

## مدل‌سازی و پیش‌بینی مرگ و میر در ایران ۱۴۲۰-۱۳۷۵

حسن عینی‌زیناب<sup>۱\*</sup>، فریده شمس‌قهفرخی<sup>۲</sup>، علیرضا ساجدی<sup>۳</sup>، اردشیر خسروی<sup>۴</sup>، علیرضا زاهدیان<sup>۵</sup>، زهرا رضائی قهرودی<sup>۶</sup>، طه نورالهی<sup>۶</sup>

۱- گروه تغذیه جامعه، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران ۲- گروه جامعه‌شناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه علامه طباطبائی ۳- سازمان ثبت احوال کشور ۴- وزارت بهداشت، درمان، و آموزش پزشکی ۵- مرکز آمار ایران، معاونت طرح‌های فنی و آماری ۶- پژوهشکده آمار \* نویسنده مسؤول: تهران، بلوار فرحزادی، خیابان حافظی، پلاک ۷، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی. تلفن: ۲۲۳۶۰۶۵۶ داخلی ۲۴۹ نمابر: ۲۲۳۷۶۴۶۷

پست الکترونیک: Hassan.eini@sbm.ac.ir

دریافت: ۹۴/۶/۲۱ پذیرش: ۹۴/۹/۲۹

### چکیده

**مقدمه:** مطالعه حاضر ابتدا تغییرات مرگ و میر در ایران را در فاصله سال‌های ۹۰-۱۳۷۵ مدل‌سازی کرده است؛ سپس به پیش‌بینی میزان‌های مرگ و میر تا افق ۱۴۲۰ پرداخته است. با داشتن میزان‌های مرکزی مرگ و میر به تفکیک گروه‌های سنی، جداول عمر سالانه برای دوره ۱۴۲۰-۱۳۷۵ ساخته شد و میزان‌های مرکزی مرگ و میر ویژه سنی نیز برای سال‌های آینده پیش‌بینی شد. روش کار: برای تعیین میزان درستی و اعتبار داده‌های موجود در زمینه مرگ و میر، ابتدا داده‌ها ارزیابی شده و سپس با استفاده از روش لی و کارتر مدل‌سازی شدند. داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های فوت ثبتی سازمان ثبت احوال کشور (۹۰-۱۳۷۵) و سرشماری‌های عمومی نفوس و مسکن سال‌های ۹۰-۱۳۷۵ بود. بعد از اطمینان از صحت داده‌ها، روند تغییرات مرگ و میر در سال‌های ۹۰-۱۳۷۵ مدل‌سازی شد. این مدل‌ها در پیش‌بینی مرگ و میر در دوره‌های آتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

**یافته‌ها:** نتایج پژوهش نشان می‌دهد میزان خام مرگ و میر از ۶/۵ در سال ۱۳۷۵ به ۶/۱ در سال ۱۳۹۰ کاهش یافته است. امید زندگی در بدو تولد از ۶۶/۳ به ۷۱/۱ برای مردان و از ۶۸/۴ به ۷۵/۷ برای زنان افزایش یافته است. پیش‌بینی می‌شود امید زندگی مردان ایران در سال ۱۴۲۰ به ۷۴/۸ سال (با فاصله اطمینان ۷۲/۹-۷۶/۲) و امید زندگی زنان ایرانی در سال ۱۴۲۰ به ۸۲/۵ سال (با فاصله اطمینان ۷۹/۸-۸۴/۳) افزایش یابد.

**نتیجه‌گیری:** روند نزولی نزدیک به ثابت میزان خام مرگ و میر، ایران را از جمله کشورهای با مرگ و میر پایین کودکان و سالمندان (به دلیل سهم اندک جمعیت سالمند) قرار می‌دهد. با این حال، افزایش میزان‌های مرگ و میر ویژه سنی در سنین ۳۵-۱۸ سالگی علت عمده رشد کند امید زندگی مردان ایرانی برای ۳۰ سال آینده می‌باشد.

**کلواژگان:** مدل‌سازی، پیش‌بینی، میزان‌های مرکزی مرگ و میر، امید زندگی، فوت ثبتی، سرشماری، ایران

### مقدمه

سرعت کاهش می‌یابد. این امر باعث می‌گردد هرم سنی در این جوامع به شکل مخروطی باشد که در آن کودکان درصد بیشتری از جمعیت را تشکیل می‌دهند. در جوامع صنعتی به دلیل احتمال پایین مرگ و میر، به خصوص در سنین کودکی، درصد قابل توجهی از متولدین به سنین بالاتر می‌رسند. این امر سبب می‌گردد هرم سنی در این جوامع به شکل استوانه‌ای باشد. در

مهاجرت، باروری و مرگ و میر تعیین‌کننده‌های اصلی ساختار سنی جمعیت در جوامع می‌باشند. باروری، ورودی‌های سالانه -صفر ساله‌ها- را در هرم سنی مشخص می‌کند. مرگ و میر، بر عکس، با تعیین خروجی‌ها در هر سن به هرم سنی شکل می‌بخشد. در جوامع سنتی به دلیل بالا بودن مرگ و میر، به خصوص مرگ و میر کودکان، با افزایش سن تعداد جمعیت به مجله تحقیقات نظام سلامت حکیم

اطلاعات مربوط به جمعیت در هر گروه سنی نیز از نتایج سرشماری‌های مختلف نفوس و مسکن که توسط مرکز آمار ایران تولید شده است به دست آمده است. داده‌های مذکور با استفاده از تکنیک‌های مختلف ارزیابی شده و اصلاحات لازم اعمال شده است.

روش‌شناسی این مقاله در راستای دستیابی به اهداف آن، شامل دو مرحله کلی است. در مرحله نخست، داده‌های موجود در زمینه فوت مورد ارزیابی کیفی قرار گرفته است و سپس با استفاده از تکنیک‌های جمعیتی مدل‌سازی صورت پذیرفته است. پس از ارزیابی داده‌های موجود و اطمینان از صحت داده‌های فوت، با استفاده از روش‌های جمعیتی و آماری روند تغییرات مرگ‌ومیر در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ مدل‌سازی شده است تا این مدل‌ها در پیش‌بینی مرگ‌ومیر در دوره‌های آتی مورد استفاده قرار گیرند. مرحله دوم روش‌شناسی شامل استفاده از مدل‌های برآورد شده مرگ‌ومیر در مرحله قبلی برای پیش‌بینی میزان‌های مرگ‌ومیر تا افق سال ۱۴۲۰ بوده است.

در نخستین گام، پس از گردآوری داده‌های مورد نیاز، بررسی درستی و اعتبار میزان‌های مرگ‌ومیر در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰، با استفاده از تکنیک‌های مختلف جمعیتی بدست آمد. این تکنیک‌ها شامل روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری مرگ‌ومیر، محاسبه ضریب پوشش<sup>۱</sup> داده‌های فوت با استفاده از نسبت ثبت به موقع به کل فوت ثبتی برای هر سال، و یا روش جمعیت‌شناختی هیل (۲) که با استفاده از داده‌های سرشماری‌ها و فوت ثبتی به ارزیابی داده‌های فوت و سرشماری‌ها می‌پردازد بود. گام روش‌شناختی بعدی، استفاده از روش‌های جمعیت‌شناختی و آماری موجود برای مدل‌سازی روند تغییرات مرگ‌ومیر در دوره مورد مطالعه (۹۰-۱۳۷۵) بود. روش‌های مختلف جمعیتی و آماری در این زمینه موجود می‌باشد. یکی از پرکاربردترین این روش‌ها، روش دو مرحله‌ای لی و کارتر<sup>۲</sup> (۷-۳) است. مرحله اول شامل مدل‌سازی تغییرات مرگ‌ومیر در طول زمان با کنترل گروه‌های سنی در هر سال (و یا دوره) و مرحله بعد پیش‌بینی مرگ‌ومیر در آینده با استفاده از مدل برآورد شده است. مدل‌سازی و پیش‌بینی مرگ‌ومیر در این روش با استفاده از نرم‌افزار صورت می‌گیرد (برای آشنایی بیشتر با روش‌شناسی این مقاله و نحوه برآورد پارامترها به عینی‌زیناب و همکاران (۸) و سایر منابع مشخص شده مراجعه شود).

این جوامع مرگ‌ومیرها بیشتر در سنین بالا اتفاق می‌افتد. تا قبل از نیمه اول قرن هجدهم، تجربه "امید زندگی در بدو تولد" بیش از ۳۵ سال برای یک جامعه امری غیرعادی بود. تا نیمه اول قرن نوزدهم، "امید زندگی در بدو تولد" در چند کشور اروپای غربی و شمالی به ۴۰ سال رسید. امروزه در کشورهای پیشرفته صنعتی جهان، "امید زندگی در بدو تولد" از ۷۰ سال هم تجاوز کرده است. به چنین کاهش فاحشی در سطح مرگ‌ومیر در مدتی نسبتاً کوتاه، مرحله انتقالی مرگ‌ومیر گفته می‌شود. در ایران، احتمال کاهش اساسی و مستمر سطح مرگ‌ومیر، به سال‌های بلافاصله بعد از جنگ دوم جهانی برمی‌گردد؛ چه در این سال‌هاست که انجام واکسیناسیون‌ها در سطح گسترده صورت گرفت و به بهداشت کودکان در مدارس توجه شد و اقدامات فزاینده‌ای در این موارد صورت گرفت (۱). میزان‌های مرگ‌ومیر و الگوی سنی آن یکی از شاخص‌های توسعه می‌باشد و جوامع مختلف با اجرای برنامه‌های مختلف بهداشتی و توسعه‌ای سعی می‌کنند با کاهش مرگ‌ومیر به سطوح بالای رشد و تعالی برسند. مطالعه مرگ‌ومیر و عوامل مؤثر بر آن، نقش مهمی در شناخت الگوهای مرگ‌ومیر و نحوه دخالت در این امر جهت کاهش آن در اختیار پژوهشگران، برنامه‌ریزان، و سیاست‌گذاران قرار می‌دهد. همچنین مدل‌سازی و شناخت نحوه تغییرات گذشته مرگ‌ومیر به امر پیش‌بینی مرگ‌ومیر در آینده کمک می‌نماید و پیش‌بینی میزان‌های مرگ‌ومیر، تأثیرات احتمالی برنامه‌های توسعه و توفیق آن‌ها در زمینه مرگ‌ومیر را نشان می‌دهد.

مطالعه حاضر، ابتدا تغییرات مرگ‌ومیر در ایران را در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ مدل‌سازی کرد و در مرحله بعدی با شناخت الگوی تغییرات، به پیش‌بینی میزان‌های مرگ‌ومیر تا افق ۱۴۲۰ پرداخت. با داشتن میزان‌های مرکزی مرگ‌ومیر به تفکیک گروه‌های سنی، جداول عمر سالانه برای دوره ۱۳۷۵ تا ۱۴۲۰ ساخته شد و میزان‌های مرکزی مرگ‌ومیر ویژه سنی نیز برای سال‌های آینده پیش‌بینی گردید.

## روش کار

**منابع داده‌ها و روش‌شناسی:** داده‌های اصلی مورد استفاده در محاسبه میزان‌های ویژه سنی مرگ‌ومیر شامل تعداد فوت در هر سال و یا دوره معین به تفکیک سن، و یا گروه‌های سنی، و نیز جمعیت هر سن، و یا گروه سنی، در میانه سال، و یا دوره مورد مطالعه است. منبع اصلی این داده‌ها برای تعداد فوت شامل اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سیستم ثبت احوال - در کشور ما توسط سازمان ثبت احوال کشور صورت می‌پذیرد - است.

<sup>۱</sup> Completeness

<sup>۲</sup> Lee & Carter

رخ دهد آن را شناسایی کرده و اصلاح می‌نماید. این روش در عین حال، افزایش تعداد فوت در هر سن نسبت به سال‌های قبل را می‌پذیرد.

به دلیل این که سال ۱۳۷۵ به عنوان سال پایه انتخاب شد، اصلاحات انجام شده به روش هموارسازی مورد استفاده در این مقاله داده‌های این سال را تغییر نمی‌دهد. کم‌ثبتی اصلاح شده به روش هموارسازی عمدتاً در گروه‌های سنی بالای ۵۰ سال صورت می‌گیرد. تأثیر هموارسازی در اصلاح کم‌ثبتی جزئی است و هدف اصلی این روش، اصلاح الگوی مرگ و میر است. اصلاح کم‌ثبتی در این مقاله به روش هیل انجام شده است. بعد از اعمال اصلاحات در الگوی مرگ و میر با استفاده از روش هموارسازی، داده‌های حاصل در ارزیابی داده‌های فوت به روش هیل در فاصله دو سرشماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ مورد استفاده قرار گرفته است. در روش هیل، علاوه بر داده‌های مرگ و میر، داده‌های سرشماری‌های سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. داده‌های سرشماری‌ها نیز بعد از اعمال اصلاحات لازم استفاده شده‌اند. داده‌های سرشماری‌ها به منظور استفاده در این روش و همچنین سایر مراحل به میانه سال سرشماری جابجا شده‌اند. بنابراین داده‌های فوت بین دو سرشماری باید از اول مهر سال ۱۳۷۵ تا ۳۱ شهریور ۱۳۹۰ را شامل گردد. بدین منظور داده‌های سالانه ثبتی فوت برای سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۹ به طور کامل و فقط ۵۰٪ فوت ثبتی، با فرض توزیع یکنواخت فوت‌ها، برای سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ استفاده شده است. با کاربرد این داده‌ها، روش هیل ضریب پوشش داده‌های فوت را برای مردان ۸۵٪<sup>۴</sup> و برای زنان ۷۲٪<sup>۵</sup> برآورد کرده است. این روش همچنین نشان می‌دهد که پوشش سرشماری سال ۱۳۷۵ نسبت به سرشماری ۱۳۹۰ در حدود ۸۹٪ برای هر دو جنس می‌باشد. کاربرد روش هیل برای اصلاح داده‌های ثبتی فوت در فاصله دو سرشماری ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ بدین معنا است که فقط ۸۵٪ فوت‌های دوره ۱۵ ساله مورد مطالعه برای مردان و ۷۲٪ برای زنان ثبت شده است و به منظور اصلاح کم‌ثبتی تعداد فوت‌های ثبتی دوره ۱۵ ساله باید بر میزان‌های مذکور تقسیم گردد. همچنین برای محاسبه میزان‌های مرگ و میر، جمعیت سرشماری سال ۱۳۷۵ نیز باید بر عدد ۰/۸۹ تقسیم گردد تا کم‌شماری آن نسبت به سرشماری سال ۱۳۹۰ اصلاح گردد.

<sup>۴</sup> ضرایب رگرسیونی مورد استفاده برای روش هیل در ارزیابی داده‌های فوت مردان شامل سنین ۱۵ تا ۶۰ می‌باشد.

<sup>۵</sup> ضرایب رگرسیونی مورد استفاده برای روش هیل در ارزیابی داده‌های فوت زنان شامل سنین ۱۵ تا ۶۵ می‌باشد.

با داشتن میزان‌های مرگ و میر برای کل دوره مورد مطالعه (۱۳۷۵-۱۴۲۰)، می‌توان جداول عمر متناظر هر کدام از مجموعه میزان‌های مرکزی مرگ و میر را ساخت. این جداول روند تغییرات امید زندگی را در طول دوره نشان می‌دهند. تمام مراحل تحلیل، از جمله مدل‌سازی، پیش‌بینی مرگ و میر، ساخت جداول عمر، با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۳/۰/۱ و بسته "Demography" آن انجام گرفته است.

## نتایج

**ارزیابی و تصحیح داده‌ها:** در این مقاله، داده‌های ثبتی سالانه فوت هم از نظر الگوی مرگ و میر، توزیع سنی و سالانه فوت‌ها، و هم از نظر کم/بیش ثبتی ارزیابی و اصلاح شده‌اند. از نظر ارزیابی و اصلاح الگوی مرگ و میر، ارزیابی بر روی ماتریس توزیع سنی، جنسی، و سالانه داده‌های فوت انجام شده و اصلاحات لازم اعمال گردیده است. به عبارت دیگر، ماتریس توزیع سنی و سالانه فوت‌های مردان و زنان به طور جداگانه بررسی شده و هر نوع کم/بیش ثبتی نسبت به سن و یا سال مورد توجه قرار گرفته است. در اعمال اصلاحات لازم، فقط کم‌ثبتی‌های سالیانه برای هر سن مد نظر قرار گرفته است. یکی از راه‌حل‌های موجود برای اصلاح کم/بیش ثبتی سالانه در سنین مختلف، استفاده از روش هموارسازی میانگین متحرک است. با توجه به این که ثبت فوت بر اساس شناسنامه، و بالطبع تاریخ دقیق تولد صورت می‌گیرد؛ در این مقاله، هموارسازی داده‌های فوت بر حسب سن برای هر سال انجام نگرفته است.<sup>۳</sup> روش هموارسازی میانگین متحرک را می‌توان برای اصلاح کم/بیش ثبتی در هر سن نسبت به سال‌های پیش نیز انجام داد ولی در این مقاله با فرض عدم وجود بیش‌شماری در هیچ سنی، کم‌شماری‌های موجود با استفاده از یک روش عددی دیگر ارزیابی و اصلاح شده است. در این روش، ابتدا میزان مرگ و میر مرکزی در هر سن محاسبه شده (با تقسیم تعداد فوت در هر سن بر جمعیت آن سن در یک سال معین) و با میزان‌های مرکزی فرضی که با فرض کاهش سالانه ۵ در یک صد هزار از میزان‌های مرکزی سنی سال ۱۳۷۵ (سال پایه) محاسبه شده‌اند، مقایسه می‌شوند. برای سنی که میزان مرگ و میر محاسبه شده از میزان مرگ و میر فرضی کمتر است، میزان فرضی جایگزین شده و تعداد فوت‌های جدید محاسبه می‌شود. مزیت این روش در این است که اگر برای سن خاصی در سال خاصی کم‌شماری

<sup>۳</sup> هموارسازی بر اساس سن بعد از محاسبه میزان‌های مرگ و میر ویژه سنی و به هنگام ساختن جداول عمر انجام یافته است.

اطفال و میزان‌های مرگ‌ومیر کودکان زیر ۵ سال محاسبه شده توسط "گروه بین‌سازمانی سازمان ملل متحد برای برآورد مرگ‌ومیر کودکان"<sup>۶</sup> استفاده شده است. برای این منظور ابتدا میزان‌های مرگ‌ومیر اطفال و کودکان گزارش شده، که به ترتیب، احتمال فوت در سال اول و ۵ سال اول زندگی را نشان می‌دهند، به میزان‌های مرکزی مرگ‌ومیر ویژه سنی تبدیل گردیده<sup>۷</sup> و سپس با ضرب میزان‌های مرکزی در جمعیت هر سن/گروه سنی، تعداد فوت‌ها به دست آمده است. توزیع داده‌های فوت زیر پنج سال جدید بر اساس توزیع فوت ثبتي این سنين انجام یافته است.

### ارزیابی و تصحیح داده‌های سرشماری

داده‌های سرشماری معمولاً از نظر توزیع سنی و جنسی ارزیابی می‌شوند. توزیع سنی داده‌های سرشماری به دلایلی مانند ترجیح رقمی، ترجیح اعداد منتهی به ارقام خاصی مانند صفر و یا پنج، و یا عدم آشنایی افراد با سن خود می‌تواند از واقعیت فاصله بگیرد. برای ارزیابی داده‌های سرشماری از نظر توزیع سنی شاخص‌های مختلفی مانند شاخص ویپل<sup>۸</sup> و یا مایرز<sup>۹</sup> استفاده می‌شود. هرچه رقم شاخص ویپل بیشتر از ۱۰۰ شود، بیانگر تمایل بیشتر به گرد کردن سن به ارقام مختوم به صفر و پنج است. شاخص مایرز می‌تواند بین صفر تا ۱۸۰ در نوسان باشد (۹). مقادیر بزرگ این شاخص‌ها به معنای آن است که افراد بیشتری سن خود را، به نادرست، منتهی به ارقام خاصی گزارش می‌دهند و هرچه این ارقام کوچک‌تر باشد نشان از صحت بیشتر گزارش سن افراد دارد. گزارش سن اگر با استفاده از مدارک شناسایی قانونی مانند شناسنامه و یا کارت شناسایی ملی باشد از صحت بیشتری برخوردار خواهد شد. شاخص مایرز محاسبه شده سرشماری‌های ۱۳۷۵ برای مردان ۱/۲۵ و زنان ۱/۴۹ می‌باشد. ارقام معادل برای سرشماری سال ۱۳۹۰ به ترتیب ۰/۶۹ و ۰/۷۶ می‌باشند. این ارقام نشان می‌دهند که گزارش سن در هر دو سرشماری در حد خوب بوده است. با این حال، بر اساس هرم سنی جمعیت ایرانی سرشماری‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰، جمعیت بعضی سنين

همان طور که قبلاً ذکر شد میزان‌ها یا ضرایب پوشش فوت در روش هیل برای کل دوره محاسبه می‌شوند و ضریب اعمال شده برای تمام سال‌ها و سنين دوره مورد مطالعه یکسان می‌باشد. با توجه به این که الگوی سالانه فوت قبلاً هموارسازی و نهایی شده است این الگو در بازتوزیع تعداد فوت‌های سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی استفاده از ضریب یکسان برای سال‌های مختلف، وقتی میزان پوشش ثبت فوت به سمت بهبود می‌رود، چندان مناسب به نظر نمی‌رسد. به منظور وارد کردن روند بهبود ثبت داده‌های فوت در طول دوره پانزده ساله مورد مطالعه، در این مقاله از شاخص نسبت داده‌های فوت جاری به کل فوت‌های ثبت شده در هر سال به عنوان وزنی مناسب، و نه ایده‌آل، برای اعمال ضریب کم‌ثبتي استفاده شده است. به عنوان مثال در سال ۱۳۷۵ از کل فوت‌های ثبت شده برای مردان فقط ۷۴٪ در همان سال اتفاق افتاده بوده‌اند و بقیه مربوط به فوت‌های سال‌های پیشین بوده‌اند که در آن سال ثبت گردیده‌اند. رقم معادل برای زنان در سال ۱۳۷۵ برابر ۷۰٪ بوده است. در سال ۱۳۹۰ نسبت فوت جاری به کل برای مردان و زنان بیش از ۹۷٪ بوده است. این امر به عنوان شاخصی از بهبود ثبت داده‌های فوت مورد استفاده قرار گرفته و با استفاده از این وزن‌ها ضرایب پوشش ثبت فوت برای سال‌های مختلف به صورت متفاوت مورد استفاده قرار گرفته است بر این اساس، ضریب (میزان) پوشش ثبت فوت برای مردان در سال ۱۳۷۵ در حدود ۶۹٪ بوده که در سال ۱۳۹۰ به ۹۲٪ رسیده است. ضریب کم‌ثبتي برای زنان از ۵۴٪ در سال ۱۳۷۵ به ۸۱٪ در سال ۱۳۹۰ رسیده است (برای مطالعه جزئیات بیشتر در مورد این ضرایب و روش شناسی مربوطه به عینی‌زیناب و همکاران (۸) مراجعه شود). ضرایب به دست آمده به روش هیل و وزن‌های اعمال شده سالانه، هم بهبود ثبت سالانه فوت‌ها را به خوبی نشان می‌دهند و هم این که در ایران ثبت فوت مردان بنا به دلایلی مانند امر انحصار وراثت بهتر از ثبت فوت زنان می‌باشد. جدول ۱، داده‌های فوت ثبت‌شده، هموارشده، و اصلاح شده به تفکیک جنس برای سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ را برای کل کشور نشان می‌دهد.

روش‌های ارزیابی داده‌های فوت توضیح داده شده در قسمت قبل، معمولاً داده‌های فوت کودکان زیر ۵ سال را به خوبی ارزیابی نمی‌کنند. در عین حال باید توجه داشت که کم‌ثبتي در این گروه سنی بیشتر از سایر گروه‌های سنی اتفاق می‌افتد. برای این منظور معمولاً از روش‌های دیگری برای تخمین میزان‌های مرگ‌ومیر استفاده می‌شود. در این مقاله از میزان‌های مرگ‌ومیر

<sup>۶</sup> United Nations Inter-agency Group for Child Mortality Estimation (UN IGME), [www.childmortality.org](http://www.childmortality.org)

<sup>۷</sup> میزان‌های مرکزی مرگ‌ومیر صفر ساله‌ها و ۴-۱ ساله‌ها با استفاده از میزان‌های مرگ‌ومیر اطفال، IMR، و کودکان، UMR، به روش پیشنهادی گروه بین‌سازمانی سازمان ملل متحد برای برآورد میزان مرگ‌ومیر کودکان محاسبه شده‌اند. (منبع آنلاین این فایل که در تاریخ ۱۰ جولای ۲۰۱۵ در دسترس بوده است:

[http://www.who.int/gho/child\\_health/mortality/ChildCME\\_method.pdf](http://www.who.int/gho/child_health/mortality/ChildCME_method.pdf)

<sup>۸</sup> Whipple

<sup>۹</sup> Myers

برای محاسبه میزان‌های مرکزی مرگ و میر، جمعیت در میانه سال بکار می‌رود، قبل از درون‌یابی، جمعیت دو سرشماری با استفاده از داده‌های فوت آن سال، به میانه همان سال جابجا شده‌اند.

### مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان‌های مرکزی مرگ و میر

#### ویژه سنی

بعد از اعمال تغییرات مختلف در داده‌های جمعیت و فوت، میزان‌های مرگ و میر را می‌توان محاسبه کرده و شاخص‌های مرگ و میر را مطالعه نمود. تغییرات اعمال شده در جمعیت شامل هموارسازی و تصحیح از نظر توزیع سنی و جنسی، و نیز اعمال ضریب پوشش ۸۹ درصدی سرشماری سال ۱۳۷۵ نسبت به سرشماری سال ۱۳۹۰، که به روش هیل محاسبه شده است می‌باشند. جمعیت سال‌های بین دو سرشماری نیز به روش درون‌یابی و با استفاده از اطلاعات دو سرشماری محاسبه شده‌اند. تغییرات اعمال شده در داده‌های فوت نیز شامل هموارسازی به روش عددی و اصلاح کم‌ثبتی با استفاده از ضرایب پوشش به دست آمده از روش هیل می‌باشد. با اعمال تغییرات ذکر شده، نتایج نشان می‌دهند که میزان خام مرگ و میر از ۶/۵ در سال ۱۳۷۵ به ۶/۱ در سال ۱۳۹۰ روندی کاهشی را تجربه کرده است. روند نزولی نزدیک به ثابت میزان خام مرگ و میر، ایران را از جمله کشورهای با مرگ و میر پایین کودکان و سالمندان (به دلیل سهم اندک جمعیت سالمند) قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که در گزارش اصلی طرح پژوهشی مرتبط با این مقاله سناریوهای مختلفی برای ارزیابی نتایج حاصل از اعمال تغییرات مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج ارایه شده در این مقاله سناریو چهارم در گزارش طرح اصلی می‌باشد (۸).

نمودار ۱، میزان‌های مرکزی محاسبه شده برای سال‌های مختلف را نشان می‌دهد. در این نمودار لگاریتم میزان‌های مرکزی مرگ و میر سنین منفرد به صورت رنگین‌کمان نشان داده شده است. در طیف رنگ‌های این نمودار، رنگ قرمز مربوط به سال‌های اول دوره -۱۳۷۵- و رنگ بنفش مربوط به سال‌های پایانی دوره -۱۳۹۰- می‌باشد. هر چه رنگ‌ها از قرمز به بنفش تغییر می‌یابند، سال مورد مطالعه نیز به سال پایانی دوره نزدیک‌تر می‌شود. بر اساس این نمودارها، میزان‌های مرکزی مرگ و میر در همه سنین غیر از سنین ۱۵ تا ۵۵ سالگی برای مردان و ۱۵ تا ۳۵ سالگی برای زنان روندی کاهشی داشته است. برای مردان ۱۵ تا ۳۵ ساله، در دوره مورد مطالعه، میزان‌های مرکزی مرگ و میر ابتدا روندی افزایشی داشته است که به نظر

نسبت به سنین مجاور خود بیشتر است. هموارسازی داده‌های هر دو سرشماری با هدف اصلاح این ناهمواری‌ها صورت می‌پذیرد. نحوه هموارسازی توزیع سنی داده‌های سرشماری استفاده از میانگین دو سن منفرد قبل، دو سن منفرد بعد، و سن مورد نظر می‌باشد.

توزیع جنسی داده‌های سرشماری نیز باید قبل از استفاده مورد ارزیابی قرار گیرد. کم‌شماری یک جنس نسبت به جنس دیگر می‌تواند توزیع جنسی جمعیت سرشماری را متفاوت از توزیع جنسی مورد انتظار نشان دهد. نسبت جنسی محاسبه شده در هر سن و مقایسه آن با نسبت جنسی مورد انتظار<sup>۱۰</sup> مقدار کم/بیش‌شماری را در هر سن، البته نسبت به جنس دیگر، نشان می‌دهد. نسبت جنسی مورد انتظار با استفاده از داده‌های ثبت‌شده موالید سالانه، برای چندین سال متوالی، احتمال بقای حاصل از جدول عمر، اطلاعات مربوط به مهاجرت، و... محاسبه می‌شود. در غیاب داده‌های ثبتی برای سال‌های متوالی، نسبت جنسی برآورد و یا محاسبه شده، در بدو تولد برای یک سال را می‌توان در احتمال بقا در هر سن، که از جدول عمر آن سال معین به دست آمده، ضرب نمود و الگوی نسبت جنسی مورد انتظار در هر سن را محاسبه کرد (۱۰).

مقایسه نسبت جنسی مشاهده شده و مورد انتظار، نشان داد که در سرشماری ۱۳۷۵ زنان بالای ۵۵ سال و در سرشماری ۱۳۹۰ زنان بالای ۷۰ سال نسبت به مردان کمتر شمارش شده‌اند. این امر باعث شده است تا نسبت جنسی در این سنین خیلی بیشتر از نسبت جنسی مورد انتظار باشد. در بعضی سنین نیز نسبت جنسی مشاهده شده کمتر از نسبت مورد انتظار می‌باشد که نشان از کم‌شماری مردان نسبت به زنان در آن سنین دارد. برای اصلاح کم‌شماری یک جنس نسبت به جنس دیگر در هر سنی، در این مقاله، به جمعیت جنسیتی که کم‌شماری اتفاق افتاده، جمعیت اضافه شده است تا حدی که نسبت جنسی جمعیت جدید در آن سن فقط ۳ واحد از نسبت جنسی مورد انتظار تفاوت داشته باشد. این امر سبب شده است هم، کم‌شماری مردان نسبت به زنان و هم کم‌شماری زنان نسبت به مردان اصلاح گردد. جدول ۲ جمعیت سرشماری‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ را قبل و بعد از اعمال اصلاحات نشان می‌دهد.

بعد از اعمال اصلاحات لازم در توزیع سنی و جنسی، جمعیت در سال‌های مختلف بین دو سرشماری باید برآورد گردد. در این مقاله، از روش درون‌یابی خطی برای محاسبه جمعیت سال‌های مختلف بین سرشماری‌ها استفاده شده است. با توجه به این که

<sup>۱۰</sup> Expected sex ratio

شده و به سطحی پایین تر از سال شروع کاهش پیدا کرده است. در مورد میزان‌های مرکزی مرگ‌ومیر زنان در فاصله سنین ۱۵ تا ۳۵ سالگی، به نظر می‌رسد این میزان‌ها در ابتدا تغییر چندانی نداشته است ولی در سال‌های پایانی دوره مورد مطالعه -۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰- میزان‌های مرگ‌ومیر این گروه سنی روندی افزایشی را تجربه کرده است.

می‌رسد این روند به مدت ۱۰ سال ادامه داشته است. ولی در پنج سال آخر دوره مورد مطالعه، روند معکوس شده و میزان‌های مرکزی این سنین شروع به کاهش کرده‌اند. علی‌رغم این کاهش، هنوز میزان‌های مرگ‌ومیر این سنین از سطح سال ۱۳۷۵ بالاتر هستند. عمده‌ترین علت مرگ در این سنین تصادفات رانندگی هستند. در سنین ۳۵ تا ۵۵ سالگی نیز در ابتدا افزایش میزان مرگ‌ومیر اتفاق افتاده ولی بعداً این روند معکوس

جدول شماره ۱: داده‌های فوت ثبت‌شده، هموارشده، و اصلاح شده به تفکیک جنس برای سال‌های

۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰: کل کشور

داده‌های								سال
فوت اصلاح شده		فوت اصلاح شده		فوت هموارشده		فوت ثبتی		
با اصلاح فوت کودکان	زن	مرد	بدون اصلاح فوت کودکان	زن	مرد	زن	مرد	
۲۰۹۹۴۰	۲۲۱۵۸۶	۱۹۰۴۵۴	۱۹۵۷۴۱	۱۰۲۵۹۷	۱۳۵۴۱۵	۱۰۲۵۹۷	۱۳۵۴۱۵	۱۳۷۵
۲۰۳۰۰۲	۲۲۱۶۸۹	۱۸۵۸۵۴	۱۹۷۱۳۶	۱۱۱۹۵۵	۱۴۷۳۲۰	۱۰۷۷۷۸	۱۴۲۲۷۵	۱۳۷۶
۱۹۰۲۷۴	۲۱۵۱۳۶	۱۷۴۱۳۳	۱۹۲۲۳۶	۱۱۵۳۶۴	۱۵۳۵۷۶	۱۰۸۴۵۶	۱۴۴۲۸۲	۱۳۷۷
۱۹۳۱۰۷	۲۲۰۶۹۴	۱۷۸۴۱۹	۲۰۰۰۲۰	۱۲۲۱۹۹	۱۶۱۶۵۵	۱۱۵۴۱۸	۱۵۱۲۲۷	۱۳۷۸
۱۹۷۶۶۷	۲۲۴۲۹۱	۱۸۵۷۳۱	۲۰۷۳۲۲	۱۲۹۱۱۹	۱۷۰۳۱۵	۱۲۱۰۷۰	۱۵۷۴۳۰	۱۳۷۹
۲۰۱۱۵۸	۲۲۹۴۰۱	۱۹۰۴۰۵	۲۱۳۵۷۴	۱۳۵۶۴۷	۱۷۹۲۹۴	۱۲۷۳۰۳	۱۶۵۸۱۶	۱۳۸۰
۲۰۶۱۳۵	۲۳۷۳۶۴	۱۹۶۷۲۰	۲۲۳۸۸۲	۱۴۱۹۶۹	۱۸۱۹۳۵	۱۳۳۱۵۱	۱۷۵۳۲۷	۱۳۸۱
۲۳۱۹۰۳	۲۵۹۵۶۵	۲۲۵۲۳۲	۲۴۹۰۱۹	۱۵۹۱۰۴	۲۰۹۶۷۴	۱۵۳۵۵۷	۱۹۷۹۷۰	۱۳۸۲
۲۰۲۶۹۳	۲۴۷۲۹۶	۱۹۳۹۳۳	۲۳۴۵۱۴	۱۴۳۵۳۴	۲۰۱۱۹۲	۱۳۴۲۹۷	۱۸۶۱۶۹	۱۳۸۳
۱۹۸۹۵۴	۲۴۷۲۸۱	۱۹۱۷۶۶	۲۳۵۷۹۰	۱۴۵۷۶۰	۲۰۶۱۷۴	۱۳۶۸۷۸	۱۹۱۸۸۰	۱۳۸۴
۲۰۱۵۶۹	۲۴۷۵۲۵	۱۹۷۲۳۰	۲۳۹۵۷۹	۱۴۹۶۹۸	۲۱۱۲۸۶	۱۴۲۴۹۷	۱۹۷۵۶۳	۱۳۸۵
۲۰۰۹۸۶	۲۴۳۸۳۸	۱۹۶۷۲۵	۲۳۶۲۳۵	۱۵۱۹۱۰	۲۱۱۹۵۱	۱۴۵۵۹۰	۱۹۶۸۴۵	۱۳۸۶
۲۰۲۱۸۱	۲۴۵۴۸۶	۱۹۹۲۱۶	۲۳۹۹۶۲	۱۵۷۱۲۰	۲۱۷۱۱۹	۱۵۲۰۳۳	۱۹۹۲۲۷	۱۳۸۷
۲۰۲۷۵۶	۲۴۹۰۰۳	۱۹۹۲۲۵	۲۴۳۱۶۲	۱۵۹۱۹۴	۲۲۱۸۶۱	۱۵۱۶۴۰	۱۹۸۱۴۸	۱۳۸۸
۱۹۹۵۳۴	۲۴۸۱۸۱	۱۹۶۵۳۷	۲۳۹۹۱۵	۱۵۸۳۶۸	۲۲۰۷۹۳	۱۵۰۱۹۷	۱۹۸۶۹۱	۱۳۸۹
۲۰۰۴۳۸	۲۴۷۱۹۰	۱۹۷۷۳۳	۲۳۸۹۴۹	۱۶۰۷۵۵	۲۲۱۰۵۲	۱۵۱۴۲۴	۱۹۶۴۴۷	۱۳۹۰

نکته ۱: منظور از داده‌های هموارشده، هموارسازی داده‌های فوت ثبتی به روش عددی در طول زمان برای سنین منفرد برای کنترل کم ثبتی می باشد. برای جزئیات بیشتر روش به متن گزارش رجوع شود.

نکته ۲: منظور از داده‌های اصلاح شده، اعمال ضرایب وزن داده شده سالانه بر اساس ضریب کم ثبتی حاصل از کاربرد روش هیل می باشد. داده‌های فوت کودکان زیر ۵ سال نیز بطور مستقیم از برآوردهای سالانه سازمان ملل برای میزان مرگ و میر اطفال و میزان مرگ و میر کودکان زیر ۵ سال محاسبه شده اند.

جدول شماره ۲: جمعیت ایرانی سرشماری های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰ به تفکیک جنس قبل و بعد از اعمال اصلاحات

جمعیت	۱۳۷۵		۱۳۹۰	
	مرد	زن	مرد	زن
سرشماری شده	۲۹۸۰۷۹۹۴	۲۸۹۲۵۲۸۲	۳۶۹۹۱۱۷۱	۳۶۴۷۰۲۰۳
هموار شده (سن)	۲۹۷۵۶۷۷۷	۲۸۸۸۱۶۱۳	۳۶۹۹۱۹۰۶	۳۶۴۷۱۵۷۳
تصحیح شده (جنس)	۳۰۰۳۸۵۲۴	۲۹۴۶۶۴۳۸	۳۷۰۹۹۵۱۵	۳۶۸۱۴۲۰۱
تصحیح شده (روش هیل)	۳۳۶۶۱۶۸	۳۲۸۷۸۰۰۶	۳۷۰۹۹۵۱۵	۳۶۸۱۴۲۰۱

نکته ۱: جمعیت سرشماری شده فقط شامل جمعیت با تابعیت ایرانی می باشد.  
 نکته ۲: جمعیت هموار شده (سن)، جمعیت را بعد از اعمال هموارسازی توزیع سنی برای از بین بردن ناهماری های مربوط به گزارش سن نشان می دهد.  
 نکته ۳: جمعیت تصحیح شده (جنس)، جمعیت هموار شده سنی را بعد از اصلاح کم شماری یک جنس نسبت به جنس دیگر با استفاده از نسبت جنسی مورد انتظار نشان می دهد.  
 نکته ۴: جمعیت تصحیح شده (روش هیل)، ضریب پوشش سرشماری ۱۳۷۵ نسبت به سرشماری ۱۳۹۰، محاسبه شده به روش هیل، را با تقسیم جمعیت تصحیح شده سن و جنس سال ۱۳۷۵ بر این ضریب اعمال می کند.

میزان های مرکزی مرگومیر محاسبه شده، روند امید زندگی را برای مردان در دوره مورد مطالعه افزایشی نشان می دهد که طی آن امید زندگی در بدو تولد، محاسبه شده از جداول عمر کامل بعد از هموارسازی میزان های مرگومیر ویژه سنی، از ۶۶/۳ در سال ۱۳۷۵ به ۷۱/۱ در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. این روند در همه سال ها افزایشی بوده است ولی در سال ۱۳۸۲ به دلیل شامل نمودن مرگومیرهای زلزله بم، امید زندگی کاهش یافته است. امید زندگی زنان نیز در دوره مورد مطالعه از ۶۸/۴ سال در سال ۱۳۷۵ به ۷۵/۷ در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. امید زندگی مردان و زنان در سال ۱۳۸۲ نسبت به سال قبل بیش از یک سال کاهش یافته است که دلیل آن همان طور که قبلاً ذکر گردید افزایش آمار فوت ثبتی به دلیل زلزله بم می باشد. نمودار ۲، امید زندگی در بدو تولد را برای سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ به تفکیک جنس نشان می دهد. جداول عمر کامل این مطالعه به تفکیک جنس و برای هر یک از سال های مطالعه در فایل اکسلی به صورت پیوست در سایت مجله حکیم قابل دسترس می باشند.<sup>۱۱</sup>

### پیش بینی مرگومیر

یکی از روش های پر کاربرد برای پیش بینی مرگومیر، روش ارایه شده توسط لی و کارتر (۳) می باشد که بعداً توسط افراد دیگری توسعه داده شده است (۷-۴). بسته "Demography" نرم افزار "R" نسخه ۳/۰/۱ استفاده از این روش را برای کاربران آسان نموده است. این بسته با استفاده از میزان های مرگومیر و جمعیت سالانه برای یک دوره خاص، میزان های مرگومیر، جداول عمر، و امید زندگی را با فاصله اطمینان تعریف شده توسط کاربر پیش بینی می نماید. کاربر همچنین می تواند تعداد

### مدل سازی و پیش بینی مرگومیر...

دفعات تکرار<sup>۱۲</sup> پروسه شبیه سازی<sup>۱۳</sup> را برای به دست آوردن فاصله اطمینان مناسب امید زندگی تعیین نماید. در این پروژ، پیش بینی مرگومیر با استفاده از این بسته و با فاصله اطمینان ۹۵٪، برای ۳۰ سال آینده با ۱۰۰۰ بار تکرار پروسه شبیه سازی امید زندگی انجام می گردد.

میزان های مرکزی مرگومیر با استفاده از داده های هموار شده سنی برای سال های ۱۳۹۱ تا ۱۴۲۰ پیش بینی شده و نتایج آن در نمودار ۳ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار، که به صورت طیفی از رنگ های قرمز تا بنفش میزان های مرگومیر را از سال ۱۳۹۱ تا ۱۴۲۰ نشان می دهد، در سی سال آینده و در صورت ادامه روند مشاهده شده در فاصله سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰، میزان های مرگومیر در اکثر سنین کاهش خواهد یافت و بیشترین میزان کاهش در سنین دهه دوم زندگی اتفاق خواهد افتاد. روند مرگومیر در فاصله سنین ۱۸ تا ۳۰ سال برای مردان، افزایشی خواهد بود که به نظر می رسد بخش عمده این مرگومیرها مربوط به سوانح رانندگی است. میزان های مرگومیر در اواخر دوره پیش بینی برای زنان ۲۵-۲۰ ساله بیشتر از مقدار آن در اوایل دوره خواهد بود.

امید زندگی پیش بینی شده برای ۳۰ سال آینده، ادامه روند افزایش امید زندگی را هم برای مردان و هم زنان نشان می دهد. بر این اساس امید زندگی مردان، محاسبه شده توسط جداول عمر کامل، از ۷۱/۰۴ (۷۰/۲-۷۱/۷)<sup>۱۴</sup> در سال ۱۳۹۱ به ۷۴/۸ (۷۲/۹-۷۶/۲) در سال ۱۴۲۰ افزایش می یابد. امید زندگی زنان نیز از ۷۶/۲ (۷۵/۳-۷۷/۱) در سال ۱۳۹۱ به ۸۲/۵ (۸۴/۳-۷۹/۸) در سال ۱۴۲۰ افزایش خواهد یافت. نمودار ۴، روند افزایش امید زندگی در سال های پیش بینی به تفکیک مردان و زنان با فاصله اطمینان ۹۵٪ را نشان می دهد. جداول عمر کامل به تفکیک جنس و برای هر یک از سال های پیش بینی نیز در فایل اکسل پیوست در سایت مجله حکیم قابل دسترس می باشند.

### بحث و نتیجه گیری

مقاله حاضر یک مطالعه کاربردی با هدف مدل سازی و پیش بینی مرگومیر است. به این منظور ابتدا به ارزیابی داده های سرشماری و داده های فوت پرداخته شده است و پس از مدل سازی تغییرات مرگومیر و میر در فاصله سال های ۱۳۷۵ تا

<sup>۱۲</sup> Iteration

<sup>۱۳</sup> Simulation

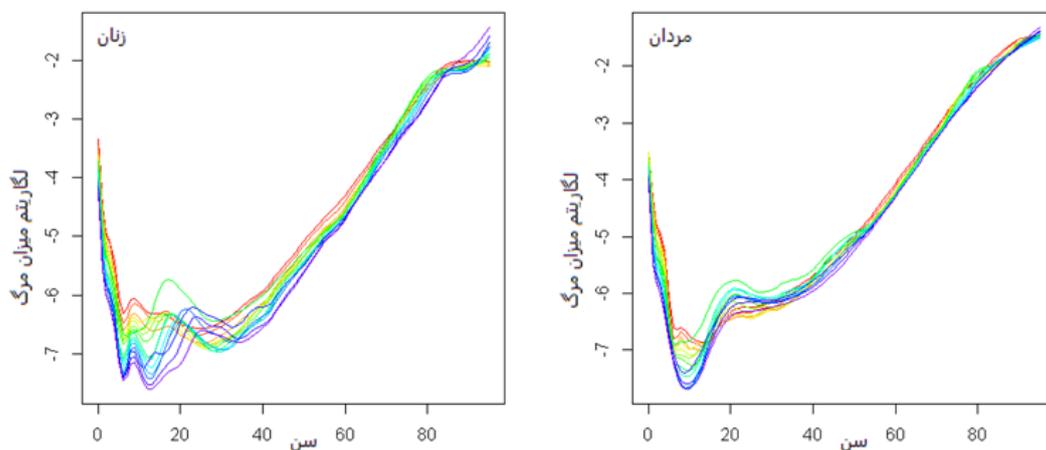
<sup>۱۴</sup> اعداد داخل پرانتز دامنه پایین و بالای امید زندگی را با ۹۵٪ فاصله اطمینان نشان می دهد.

<sup>۱۱</sup> فایل اکسل برای دانلود از سایت مجله حکیم

ساله در سرشماری ۱۳۹۰ نسبت به سرشماری ۱۳۷۵، وجود کم‌شماری واقعی زنان و نیز قدرت روش نسبت جنسی مورد انتظار در تشخیص آن را نشان می‌دهد. در مورد داده‌های ثبتی فوت نیز کم‌پوششی وجود داشته است که سال به سال کمتر شده است. در همه سال‌های مورد بررسی پوشش ثبت زنان کمتر از مردان بوده است. به نظر می‌رسد عامل چنین امری مربوط به فقدان انگیزه‌های اقتصادی لازم در مورد زنان به دلیل ثروت کمتر آنان باشد و این که موضوع ارث و انحصار وراثت برای مردان با حساسیت بیشتری انجام می‌گیرد.

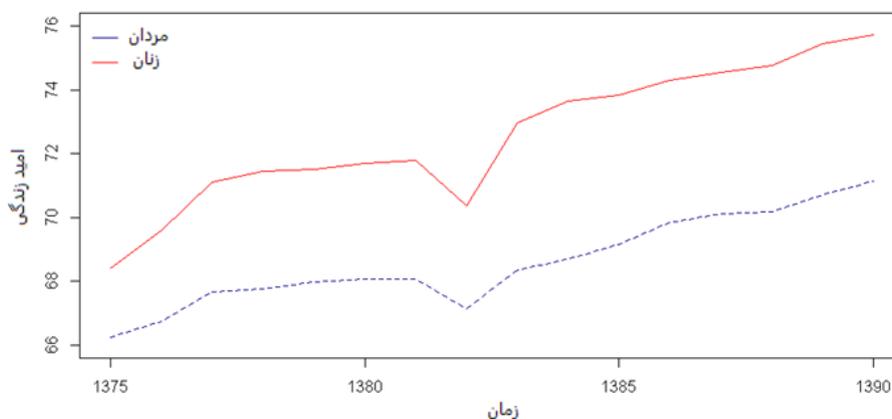
۱۳۹۰ و شناخت الگوی مرگ، به پیش‌بینی میزان‌های مرگ‌ومیر ایران تا افق ۱۴۲۰ پرداخته شده است. ارزیابی داده‌های سرشماری نشان داد که علی‌رغم مقادیر پایین شاخص مایرز، هموارسازی داده‌های سرشماری برای از بین بردن ناهمواری‌های موجود در توزیع سنی که ناشی از گزارش نادرست سن افراد می‌باشد لازم است. ارزیابی صورت گرفته در این مقاله همچنین نشان داد که با توجه به نسبت جنسی مورد انتظار، تعداد زنان بالای ۵۵ سال در سرشماری سال ۱۳۷۵ و زنان بالای ۷۰ سال در سرشماری سال ۱۳۹۰ کمتر از تعداد مورد انتظار شمارش شده‌اند. بهبود پوشش سرشماری زنان ۷۰-۵۵

لگاریتم هموار شده (میزان مرگ و میر ویژه ی سنی)، ایران 1375-1390



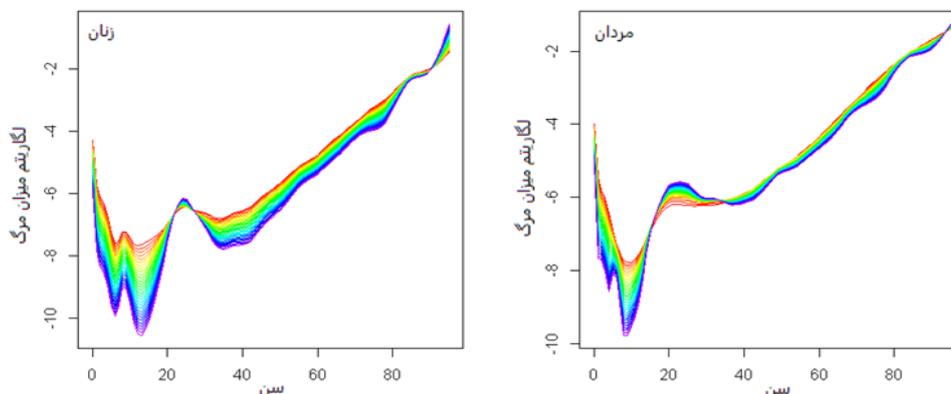
نمودار ۱- میزان‌های ویژه سنی مرگ‌ومیر هموار شده (نمایش لگاریتمی) در ایران در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰

امید زندگی در بدو تولد؛ ایران 1375-1390



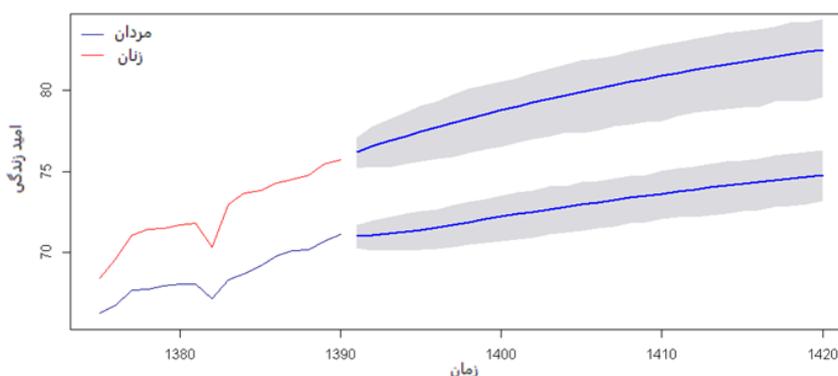
نمودار ۲- امید زندگی در بدو تولد در ایران در فاصله سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰

لگاریتم هموار شده (میزان مرگ و میر ویژه سنی)، ایران 1390-1420



نمودار ۳- پیش‌بینی میزان‌های ویژه سنی مرگ و میر هموار شده (نمایش لگاریتمی) در ایران: ۱۳۹۱-۱۴۲۰

پیش‌بینی امید زندگی ایران 1391-1420



نمودار ۴- پیش‌بینی امید زندگی در بدو تولد در ایران: ۱۳۹۱-۱۴۲۰

برآوردهایی که در مطالعه بار بیماری‌ها انجام شده است میزان امید زندگی مردم ایران برای سال ۲۰۱۳ (۱۳۹۲) ۸۱ سال برای زنان و ۷۶ سال برای مردان محاسبه شده است که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد و احتمالاً در مطالعه بار جهانی بیماری‌ها امید زندگی بالا برآورد شده است.<sup>۱۶</sup>

مطالعه میزان‌های مرگ و میر نشان می‌دهد که میزان‌های مرگ و میر در اکثر سنین هم برای مردان و هم زنان روندی کاهشی داشته که باعث شده است که امید زندگی نیز روندی افزایشی را تجربه نماید. این میزان‌ها برای مردان ۱۸ تا ۳۵ ساله، به خصوص در ۱۰ سال اول دوره مورد مطالعه، روندی صعودی داشته است. عمده مرگ و میرهای این گروه سنی به تصادفات ترافیکی مربوط می‌گردد. در پنج سال اخیر، این روند برعکس شده و با کاهش میزان‌ها همراه بوده است. با این حال هنوز میزان‌های مرگ و میر این گروه سنی بالاتر از ابتدای دوره

در این بررسی علاوه بر اصلاح و هموارسازی داده‌های سرشماری، پوشش سرشماری ۱۳۷۵ نسبت به سرشماری سال ۱۳۹۰، که به روش هیل برآورد شده است، اعمال شد و داده‌های فوت نیز علاوه بر هموارسازی، با کاربرد ضرایب هیل نسبت به کم‌ثبتی اصلاح شد. میزان‌های خام مرگ و میر برآورد شده در این روش که از ۶/۵ تا ۶/۱ در هزار متغیر می‌باشند، اندکی از برآوردهای سازمان ملل بیشتر است. امید زندگی مردان در دوره ۱۶ ساله مورد مطالعه، در فاصله ۶۶/۳ تا ۷۱/۲ متغیر بوده است. زنان نیز امید زندگی صعودی از ۶۸/۴ تا ۷۵/۸ را تجربه کرده‌اند. مقایسه امید زندگی به دست آمده براساس این مطالعه با برآورد سازمان بهداشت جهانی تقریباً هم‌خوانی دارد. بر اساس برآورد آن سازمان در سال ۲۰۱۳ (۱۳۹۲) امید زندگی ایرانیان ۷۶ سال برای زنان و ۷۲ سال برای مردان محاسبه شده است.<sup>۱۵</sup> ضمناً در

<sup>۱۵</sup> [http://apps.who.int/iris/bitstream/۱۰۶۶۵/۱۷۰۲۵۰/۱/۹۷۸۹۲۴۰۶۹۴۳۹\\_eng.pdf?ua=۱&ua=۱](http://apps.who.int/iris/bitstream/۱۰۶۶۵/۱۷۰۲۵۰/۱/۹۷۸۹۲۴۰۶۹۴۳۹_eng.pdf?ua=۱&ua=۱)

(قابل دسترس در ماه اکتبر سال ۲۰۱۵)

<sup>۱۶</sup> <http://vizhub.healthdata.org/le> (قابل دسترس در ماه اکتبر سال ۲۰۱۵)

است توزیع داده‌های فوت زیر پنج سال برای این سال‌ها دارای اشکالاتی باشد.

## کاربرد در تصمیم‌های مرتبط با سیاست‌گذاری در نظام سلامت

علاوه بر کاربرد روش شناختی و جمعیت‌شناختی مقاله حاضر که در پیش‌بینی‌های جمعیتی آینده می‌تواند توسط جمعیت‌شناسان، برنامه‌ریزان، و بخش خصوصی مانند شرکت‌های بیمه مورد استفاده قرار گیرد، این مطالعه در طراحی مداخلات سلامت توسط سیاست‌گذاران بخش سلامت می‌تواند مؤثر باشد. این مطالعه روند افزایشی مرگ‌ومیر جوانان را برجسته می‌سازد که به عنوان یک گروه اولویت‌دار در مداخلات سلامت باید مورد توجه جدی قرار گیرند. نکته مهم در مورد این مقاله این است که مطالعات پیش‌بینی، با استفاده از روند معمولی گذشته، آینده را پیش‌بینی می‌نماید و تغییرات جدی در روندهای آینده که ممکن است به دلایلی مانند اجرای برنامه‌های جدید مؤثر اتفاق بیفتد را در نظر نمی‌گیرد. نتایج پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند که در صورت ادامه برنامه‌های موجود وضعیت به چه شکلی خواهد بود. بالطبع، با متوقف شدن این برنامه‌ها، وضعیت بدتر و یا با اجرای برنامه‌های جدید وضعیت بهتر می‌گردد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح پژوهشی با همین عنوان که با حمایت مالی پژوهشکده آمار و حمایت فنی و کارشناسی سازمان ثبت احوال کشور و وزارت بهداشت، درمان، و آموزش پزشکی به انجام رسیده، استخراج شده است.

## References

- Mirzai, M. *Population and Development in Iran (Paper Collection)*. Asia-Pacific Population Studies and Research Center, Tehran, Iran. ۲۰۰۵. (in Persian)
- Hill K. Estimating Census and Death Registration Completeness. *Asian and Pacific Population Forum*, ۱۹۸۷: ۱(۳): ۸-۱۳; ۲۳-۲۴.
- Lee RD, Carter LR. Modeling and Forecasting U.S. Mortality. *Journal of the American Statistical Association* ۱۹۹۲: ۸۷ (۴۱۹, September).
- Lee RD. The Lee-Carter Method for Forecasting Mortality, with Various Extensions and Applications. *North American Actuarial Journal* ۲۰۰۰: ۴(۱): ۸۰-۹۳.
- Giroi F, King G. *Understanding the Lee-Carter Mortality Forecasting Method*. Institute for Quantitative Social Science, Harvard University, Cambridge, MA. ۲۰۰۷.
- Li JS, Chan W, Cheung S. Structural changes in the Lee-Carter mortality indexes: detections and implications. *North American Actuarial Journal* ۲۰۱۱: ۱۵ (۱).
- Pedroza C. A Bayesian forecasting model: predicting U.S. male mortality". *Biostatistics* ۲۰۰۶: ۷ (۴): ۵۳۰-۵۵۰.
- Eini-Zinab H, Sajedi A, Rezaei Ghahroodi Z, Noorollahi T, Zahedian A, Khosravi A, Shams-Ghahfarokhi F. *Modeling and Forecasting Mortality in Iran: ۱۹۹۶-۲۰۴۱*. Statistical Research & Training Center, Tehran, Iran. ۲۰۱۴: ۱-۱۲۰.
- Mirzai M. *Introduction to Applied Demography*. ۴th ed. Tehran University Press, Tehran, Iran. ۲۰۰۲. (in Persian)
- Siegel JS, Swanson DA (eds.). *The Methods and Materials of Demography*, ۲nd ed. San Diego: Elsevier, Academic Press. ۲۰۰۴; PP: ۸۱۹.

## Modeling and Forecasting Mortality in Iran: ۱۹۹۶-۲۰۴۱

Eini-Zinab H<sup>۱\*</sup> (PhD), Shams-Ghahfarokhi F<sup>۲</sup> (MA), Sajedi A<sup>۳</sup> (MA), Khosravi A<sup>۴</sup> (PhD), Zahedian A<sup>۵</sup> (MA), Rezaei Ghahroodi Z<sup>۶</sup> (PhD), Noorollahi T<sup>۷</sup> (MA)

<sup>۱</sup> Department of Community Nutrition, School of Nutrition Sciences & Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

<sup>۲</sup> Department of sociology, School of Social Sciences, Allameh Tabatabaiee University

<sup>۳</sup> Civil Registration Organization of Iran

<sup>۴</sup> Ministry of Health and Medical Education, Iran

<sup>۵</sup> Deputy of Technical and Statistical Projects, Statistical Center of Iran

<sup>۶</sup> Statistical Research & Training Center, Iran

### Original Article

Received: ۱۲ Sep ۲۰۱۵, Accepted: ۲۰ Dec ۲۰۱۵

### Abstract

**Introduction:** This study models mortality changes in Iran during ۱۹۹۶-۲۰۱۱, then forecasts it until ۲۰۴۱. With central age-specific mortality rates at hand, annual life tables for the period ۱۹۹۶-۲۰۴۱ are constructed. The central age-specific mortality rates are also forecasted for the next ۳۰ years (۲۰۱۲-۲۰۴۱).

**Methods:** First the existing mortality data were evaluated for accuracy and validity. Then they were modeled using the Lee and Carter method. Deaths registered by the National Organization for Civil Registration during ۱۹۹۶-۲۰۱۱, and Population and Housing Censuses during the period from Statistical Center of Iran were the main sources of data. The corrected and adjusted data were used for modeling change of level of mortality during ۱۹۹۶-۲۰۱۱. The models were then used to forecast mortality for the next period.

**Results:** The results of the analysis showed a slightly declining trend in Crude Death Rate, from ۶.۵ in ۱۹۹۶ to ۶.۱ per ۱۰۰۰ population in ۲۰۱۱. Male life expectancy at birth has risen from ۶۶.۳ to ۷۱.۱ years during the period. The corresponding values for females are ۶۸.۴ and ۷۵.۷ years, respectively. Life expectancy for male births is forecasted to be ۷۴.۸ years (%۹۵ CI: ۷۲.۹-۷۶.۲) at ۲۰۴۱. This forecast for female births is ۸۲.۵ years (%۹۵ CI: ۷۹.۸-۸۴.۳).

**Conclusion:** With current level of Crude Death Rate, Iran is among countries with low child mortality rate and elderly deaths due to low proportion of elderly population. The increasing trend in age-specific mortality rates for population aged ۱۸-۳۵ years seems to be the main reason for slow increase in male life expectancy at birth for the next ۳۰ years.

**Key words:** modeling, forecasting, central age-specific mortality rates, life expectancy, registered deaths, census, Iran

### Please cite this article as follows:

Eini-Zinab H, Shams-Ghahfarokhi F, Sajedi A, Khosravi A, Zahedian A, Rezaei Ghahroodi Z, Noorollahi T. Modeling and Forecasting Mortality in Iran: ۱۹۹۶-۲۰۴۱. *Hakim Health Sys Res* ۲۰۱۶; ۱۸(۴): ۳۳۶- ۳۴۶.

\* Corresponding Author: No ۷, Hafezi St., Farahzadi Blvd. Department of Community Nutrition, School of Nutrition Sciences & Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Tel: +۹۸- ۲۱- ۲۲۳۶۰۶۵۶ (Ext. ۲۴۹), Fax: +۹۸- ۲۱- ۲۲۳۷۶۴۶۷, E-mail: [Hassan.eini@sbmu.ac.ir](mailto:Hassan.eini@sbmu.ac.ir)