداخته شد؛ این مدل سه دسته را مشخص نموده که رابطه میان آنها با تشخیص و قضاوت مهندسی مشخص شده‌اند؛ و اگرچه روابط دیگری نیز از این گراف می‌توانست استخراج شود اما این سه دسته تنها دسته‌هایی بودند که روابط میان آنها معنادار بوده است.

در نهایت با استفاده از تکنیک تحلیل تناظر چندگانه به بررسی روابط پنهان در تصادفات برون‌شهری استان اصفهان پرداخته شد که نتایج نشان دادند دو بعد اول، ۳۸ درصد واریانس را پوشش می‌دهند که از تمامی مطالعات پیشینی که در این مطالعه به آنها اشاره شده است، به طور قابل توجهی بیشتر است که نمایانگر دقت بالای نتایج، با وجود پایگاه داده‌ای کوچک، می‌باشد؛ در نهایت ۴ دسته‌بندی مشخص گردیده که مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. نتایج این مدل نشان دادند که در ساعت‌های مختلف در شبانه‌روز، الگوهای مختلفی از تصادفات در استان اصفهان رخ می‌دهند که با اختصاص دادن منابع می‌توان با آگاه کردن رانندگان از تصادفات آینده که از این الگوها پیروی می‌کنند، جلوگیری نموده و بتوان در زمان‌های مختلف از روز، نیروهای امدادی را باتوجه‌به دسته‌های اشاره شده، در مکان‌ها و راه‌های متفاوت قرار داده تا از تعداد فوتی‌ها در آینده کاسته شود.

می‌توان از پایگاه‌داده کوچک این مطالعه به‌عنوان یکی از نقاط ضعف این مطالعه اشاره نمود؛ اگرچه با همین تعداد کم داده مدل‌های ساخته شده دقت بالایی را نشان می‌دادند؛ اما توصیه می‌شود پژوهشگران در آینده از تعداد بیشتری داده تصادفات در

تحلیل‌های خود استفاده نموده و دقت مدل خود را با این مطالعه مقایسه کنند. همچنین در مطالعات آینده، پژوهشگران می‌توانند دقت مدل‌های تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه را با روش‌های دیگر مقایسه کنند.

۵. سپاسگذاری

نویسندگان این مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای استان اصفهان، به جهت حمایت و همکاری در انجام این پروژه مطالعاتی که با مشارکت دانشگاه علم و صنعت ایران و مرکز تحقیقات ایمنی کاربردی حمل‌ونقل جاده‌ای صورت پذیرفت، ابراز می‌دارند.

۶. پی‌نوشت‌ها

1. Correspondence Analysis
2. Multiple Correspondence Analysis
3. Jalayer
4. Sychala
5. Champahom
6. Contingency Table

۷. مراجع

– توکلی کاشانی، ع. و، & بشارتی، م. (۱۳۹۹). آمار و احتمالات در مهندسی حمل‌ونقل: دانشگاه علم و صنعت.

– خانزاده، م.، جعفری، پ. و، & غفاری، ف. (۱۳۹۸). چگونگی توسعه ارتباطات برند – مصرف‌کننده در شبکه‌های اجتماعی نوین: (مطالعه کاربران اینستاگرام در شهر تهران). فصلنامه علمی مطالعات فرهنگ-ارتباطات، ۲۰(۴۸).

– منصورخاکی، ع. و، & محسنی، ح. (۱۳۸۸). نقش پررنگ تر عامل انسانی نسبت به راه در تصادفات جاده ای کشور. Paper presented at the اولین کنفرانس ملی تصادفات و سوانح جاده ای و ریلی، زنجان.

– یاری، پ.، یاراحمدی، ر.، خسروی، ی. و، & آسیوند، ا. (۱۳۹۵). ارایه ابعاد حوادث شغلی براساس وابستگی گروه‌های ریسک و آسیب مطالعه موردی طی سالهای ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳. مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ۳(۴).

– Champahom, T., Wisutwattanasak, P., Chanpariyavatevong, K., Laddawan, N., Jomnonkwao, S., & Ratanavaraha, V. (2022). Factors affecting severity of motorcycle accidents on Thailand's arterial roads: Multiple correspondence analysis and ordered logistics regression approaches. IATSS Research, 46(1), 101-111.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2021.10.006>

– Das, S., Mousavi, S. M., & Shirinzad, M. (2022). Pattern recognition in speeding related motorcycle crashes. Journal of Transportation Safety & Security, 14(7), 1121-1138.
doi:10.1080/19439962.2021.1877228

– Hsu, T.-P., Wu, Y.-W., & Chen, A. Y. (2022). Temporal stability of associations between crash characteristics: A multiple correspondence analysis. Accident Analysis & Prevention, 168, 106590.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106590>

– Huajing, N., Yu, Y., & Bai, L. (2022). Survival analysis of the unsafe behaviors leading to urban expressway crashes. PLOS ONE, 17(8), e0267559.
doi:10.1371/journal.pone.0267559

– Husson, F., & Josse, J. (2006). Multiple Correspondence Analysis and Related Methods (1st ed.): Chapman and Hall/CRC.

– Jalayer, M., Pour-Rouholamin, M., & Zhou, H. (2018). Wrong-way driving crashes: A

multiple correspondence approach to identify contributing factors. *Traffic Injury Prevention*, 19(1), 35-41.

doi:10.1080/15389588.2017.1347260

– Kim, K., & Yamashita, E. (2008). Corresponding Characteristics and Circumstances of Collision-Involved Pedestrians in Hawaii. *Transportation Research Record*, 2073(1), 18-24.

doi:10.3141/2073-03

– Mitchell, R. J., Senserrick, T., Bambach, M. R., & Mattos, G. (2015). Comparison of novice and full-licensed driver common crash types in New South Wales, Australia, 2001–2011. *Accident Analysis & Prevention*, 81, 204-210.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.039>

– Peng, C., Lu, J., & Yin, W. (2010). An Empirical Study of the Urban Traffic Accident Causes with Correspondence Analysis Method. Paper presented at the Proceedings of the 10th International Conference of Chinese Transportation Professionals, Beijing, China .
[https://dx.doi.org/10.1061/41127\(382\)140](https://dx.doi.org/10.1061/41127(382)140)

– Spychala, C., Armand, J., Dombry, C., & Goga, C. (2021). Multivariate statistical analysis for exploring road crash-related factors in the Franche-Comté region of France. *Communications in Statistics: Case Studies, Data Analysis and Applications*, 7(3), 442-474.
doi:10.1080/23737484.2021.1929562

– Treat, J. R., McDonald, S. T., Shinar, D., Mayer, R. E., & Stansifer, R. L. (1979). Tri-level study of the causes of traffic accidents: final report. Executive summary.

تحلیل تصادفات برون‌شهری استان اصفهان با استفاده از تحلیل تناظر و تحلیل تناظر چندگانه

علی توکلی کاشانی، مدرک کارشناسی عمران را از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۸۰، مدرک کارشناسی ارشد در مهندسی حمل‌ونقل از دانشگاه علم‌و‌صنعت ایران در سال ۱۳۸۲ و دکتری تخصصی مهندسی حمل‌ونقل از دانشگاه علم‌و‌صنعت ایران در سال ۱۳۹۰ اخذ نموده‌اند؛ و هم‌اکنون دانشیار گروه حمل‌ونقل دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم‌و‌صنعت ایران می‌باشند. از زمینه‌های مورد علاقه ایشان می‌توان به ایمنی ترافیک، تحلیل کلان داده‌ها و حمل و نقل پویا، اشاره نمود.



معید ذهبیون، مدرک کارشناسی عمران گرایش سازه خود را از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۸۹ و مدرک کارشناسی ارشد عمران گرایش برنامه‌ریزی حمل و نقل خود را از دانشگاه علم و صنعت تهران در سال ۱۳۹۱ اخذ نموده‌اند. ایشان هم‌اکنون به عنوان رئیس دپارتمان ایمنی و ترافیک اداره کل راهداری و حمل و نقل جاده‌ای استان اصفهان مشغول به کار هستند. زمینه‌های پژوهشی و آموزشی ایشان شامل تحلیل سیستم‌های شهری و جاده‌ای حمل‌ونقل و تحلیلگر سیستم شبکه معابر جاده‌ای به منظور پیش‌بینی نقاط محتمل تصادفات می‌باشد.



محمدعلی صلواتی، مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی عمران-عمران از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۸۶ و مدرک کارشناسی ارشد را نیز، در رشته مهندسی عمران گرایش برنامه ریزی حمل و نقل از دانشگاه صنعتی شریف در سال ۱۳۸۹ اخذ نمود. در حال حاضر نیز، دانشجوی دکترای مهندسی عمران گرایش برنامه ریزی حمل و نقل در پردیس بین‌المللی دانشگاه تهران می‌باشد



مهدی هادی‌نیا، مدرک کارشناسی عمران خود را از دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۴۰۱ اخذ نموده‌اند؛ و وی هم‌اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش حمل‌ونقل در دانشگاه علم‌و‌صنعت ایران می‌باشند. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان در حوزه‌های ایمنی ترافیک، فرهنگ ترافیک، لجستیک و کامیون‌های خودران می‌باشد.



متین چنگیز، مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی عمران از دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد در سال ۱۴۰۰ دریافت کرد. وی در حال حاضر دانشجوی سال آخر کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش حمل‌ونقل در دانشگاه علم‌و‌صنعت ایران است. زمینه‌های مورد علاقه تحقیقاتی ایشان در حوزه‌های ایمنی ترافیک و برنامه ریزی حمل‌ونقل است.

