

ترویجی

## تحلیل روند ده‌ساله ضبط مرگ در ایران و برآورد مرگ اضافه در دوران همه‌گیری کووید-۱۹

محمدباقر عباسی<sup>۱</sup>

صدیقه امیدوار شلمانی\*<sup>۲</sup>

### چکیده:

چند نفر را در همه‌گیری کووید-۱۹ از دست داده‌ایم؟ پاسخ این سؤال را هنوز کسی به‌درستی نمی‌داند. تلاش‌های متعددی برای تخمین مرگ‌های اضافه در کشورهای مختلف در حال انجام است تا شاید بتوان به برآوردی از سن‌های از دست رفته جوامع در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ دست یافت. این مطالعه به‌منظور برآورد تعداد مرگ اضافه در ایران در دوره همه‌گیری کووید-۱۹ انجام شده است. برای این منظور از برآزش مدل «سری زمانی میانگین متحرک جمع بسته اتو-رگرسیون فصلی» بر روی داده‌های مرگ‌ومیر جاری در فاصله زانویه ۲۰۱۰ میلادی (۱۱ دی ماه سال ۱۳۸۸ هجری شمسی) تا دسامبر ۲۰۱۹ (۱۰ دی ماه ۱۳۹۸) که در پایگاه اطلاعات جمعیت سازمان ثبت احوال کشور ضبط شده استفاده و تعداد مرگ ماهانه در فاصله مارس ۲۰۲۰ (۱۱ اسفند ماه سال ۱۳۹۸ هجری شمسی) تا پایان سپتامبر ۲۰۲۱ (۸ مهرماه سال ۱۴۰۰ هجری شمسی) با فرض عدم حضور همه‌گیری پیش‌بینی شده است. با مقایسه تعداد مرگ ماهانه برآورد شده با تعداد کل مرگ‌های جاری ضبط شده در طول دوره همه‌گیری، مقدار مرگ اضافه برآورد شده است. مقایسه تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده و تعداد مرگ‌های جاری رخ داده نشان می‌دهد: در فاصله مارس ۲۰۲۰ تا پایان سپتامبر ۲۰۲۱ تعداد کل مرگ‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از روند تاریخی مورد انتظار آن بوده است. در طول این دوره در ایران ۲۳۷۰۵۱ مرگ اضافه رخ داده است.

**واژگان کلیدی:** ایران، کووید-۱۹، مرگ اضافه، میانگین متحرک اتو-رگرسیون فصلی.

۱- کارشناس ارشد جمعیت‌شناسی و معاون اسناد هویتی سازمان ثبت احوال کشور، mohammad.b.abbasi@gmail.com, (ORCID: 0000 - 0003 - 4203 - 0403)

۲- دکتری آمار، کارشناس دفتر آمار و اطلاعات جمعیتی و مهاجرت سازمان ثبت احوال کشور (نویسنده مسؤول)

## مقدمه

آیا می‌توان به دقت تعداد جمعیت از دست رفته در اثر همه‌گیری کووید-۱۹ را مشخص کرد؟ همه‌گیری در زمانی رخ داد که بسیاری از کشورهای در حال توسعه از جمله ایران در حال بهبود فرارونده‌های ثبت مدنی و آمار حیاتی (CRVS<sup>1</sup>) در قالب چارچوب‌های اقدام بین‌المللی (نظیر برنامه «همه‌دیده شویم<sup>2</sup>») و نیز برنامه‌های محلی هستند (به‌عنوان مثال، اجرای برنامه همه‌گیر «پوشش ثبت کامل وقایع حیاتی» در ایران از ۱۳۸۵).

در ایران تلاش‌های دامنه‌داری در سالیان اخیر برای پیاده‌سازی طبقه‌بندی بین‌المللی بیماری‌ها (ICD<sup>3</sup>) در فرا روند ثبت مدنی و بهبود وضعیت ثبت و ضبط علت‌های مرگ، در دست انجام است. شناسایی و ثبت دقیق مرگ‌های رخ داده با علت کووید-۱۹ در این شرایط و در حالی که نظام سلامت درگیر رسیدگی به همه‌گیری و عوارض آن است، دشواری مضاعفی پیش‌روی نظام‌های ثبت مدنی نهاده است. در ایران البته از اواسط اسفندماه ۱۳۹۸ (حدوداً دو هفته پس از اعلام همه‌گیری) کدهای مرتبط در پایگاه اطلاعات جمعیت کشور تعریف شد. همچنین حتی در شرایط قرنطینه کامل، فرا روند ثبت مدنی هیچ‌گاه متوقف نگردید. با این حال، مطالعات جزئی و کلی گذشته (از جمله محاسبات مربوط به مرگ و میر کمتر از یک‌سال در سالنامه آمارهای جمعیتی سازمان ثبت احوال) و وجود مرگ‌های اعلام شده با تأخیر بیش از یکسال در جداول سالانه منتشر شده، احتمال به تعویق افتادن ثبت مرگ‌های رخ داده و کم‌شماری مرگ‌های ثبت شده با علت کووید-۱۹ را محتمل می‌نماید.

از آن گذشته، برآورد مرگ‌های رخ داده در دوران همه‌گیری در ایران، اهمیتی مضاعف دارد. کشور در حال برنامه‌ریزی برای جبران کسری جمعیتی ناشی از کاهش میزان‌های باروری در سالیان اخیر و تلاش برای به تعویق انداختن ورود جمعیت به دوران پیری است. اما همه‌گیری، علاوه بر اثرات اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی، که نیازمند مطالعات جداگانه‌ای است، حداقل از نظر معادله توازن جمعیتی به ضرر رشد جمعیت کشور است. پس هرچه دقیق‌تر بتوان این خسارت را تخمین زد، احتمال برنامه‌ریزی دقیق‌تر معطوف به کاهش این خسارت، در ادامه همه‌گیری ممکن‌تر می‌گردد.

1- Civil Registration & Vital Statistics

2- Get everyone in the picture

3- International Classification of Diseases

«مرگ اضافه» اصطلاحی در اپیدمیولوژی و بهداشت عمومی است که اشاره به تعداد مرگ‌هایی که ممکن است در طی یک بحران فراتر از آنچه که انتظار می‌رفت تا در شرایط عادی مشاهده کنیم، دارد (کگی و رابرت، ۲۰۰۵). در دوران همه‌گیری، تعداد مرگ‌ها افزایش می‌یابد اما علت‌های مرگ ممکن است به‌طور دقیق ثبت نشود. در مورد کووید-۱۹ اصولاً ممکن است مرگ‌هایی بدون تشخیص علت (به‌دلیل در دسترس نبودن تست‌های قابل اعتماد) رخ داده و گزارش شود. بنابراین، کم‌شماری مرگ‌های مربوط به کووید-۱۹ به کم‌ثبتهای معمول نظام ثبت مدنی افزوده می‌شود و در این شرایط با قطعیت نمی‌توان از مرگ‌های رخ داده و گزارش شده با علت کووید-۱۹ سخن گفت. مرگ اضافه، اجمالاً اطلاعاتی در رابطه با مرگ‌هایی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به کووید-۱۹ نسبت داده می‌شوند، ارائه می‌دهد. بدیهی است همه‌گیری علاوه بر اثر مستقیم، باعث افزایش یا کاهش علت‌های دیگر مرگ نیز می‌شود (رائو، ۲۰۲۰؛ سائزلر و همکاران، ۲۰۲۰).

مرگ اضافه از تفاوت بین تعداد مرگ‌های مشاهده شده در یک دوره زمانی خاص و تعداد مرگ‌های مورد انتظار در همان دوره زمانی به‌دست می‌آید. روش‌های مختلفی برای محاسبه میزان مرگ اضافه وجود دارد که همگی بستگی به روش برآورد مرگ مورد انتظار در دوره شیوع همه‌گیری کووید-۱۹ دارد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش  $Z$ -score،  $p$ -score، سرانه (per capita) مرگ‌ومیر اضافه نام برد. اگر چه این شاخص‌ها ابزارهای مفیدی برای محاسبه میزان مرگ اضافه است، اما استفاده از آنها با محدودیت‌هایی از قبیل بیش برآوردی و یا کم برآوردی ناشی از عدم توجه به روند رشد جمعیت و یا مرگ‌ومیر، تفسیرپذیری دشوار و عدم امکان مقایسه‌پذیری بین مناطق مختلف همراه است (دنیای مای به روایت اعداد، ۲۰۲۰). اخیراً غفاری و همکاران (۲۰۲۰) از روش رگرسیون خطی تکه‌ای برای برآورد میزان مرگ اضافه و مقایسه بین استان‌های ایران استفاده کرده است. در این مقاله از مدل‌های سری زمانی در برآورد مرگ اضافه استفاده شده است. تاکنون نویسندگان متعددی از مدل‌های سری زمانی در جهت دست‌یابی به اهداف مختلفی در جهت شناسایی رفتار این اپیدمی استفاده کرده‌اند که از جمله آنها می‌توان به پیش‌بینی موارد تأیید شده مرگ‌ومیر و بهبود روزانه (خان و پیلز، ۲۰۱۸)، مدل‌بندی الگوهای سرایت ویروس (پورقاسمی و همکاران، ۲۰۲۰)، مدل‌بندی دینامیک و پویایی سرایت کووید-۱۹ (آگوستو و جودیچی، ۲۰۲۰) اشاره کرد.

۲۰۲۰) و تخمین نرخ مرگ‌ومیر ناشی از کووید-۱۹ (گشوارپور و گشوارپور، ۲۰۲۰) اشاره کرد.

### روش

در این بررسی، به منظور فراهم شدن امکان مقایسه‌پذیری نتایج این مقاله با منابع بین المللی، گزارشهای آماری برحسب ماههای میلادی استخراج شده است. با توجه به روند مرگ‌های جاری ضبط شده در پایگاه اطلاعات جمعیت کشور در فاصله زانویه ۲۰۱۰ (۱۱دی ماه سال ۱۳۸۸) تا دسامبر ۲۰۱۹ (۱۰ دی ماه ۱۳۹۸)، تعداد مرگ مورد انتظار از زمان شروع همه‌گیری در ایران (مارس، ۲۰۲۰، ۱۱ اسفندماه سال ۱۳۹۸) تا پایان سپتامبر ۲۰۲۱ (۸مهرماه سال ۱۴۰۰) با فرض عدم حضور بیماری کووید-۱۹ پیش‌بینی شده است. سپس مقدار مرگ اضافه در طول این دوره، از تفاضل تعداد مرگ‌های ماهانه پیش‌بینی شده از تعداد کل مرگ‌های ضبط شده در پایگاه به‌دست آمده است.

تمامی داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از «پایگاه اطلاعات جمعیت کشور» استخراج شده است. همچنین برای انجام تمام مراحل تحلیل، از نرم افزار R استفاده شده است. برای مدل‌بندی روند مرگ‌ومیر در فاصله سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ از مدل سری زمانی میانگین متحرک جمع بسته اتو-رگرسیو فصلی (SARIMA<sup>1</sup>) معرفی شده توسط باکس و جنکینس (۱۹۷۰) استفاده شده است. این مدل‌ها کلاس بسیار وسیعی از فرایندهای سری زمانی را که کاربرد گسترده‌ای در توصیف سری‌های زمانی گوناگون دارند دربرمی‌گیرند. الگوی فصلی ضربی کلی  $S(P,D,Q)(p,d,q)$  به صورت زیر است:

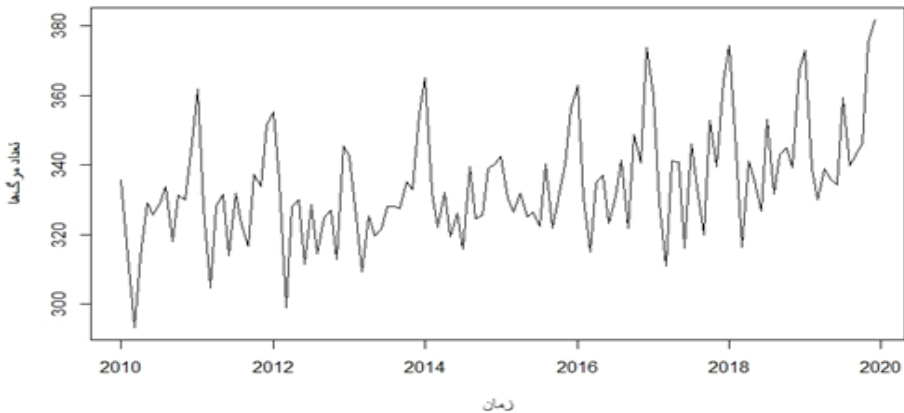
که در آن  $p$  و  $q$  به  $\Phi_p(B)\Phi_q(B^s)Z_t = c + \theta_q(B)\theta_q(B^s)$  و  $Q$  مرتبه اتو-رگرسیو و میانگین متحرک فصلی و پارمترهای  $d$  و  $D$  به ترتیب تعداد تفاضل‌های غیرفصلی و فصلی را نشان می‌دهند. عبارتهای  $\theta_q$ ،  $\Phi_p$ ،  $\Phi_q$  و  $\Theta_Q$  به ترتیب چندجمله‌هایی از مرتبه  $q$ ،  $P$ ،  $p$  و  $Q$  یک فرایند تصادفی محض،  $x_t$  مقدار سری زمانی در زمان  $t$ ، میانگین  $\mu$  و  $C$  مقدار ثابت است. همچنین  $\nabla_s^d = (1 - B^s)^d$  و  $B$  عملگر پسرو با ویژگی  $B^s x_t = x_{t-s}$  است.

از آنجا که پیش‌بینی‌های باکس و جنکینس با سری‌های زمانی ایستا سروکار دارند، بنابراین قبل از برآزش مدل باید داده‌ها از نظر نایستایی در واریانس و میانگین بررسی شوند. برای ایستایی داده‌ها از نظر واریانس از دستور BoxCox.lambda در پکیج forecast استفاده شده است. به‌منظور شناسایی بهترین مدل میانگین متحرک جمع بسته اتو-رگرسیون فصلی مناسب برای داده‌ها از دستور auto.arima در بسته پکیج forecast استفاده شده است. در این پکیج ابتدا مقادیر  $d$  و  $D$  براساس آزمون ریشه یکتای KPSS (کوکاسکی و همکاران، ۱۹۹۲) و آزمون کانوا و هنسن (کانوا و هنسن، ۱۹۹۵) به‌دست می‌آید. سپس برای تعیین مقادیر  $Q, q, P, p$  از یک الگوریتم گام به گام برای تعیین مدلی با کمترین مقدار AIC استفاده می‌شود. برای جزئیات بیشتر در مورد این الگوریتم به هیندمن و خانداکار (۲۰۰۸) مراجعه شود.

پس از انتخاب مدل مناسب، برای بررسی درستی تشخیص الگو، تحلیل باقی‌مانده‌ها با استفاده از آزمون پرت مانتو از بسته portes استفاده شد. جهت اطمینان از صحت الگو، الگوهای دیگری که دارای پارامترهای بیشتری هستند به داده‌ها برآزش داده شد. برای بررسی دقت الگوهای برآزش شده و انتخاب مدل مناسب، از معیار اطلاع آکائیک (AIC) و معیار اطلاع بییزی (BIC) استفاده شده است. بعد از انتخاب الگوی مناسب، برای پیش‌بینی تعداد مرگ مورد انتظار در فاصله مارس ۲۰۲۰ تا پایان سپتامبر ۲۰۲۱ از بسته forecast استفاده شده است.

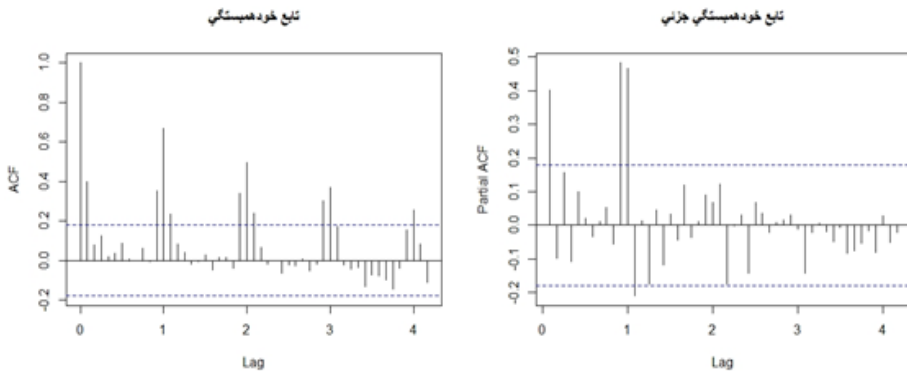
## نتایج

به منظور برطرف کردن نایستایی در واریانس سری تعداد مرگ‌های جاری ضبط شده، تبدیل باکس کاکس با مقدار  $\lambda = 0.5$  بر روی داده‌ها انجام شده است. نمودار سری زمانی، خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده‌های تبدیل شده در نمودار ۱ و ۲ نمایش داده شده است.



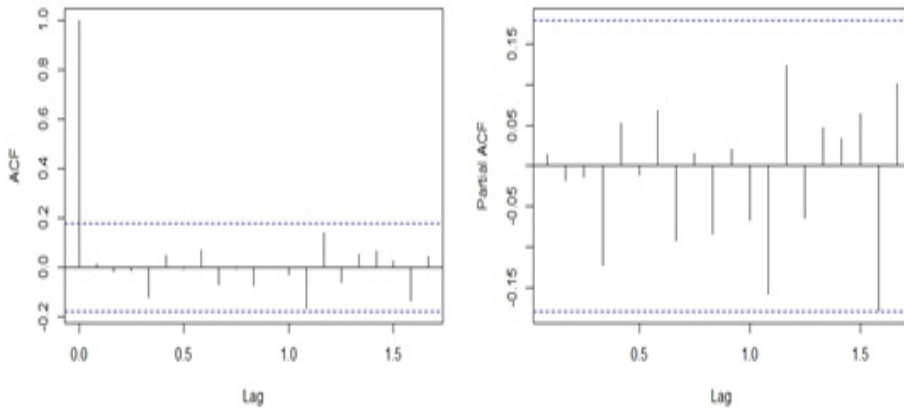
نمودار ۱- نمودار سری زمانی داده‌های مرگ‌های جاری تبدیل شده ( $\lambda = 0.5$ ) در فاصله ژانویه ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۱۹.

نمودار سری زمانی داده‌ها نشان می‌دهد، در هر سال میلادی و در ماه‌های دسامبر و ژانویه (آذر و دی ماه) تعداد مرگ‌های جاری به اوج خود می‌رسد و کمترین تعداد مرگ‌های جاری ضبط شده در ماه مارس هر سال میلادی (اسفند ماه) است. بنابراین می‌توان گفت داده‌های مرگ جاری ماهانه در هر سال تحت تاثیر یک پدیده فصلی ۱۲ ماهه است. همچنین نمودارهای خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی نیز نشان می‌دهد که داده‌ها از روند فصلی برخوردارند.



نمودار ۲- خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی سری زمانی تعداد مرگ‌های جاری تبدیل شده در فاصله ژانویه ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۱۹.

با فرض وجود الگوی فصلی در داده‌ها، و بیشینه  $p+q+P+Q=10$  بهترین مدل ایستای پیشنهادی برازش داده شده به داده‌ها به صورت  $SARIMA(3,0,0)_{12}(1,0,0)_{12}$  با  $\mu=335.84$  است. جهت تشخیص صحت الگو، تحلیل باقی‌مانده‌ها انجام شد. نمودار تابع خودهمبستگی برای باقی‌مانده‌های الگو در نمودار ۳ نشان می‌دهد که باقی‌مانده‌ها ناهمبسته‌اند. همچنین مقدار  $p$ -value آماره آزمون پرت مانتو برای تمامی تأخیرها بزرگتر از ۰.۰۵ است. پس فرض ناهمبسته بودن باقی‌مانده‌ها در تمامی تأخیرها پذیرفته می‌شود. الگوهای دیگری نیز به داده‌ها برازش داده شده (جدول ۱) که در نهایت با توجه به معیارهای AIC و BIC بهترین مدل برازش داده شده به داده‌های مرگ در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹، مدل  $SARIMA(3,0,0)_{12}(1,0,0)_{12}$  با  $\mu=335.84$  است.



نمودار ۳. نمودار خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌های مدل برازش داده شده به داده‌های مرگ جاری تبدیل شده.

جدول ۱- نتایج شاخص‌ها و معیارها برای مدل‌های پیشنهادی جایگزین.

مدل	AIC	BIC
SARIMA(2,0,0)(1,0,0) <sub>12</sub>	899.89	913.83
SARIMA(3,0,0)(0,0,0) <sub>12</sub>	990.53	1004.47
SARIMA(3,0,1)(1,0,0) <sub>12</sub>	896.53	916.04
SARIMA(3,0,0)(1,0,1) <sub>12</sub>	896.86	916.38
SARIMA(3,0,0)(1,0,0) <sub>12</sub>	896.02	912.74

برآورد پارمترهای مدل، خطای استاندارد و مقدار p-value پارامترها در جدول ۲ ارائه شده است. تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده با استفاده از مدل SARIMA(3,0,0)(1,0,0)<sub>12</sub> در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به جدول، تعداد کل مرگ‌ها تحت تأثیر بروز همه‌گیری در فاصله ماه‌های مارس ۲۰۲۰ تا سپتامبر ۲۰۲۱ بالاتر از مقدار مورد انتظار آنها در است. همچنین بیشترین تعداد مرگ‌های اضافه ضبط شده در چهارماه اول، دوم و سوم سال ۲۰۲۰ به ترتیب به ماه‌های مارس، ژوئیه و نوامبر اختصاص دارد که معادل با دوره اول، دوم و سوم اوج همه‌گیری کووید-۱۹ در ایران است.

جدول ۲- برآورد پارمترها، خطای استاندارد و مقدار p-value مدل برازش داده شده SARIMA(3,0,0)(1,0,0)<sub>12</sub>

پارامتر	ضرایب	خطای استاندارد	P-value
AR1	0.23	0.093	0.01
AR2	0.10	0.098	0.27
AR3	0.23	0.096	0.013
SAR1	0.80	0.052	0
$\mu$	335.84	7.576	0

□

در مارس ۲۰۲۰، تعداد مرگ‌های ضبط شده (۳۸۰۸۴ مرگ جاری ضبط شده) ۸۸۴۲ مورد بیشتر از تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده (۲۹۲۴۲) است. در نوامبر ۲۰۲۰ تعداد مرگ‌های

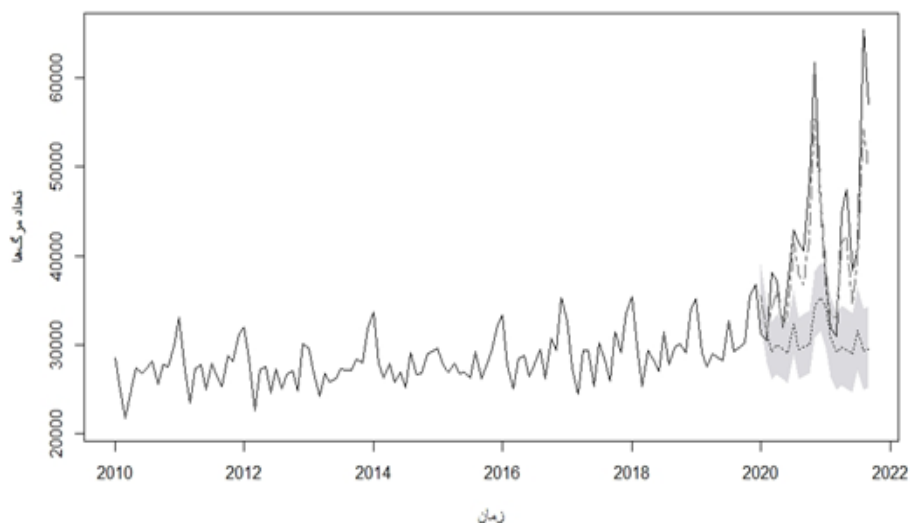
ضبط شده (۶۱۶۹۲) ۲۷۳۲۹ مورد بیشتر از تعداد مرگ پیش‌بینی شده (۳۴۳۶۳) است. ارزیابی تعداد مرگ‌های اضافه برآورد شده سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ نشان می‌دهد به‌جز دو ماه مارس و ژوئیه ۲۰۲۰، تعداد مرگ‌های اضافه برآورد شده سال ۲۰۲۱ به مراتب بیشتر از سال ۲۰۲۰ است. تعداد مرگ‌های اضافه در فاصله مارس تا سپتامبر ۲۰۲۰ برابر ۵۹۴۱۸ مورد است در حالی که در سال ۲۰۲۱ این مقدار برابر ۱۱۷۳۴۷ است؛ نزدیک به دو برابر مقدار آن در مدت مشابه سال قبل. همچنین بیشترین تعداد مرگ‌های اضافه سال ۲۰۲۱ نسبت به ماه مشابه آن در سال ۲۰۲۰، در ماه‌های اوت و سپتامبر ۲۰۲۱ رخ داده است. در حالت کلی و براساس نتایج به دست آمده برای دوره مارس ۲۰۲۰ تا سپتامبر ۲۰۲۱ تعداد ۲۳۷۰۵۶ مرگ اضافه برآورد شده است.

جدول ۳. تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده بر اساس مدل SARIMA، تعداد کل مرگ‌های جاری و مرگ‌های مربوط به کووید-۱۹، مارس ۲۰۲۰ تا سپتامبر ۲۰۲۱.

سال	ماه	تعداد کل مرگ‌های جاری ضبط شده	تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده بر اساس در صورت عدم وجود SARIMA مدل همه‌گیری	مرگ‌های اضافه	درصد مرگ‌های اضافه نسبت به تعداد پیش‌بینی شده
۲۰۲۰	مارس	۳۸۰۸۴	۲۹۲۴۲	۸۸۴۲	۳۰
	آوریل	۳۷۱۹۲	۲۹۹۵۳	۷۲۳۹	۲۴
	می	۳۱۹۱۹	۲۹۴۹۸	۲۴۲۱	۸
	ژوئن	۳۶۷۲۸	۲۹۰۱۷	۷۷۱۱	۲۷
	ژوئیه	۴۲۹۲۳	۳۲۳۷۵	۱۰۵۴۸	۳۳
	اوت	۴۱۳۹۳	۲۹۵۰۶	۱۱۸۸۷	۴۰
	سپتامبر	۴۰۵۶۶	۲۹۷۹۶	۱۰۷۷۰	۲۶
	اکتبر	۴۸۶۶۵	۳۰۱۸۳	۱۸۴۸۲	۶۱
	نوامبر	۶۱۶۹۲	۳۴۳۶۳	۲۷۳۲۹	۸۰
	دسامبر	۴۵۸۵۵	۳۵۳۰۰	۱۰۵۵۵	۳۰
۲۰۲۱	ژانویه	۳۷۱۴۳	۳۴۲۸۹	۲۸۵۴	۸
	فوریه	۳۱۸۸۴	۳۰۸۱۸	۱۰۶۶	۳
	مارس	۳۰۹۹۷	۲۹۱۷۳	۱۸۲۴	۶
	آوریل	۴۴۷۶۸	۲۹۷۳۲	۱۵۰۳۶	۵۱
	می	۴۷۵۱۵	۲۹۳۵۴	۱۸۱۶۱	۶۲
	ژوئن	۳۸۳۷۰	۲۸۹۵۶	۹۴۱۴	۳۳
	ژوئیه	۴۰۹۸۰	۳۱۶۴۹	۹۳۳۱	۲۹
	اوت	۶۵۴۰۵	۲۹۳۳۹	۳۶۰۶۶	۱۲۳
	سپتامبر	۵۷۰۸۳	۲۹۵۶۸	۲۷۵۱۵	۹۳
	کل	۸۱۹۱۶۲	۵۸۲۱۱۱	۲۳۷۰۵۱	-

### بحث و نتیجه‌گیری

در فاصله مارس ۲۰۲۰ تا سپتامبر ۲۰۲۱ تعداد ۲۳۷۰۵۱ مرگ اضافه برآورد شده است. همچنین در صورت عدم حضور همه‌گیری، تعداد کل مرگ‌های پیش‌بینی شده در اکتبر و نوامبر ۲۰۲۰ به ترتیب برابر ۳۰۱۸۳ و ۳۴۳۶۳ مورد است که ۳۸ و ۴۴ درصد کمتر از وضعیت کنونی آن و در حضور کرونا است. شواهدی وجود دارد که بروز همه‌گیری کووید-۱۹ سبب افزایش و یا کاهش تعداد مرگ‌های رخ داده با علت‌های مختلف شده است: مرگ‌های ناشی از حوادث غیرعمدی در نتیجه قرنطینه کاهش اما مرگ‌های به دلیل بیماری‌های مزمن، مصرف بیش از حد دارو و خودکشی افزایش یافته است (رائو، ۲۰۲۰، سایزلرو همکاران، ۲۰۲۲). با ارزیابی‌های اولیه انجام شده بر روی داده‌های مرگ ضبط شده در پایگاه اطلاعات جمعیتی کشور در سال ۱۳۹۹ و مقایسه آن با سال‌های قبل از آن، به نتایج مشابهی می‌رسیم. برآوردها در عدم حضور بیماری کووید-۱۹، افزایش تعداد مرگ‌ها در فاصله مارس ۲۰۲۰ تا سپتامبر ۲۰۲۱ را پیش‌بینی می‌کند، اما نه به تعدادی که در عمل ضبط شده است. با توجه به نوسان‌های ضبط مرگ‌های معوقه در سالیان مختلف و ضرورت ثبات در وضعیت نظام ثبت مدنی برای برآزش مدل مناسب، تعداد مرگ‌های جاری ضبط شده در فاصله ژانویه ۲۰۱۰ تا دسامبر ۲۰۱۹ برای بررسی سری زمانی در نظر گرفته شده است. همچنین مدل با لحاظ تغییرات فصلی داده‌های مرگ‌ومیر تنظیم شده و از این‌رو از تناسب زیادی برای برآزش به داده‌ها برخوردار است. نکته قابل توجه در مدل برآزش شده آن است که تحلیل انجام شده محدود به کل کشور است. بدیهی است در بررسی وضعیت استان‌ها ممکن است نتایج متفاوتی رقم بخورد. همچنین امکان طبقه‌بندی مرگ‌های اضافه به تفکیک علت در داده‌های استفاده شده در این مطالعه وجود ندارد.



نمودار ۴- سری زمانی تعداد مرگ‌های جاری ضبط شده (خط پیوسته مشکی)، تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده با لحاظ تعداد مرگ‌های کووید-۱۹ به‌طور رسمی گزارش شده (دو خط فاصله خاکستری)، تعداد مرگ‌های پیش‌بینی شده بدون لحاظ تعداد مرگ‌های کووید-۱۹ به‌طور رسمی گزارش شده (نقطه) و بازه اطمینان ۹۵ درصد (قسمت سایه‌دار) با استفاده از مدل SARIMA.

## منابع:

- Checchi, F., & Roberts, L. (2005). Interpreting and using mortality data in humanitarian emergencies. *Humanitarian Practice Network*, 52.
- <https://ourworldindata.org/covid-excess-mortality>
- Ghafari, M., Kadivar, A., & Katzourakis, A. (2020). Excess deaths associated with the Iranian COVID-19 epidemic: a province-level analysis. *medRxiv*.
- Khan, F., & Pilz, J. (2018). Modelling and sensitivity analysis of river flow in the Upper Indus Basin, Pakistan. *International Journal of Water*, 12(1), 1- 21..
- Pourghasemi, H. R., Pouyan, S., Farajzadeh, Z., Sadhasivam, N., Heidari, B., Babaei, S., & Tiefenbacher, J. P. (2020). Assessment of the outbreak risk, mapping and infection behavior of COVID-19: Application of the autoregressive integrated-moving average (ARIMA) and polynomial models. *Plos one*, 15(7), e0236238.
- Agosto, A., & Giudici, P. (2020). A poisson autoregressive model to understand COVID-19 contagion dynamics. *Risks*, 8(3), 77.
- Goshvarpour, A., & Goshvarpour, A. (2020). Estimation of Covid-19 Mortality Rate in Iran using the Autoregressive Model, 13(4), 11- 21.
- 8- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1970). *Control*. Halden-Day, San Francisco.
- Kwiatkowski D, Phillips PC, Schmidt P, Shin Y (1992). "Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root." *Journal of Econometrics*, 54, 159 - 178.
- Canova F, Hansen BE (1995). "Are Seasonal Patterns Constant Over Time? A Test for Seasonal Stability." *Journal of Business and Economic Statistics*, 13, 237–252
- Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: the forecast package for R. *Journal of statistical software*, 27(3), 1- 22.
- Rao, A. (2020). "People are Dying at Home": Virus Fears Deter Seriously Ill from Hospitals. *The Guardian*.
- CZEISLER, Mark É., et al. Mental health, substance use, and suicidal ideation during the COVID-19 pandemic—United States, June 24–30, 2020. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2020, 69.32: 1049.