

## Assessment of Worldwide Pedestrian Mortality Rate Patterns: 1990-2015

Mohammadreza Mehmandar<sup>1</sup> , Masoud Salehi<sup>2</sup> , Tofigh Mobaderi<sup>1,2</sup> , Mohammad Ariana<sup>3</sup> , Ehsan khalili<sup>3</sup> 

1. Department of Traffic Operations, Faculty of Traffic Police, Amin Police University, Tehran, Iran.

2. Department of Biostatistics, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. Tehran Traffic Police, Tehran, Iran.

\* **Corresponding authors:** tofigh.state@gmail.com

### Abstract

**Background and Objectives:** Pedestrians are considered as the most vulnerable road users. In this study, the pattern of global pedestrian deaths was assessed using Latent Growth Model and Latent Growth Mixture Model.

**Materials and Methods:** In this longitudinal study, pedestrian deaths rates data of 195 countries from 1990 to 2015 for men, women and total of them, were extracted from the Global Burden of Disease website. Initially, the overall pedestrian death rate pattern was assessed by LGM and then the GMM was used to explore heterogeneity in the population and categorization the countries based on their pedestrian death rate patterns. All statistical analysis and drawing geographical maps were performed using Mplus 6.12 and ArcGIS 10.3, respectively.

**Results:** The nonlinear LGM was better fitted than the linear LGM. The nonlinear LGM results show that the estimated intercept for men, women and total of them was 10.84, 4.77 and 7.83, and the estimated slope was -1.01, -0.47 and -0.75, respectively. According to pedestrian death rate, the LGMM, classify the countries into 5 classes with five different patterns.

**Conclusion:** Generally, the pedestrian deaths rates had a nonlinear decreasing pattern, but this decreasing pattern is different for each country. Therefore, in order to reduce pedestrian fatality rate in the world, different approaches need to be considered for each of five groups.

**Keywords:** Pedestrians, Traffic accidents, Latent Growth Mixture Model (LGMM), longitudinal study.

### How to cite this article:

Mehmandar M , Salehi M , Mobaderi T , Ariana M , khalili E. Assessment of Worldwide Pedestrian Mortality Rate Patterns: 1990-2015. J Saf Promot Inj Prev. 2018; 6(3):123-30.

## ارزیابی روند مرگومیر عابران پیاده سوانح ترافیکی جهان (۲۰۱۵ - ۱۹۹۰)

محمد رضا مهماندار<sup>۱</sup>، مسعود صالحی<sup>۲</sup>، توفیق مبادری<sup>۳\*</sup>، محمد آریانا<sup>۲</sup>، احسان خلیلی<sup>۲</sup>

۱. گروه عملیات ترافیک، دانشکده علوم فنون راهنمایی و رانندگی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران.  
 ۲. گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.  
 ۳. راهنمایی و رانندگی تهران بزرگ، تهران، ایران.

## چکیده

**سابقه و هدف:** عابران پیاده در میان کاربران جاده‌ها به عنوان آسیب‌پذیرترین گروه در معرض خطرات محسوب می‌شوند. در این مطالعه، روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده کشورهای سراسر جهان با استفاده از مدل منحنی رشد پنهان و مدل آمیخته رشد پنهان ارزیابی شده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه طولی، داده‌های مرگومیر عابران پیاده ۱۹۵ کشور جهان که مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ بود، به تفکیک جنسیت مرد و زن و مجموع هر دو جنس از سایت بار جهانی بیماری استخراج شد. ابتدا با استفاده از مدل منحنی رشد پنهان، روند کلی تغییرات مرگومیر بررسی شد و سپس جهت کشف ناهمگنی و دسته‌بندی کشورها به گروه‌های همگن از مدل آمیخته رشد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نقشه‌ها به ترتیب با نرم‌افزارهای Mplus نسخه ۶/۱۲ و ArcGIS نسخه ۱۰/۳ انجام شد.

**یافته‌ها:** مدل منحنی رشد پنهان غیرخطی، برازش بهتری نسبت به مدل خطی داشت. میانگین عرض از مبدأ مدل‌های غیرخطی برای مردان، زنان و مجموع هر دو جنس به ترتیب ۱۰/۸۴، ۴/۷۷ و ۷/۸۳ به دست آمد و همچنین میانگین شیب خط در این مدل‌ها به ترتیب ۱/۰۱-، ۰/۴۷- و ۰/۷۵- برآورد شد. با استفاده از مدل آمیخته رشد پنهان و با توجه به روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده، کشورهای جهان به ۵ گروه با ۵ الگوی متفاوت دسته‌بندی شدند.

**نتیجه‌گیری:** در حالت کلی روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده به صورت غیرخطی کاهش یافته است ولی این کاهش برای همه کشورهای جهان یکسان نیست. بنابراین بهتر است سیاست‌های مداخله‌ای جهت کاهش تلفات عابران پیاده سوانح ترافیکی کشورهای جهان، متناسب با الگوی هر یک از گروه‌های پنج‌گانه اعمال شود.

**واژگان کلیدی:** عابران پیاده، سوانح ترافیکی، مدل آمیخته رشد پنهان، مطالعه طولی

## مقدمه

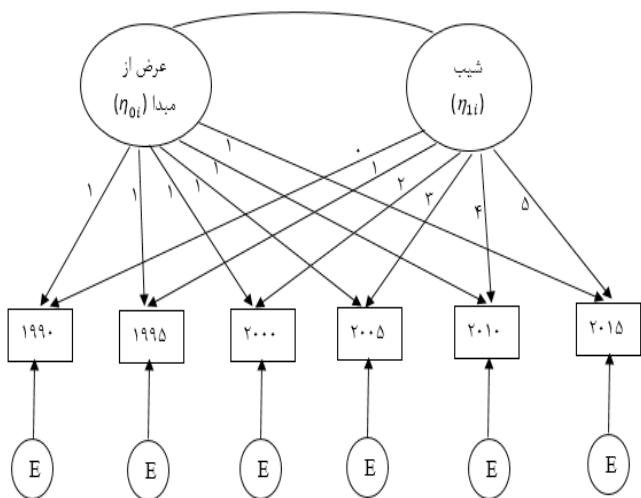
شد (۳، ۴). براساس گزارش بانک جهانی حدود ۷۰٪ از تلفات حوادث ترافیکی در کشورهای کمتر توسعه یافته رخ می‌دهد که ۶۵٪ از این تلفات مربوط به عابران پیاده است (۵). برای مثال در کشورهای السالوادور ۵۹٪، آندورا ۵۰٪، بلاروس ۴۲٪، شیلی ۳۹٪ از سوانح ترافیکی مربوط به عابران پیاده است (۳). بنا بر گزارش سازمان بهداشت جهانی در ایران نیز تصادفات دومین علت مرگومیر و اولین عامل مرگ جوانان است (۶). این در حالی است که ۵۰ درصد از کشته‌های حوادث ترافیکی ایران را عابران پیاده تشکیل می‌دهند (۷)، عابران پیاده در میان کاربران جاده‌ها به عنوان آسیب‌پذیرترین گروه در معرض خطرات محسوب می‌شوند؛ زیرا تصادف یک وسیله نقلیه با عابر پیاده تقریباً به صورت اجتناب‌ناپذیری منجر به جرح یا فوت عابر پیاده می‌گردد (۹، ۱۰). تصادفات عابران پیاده مانند همه تصادفات ترافیکی قابل پیش‌بینی و پیشگیری هستند و کاهش یا

آسیب‌های ناشی از سوانح ترافیکی هر ساله جان بیش از ۱/۲ میلیون نفر را در سراسر دنیا می‌گیرد و حدود ۵۰-۲۰ میلیون آسیب دیده را به جای می‌گذارد (۱). حوادث ترافیکی در سراسر دنیا به عنوان علت اصلی ناتوانی و مرگومیر شناخته شده‌اند و یک مشکل عمده بهداشت عمومی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته می‌باشند (۲). سازمان بهداشت جهانی پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۲۰ سوانح ترافیکی به ششمین علت مرگ در دنیا تبدیل خواهد شد و روند آن در کشورهای با درآمد کم و متوسط ۸۰ درصد افزایشی و در کشورهای با درآمد بالا ۳۰ درصد کاهش خواهد بود و در صورتی که اقدامات مؤثری در جهت کاهش تلفات صورت نگیرد تا سال ۲۰۳۰ به هفتمین عامل مرگومیر جهانی تبدیل خواهد

\* آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: tofigh.state@gmail.com

اکسل استخراج و گردآوری گردید. این موسسه میزان مرگومیر بر اثر عوامل مختلف از جمله تصادفات را به صورت سالانه برای کل کشورهای جهان و بدون هیچ داده گم شده برآورد کرده است. جهت رعایت نکات اخلاقی با توجه به این که در این مطالعه از داده‌های گزارش شده سایت بار جهانی بیماری استفاده شده است، سعی در امانت‌داری و دقت در انتقال صحیح داده‌ها از منبع اصلی و کنترل دقیق آن‌ها در جابه‌جایی و انتقال در فایل اکسل جهت تحلیل از اولویت‌های این پژوهش بود.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا مدل رشد پنهان به دو صورت خطی و غیرخطی بر روی کل کشورهای جهان برازش داده شد تا روند کلی تغییرات میزان مرگومیر عابران پیاده در جهان طی ۲۶ سال (از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵) مشخص شود، در مدل رشد پنهان خطی فرض بر این است که روند رشد همه نمونه‌ها خطی و مشابه به یکدیگر است. این مدل ما را قادر می‌سازد تا با استفاده از عامل‌های پنهان تغییرات درون فردی را در طول زمان بررسی کنیم. دیگرام مفهومی مدل منحنی رشد خطی در شکل ۱ و معادله مدل منحنی رشد پنهان خطی در معادله ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. دیگرام مفهومی مدل منحنی رشد پنهان خطی

معادله ۱:

$$y_{ti} = \eta_{0i} + \eta_{1i} \lambda_t + \varepsilon_{ti}$$

$$\eta_{0i} = \eta_0 + \varepsilon_{0i}$$

$$\eta_{1i} = \eta_1 + \varepsilon_{1i}$$

در این معادله  $y_{ti}$  مقدار متغیر پاسخ مشاهده شده مربوط به نمونه  $i$  ام در زمان  $t$  (میزان مرگومیر عابران پیاده کشور  $i$  ام در سال  $t$ )،

حذف عوامل خطری که عابر پیاده با آن روبه‌رو است یک هدف مهم و یک سیاست قابل دستیابی است. اما با وجود انجام مداخلات متعدد هنوز در بعضی از کشورهای کمتر توسعه یافته مانند ایران، ایمنی عابر پیاده به اندازه‌ی کافی مورد توجه قرار نگرفته است.

روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده تحت تأثیر شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی برای کشورهای مختلف جهان متفاوت است. محققان در سراسر جهان در تلاش هستند تا با کشف این ناهمگنی‌ها به عوامل اصلی مرگومیر عابران پیاده پی ببرند. در سال‌های اخیر روش‌های آماری مختلفی جهت تحلیل داده‌های طولی معرفی شده است که نسبت به رویکردهای سنتی نظیر تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر محدودیت کمتر و توان بیشتری دارند. از جمله‌ی این روش‌ها می‌توان به مدل رشد پنهان اشاره کرد. مدل رشد پنهان با استفاده از دو عامل پنهان عرض از مبدأ و شیب خط روند کلی میانگین تغییرات متغیر پاسخ را برآورد می‌کند (۱۱). اما مشکل اصلی این مدل این است که فرض می‌کند روند تغییرات تمام نمونه‌ها مورد مطالعه همگن و یکسان است که در عمل درست نیست (۱۲). بنابراین برای کشف ناهمگنی احتمالی و کلاس‌بندی نمونه‌ها به گروه‌های همگن از مدل آمیخته رشد پنهان که تعمیم یافته مدل رشد پنهان است استفاده می‌شود (۱۳). در این مطالعه نیز با هدف بررسی روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده کل کشورهای جهان طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵، ابتدا مدل منحنی رشد پنهان برازش داده شد و سپس جهت کشف ناهمگنی موجود در روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده از مدل آمیخته رشد پنهان استفاده شد. این بررسی می‌تواند، اطلاعات لازم را برای تدوین و اجرای برنامه‌های مداخله‌ای در جهت کاهش عوامل خطر مختلفی که منجر به مصدومیت و مرگ عابران پیاده در جهان می‌شود را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار دهد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه طولی، داده‌های میزان بروز سالانه مرگومیر عابران پیاده که از سایت بار جهانی بیماری به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر برای کل کشورهای جهان که تعداد آن‌ها ۱۹۵ کشور است، گردآوری شد. این داده‌ها به تفکیک جنسیت مرد، زن و مجموع هر دو جنسیت برای همه کشورها و برای سال‌های ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۵ طی شش نقطه زمانی (سال ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵) به فاصله هر ۵ سال استخراج گردید. منبع استفاده شده برای استخراج داده‌ها سایت بار جهانی بیماری<sup>۱</sup> مربوط به موسسه معیارهای سلامت و ارزیابی<sup>۲</sup> دانشگاه واشنگتن (۱۴) می‌باشد که داده‌ها در قالب فایل

۱ Global burden of disease (GBD)

۲ Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)

است. برای برازش مدل‌های منحنی رشد پنهان و مدل‌های آمیخته از نرم‌افزار Mplus ۶.۱۲ و برای رسم نقشه‌های جغرافیایی از نرم‌افزار ArcGIS ۱۰.۳ استفاده شد.

### یافته‌ها

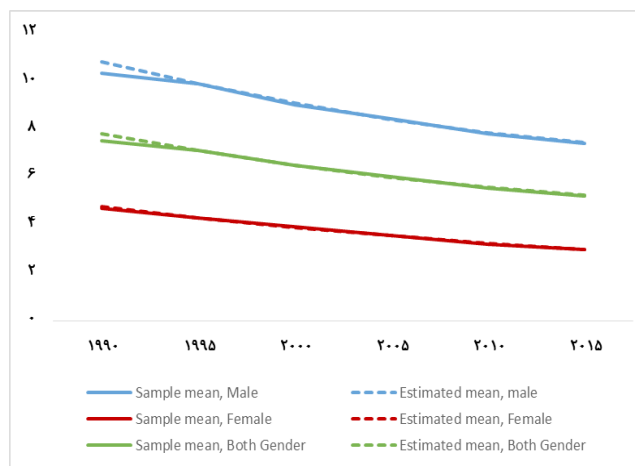
در این مطالعه کل کشورهای جهان که شامل ۱۹۵ کشور است به تفکیک جنسیت و در مجموع مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های برازش مدل‌های رشد پنهان خطی و غیرخطی نشان می‌دهد که مقادیر این شاخص‌ها یعنی AIC، BIC و ABIC برای مدل غیرخطی کوچک‌تر است. لذا مدل غیرخطی نسبت به مدل خطی برازش بهتری دارد. نتایج حاصل از برازش مدل منحنی رشد پنهان غیرخطی به داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین اولیه (عرض از مبدأ) میزان مرگ‌ومیر عابران پیاده برای مردان ۱۰/۸۴، زنان ۴/۷۷ و مجموع هر دو جنسیت ۷/۸۳ نفر از ۱۰۰ هزار نفر بود و این میزان مرگ‌ومیر به طور متوسط در هر ۵ سال (میانگین شیب خط) به میزان ۱/۰۱ برای مردان، ۰/۴۷ برای زنان و ۰/۷۵ برای هر دو جنسیت به‌طور معنی داری کاهش یافته است. میانگین تقعر منحنی معنی‌دار و به اندازه ۰/۰۷ برای مردان، ۰/۰۲ برای زنان و ۰/۰۵ برای جمع است، مثبت بودن آن نشان می‌دهد که تقعر منحنی روبه بالا است. همچنین کوواریانس منفی و معنی‌دار بین شیب خط و عرض از مبدأ نشان می‌دهد که روند کاهشی میزان مرگ‌ومیر عابران پیاده با میزان آن در شروع مطالعه ارتباط دارد، بطوریکه هر چه میزان مرگ‌ومیر برای یک کشور در شروع مطالعه بیشتر باشد کاهش مرگ‌ومیر سریع‌تر و هرچه میزان این مرگ‌ومیر در شروع مطالعه کمتر باشد کاهش آن کندتر است. در جدول ۱ میانگین‌ها برآورد شده به وسیله مدل منحنی رشد پنهان برای هر دوره ۵ ساله نیز نشان داده شده است، همین نتایج در شکل ۲ به صورت گرافیکی نمایش داده شده است.

دو متغیر تصادفی  $\eta_{0i}$  و  $\eta_{1i}$  به ترتیب عامل‌های پنهان عرض مبدأ و شیب خط،  $\lambda_i$ ها بارهای عاملی هستند که روندها را در طول زمان بر روی متغیر پاسخ توصیف می‌کنند. همچنین  $E$  بیانگر جمله خطای تصادفی،  $\eta_0$  و  $\eta_1$  به ترتیب میانگین عرض از مبدأ (میانگین متغیر پاسخ در شروع مطالعه) و میانگین شیب خط (میانگین تغییرات متغیر پاسخ در طول زمان) را نشان می‌دهند (۱۱). زمانی که تغییرات متغیر پاسخ غیرخطی باشد، باید از مدل رشد پنهان غیرخطی استفاده شود. معادله منحنی رشد پنهان غیرخطی همانند معادله قبلی است با این تفاوت که یک عامل سوم با عنوان عامل تقعر به مدل اضافه می‌شود. برای مقایسه مدل‌ها و برای آنکه مشخص شود کدام یک از مدل‌های خطی و غیرخطی کاراتر است، از معیار اطلاع آکائیکه (AIC)، معیار اطلاع بیز (BIC) و معیار اطلاع بیز تعدیل شده (ABIC) استفاده شد، هر چه مقادیر این معیارها کمتر باشد مدل مورد نظر برازش بهتری دارد. مشکلی که مدل‌های منحنی رشد پنهان دارند این است که فرض می‌شود کل افراد متعلق به یک جامعه آماری همگن بوده و روند تغییرات برای همه نمونه‌ها یکسان است، در صورت ناهمگن بودن روند تغییرات متغیر پاسخ و وجود زیر جامعه‌های پنهان قادر به شناسایی آن‌ها نخواهند بود. مدل آمیخته رشد پنهان، تعمیم یافته مدل منحنی رشد پنهان، از جمله روش‌های مهم در کشف زیرگروه‌هایی است که در آن‌ها روند رشد نمونه‌ها در هر یک از این زیرگروه‌ها مشابه و با رشد نمونه‌ها در دیگر گروه‌ها متفاوت است. برای تصمیم‌گیری جهت تعیین تعداد کلاس‌های پنهان ابتدا مدل آمیخته رشد پنهان را با دو کلاس برازش داده و سپس مرحله‌به‌مرحله بر تعداد کلاس‌ها افزوده شد تا اینکه بالاخره کمترین مقدار برای شاخص‌ها AIC، BIC و ABIC به دست آمد (۱۱). جهت بررسی کیفیت کلاس‌بندی از آماره آنتروپی استفاده شد، مقدار آماره آنتروپی بین صفر تا یک است و مقدار ۰/۸ به بالا نشان دهنده خوب بودن کیفیت کلاس‌بندی

جدول ۱. برآورد پارامترهای مدل منحنی رشد پنهان غیرخطی

عرض از مبدأ	شیب	تقعر	کوواریانس	۱۹۹۰	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵	۲۰۱۰	۲۰۱۵	
۱۰/۸۴(۰/۷۰)	-۱/۰۱(۰/۲۳)	۰/۰۷(۰/۰۳)	-۱۹/۲۵(۶/۸۷)	۱۰/۸۴	۹/۹۰	۹/۰۹	۸/۴۱	۷/۸۶	۷/۴۴	مرد
۴/۷۷(۰/۲۸)	-۰/۴۷(۰/۰۹)	۰/۰۲(۰/۰۱)	-۳/۸۸(۱/۶۴)	۴/۷۷	۴/۳۲	۳/۹۲	۳/۵۷	۳/۲۶	۳/۰۰	زن
۷/۸۳(۰/۵)	-۰/۷۵(۰/۱۶)	۰/۰۵(۰/۰۲)	-۱۰/۵۱(۴/۱۱)	۷/۸۳	۷/۱۲	۶/۵۲	۶/۰۰	۶/۵۸	۵/۲۵	جمع

در گام بعدی با برازش مدل آمیخته رشد پنهان به بررسی این فرضیه پرداخته شد که آیا الگوهای متفاوت از نظر روند تغییرات میزان مرگ‌ومیر عابران پیاده در بین کشورهای مورد مطالعه وجود دارد یا روند تغییرات این مرگ‌ومیرها در تمام کشورها به یک صورت است؟ بدین منظور مدل را با تعداد کلاس‌های مختلف برازش داده تا به مدل برتر با تعداد کلاس بهینه دست یابیم. شاخص‌ها AIC، BIC و ABIC برای هر یک از مدل‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق با این نتایج مدل با پنج کلاس برای مرد، زن و مجموع هر دو جنسیت دارای کمترین مقادیر AIC، BIC و ABIC است. لذا مدل آمیخته رشد پنهان با پنج کلاس به عنوان مدل نهایی برگزیده شد. همچنین آماره آنتروپی برای مردان ۰/۸۸، زنان ۰/۹۳ و جمع ۰/۸۸ که از ۰/۸ بیشتر می‌باشد، لذا کیفیت کلاس‌بندی خوب است.



شکل ۲. برآورد روند تغییرات میزان مرگ‌ومیر عابران پیاده به وسیله مدل رشد پنهان غیر خطی

جدول ۲. شاخص‌های نیکویی برازش مدل رشد آمیخته برآورد شده

ABIC	BIC	AIC	تعداد کلاس	جنسیت
۴۹۳۸/۴۹	۴۹۷۳/۳۳	۴۹۳۷/۳۳	کلاس ۱	مرد
۴۸۶۲/۸۴	۴۹۰۷/۱۹	۴۸۶۱/۳۷	کلاس ۲	
۴۸۲۹/۱۹	۴۸۸۳/۰۵	۴۸۲۷/۴۱	کلاس ۳	
۴۷۸۷/۵۷	۴۸۵۰/۹۳	۴۷۸۵/۴۷	کلاس ۴	
۴۴۸۰/۸۵	۴۵۶۶/۳۸	۴۴۷۸/۰۱	کلاس ۵	
۴۷۴۸/۱۲	۴۸۳۰/۴۸	۴۷۴۵/۳۹	کلاس ۶	
۳۱۰۳/۲۸	۳۱۳۸/۱۳	۳۱۰۲/۱۲	کلاس ۱	زن
۳۰۴۴/۷۴	۳۰۸۹/۰۹	۳۰۴۳/۲۷	کلاس ۲	
۲۹۹۳/۸۳	۳۰۴۷/۶۹	۲۹۹۲/۰۵	کلاس ۳	
۲۹۵۳/۱۶	۳۰۱۶/۵۲	۲۹۵۱/۰۶	کلاس ۴	
۲۷۷۸/۵۳	۲۸۶۴/۰۶	۲۷۷۵/۶۹	کلاس ۵	
۲۹۱۵/۹۸	۲۹۹۸/۳۵	۲۹۱۳/۲۵	کلاس ۶	
۴۰۹۰/۶۴	۴۱۲۵/۴۸	۴۰۸۹/۴۸	کلاس ۱	جمع
۴۰۱۶/۱۶	۴۰۶۰/۵۱	۴۰۱۴/۶۹	کلاس ۲	
۳۹۸۰/۳۸	۴۰۳۴/۲۳	۳۹۷۸/۵۹	کلاس ۳	
۳۹۳۴/۶۲	۳۹۹۷/۹۷	۳۹۳۲/۵۱	کلاس ۴	
۳۶۹۶/۰۹	۳۷۸۱/۶۲	۳۶۹۳/۲۵	کلاس ۵	
۳۸۹۱/۹۳	۳۹۷۴/۲۹	۳۸۸۹/۱۹	کلاس ۶	

برای مردان است ولی برای زنان متفاوت است، بطوریکه ۱۵۷ کشور در کلاس ۱، یک کشور در کلاس ۲، ۲۶ کشور در کلاس ۳، ۵ کشور برای کلاس ۴ و ۶ کشور در کلاس ۵ طبقه‌بندی شدند. بیشترین میانگین عرض از مبدأ برای مردان، زنان و جمع مربوط به کلاس ۲، همین کلاس کاهش تندتری (شیب بزرگ‌تر و منفی) نسبت به بقیه کلاس‌ها دارد هر چند که این کلاس فقط یک کشور را شامل شده است. کمترین میانگین عرض از مبدأ برای مردان و زنان مربوط به کلاس ۱ و برای جمع مربوط به کلاس ۴ است. همچنین شیب

کشورهای مورد مطالعه، به پنج کلاس طبقه‌بندی شدند که هر کدام از این طبقات با توجه به تغییرات میزان مرگ‌ومیر عابران پیاده دارای روند رشد متفاوت هستند. جدول ۳ پارامترهای رشد برآورد شده مدل با پنج کلاس به تفکیک مردان، زنان و جمع را نشان می‌دهد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد از ۱۹۵ کشور برای مردان، ۱۱۴ کشور در کلاس ۱، یک کشور در کلاس ۲، ۳۰ کشور در کلاس ۳، ۱۳ کشور در کلاس ۴ و ۳۷ کشور در کلاس ۵ طبقه‌بندی شدند. نتایج برای جمع هر دو جنسیت تا حد زیادی مشابه نتایج به دست آمده

جمع به شکل معنی داری صعودی است (شیب خط مثبت و معنی دار) ولی برای زنان شیب خط معنی دار نشده است بنابراین روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده برای این کلاس در طول زمان ثابت بوده است. توزیع کشورهای جهان برحسب کلاس و به تفکیک مرد، زن و جمع هر دو در شکل ۳ نشان داده شده است.

کلاس ۱ برای مردان و زنان که بیشترین حجم نمونه را در بر گرفته کاهش کندتری داشته (شیب خط کوچکتر و منفی) و برای جمع کندترین کاهش مربوط به کلاس ۵ است. به طور کلی به جز کلاس ۴، شیب همه کلاسها برای مردان، زنان و مجموع هر دو جنسیت به طور معنی داری نزولی بوده. در کلاس ۴ شیب خط برای مردان و

جدول ۳. برآورد پارامترهای مدل رشد آمیخته

پارامتر	کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	کلاس ۴	کلاس ۵
مرد	عرض از مبدأ (انحراف معیار)	۶/۴۵(۰/۴۱)	۷۱/۱۷(۰/۷۸)	۱۱/۰۸(۰/۸۷)	۶/۹۴(۰/۸۹)
	شیب (انحراف معیار)	-۰/۲۹(۰/۰۵)	-۶/۲۰(۰/۲۳)	-۱/۲۳(۰/۰۸)	۰/۶۲(۰/۱۸)
	تعداد نمونه در کلاس	۱۱۴	۱	۳۰	۱۳
زن	عرض از مبدأ (انحراف معیار)	۳/۳۲(۰/۲۳)	۳۹/۷۴(۰/۰)	۸/۹۷(۱/۱۰)	۱۰/۰۸(۱/۵۶)
	شیب (انحراف معیار)	-۰/۲۳(۰/۰۳)	-۱۲/۵۵(۰/۰)	-۰/۶۷(۰/۱۴)	۰/۰۶(۰/۲۷)*
	تعداد نمونه در کلاس	۱۵۷	۱	۲۶	۵
جمع	عرض از مبدأ (انحراف معیار)	۴/۹۳(۰/۲۹)	۵۴/۲۹(۰/۸۵)	۷/۸۳(۰/۷۶)	۴/۷۹(۰/۶۰)
	شیب (انحراف معیار)	-۰/۲۵(۰/۰۳)	-۵/۴۵(۰/۲۵)	-۰/۸۹(۰/۰۶)	۰/۳۴(۰/۱۱)
	تعداد نمونه در کلاس	۱۱۲	۱	۳۰	۱۷

\*معنی دار نیست.

مقررات ترافیکی در کاهش مرگومیر عابران پیاده سوانح ترافیکی مؤثر بوده است. با توجه به اینکه تقعر منحنی رو به بالا است می توان استنباط کرد که شدت کاهش مرگومیر در طول دوره ثابت نیست و با گذشت زمان از شدت کاهش آن کاسته شده است.

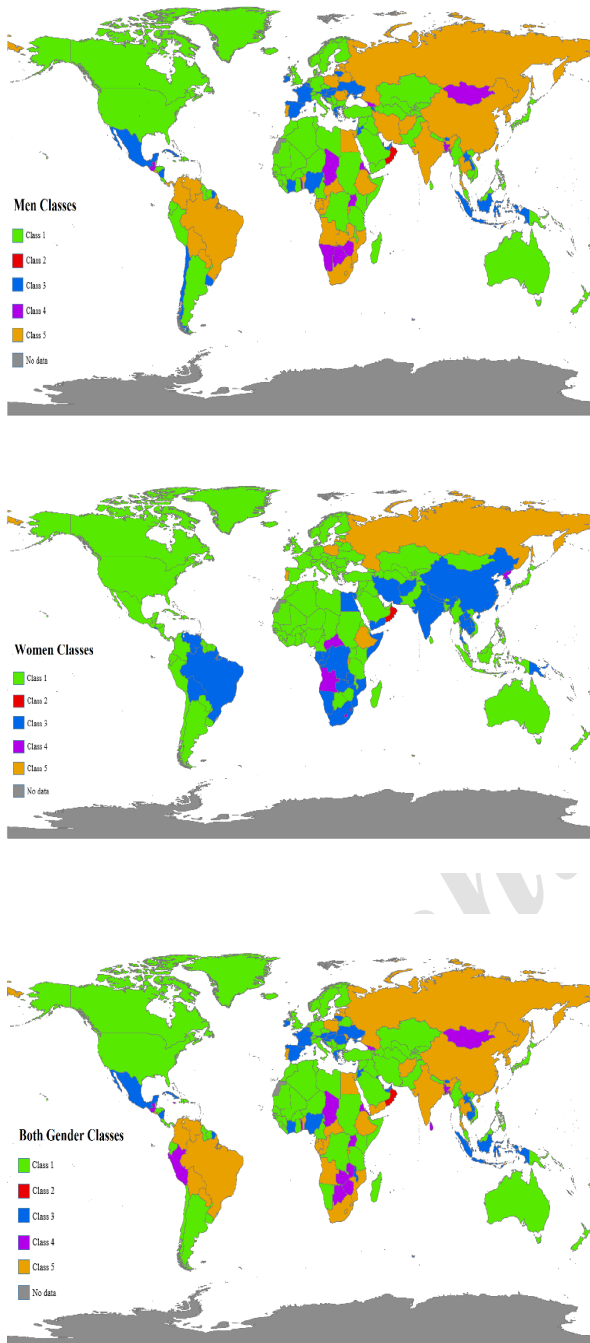
در مرحله بعد جهت کشف ناهمگنی احتمالی از مدل آمیخته رشد پنهان استفاده شد. نتایج مدل آمیخته رشد پنهان نشان داد که پنج الگوی متفاوت برای مرگومیر عابران پیاده کل کشورهای جهان برای هر دو جنسیت زن و مرد و مجموع هر دو جنسیت وجود دارد. با توجه به جدول ۳ مشاهده می شود که بیش از ۵۰٪ از کشورهای جهان از جمله کشور ایران در کلاس یک قرار گرفتند، میانگین میزان مرگومیر برای این کشورها در شروع مطالعه کم و سپس با شیب ملایم کاهش یافته است. بنابراین کشورهای مربوط به کلاس یک (شکل ۳) عملکرد مناسبی برای مقابله با مرگومیر عابران پیاده داشتند. ابراهیمی کیا و همکاران نشان دادند که میزان مرگومیر عابران پیاده در ایران شش درصد بیش از میانگین جهانی است که با نتایج این مطالعه همخوانی ندارد (۴). کلاس دوم تنها شامل یک کشور (کشور عمان) بود که اگر چه در شروع مطالعه مرگومیر بالایی داشت ولی این میزان در طول مطالعه (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵) به ویژه برای زنان به شدت کاهش یافته است. در مطالعه آل منیری که در سال ۲۰۱۳ بر روی روند مرگومیر سوانح ترافیکی

## بحث

هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات مرگومیر عابران پیاده سوانح ترافیکی کشورهای سراسر جهان از سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ بود. در حالت کلی روند مرگومیر عابران پیاده در طول دوره مورد مطالعه به صورت غیرخطی کاهش یافته است. نتایج مدل منحنی رشد پنهان غیرخطی نشان داد که در شروع مطالعه میزان مرگومیر مردان حدوداً ۲ برابر زنان است. این یافتهها با نتایج مطالعات دیگر همخوانی دارد (۱). برای مثال در مطالعاتی که بین سالهای ۱۹۹۴-۱۹۹۷ در مکزیکوسیتی پایتخت مکزیک و بین ۲۰۰۱-۲۰۰۴ در آفریقای جنوبی انجام پذیرفت به ترتیب ۷۳٪ و ۷۶٪ از مرگومیر عابران سوانح ترافیکی را مردان تشکیل داده بودند (۱۶، ۱۵). همچنین ابراهیمی کیا و همکاران در ایران نشان دادند که شانس مرگ برای مردها نسبت به زنهای بیش از ۱/۶ برابر است (۴). مردان بیشتر از زنان در معرض ترافیک قرار دارند، همچنین ریسک پذیری بالای مردان نسبت به زنان، آمار مرگومیر مردان را چند برابر کرده است (۱). نتایج مدل منحنی رشد پنهان غیرخطی در جدول ۱ نشان داد که متوسط تغییرات مرگومیر عابران برای هر دو جنسیت کاهشی و با تقعر رو به بالا است. این یافتهها با نتایج مطالعات دیگر همخوانی دارد (۱۸، ۱۷). به نظر می رسد که افزایش ایمنی خودروها، توسعه زیرساختهای حمل و نقل، آموزش و اجرای سخت گیرانه قوانین و

## تشکر و قدردانی

از اداره راهنمایی و رانندگی تهران به خاطر همکاری با این مطالعه کمال تشکر را داریم.



شکل ۳. توزیع کشورهای جهان بر اساس شماره کلاس

کشور عمان انجام شد، اگر چه روند مرگومیر عابران پیاده مردان افزایش یافته ولی برای زنان به شکل معنی داری کاهش یافته است (۱۹). با توجه به جدول ۳ و شکل ۵ کلاس سوم شامل کشورهایایی است که میانگین مرگومیر متوسطی در شروع مطالعه داشتند ولی در طول مطالعه مرگومیر آنها کاهش معنی داری داشته است. در مطالعه‌ای که بر روی سوانح ترافیکی کشور شیلی انجام شد نشان داده شد که اصلاح قوانین ترافیکی، سخت‌گیری در اجرای قوانین و توسعه زیرساخت‌های جاده‌ای در کاهش تلفات عابران پیاده مؤثر بوده است (۱۷). در کلاس چهارم اگر چه میانگین مرگومیر عابران پیاده در شروع مطالعه کم بود ولی متوسط روند آن برای مردان و زنان صعودی است، هرچند که این روند برای زنان معنی دار نشده بود. اکثر کشورهای این کلاس، کشورها فقیری بودند که به دلیل حجم پایین تعداد خودروها مرگومیر کمی داشتند ولی کم‌کم با رشد و توسعه اقتصاد و در نتیجه افزایش تعداد وسایل نقلیه موتوری مرگومیر عابران در این کشورها افزایش یافت. کلاس پنجم شامل کشورهایایی است که از نظر مرگومیر مردان وضعیت مناسبی ندارد، در این کلاس میزان مرگومیر مردان در شروع مطالعه زیاد و شدت کاهش آن بسیار کم است. در مطالعاتی که در کشورهای ایتالیایی، کره جنوبی و رومانی انجام شده بود حجم تردد عابران از جاده‌ها، تراکم جمعیت، عرض جاده‌ها، عدم وجود شانه راه، مست بودن راننده یا عابر و همچنین سن عابر پیاده از عوامل سوانح ترافیکی عابران پیاده در این کشورها ذکر شده‌اند (۲۰-۲۲). گروه‌بندی کشورهای جهان بر اساس روند مرگومیر عابران پیاده سوانح ترافیکی ما را در یافتن عوامل مشترک افزایش یا کاهش تلفات کشورهای هم‌گروه یاری می‌کند. بنابراین انتظار می‌رود که مدیران و تصمیم‌گیرندگان حوزه سوانح ترافیکی، سیاست‌های مداخله‌ای خود را متناسب با روند رشد هر یک از گروه‌های پنج‌گانه اعمال کنند تا مرگومیر عابران با شدت بیشتری کاهش یابد. طولی بودن مطالعه و استفاده از روش پیشرفته آماری یعنی مدل رشد پنهان خطی و غیرخطی و همچنین مدل آمیخته رشد پنهان از نقاط قوت این مطالعه است. در این مطالعه به دلیل نبود پایگاه داده و منابع اطلاعاتی مناسب، از داده‌های سایت بار جهانی بیماری استفاده شد که داده‌های آن با استفاده از منابع مختلف برآورد شده و در اختیار محققان قرار گرفته است. بنابراین عدم وجود منبع اطلاعاتی دقیق از مهمترین محدودیت‌های این مطالعه است. از دیگر محدودیت‌های این مطالعه عدم همگرایی کدهای برنامه مدل‌سازی منحنی‌های رشد آمیخته پنهان به دلیل حجم نمونه و یا ساختار همبستگی بین داده‌ها است. برای رفع این مشکل تعداد تکرارهای محاسباتی برنامه افزایش داده شد که در این صورت مدت زمان پردازش برای تحلیل داده‌ها افزایش یافت.

## References

1. Zhu M, Zhao S, Coben JH, Smith GS. Why more male pedestrians die in vehicle-pedestrian collisions than female pedestrians: a decompositional analysis. *Injury prevention*. 2013; 19 (4): 227-31. [\[PubMed\]](#)
2. Taravatmanesh S, Hashemi-Nazari SS, Ghadirzadeh MR, Taravatmanesh L. Epidemiology of fatal traffic injuries in the Sistan and Baluchistan province in 2011. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;3(3):161-8.
3. World Health Organization. Global status report on road safety 2015: World Health Organization; 2015.
4. Ebrahimi Keia S, Soori H. Study of epidemiological pattern of pedestrian's road traffic injuries in 2014 and determination of related risk factors on severity of injury. *Payesh*. 2017;16(3):293-302.
5. Verzosa N, Miles R. Severity of road crashes involving pedestrians in Metro Manila, Philippines. *Accident Analysis & Prevention*. 2016;94:216-26. [\[PubMed\]](#)
6. Tavakkoli L, Khanjani N. The Demographic Characteristics and Factors Related to Fault in Individuals Deceased in City Road Crashes in Kerman Province from 2012 to 2015. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2016;15(7):621-34.
7. Hooshmand E, Ebrahimipour H, Esmaili H, Vafae Najar A. The epidemiological study of accidents causing injury and death to pedestrians of Mashhad. *Journal of Rescue and Relief*. 2017;8(3):81-91.
8. Ahmadi Marzaleh M, Naseri M, Naseri K. Evaluation of factors affecting pedestrians' safety margin on the streets without traffic signs. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;3(2):127-34.
9. Moudon AV, Lin L, Jiao J, Hurvitz P, Reeves P. The risk of pedestrian injury and fatality in collisions with motor vehicles, a social ecological study of state routes and city streets in King County, Washington. *Accident Analysis & Prevention*. 2011;43(1):11-24. [\[PubMed\]](#)
10. Marzaleh MA, Naseri M, Naseri K. Evaluation of factors affecting pedestrians' safety margin on the streets without traffic signs. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;3(2):127-34.
11. Wang J, Wang X. Structural equation modeling: Applications using Mplus: John Wiley & Sons; 2012.
12. Salehi M, Mehmandar MR, Mobaderi T. Application of growth mixture model to analysis of road traffic death rate in the world, 2007 -2013. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2017;24(161):1-12.
13. Ram N, Grimm KJ. Growth Mixture Modeling: A Method for Identifying Differences in Longitudinal Change Among Unobserved Groups. *International journal of behavioral development*. 2009;33(6):565-76. [\[PubMed\]](#)
14. Global Burden of Disease (GBD) Seattle, WA, University of Washington: Institute for Health Metrics and Evaluation 2017 [Available from: <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>].
15. Híjar MC, Kraus JF, Tovar V, Carrillo C. Analysis of fatal pedestrian injuries in Mexico City, 1994–1997. *Injury*. 2001;32(4):279-84. [\[PubMed\]](#)
16. Mabunda MM, Swart L-A, Seedat M.



Magnitude and categories of pedestrian fatalities in South Africa. *Accident Analysis & Prevention*. 2008;40(2):586-93. [\[PubMed\]](#)

17. Nazif-Munoz JI, Quesnel-Vallee A, Van den Berg A. Explaining Chile's traffic fatality and injury reduction for 2000-2012. *Traffic injury prevention*. 2014;15 Suppl 1:S56-3. [\[PubMed\]](#)

18. Porter JM, Rathbun SL, Bryan SJ, Arseniadis K, Caldwell LP, Corso PS, et al. Law accommodating nonmotorized road users and pedestrian fatalities in Florida, 1975 to 2013. *American journal of public health*. 2018(0):e1-e7. [\[PubMed\]](#)

19. Al-Maniri AAN, Al-Reesi H, Al-Zakwani I, Nasrullah M. Road Traffic Fatalities in Oman from 1995 to 2009: Evidence from Police Reports. *International Journal of Preventive Medicine*.

2013;4(6):656-63. [\[PubMed\]](#)

20. Tulu GS, Washington S, Haque MM, King MJ. Investigation of pedestrian crashes on two-way two-lane rural roads in Ethiopia. *Accident Analysis & Prevention*. 2015;78:118-26. [\[PubMed\]](#)

21. Hamann C, Peek-Asa C, Rus D. Epidemiology of pedestrian-MVCs by road type in Cluj, Romania. *Injury prevention*. 2015;21(2):84-90. [\[PubMed\]](#)

22. Kim M, Kho S-Y, Kim D-K. Hierarchical ordered model for injury severity of pedestrian crashes in South Korea. *Journal of safety research*. 2017;61:33-40. [\[PubMed\]](#)

Archive of SID