

# نقطه تغییر در توزیع پواسون و کاربرد آن در داده‌های مرگ و میر خام کشور ایران

فیروز امانی<sup>۱</sup>، انوشیروان کاظم نژاد<sup>۲</sup>، رضا حبیبی<sup>۳</sup>، ابراهیم حاجی زاده<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>استادیار آمار زیستی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل

<sup>۲</sup>استاد آمار زیستی، گروه آمار زیستی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

<sup>۳</sup>استادیار گروه آمار، بانک مرکزی ایران

<sup>۴</sup>دانشیار آمار زیستی، گروه آمار زیستی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

نویسنده رابط: انوشیروان کاظم نژاد، نشانی: دانشگاه تربیت مدرس دانشکده علوم پزشکی گروه آمار زیستی، تلفن: ۸۲۸۸۳۸۷۲، نمابر: ۸۲۸۸۴۵۵۵

پست الکترونیک: kazen\_an55@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۸ پذیرش: ۸۹/۶/۶

**مقدمه و اهداف:** مرگ و میر یکی از وقایع مهم حیاتی است که تغییر آن از مکانی به مکان دیگر یا از زمانی به زمان دیگر روی الگوهای سلامت تاثیر می‌گذارد. هدف از مطالعه حاضر تعیین مکان و زمان تغییر الگوهای مرگ و میر کشور در طی سال‌های ۸۸-۱۳۵۰ با استفاده از روش نقطه تغییر به عنوان یک روش آماری است.

**روش کار:** در این مطالعه با فرض مدل پواسون برای متغیر پاسخ  $Y_t$  (تعداد مرگ و میر در سال)، در نظر گرفته شد که  $Y_t$  قبل و بعد از نقطه تغییر  $k_0$  دارای توزیع پواسون به ترتیب با میانگین‌های  $\lambda_0$  و  $\lambda_1$  باشد. از روش‌های مختلفی برای برآورد نقطه تغییر در داده‌های واقعی مرگ و میر با فرض مدل پواسون استفاده شد.

**نتایج:** با تحلیل داده‌های مرگ و میر با دو روش شبیه سازی و کار بر روی داده‌های واقعی نتایج نشان داد که نقطه تغییر داده‌های مرگ و میر کشوری در سال ۱۳۷۲ رخ داده و با نتیجه مرکز آمار ایران همخوانی داشته هر چند که نتیجه مرکز آمار جنبه توصیفی داشته است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که تغییرات الگوی مرگ و میر در کشور ایران طی سال‌های مورد مطالعه معنی‌دار بوده که بیانگر توسعه شاخص‌های بهداشتی در کشور و کاهش مرگ و میر بوده است.

**واژگان کلیدی:** نقطه تغییر، نسبت درستمایی، شاخص مرگ و میر، پواسون، وقایع حیاتی

## مقدمه

هستند. به عبارتی می‌توان گفت که وقایع حیاتی جزو شاخص‌های مهم جمعیت‌شناسی می‌باشند که طی سال‌های متمادی تحت تأثیر خیلی مسایل قرار می‌گیرند و کاهش و افزایش این وقایع به نوبه خود می‌تواند در برنامه ریزی‌های آینده جمعیت هر کشوری دخالت داشته باشد و منجر به تغییر الگوی کشوری گردد. چه بسا که شناخت این الگوها می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های جمعیتی برای آینده نیز مهم باشد. مرگ و میر و زاد ولد دو تا از پدیده‌های ذاتی جمعیت هستند که ثبات یا تغییر آن‌ها در جریان زمان در کنار ثابت ماندن یا تغییر عوامل جمعیتی دیگر سبب تغییر در حجم، توزیع یا ترکیب جمعیت می‌شود. تغییرات در سطح مرگ و میر

جمعیت‌شناسی مطالعه آماری جمعیت‌ها است. در این دانش تراکم، توزیع و دیگر آمارهای مهم (مانند تولد، ازدواج، طلاق، مرگ و مهاجرت) بررسی می‌شوند. بخش‌هایی از این دانش که امروزه اهمیت بسیاری یافته‌اند مانند انفجار جمعیت، رابطه بین جمعیت و توسعه اقتصادی، اثر تنظیم خانواده، تراکم شهرها، مهاجرت‌های غیرقانونی و به مطالعه اندازه، ساختار و توزیع جمعیت‌ها و تغییرات آن‌ها در پاسخ به تولد، مرگ، مهاجرت و سالخوردگی می‌پردازد. جمعیت‌شناسی علاوه بر کمک به دولت‌ها برای برنامه‌ریزی، توسعه در بازاریابی کاربرد بسیاری دارد. از بحث‌های اصلی و مهم در جمعیت‌شناسی وقایع حیاتی چهارگانه تولد، مرگ، ازدواج و طلاق

صورت گرفت. بعد از رد فرض صفر مقدار نقطه تغییر و زمان و مکان آن و پارامترهای قبل و بعد از نقطه تغییر را به روش‌های مختلف برآورد گردید. از شبیه‌سازی برای سنجش میزان صحت و کارایی مدل‌ها در تعیین نقاط تغییر، برآورد پارامترهای مدل در نقاط تغییر مختلف پیش فرض و کنترل صحت و سقم نمونه انتخابی از داده‌ها و اینکه چقدر می‌تواند این نمونه به نمونه واقعی جامعه نزدیک‌تر باشد، استفاده شد. همچنین برای بررسی روند تغییرات شاخص‌ها از آخرین آمار مرگ و میر و علل آن و آمار جمعیت دنیا و... نیز برای مقایسه استفاده گردید. در این مدل با توجه به ماهیت شمارشی بودن متغیر پاسخ  $Y_t$  که بیانگر تعداد مرگ و میرها در زمان  $t$  (بر اساس سال) است، مدل برازش داده شده را مدل پواسون در نظر گرفته و فرض شد که  $Y_t$  قبل از نقطه تغییر  $k_0$  دارای توزیع پواسون با میانگین  $\lambda_0$  و برای سال‌های بعدی دارای توزیع پواسون با میانگین  $\lambda_1$  باشد.

## ۲- روشهای شناسایی نقطه تغییر

اگر  $X_1, \dots, X_{k_0}, X_{k_0+1}, \dots, X_n$  یک دنباله از متغیرهای تصادفی مستقل باشند که  $X_1, \dots, X_{k_0}$  از توزیع پواسون با میانگین  $\lambda_0$  و سایر مشاهدات  $X_{k_0+1}, \dots, X_n$  از توزیع پواسون با پارامتر  $\lambda_1$  ( $\lambda_0 \neq \lambda_1$ ) باشند یعنی

$$X_i \sim \begin{cases} \text{poi}(\lambda_0) & i = 1, \dots, k_0, \\ \text{poi}(\lambda_1) & i = k_0 + 1, \dots, n. \end{cases}$$

هدف آزمون فرضیه صفر بدون نقطه تغییر  $H_0: \lambda_0 = \lambda_1$  در برابر فرضیه مقابل  $H_1: \lambda_0 \neq \lambda_1$  بیانگر رخدادن یک نقطه تغییر در نقطه نامعلوم  $k_0 = 1, \dots, n-1$  است. اگر فرض صفر رد شد، سپس مقادیر  $\lambda_0, \lambda_1, k_0$  را برآورد گردد (۴).

### ۲-۱- تعیین نقطه تغییر با نسبت درستنمایی

تحت فرض صفر، تابع درستنمایی به صورت

$$L_0(\lambda_0) = \prod_{i=1}^n \frac{e^{-\lambda_0} \lambda_0^{x_i}}{x_i!} = \frac{e^{-n\lambda_0} \lambda_0^{\sum_{i=1}^n x_i}}{\prod_{i=1}^n x_i!}$$

و برآورد ماکزیمم

$$\hat{\lambda}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

درستنمایی برای  $\lambda_0$  به صورت زیر است:

تحت فرض مقابل، ماکزیمم تابع درستنمایی به صورت زیر می‌باشد:

(در کنار تغییرات باروری) علاوه بر تأثیر بر روی اندازه جمعیت، ترکیب و توزیع جمعیت را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱،۲،۳). نقطه تغییر دارای کاربردهای مختلفی در رشته‌های اپیدمیولوژی، سم شناسی، پزشکی، اقتصاد، کنترل کیفیت، جمعیت شناسی و ... است. تحلیل نقطه تغییر تاریخچه طولانی دارد (۴). این مسأله ابتدا در طی سال‌های ۵۷-۱۹۵۵ مورد توجه قرار گرفت. پگ مسأله نقطه تغییر را با معرفی مجموع‌های انباشته در نظر گرفت (۵،۶).

هینکلی و پتیت در مقالات خود کاربرد نمودارهای جمع انباشته کردند (۷،۸). مسأله نقطه تغییر در توزیع پواسون برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ توسط آکمن و رفتی ارائه شد، آنان آزمونی را به روش مجانبی (غیر بی‌زی) برای آزمون فرض و برآورد مکان نقطه تغییر و پارامترهای قبل و بعد از نقطه تغییر ارائه نمودند (۹) و نتایج خود را با استفاده از شبیه‌سازی و مثالی از داده‌های مربوط به مقاله جرت به ۱۹۷۹ راجع به تعداد حوادث معدن بیان کردند (۱۰). هدف کلی این مطالعه تعیین نقطه تغییر در داده‌های مرگ و میر کشور ایران طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۶ می‌باشد.

## روش کار

### ۱- روند اجرای کار و متدولوژی تحقیق

در این مقاله از روش‌های مختلف شناسایی و برآورد نقطه تغییر مثل روش‌های کیوسام، معیار اطلاع شوارتز، روش نسبت درستنمایی هم برای داده‌های شبیه‌سازی شده و هم برای داده‌های واقعی مرگ و میر کشور ایران استفاده گردید. کلیه آمارهای مرگ و میر ثبت شده در سالنامه‌های آماری جمعیت ایران طی سال‌های مورد بررسی جامعه آماری مطالعه حاضر را تشکیل می‌دادند و نمونه‌گیری به صورت جمع‌آوری کل مرگ‌های رخ داده در سال‌های مورد بررسی بود. برای برآورد زمان و مکان نقطه تغییر و مقدار پارامترهای قبل و بعد از نقطه تغییر در داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده از نرم افزارهای آماری R نسخه ۲/۷ و S-PLUS استفاده شد. از معیار اطلاع شوارتز استفاده و بر اساس اصل مینیمم مقدار BIC<sup>۱</sup> و همچنین مقادیر MSE<sup>۲</sup> محاسبه شده برای برآورد پارامترهای قبل و بعد از نقطه تغییر در مدل پواسون در رد یا قبول فرض صفر (بدون نقطه تغییر) تصمیم‌گیری

<sup>۱</sup> Bayesian information criteria

<sup>۲</sup> Mean standard error

ممکن،  $\bar{X}$  میانگین و  $S$  انحراف معیار کل مشاهدات می‌باشد. اگر هیچ نقطه تغییری نباشد، این مجموع باید کوچک باشد و فرض صفر برای مقدار بزرگ آماره آزمون رد می‌شود. آماره آزمون برای کیوسام به صورت  $T = \max_{1 \leq k \leq n-1} |S_k|$  و توزیع حدی آن تحت فرض صفر به صورت  $B(t) = W(t) - tW(1)$  می‌باشد که در مقدار  $B(t) = W(t) - tW(1)$  دارای فرایند براونی بوده که در آن حرکت استاندارد براونی در فاصله  $(0, 1)$  است (۱۲). برای رد فرض صفر (عدم وجود نقطه تغییر) کافی است که مقدار  $T$  را با مقادیر جداول در سطوح اطمینان داده شده مقایسه کنیم و اگر مقدار  $T$  محاسبه شده از مقدار جدول بزرگتر شد فرض صفر رد می‌شود. مقادیر جدول برای  $T$  بر اساس شبیه‌سازی در حجم نمونه‌های مختلف و در سطوح اطمینان بدست می‌آید.

### یافته‌ها

#### ۱- آمار توصیفی و روند تغییرات شاخص‌های جمعیتی

از کل ۹/۷ میلیون مرگ و میر ثبت شده در سالنامه‌های مرکز آمار ایران، ۵۸/۸٪ در نقاط روستایی و ۴۱/۲٪ در نقاط شهری رخ داده بود. از بین مرگ و میرهای روستایی ۵۱/۸٪ در مردان و ۴۸/۲٪ در زنان و از بین مرگ و میرهای شهری برابر ۵۹/۱٪ در مردان و ۴۰/۹٪ در زنان اتفاق افتاده بود. بیشترین درصد مرگ و میر در نقاط روستایی و شهری به ترتیب با ۴۸٪ و ۱۵/۸٪ مربوط به سال‌های ۷۴-۱۳۷۳ در کشور بوده است. بر اساس تقسیم‌بندی کشورها بر اساس سطح درآمدی متوسط، پایین و بالا در سال ۲۰۰۵ مشخص شد که در کشورهای با درآمد پایین، رتبه اول و دوم میزان مرگ و میر به ترتیب با ۱۱/۴٪ و ۹/۵٪ مربوط به بیماری‌های کرونر قلبی و عفونت‌های تنفسی پایین و در کشورهای با درآمد متوسط به ترتیب با ۱۴/۸٪ و ۱۳/۷٪ مربوط به بیماری‌های سکتی مغزی، کرونر قلبی و در کشورهای با درآمد بالا بیماری‌های کرونر قلب و سکتی مغزی به ترتیب با ۱۶/۹٪ و ۹/۵٪ بود. به طوریکه در کشورهای با درآمد پایین با ۶ میلیون نفر، متوسط با ۶ میلیون نفر و بالا با ۲/۲ میلیون نفر مرگ و میر سالانه در اولویت هستند. همچنین بر اساس آمار سال ۱۳۸۷ در کل دنیا حدود ۴۹/۵ میلیون فوت وجود داشت که کشور ایران با ۳۲۴۷۱۸ نفر فوتی در حدود ۰/۶۶٪ کل فوت‌های جهان در رتبه ۹۸ دنیا از لحاظ آمار مرگ و میر کشوری قرار داشت که بر اساس آمار مربوط به مرگ و میر ناشی از بیماری‌ها رتبه‌های اول تا سوم مرگ و میر

$$L_1(\lambda_0, \lambda_1, k_0) = \prod_{i=1}^{k_0} \frac{e^{-\lambda_0} \lambda_0^{x_i}}{x_i!} \prod_{i=k_0+1}^n \frac{e^{-\lambda_1} \lambda_1^{x_i}}{x_i!} = \frac{e^{-\lambda_0 k_0} \lambda_0^{\sum_{i=1}^{k_0} x_i}}{\prod_{i=1}^{k_0} x_i!} \cdot \frac{e^{-\lambda_1 (n-k_0)} \lambda_1^{\sum_{i=k_0+1}^n x_i}}{\prod_{i=k_0+1}^n x_i!}$$

و برآوردهای ماکزیمم درست‌نمایی با فرض  $k_0$  ثابت برای  $\lambda_0$  و  $\lambda_1$  به صورت زیر می‌باشند:

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{\sum_{i=k_0+1}^n x_i}{n - k_0} \quad \text{و} \quad \hat{\lambda}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{k_0} x_i}{k_0}$$

مکان نقطه تغییر  $k$  با نام  $\hat{k}$  از آماره  $L = L_{\hat{k}} = \max_{1 \leq k_0 \leq n-1} L_k$  بدست می‌آید که در آن

$$L_{k_0} = -2 \log \frac{L_0(\hat{\lambda}_0)}{L_1(\hat{\lambda}_0, \hat{\lambda}_1)}$$

می‌افتد که مقدار  $L_{\hat{k}}$  بیشترین مقدار ممکنه را انتخاب کند. یعنی به ازای  $k_0$  مختلف که این مقدار ماکزیمم می‌شود آن مقدار  $k_0$  را تحت عنوان نقطه تغییر می‌شناسند (۴).

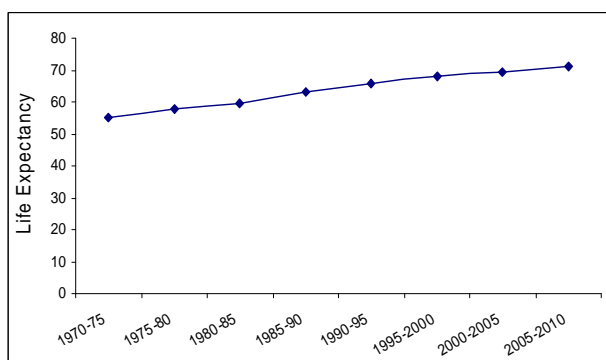
#### ۲-۲- معیار اطلاع شوارتز برای تعیین نقطه تغییر در مدل

##### پواسون

این معیار تحت فرض صفر به صورت  $BIC(n) = -2 \log L_0(\hat{\lambda}_0) + \log n$  و تحت فرض مقابل  $BIC(k) = -2 \log L_1(\hat{\lambda}_0, \hat{\lambda}_1) + 2 \log n$  و بر اساس اصل کمترین مقدار معیار شوارتز فرض صفر رد می‌شود اگر  $BIC(n) > \min_{1 \leq k_0 \leq n-1} BIC(k)$  و برای برآورد مکان نقطه تغییر  $\hat{k}$  از رابطه  $BIC(\hat{K}) = \min_{1 \leq k_0 \leq n-1} BIC(k)$  استفاده می‌شود (۱۱).

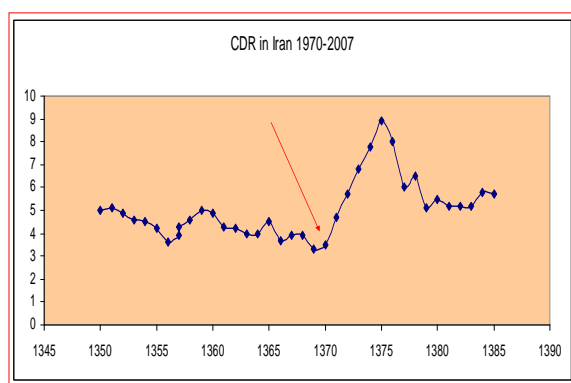
#### ۲-۳- تعیین نقطه تغییر با نمودار کیوسام

یکی از روش‌های مورد استفاده برای تعیین نقطه تغییر و تحلیل آن، استفاده از نمودار جمع تجمعی (CUSUM) است. آزمون کیوسام به صورت  $S_k = \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}) / s$ ,  $k=1, \dots, n-1$  تعریف می‌شود که در آن  $k$  تعداد مشاهدات قبل از نقطه تغییر



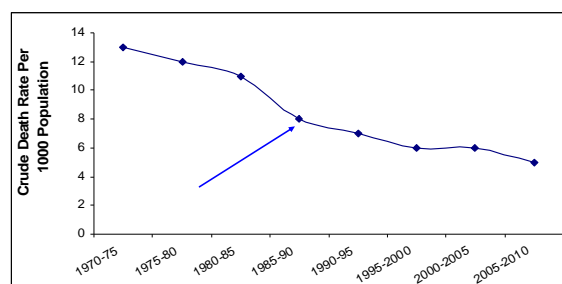
نمودار شماره ۲- روند تغییرات شاخص امید به زندگی در کشور ایران طی سال‌های ۱۹۷۰-۲۰۱۰

نتایج نشان داد که شاخص امید به زندگی طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۰ در کشورمان ایران سیر صعودی داشته و از رقم ۵۳ در سال‌های ۷۵-۱۹۷۰ به رقم ۷۱ سال در سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ رسیده است. همچنین به تفکیک سال نیز می‌توان گفت از رقم ۶۴ در سال ۱۹۹۰ به رقم ۷۱ در سال ۲۰۰۷ افزایش یافته است (نمودار شماره ۲). نتایج نشان داد که شاخص میزان تولد خام طی سال‌های ۸۸-۱۳۷۳ در کشورمان ایران سیر نزولی داشته و از رقم ۴۳ در سال ۱۳۷۳ به رقم ۱۷/۱۷ در هر هزار تولد زنده در سال ۱۳۸۸ رسیده است (جدول شماره ۳). همچنین نتایج نشان داد که شاخص میزان باروری کلی<sup>۱</sup> یعنی تعداد فرزندی که یک زن در طول دوره بارداری به دنیا می‌آورد طی این سال‌ها در کشورمان ایران سیر نزولی داشته و از رقم ۶/۴ در سال ۱۳۷۳ به رقم ۱/۷۱ در سال ۱۳۸۸ رسیده است (جدول شماره ۲).



نمودار شماره ۳- روند تغییرات شاخص مرگ و میر خام بر اساس آمار ثبتی ثبت احوال کشور

در دنیا مربوط به بیماری‌های عروق کرونر قلب، سکته مغزی<sup>۱</sup> و ذات‌الریه<sup>۲</sup> (و آنفلوانزا) با ۳۳/۷٪ و در ایران مربوط به بیماری‌های کرونری قلب، تصادفات جاده‌ای و سکته مغزی با ۴۷/۵٪ بوده است. بر اساس نتایج (جدول شماره ۱)، در سال ۱۳۸۱ رتبه اول تا سوم مرگ و میر در کشور مربوط به استان‌های تهران، خراسان رضوی و فارس جمعاً با ۳۴/۹۳٪ و در شش ماهه اول سال ۱۳۸۸ رتبه‌های اول تا سوم به ترتیب مربوط به استان‌های تهران، خراسان رضوی و اصفهان جمعاً با ۳۱/۱۱٪ بوده است. بر اساس آمار فوتی‌های سال ۱۳۸۷ در کشور رتبه‌های اول تا سوم به لحاظ درصد بالای مرگ و میر مربوط به استان‌های تهران، خراسان رضوی و اصفهان به ترتیب با ۱۴/۲۸٪، ۷/۶۴٪ و ۶/۹۲٪ بوده است (جدول شماره ۲). همچنین بر اساس شاخص مرگ میر خام در سال ۱۳۸۵، رتبه اول تا سوم به ترتیب با ۵/۹، ۵/۹ و ۵/۶ نفر به ازای هر ۱۰۰۰ نفر مربوط به استان‌های اصفهان، آذربایجان شرقی و خراسان رضوی بوده است. نتایج نشان داد که شاخص مرگ و میر زیر ۵ سال طی سال‌های ۲۰۰۷-۱۹۹۰ در کشورمان ایران سیر نزولی داشته و از رقم ۷۲ در هزار نفر در سال ۱۹۹۰ به رقم ۳۳ در سال ۲۰۰۷ رسیده است. رتبه کلی این شاخص در سال ۲۰۰۷ برای کشور ایران ۸۳ بود. نتایج نشان داد که شاخص مرگ و میر زیر یکسال طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۹۰ در کشورمان ایران سیر نزولی داشته و از رقم ۵۴ در هزار نفر در سال ۱۹۹۰ به رقم ۴۱/۵ در سال ۲۰۰۵ و ۳۵/۷ نفر در سال ۲۰۰۹ کاهش یافته است. نتایج نشان داد که شاخص مرگ و میر خام طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۷۰ در کشورمان ایران سیر نزولی داشته و از رقم ۱۳ در سال‌های ۷۵-۱۹۷۰ به رقم ۵ در هزار نفر طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۵ رسیده است. به تفکیک سال نیز می‌توان گفت که میزان مرگ و میر خام از رقم ۷ در سال ۱۹۹۰ به رقم ۵ نفر به ازای هر هزار نفر در سال ۲۰۰۷ کاهش یافته است (نمودار شماره ۱).



نمودار شماره ۱- روند تغییرات شاخص مرگ و میر خام در کشور ایران طی سال‌های ۱۹۷۰-۲۰۱۰

<sup>۱</sup> Stroke

<sup>۲</sup> Pneumonia

<sup>۱</sup> Total fertility rate

شش ماهه اول ۱۳۸۸		۱۳۸۷		۱۳۸۱		استان
رتبه	درصد از کل	رتبه	درصد از کل	رتبه	درصد از کل	
۱	۱۵/۲۹	۱	۱۴/۲۸	۱	۱۶/۴	تهران
۲	۸/۰۹	۲	۷/۶۴	۲	۱۱/۸۶	خراسان رضوی
۳	۷/۷۳	۳	۶/۹۲	۴	۶/۰۳	اصفهان
۴	۶/۵۳	۴	۶/۰۸	۳	۶/۶۷	فارس
۷	۴/۷۷	۵	۵/۴۴	۸	۳/۷۹	گیلان
۱۰	۳/۴۸	۶	۵/۳۲	-	-	خراسان جنوبی
۵	۵/۵۱	۷	۵/۲۹	۵	۵/۸۷	آذربایجان شرقی
۶	۵/۱۱	۸	۵/۰۲	۶	۵/۴۸	خوزستان

جدول شماره ۲- شاخص‌های جمعیتی ایران بعد از نقطه تغییر (سال ۱۳۷۲)

سال	امید به	مرگ و میر	مرگ و میر	میزان باروری	میزان تولد	میزان رشد
	زندگی	زیر یک سال	خام	کلی	خام	
۱۳۷۳	۶۵	۶۲	۸	۶/۴	۴۳	۳/۴۹
۱۳۷۴	۶۵/۷	۶۰/۲	۷/۸۳	۶/۳۳	۴۲/۴	۳/۴۶
۱۳۷۵	۶۶/۹۷	۵۴/۶	۶/۸۵	۴/۹۳	۳۴/۸۵	۱/۵
۱۳۷۶	۶۷/۸۲	۵۰/۸	۶/۳۹	۴/۵۲	۳۲/۵	۲/۱۲
۱۳۷۷	۶۸/۲۵	۴۸/۹۵	۴/۳۱	۶/۱۹	۳۱/۳۷	۲/۰۴
۱۳۷۸	۶۹/۷۶	۲۹/۷۳	۵/۳۹	۲/۴۵	۲۰/۷۱	۱/۰۷
۱۳۷۹	۶۹/۷	۳۰	۵/۴۵	۲/۲	۱۸/۳	۰/۸۳
۱۳۸۰	۶۹/۹۵	۲۹/۰۴	۵/۴۱	۲/۰۲	۱۷/۱	۰/۷۲
۱۳۸۱	۷۰/۲۵	۲۸/۰۷	۵/۳۹	۲/۰۱	۱۷/۵۴	۰/۷۷
۱۳۸۲	۶۹/۳۵	۴۴/۱۷	۵/۵۴	۱/۹۹	۱۷/۲۳	۱/۰۸
۱۳۸۴	۶۹/۹۶	۴۱/۵۸	۵/۵۵	۱/۸۲	۱۶/۸۳	۰/۸۶
۱۳۸۵	۷۰/۲۶	۴۰/۳	۵/۵۵	۱/۸	۱۷	۱/۶
۱۳۸۶	۷۰/۵۶	۳۸/۱۲	۵/۶۵	۱/۷۱	۱۶/۵۷	۰/۶۶
۱۳۸۷	۷۰/۸۶	۳۶/۹	۵/۶۹	۱/۷۱	۱۶/۸۹	۰/۷۹۲
۱۳۸۸	۷۱/۱۴	۳۵/۷۸	۵/۶۹	۱/۷۱	۱۷/۱۷	۰/۸۸۳

## ۲- شبیه سازی در پواسون

چندین بار فرایند تحلیل را تکرار گردید و نقطه تغییر را در هر بار تکرار برآورد و از بین آن‌ها هر کدام را که به نقطه تغییر پیش فرض نزدیک‌تر و با کمترین مقدار MSE بود انتخاب می‌شدند و پارامترها را برای آن برآورد می‌گردیدند. نتایج شبیه سازی برای نقاط تغییر مفروض در جدول شماره (۳) آورده شده است.

## ۳- نمودار کیوسام در داده‌های واقعی مرگ و میر

برای آزمون فرض صفر بدون نقطه تغییر در برابر فرض مقابل وجود نقطه تغییر در مکان  $k_0$  و همچنین نشان دادن مکان نقطه تغییر به شکل گرافیکی از نمودار کیوسام استفاده می‌گردید. مقدار

در این بخش، از روش مؤنت کارلو برای داده‌های شبیه‌سازی استفاده شد. مقادیر برآوردی بر اساس مقایسه مقادیر  $MSE^1$  ها و انتخاب برآوردهای با  $MSE$  کمتر انتخاب فرض گردید که داده‌ها قبل و بعد نقطه تغییر دارای توزیع پواسون و برای مقادیر مفروض  $n=100$  و  $k_0=10, \dots, 95.02$  مقادیر  $k_0$  واقعی را برآورد کرده و بر اساس مقادیر  $MSE$  مدلی را که دارای کمترین مقدار خطا بود انتخاب شد. لازم به ذکر است برای هر نقطه تغییر پیشنهادی  $k_0$

1 - Mean standard error

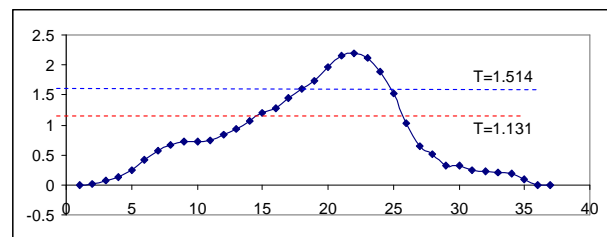
در این روش فرض  $H_0$  (عدم وجود نقطه تغییر) رد می‌شود برای اینکه مقدار مینیمم BIC با  $216/78$  کوچک‌تر از مقدار BIC تحت فرض صفر با  $225/1054$  است. همچنین مکان نقطه تغییر در زمان  $k_0 = 22$  که دارای کمترین مقدار BIC و بیشترین مقدار  $LR = 4/72$  است اتفاق می‌افتد و بعد از اینکه معلوم شد که نقطه تغییر در داده‌های مرگ و میر وجود دارد، پارامترهای قبل و بعد از نقطه تغییر به ترتیب با  $\lambda_1 = 4.27, \lambda_0 = 6.14$  از مدل برآورد می‌شوند. با مقایسه مقادیر بحرانی LR بیان شده در مقاله ورسلی  $1983$  با مقدار ماکزیمم محاسبه شده از داده‌ها با  $4/72$ ، چون مقدار محاسبه شده کوچک‌تر بود لذا فرض صفر رد می‌شود و نتیجه می‌شود که هر دوروش موید وجود یک نقطه تغییر در مکان  $22$  هستند.

### بحث

بر اساس نتایج بدست آمده، تصادفات جاده‌ای طی آخرین سالهای مورد بررسی بعد از بیماری‌های قلبی عروقی دومین عامل شایع مرگ و میر در کشور ایران بوده به طوریکه در سال  $1385$ ،  $12/5\%$  کل مرگ‌های کشور را به خود اختصاص داده است که در دنیا این آمار با  $2/4\%$  در رتبه  $10$  علل مرگ و میر قرار داشت ( $13$ ). سه علت عمده مرگ و میر در ایران (رتبه‌های اول تا سوم) عبارتند از بیماری‌های کرونری قلب، تصادفات جاده‌ای و سکتة مغزی جمعاً با  $47/5\%$  را تشکیل می‌دهند در دنیا رتبه‌های اول تا سوم مرگ عبارتند از بیماری‌های کرونری قلب، سکتة مغزی و آنفلوآنزا و پنومونی که جمعاً با  $33/7\%$  موارد مرگ و میر را تشکیل می‌دهند همچنین نتایج نشان داده است که الگوی بیماری‌های واگیردار در کشور ایران کاملاً تغییر کرده و به بیماری‌های غیر واگیردار تبدیل شده است اگرچه در دنیا هنوز هم این بیماری‌های رتبه‌های بالای مرگ و میر را دارند ( $14$ ).

مقایسه میزان مرگ و میر خام کشوری به ازای هر  $1000$  نفر برابر با  $5/8$  نسبت به آمار جهانی حدوداً با  $7/6$  نفر به ازای هر  $1000$  نفر نشان داد که از لحاظ مرگ و میر خام نیز وضعیت کشور ایران نسبت به جهان بهتر است و این نشانگر توسعه شاخص‌های بهداشتی در کشور در راستای نیل به اهداف سازمان جهانی بهداشت و سازمان‌های مرتبط بوده است ( $15$ ). به طوریکه روند مرگ و میر خام در سال‌های  $55-1350$  با  $13$  نفر به  $5/8$  نفر به ازای هر  $1000$  نفر در سال‌های  $85-1380$  رسیده و این الگو در آسیا از رقم  $11$  به رقم  $8$  و در کل جهان از رقم  $11$  به رقم  $8$  در سال‌های مورد بررسی

آماره آزمون برای داده‌های مرگ و میر  $n^{(-1/2)}T = 2.202$  بدست آمد که از مقادیر  $T$  بیان شده در سطوح استاندارد  $90\%$ ،  $95\%$  و  $99\%$  برای داده‌های مورد بررسی حاضر به حجم  $n = 37$  به ترتیب با  $1/13017$ ،  $1/26102$  و  $1/514322$  بزرگتر بود لذا فرض صفر بدون نقطه تغییر را رد کرده و نشان داده شد که داده‌ها دارای یک نقطه تغییر در مکان  $k_0 = 22$  می‌باشند که در نمودار شماره  $4$  دیده می‌شود.



نمودار شماره ۴ - نمودار کیوسام برای نشان دادن نقطه تغییر در

سال ۱۳۷۲

جدول شماره ۳- نتایج شبیه سازی توزیع پواسون

$k_0$	$\lambda_0$	$\lambda_1$	$\hat{k}$	$\hat{\lambda}_0$	$\hat{\lambda}_1$	$MSE(\hat{k}_{100})$	$MSE(\hat{\lambda}_0)$	$MSE(\hat{\lambda}_1)$
۱۰	۲	۵	۱۰	۲/۰۸	۲/۱۸	۰/۰۰۰۰۲۸	۰/۰۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۰۶
۲۰	۲	۳	۱۹	۲/۲۸	۲/۱۳	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۹
۳۰	۲	۲/۱	۳۱	۲/۰۴	۲/۰۸	۰/۰۰۰۰۸۷	۰/۰۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۱۶
۴۰	۲	۲/۱	۴۰	۰/۸۵	۲/۰۴	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳۴
۵۰	۲	۲/۱	۴۹	۲/۰۴	۲/۰۸	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۱
۶۰	۲	۲/۱	۵۹	۲/۰۵	۲/۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۶
۷۰	۲	۲/۱	۶۹	۲/۰۱	۲/۰۹	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۱۶
۸۰	۲	۲/۱	۷۹	۲/۰۸	۲/۱	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۰۰۶
۹۰	۲	۲/۱	۸۸	۲/۰۷	۲/۰۶	۰/۰۰۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۰۱۶

۴- نسبت درستنمایی (LR) و معیار اطلاع شوارتز (BIC)

برآورد شده مربوط به سال ۱۳۷۲ مشخص گردید که شاخص‌های تولد خام، تعداد باروری کلی، مرگ و میر خام، مرگ و میر زیر یک سال طی سال‌های مورد بررسی سیر نزولی ولی شاخص رشد خام جمعیت علی‌رغم کاهش سایر شاخص‌ها افزایش داشته و از رقم ۲/۹ در سال ۱۳۳۵ به رقم ۳/۶ در سال ۱۳۷۰ رسیده است. همچنین طی سال‌های مورد بررسی امید به زندگی با نوسانات مختلف در سال ۱۳۶۸ نسبت به سال‌های قبل و بعد در حالت کلی روند صعودی داشته است. با بررسی شاخص‌های با بررسی شاخص‌های جمعیتی ایران بعد از نقطه تغییر برآورد شده مربوط به سال ۱۳۷۲ مشخص گردید که شاخص‌های تولد خام، تعداد باروری کل، مرگ و میر خام، مرگ و میر زیر یک سال و رشد نسبی جمعیت طی سال‌های مورد بررسی سیر نزولی ولی شاخص امید به زندگی روند صعودی داشته و نتایج کلی بیانگر تغییرات عمده الگوی جمعیتی در شاخص‌های مورد بررسی است. بیشترین میزان تغییرات با ۷۴/۷٪ کاهش در این سال‌ها مربوط به شاخص رشد جمعیت است و این در صورتی است که امید زندگی فقط ۹/۵ درصد افزایش داشته است. نتایج مطالعات مختلف نشانگر تغییر ترکیب سنی جمعیت دنیا طی سال‌های ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۵ می‌باشد به طوری‌که جمعیت زیر ۱۰ سال رو به کاهش و جمعیت بالای ۸۰ سال رو به افزایش می‌باشد. این ترکیب سنی در کشور ما نیز صادق است زیرا بر اساس آخرین تقسیم‌بندی سنی در سال ۱۳۸۵ نسبت به سال ۱۳۵۵ (طی ۳۰ سال) جمعیت زیر ۱۰ سال از رقم ۳۱/۸٪ در سال ۱۳۵۵ به رقم ۱۵/۶٪ در سال ۱۳۸۵ کاهش و جمعیت بالای ۸۰ سال نیز از رقم ۰/۷۵٪ در سال ۱۳۵۵ به رقم ۰/۹۲٪ در سال ۱۳۸۵ افزایش داشته است. پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد که متوسط تعداد کل جمعیت تا مرز ۹ میلیارد نیز خواهد رسید که به تفکیک کشورهای با درآمد بالا، متوسط و پایین این رقم در کشورهای با درآمد بالا بیشتر از سایر کشورها خواهد بود که به دلیل بهبود امکانات و بهبود وضعیت اقتصادی کشورها و شاخص‌های جمعیتی می‌باشد به طوری‌که در سال ۲۰۵۰، تعداد باروری‌ها به ازای هر زن برابر ۲ فرزند خواهد بود. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که میزان رشد جمعیت در دنیا نیز روند کاهشی داشته و تغییر اساسی در روند رشد مربوط به سال ۱۹۹۲ (سال نقطه تغییر) بوده است به طوری‌که متوسط رشد جمعیت به رقم ۰/۴ در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید. روند تغییرات امید به زندگی نیز بیانگر این واقعیت است که در دنیا، آسیا و جهان این شاخص طی سال‌های مورد بررسی افزایش یافته که بهبود یا عدم بهبود آن می‌تواند در توسعه شاخص‌های جمعیتی مفید باشد (۱۶،۱۷).

رسیده است که نشانگر بالا بودن آمار مرگ و میر خام آسیا و جهان در مقایسه با کشور ایران بوده است. همچنین آمارهای مورد بررسی نشان دادند که تا سال ۱۹۸۵ میزان مرگ و میر خام کشور ایران بالاتر از آسیا و جهان بوده ولی از سال ۱۹۸۵ به بعد این روند کاملاً تغییر نموده و سطح مرگ و میر خام کشور ایران خیلی پایین‌تر از آسیا و جهان قرار گرفته است و این در صورتی است که شاخص امید به زندگی در کشور ایران از ۵۵/۲ به رقم ۷۱ در سال‌های ۹۰-۱۳۸۵ افزایش یافته است که بیانگر توسعه شاخص‌های بهداشتی و بهتر شدن کیفیت زندگی مردم و رعایت مسائل بهداشت عمومی بوده است. همچنین پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۲۵ نشان دادند که روند میزان مرگ و میر خام بر اساس جمعیت مورد مطالعه در کشورهای ایران و جهان تا سال‌های ۲۰۲۵ سیر نزولی خواهد داشت که می‌توان علت را در افزایش میزان جمعیت مسن کشورها، رشد منفی بیشتر کشورها، کم بودن جمعیت و بیماری‌های مرتبط با دوران پیری و غیره دانست (۱۶،۱۷). بر اساس آمار ثبتی سازمان ثبت احوال کشور، با محاسبه شاخص مرگ و میر خام که از تقسیم تعداد مرگ و میر هر سال بر جمعیت وسط همان سال بدست می‌آید، مشخص گردیده است که تغییر اساسی در میزان شاخص مورد نظر که از روی شکل بالا نیز مشخص است در سال ۱۳۷۲ اتفاق افتاده که این میزان یک افزایش جهشی داشته سپس در سال ۱۳۷۶ رو به کاهش گذاشته و تا سال ۱۳۸۰ سیر نزولی و سپس سیر صعودی داشته به طوری‌که در کل شاخص مرگ و میر روند نزولی داشته ولی بدلیل مشکلات عدیده‌ای که در وقوع مرگ و میر و ثبت آن و بدلیل وجود ثبت‌های معوقه این اتفاق امکان‌پذیر بود لذا بعد از تعدیل سازی و جداکردن تعداد مرگ‌های جاری هر سال از معوقه‌ها و تعدیل سازی مرگ و میر بر اساس رشد جمعیتی مشخص شد که در کل این شاخص در کشور طی سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۵۰ زیاد پایا نبوده و نوسانات مختلفی در آمار ثبتی مرگ و میر کشور بدلیل عدم وجود سیستم ثبت پایا وجود داشته است. بر اساس میزان تغییرات شاخص‌های مرگ و میر و جمعیتی معلوم شد که روند تغییرات شاخص‌ها قبل از سال ۱۳۷۲ از روند ثابتی برخوردار نبوده چرا که مثلاً در شاخص امید به زندگی تغییرات قبل در حدود ۷۳٪ بوده که این روند بعد از سال ۱۳۷۳ کند شده و به ۹/۵٪ رسیده است. همچنین در دیگر شاخص‌ها نیز میزان تغییرات قبل و بعد نقطه تغییر ۱۳۷۲ کمی متفاوت بوده به طوری‌که در شاخص میزان رشد خالص کشور قبل از سال ۱۳۷۲ و این عامل منجر به تغییرات در شاخص‌های جمعیتی مخصوصاً تولد و مرگ و میر خام شده است. با بررسی شاخص‌های جمعیتی ایران قبل از نقطه تغییر

نتایج تحلیلی خاصی در مورد شاخص‌های جمعیتی کشور توسط مرکز آمار ایران غیر از یک سری آمارهای توصیفی وجود نداشت. از محدودیت‌ها و مشکلات مطالعه حاضر می‌توان به مرحله جمع‌آوری داده‌ها اشاره کرد که به علت عدم وجود اطلاعات مرگ و میر جاری در بعضی سال‌ها و عدم ثبت دقیق اطلاعات مرگ و میر کشوری بوده که اجباراً تعدیل اساسی روی داده‌های مرگ و میر انجام شد و برای بعضی از شاخص‌های مرگ و میر نیز از آمارهای برآوردی استفاده گردید.

تغییرات میزان رشد جمعیت نشان می‌دهد که تغییر تا سال ۱۹۹۲ روند تقریباً ثابتی داشته که از سال ۱۹۹۲ به بعد تغییر ایجاد شده در رشد جمعیت دنیا منجر به کاهش میزان رشد جمعیت به رقم ۱/۱۷٪ در سال ۲۰۰۸ گردیده است. تعداد جمعیت افزوده شده در هر سال به جمعیت دنیا نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش جمعیت تا سال ۱۹۸۹ در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۲ سیر نوسانی داشته ولی از سال ۱۹۹۲ به بعد روند جمعیت افزوده شده از نوع کاهشی بوده است.

## نتیجه‌گیری

نتایج کلی استفاده از روش‌های تعیین نقطه تغییر در مدل پواسون نشان داد که یک تغییر در میزان‌های مرگ و میر خام کشور در سال ۱۳۷۲ اتفاق افتاده است و همه روش‌ها مؤید این نقطه بودند و در مقایسه می‌توان گفت که این نتیجه متناسب با نتیجه مرکز آمار ایران است اگر چه نتایج مرکز آمار بیشتر توصیفی بوده و

## منابع

- 1- Khosravi A, Taylor R, Nagavi M and Lopez, A.D. Mortality in the Islamic Republic of Iran, 1964-2004. Bull World Health Organ 2007; 85: 607-14.
- 2- Nahaptan V. Iranian vital statistics rates. Tehran, publisher Tehran university, 1976: 129-30.
- 3- Mahriyar A. Population, development and fertility health. Theran, Bushra publisher, 3th 2000: 20-1.
- 4- Chen J, Gupta AK. Parametric statistical change point analysis. Boston 2000: Birkhauser.
- 5- Page ES. A test for a change in a parameter occurring at an unknown point. Biometrika 1954; 42: 523-7.
- 6- Page ES. On problem in which a change in a parameter occurs at an unknown point. Biometrika 1957; 44:248-252
- 7- Hinkley DV. Inference about the change-point in a sequence of random variables. Biometrika 1970; 57: 1-17.
- 8- Pettitt AN. A non-parametric approach to the change-point problem. Appl. Statist 1979; 28: 126-35.
- 9- Raftery AE, Akman VE. Bayesian analysis of a Poisson process with a change point. Biometrika 1986; 73: 85-89.
- 10- Jarrett RG. A note on the intervals between coal mining disasters. Biometrika 1979; 66: 191-3.
- 11- Schwarz E. Estimating the dimension of a model. Annals of Statistics 1978; 6: 461-4.
- 12- Billingsley P. Probability and Measure. Wiley, New York, 1995. 3rd ed. Math. Review 95k: 60001.
- 13- Mathers CD, Fat DM, Inoue M, Rao C, Lopez AD. Counting the dead and what they died from: an assessment of the global status of cause of death data. Bull World Health Organ 2005; 83: 171-7.
- 14- Naghavi M. Changing pattern of health in Iran. Epidemiology Journal 2006; 1: 13-25.
- 15- Heidari RN. Iran Millennium Development Goal's in a Glance. Iranian J Publ Health, Suppl, 2009; 38: 63-64.
- 16- Azizi F. Predictive mortality and burden disease in Iran and world. Journal of research in medicine, Shahid Beheshti medical university 2008; 32: 259-60.
- 17- Murray CJ, Lopez AD. Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: Global Burden of Disease Study, 1997; 349: 1498-504.

## تشکر و قدردانی

از پرسنل کتابخانه مرکز آمار ایران و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تربیت مدرس جهت حمایت مالی از این مطالعه تشکر و قدردانی می‌شود.

Iranian Journal of Epidemiology 2011; 7(1): 15-22.

**Original Article**

# Change- Point in Poisson Distribution with Application in Iranian Mortality Data

Amani F <sup>1</sup>, Kazemnejad A <sup>2</sup>, Habibi R<sup>3</sup>, Hajizadeh E<sup>4</sup>

1- Assistant professor in biostatistics, Faculty of Medicine, Ardabil University of Medical Science, Ardabil, Iran

2- Professor, Faculty of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Assistant professor of statistics, Central Bank of Iran, Tehran, Iran

4- Associate professor in biostatistics, Faculty of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

**Corresponding author:** Kazemnejad A., kazem\_an@modares.ac.ir

**Background & Objectives:** Changing the pattern of mortality gives important perspective of health determinants. The aim of this study is to detect location and time of mortality pattern change in country using statistical change point method during 1971-2009 Years.

**Methods:** We assume for years before and after  $k_0$ ,  $y_t$  has a Poisson distribution with means  $\lambda_0$  and  $\lambda_1$ , respectively. We used several methods for estimation change point in real data by assume Poisson model.

**Results:** Using two simulated and real data analysis showed that the change point has been occurred in year 1993 and this confirmed by all methods.

**Conclusion:** Our findings have shown that the change pattern of mortality trend in Iran is related to improvement of health indicators and decreasing mortality rate in Iran.

**Keywords:** Change Point, Poisson, Mortality Index, Likelihood Ratio, Vital Statistics