

## ارزشیابی عملکرد الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی در کشف دو مورد طغیان سرخک، با استفاده از رویکرد آزمون داده‌های واقعی

منوچهر کرمی<sup>۱</sup>، حمید سوری<sup>۲</sup>، یدالله محرابی<sup>۳</sup>، علی اکبر حقدوست<sup>۴</sup>، محمد مهدی گویا<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دوره دکتری تخصصی اپیدمیولوژی، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> استاد اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها و گروه اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> استاد آمار زیستی، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات مدل‌سازی سلامت و گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ایران

<sup>۵</sup> استاد بیماری‌های عفونی، مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران

نویسنده رابط: حمید سوری، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران. تلفن: ۲۲۴۳۱۹۹۳، پست الکترونیک: hsoori@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۵؛ پذیرش: ۹۱/۳/۶

**مقدمه و اهداف:** به‌کارگیری رویکرد ارزشیابی روش‌های کشف طغیان بر مبنای داده‌های واقعی، در مقایسه با رویکردهای دیگر، از بالاترین میزان روایی برخوردار است. مطالعه حاضر با هدف ارزشیابی عملکرد الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی (EWMA)، با استفاده از روش‌شناسی ارزشیابی بر مبنای داده‌های واقعی در کشف به‌هنگام دو مورد طغیان محلی انجام شده است. **روش کار:** برای کشف به‌هنگام دو مورد طغیان سرخک در شهرهای مشهد و بندرعباس از الگوریتم کشف طغیان EWMA 1 و EWMA 2 به ترتیب با پارامترهای هموارسازی ۰/۳ و ۰/۶ استفاده شد. این الگوریتم‌ها بر داده‌های موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک، طی یک هفته پیش و بعد از طغیان یاد شده، اعمال شد. سپس، عملکرد آن‌ها با رویکرد ارزشیابی بر مبنای داده‌های واقعی بررسی شد و چگونگی عملکرد آن در کشف به‌هنگام طغیان‌ها با روش‌شناسی تجزیه و تحلیل همبستگی گزارش می‌شود. **نتایج:** یافته‌های حاصل از بکارگیری الگوریتم‌های EWMA، در کشف به‌هنگام طغیان شهر مشهد بیان‌گر عملکرد نامطلوب آن‌ها با تأخیر دو تا هفت روز بود. عملکرد این الگوریتم‌ها در کشف به‌هنگام طغیان شهر بندرعباس مناسب بود. بالاترین مقدار همبستگی برای الگوریتم EWMA 2 در کشف طغیان شهر مشهد در تأخیر روز دوم و برابر با ۰/۶۰ مشاهده گردید. **نتیجه‌گیری:** استفاده از الگوریتم EWMA در سطوح محیطی نظام مراقبت و برای کشف به‌هنگام طغیان‌های کوچک و محلی توصیه نمی‌شود. با این حال، ویژگی‌های مربوط به داده‌ها تعیین‌کننده عملکرد روش‌های کشف طغیان هستند. **واژگان کلیدی:** طغیان، سرخک، نظام مراقبت، الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی، ایران

### مقدمه

بالاتر گزارش می‌کند. این موارد باید در کمتر از ۴۸ ساعت بررسی شوند و نمونه‌های تهیه شده از ناحیه حلق و بینی و ادرار افراد مشکوک به ابتلا به این بیماری، برای بررسی آزمایشگاهی به آزمایشگاه مرجع سرخک در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران ارسال می‌گردد. در صورتی که هیچ موردی از ابتلا به بیماری یافت نشود، گزارش صفر موارد، به صورت هفتگی، اجباری است (۳).

پاسخ به‌هنگام به بیماری‌های نوپدید و طغیان‌ها یکی از مهم‌ترین اولویت‌های بهداشت عمومی و نظام‌های سلامت است. با توجه به محدودیت نظام‌های مراقبت معمول در کشف به‌هنگام

طغیان‌های ناشی از بیماری سرخک با وجود واکسن مؤثر برای آن، در سراسر جهان در حال رخداد است (۱). اگرچه اکنون در کشور ایران، استراتژی هدف حذف بیماری است، ولی طغیان‌های محلی و موارد تک‌گیر بیماری طی سال‌های اخیر، به دلیل تجمع افراد حساس به بیماری و میزان حمله ثانوی بالای ویروس وقوع یافته است (۲). سرخک در گروه بیماری‌های دارای قابلیت گزارش دهی<sup>۱</sup> تلفنی (فوری) قرار دارد. نظام مراقبت از سرخک در کشور ایران همه موارد مشکوک به سرخک، یعنی افراد دارای علائم بالینی تب و بثورات جلدی ماکولوپاپولر رابه صورت روزانه به سطوح

<sup>۱</sup>Notifiable Diseases

به کار گرفته در این مطالعه، برای ارزشیابی عملکرد الگوریتم کشف طغیان، داده‌های مربوط به موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک به عنوان منبع داده برای به کارگیری الگوریتم کشف طغیان، و داده‌های مربوط به دو طغیان واقعی در شهرهای مشهد و بندرعباس، به عنوان معیار طلایی برای ارزشیابی عملکرد الگوریتم کشف طغیان، به شرح زیر استفاده شدند.

### منبع داده استفاده شده برای به کارگیری الگوریتم کشف طغیان

داده‌های موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک، به عنوان منبع داده پیش از تشخیص قطعی در نظام مراقبت از این بیماری، شامل افراد دارای علائم بالینی تب و بثورات جلدی ماکولوپاپولر و یکی از علائم سرفه یا آبریزش بینی یا قرمزی ملتحمه هستند که به صورت روزانه از سوی سطوح محیطی نظام مراقبت محل وقوع طغیان‌ها در شهرهای مشهد و بندرعباس، به مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی طی سال ۱۳۸۹ و در فاصله یک هفته پیش از شروع تا یک هفته پس از پایان طغیان، گزارش شده‌اند. دوره زمانی یاد شده با احتساب یک هفته پیش و پس از طغیان برای شهر مشهد، از تاریخ ۸ تیر تا ۱۳ مرداد سال ۱۳۸۹ بوده است. این دوره برای شهر بندرعباس از ۱۹ فروردین تا ۴ خرداد سال ۱۳۸۹ بوده است.

### منبع داده استفاده شده، به عنوان معیار طلایی برای ارزشیابی عملکرد الگوریتم کشف طغیان

اطلاعات مربوط به وقوع دو مورد طغیان واقعی در شهرهای مشهد و بندرعباس طی سال ۱۳۸۹ شامل زمان شروع و پایان همه‌گیری و موارد قطعی بیماری سرخک طی طغیان به صورت روزانه از مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی گرفته شد. طغیان بیماری سرخک در شهر مشهد، از تاریخ ۱۵ تیر تا ۶ مرداد ۱۳۸۹ و طغیان شهر بندرعباس از تاریخ ۲۶ فروردین تا ۲۸ اردیبهشت ۱۳۸۹، ادامه داشته است. تعداد کل موارد تأیید شده بیماری سرخک در طغیان شهرهای مشهد و بندرعباس، به ترتیب ۲۴ و ۷ مورد گزارش شده است.

طغیان‌ها و در عمل، مبتنی بودن آن‌ها بر تشخیص قطعی موارد بیماری، نظام مراقبت سندرومیک<sup>۱</sup> که مهم‌ترین ویژگی آن شناسایی زود هنگام طغیان‌هاست، شکل گرفته است (۴). ابزار نظام‌های مراقبت سندرومیک برای پایش تغییرات در روند بیماری‌ها، الگوریتم‌ها یا روش‌های کشف طغیان هستند که در دو گروه روش‌های زمانی و مکانی قرار می‌گیرند (۵). یکی از شناخته شده‌ترین روش‌ها یا الگوریتم‌های استفاده شده از سوی نظام‌های مراقبت سندرومیک برای شناسایی طغیان یا هرگونه تغییر در روند بیماری، الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی<sup>۲</sup> (EWMA) است که در گروه روش‌های مبتنی بر کنترل فرایندهای آماری قرار می‌گیرد و در شناسایی تغییرات کوچک و پایدار در روند بیماری، بسیار کارا است (۷-۵). اگرچه دست‌اندرکاران نظام مراقبت سرخک در کشور داده‌های موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک در تمامی سطوح را، به عنوان یک منبع بالینی مورد استفاده در نظام مراقبت با رویکرد سندرومیک، گردآوری می‌کنند ولی براساس دانش نویسندگان، هیچ‌کدام از روش‌های کشف طغیان مورد استفاده در نظام‌های مراقبت سندرومیک به طور معمول استفاده نمی‌شوند (۳). از سویی، ارزشیابی عملکرد روش‌های کشف طغیان با بهره‌گیری از رویکرد ارزشیابی بر مبنای داده‌های واقعی<sup>۳</sup>، نسبت به دو روش دیگر، یعنی رویکرد شبیه‌سازی و نیمه شبیه‌سازی از روایی بیشتری برخوردار است. از این رو، مطالعه حاضر با هدف ارزشیابی عملکرد الگوریتم EWMA با استفاده از روش‌شناسی ارزشیابی، بر مبنای داده‌های واقعی در کشف به هنگام دو مورد طغیان واقعی که طی سال ۱۳۸۹ در شهرهای مشهد و بندرعباس وقوع یافته است، انجام شد.

### روش کار

روش بررسی در پژوهش حاضر، یک مطالعه توصیفی است که با استفاده از رویکرد تجزیه و تحلیل همبستگی، عملکرد الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی در کشف دو مورد طغیان سرخک را ارزشیابی کرده است. با توجه به اهداف مطالعه حاضر و ملزومات روش‌شناسی تجزیه و تحلیل همبستگی<sup>۴</sup> به عنوان رویکرد

<sup>۱</sup> Syndromic Surveillance System

<sup>۲</sup> The Exponentially Weighted Moving Average

<sup>۳</sup> Real data testing procedure

<sup>۴</sup> Correlation Analysis

### الگوریتم کشف طغیان

در این مطالعه برای کشف دو مورد طغیان واقعی با استفاده از

گفتنی است از آنجا که بکارگیری الگوریتم‌های مبتنی بر کنترل فرآیندهای آماری، از جمله EWMA روی داده‌های خام موارد مشکوک به سرخک، به دلیل عدم رعایت پیش‌فرض‌های مربوط به این الگوریتم، یعنی فرض نرمال بودن داده‌ها ممکن است به رخداد هشدارهای کاذب منجر گردد، در این مطالعه پیش از به کارگیری الگوریتم داده‌ها با استفاده از میانگین متحرک (۳ روز) هموارسازی شده است. بدین ترتیب که از داده‌های سه روزه مربوط به موارد مشکوک به سرخک میانگین گرفته شد و این مقدار به جای تعداد موارد مشکوک به سرخک در روز سوم در نظر گرفته شد.

### رویکرد ارزشیابی عملکرد الگوریتم کشف طغیان

برای ارزشیابی عملکرد الگوریتم EWMA در کشف به هنگام طغیان‌های یاد شده، رویکرد تجزیه و تحلیل همبستگی به کار گرفته شد (۹)، به طوری که در این رویکرد، نمودار خطی سری زمانی موارد مشکوک به سرخک، در کنار نمودار سری زمانی یک معیار طلایی که دارای روایی ظاهری بوده و در این مطالعه، موارد قطعی بیماری سرخک طی دو مورد طغیان واقعی است، ترسیم گردید. همچنین، برای تعیین بیشترین مقدار همبستگی بین موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک و منبع استفاده شده به عنوان معیار طلایی، یعنی موارد قطعی بیماری سرخک طی طغیان‌ها، از تابع همبستگی متقاطع<sup>۳</sup> در زمان‌های تأخیر تا ۷ روز استفاده گردید. همبستگی متقاطع در واقع یک شاخص اندازه‌گیری شباهت بین دو سری زمانی است. در این مطالعه، شباهت سری زمانی موارد مشکوک به سرخک با سری زمانی موارد تأیید شده سرخک طی دوره طغیان با استفاده از تابع همبستگی متقاطع بررسی شده است. بالا بودن مقادیر همبستگی دو سری زمانی در فاصله زمانی که نقطه اوج سری زمانی مربوط به موارد مشکوک به سرخک زودتر از نقطه اوج سری زمانی معیار طلایی باشد بیان‌گر عملکرد مطلوب الگوریتم در کشف به هنگام طغیان است (۱۰). محاسبه میانگین‌های متحرک و دیگر شاخص‌های مرکزی و پراکندگی با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۰۷ صورت گرفت. برای ترسیم نمودارهای خطی و تابع همبستگی متقاطع از نرم‌افزار Stata نسخه ۱۰ استفاده گردید.

### یافته‌ها

#### یافته‌های بکارگیری الگوریتم کشف طغیان در شناسایی

داده‌های موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک، از الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی که به اختصار EWMA نامیده شده، استفاده شده است. در واقع این الگوریتم یک میانگین وزن داده شده از آماره مورد نظر (در این مطالعه، تعداد موارد مشکوک به سرخک) را پایش می‌کند. به سخن دیگر، این الگوریتم یک آماره روزانه از تعداد موارد مشکوک به سرخک را با استفاده از فرمول زیر، برآورد می‌کند (۸):

$$EWMA_t = \lambda Y_t + (1 - \lambda) EWMA_{t-1}$$

که در آن:

$Y_t$  تعداد موارد مشاهده شده روزانه مشکوک به سرخک در روز  $t$  است ( $t = 1, 2, \dots, n$ )

$\lambda$  پارامتر هموارسازی است که در این مطالعه، مقدار این پارامتر در الگوریتم EWMA1 برابر با ۰/۳ و در الگوریتم EWMA2 برابر با ۰/۶ در نظر گرفته شده است. از آنجا که مقدار پارامتر هموارسازی بین صفر تا یک متغیر است، در این مطالعه، مقادیر ۰/۳ و ۰/۶ طی فرایند تحلیل حساسیت و آزمون دیگر مقادیر ممکن روی داده‌ها، از سوی نویسندگان به عنوان مناسب‌ترین مقدار برای داده‌های مورد مطالعه، انتخاب گردیدند.

$EWMA_{t-1}$  آماره برآورد شده در زمان  $t-1$ ، یعنی یک روز پیش از زمان مورد نظر است.

پس از محاسبه  $EWMA_t$ ، در صورتی که مقدار آن بزرگ‌تر از سطح آستانه باشد، به عنوان هشدار وقوع طغیان قلمداد می‌گردد. حد بالای کنترل<sup>۴</sup> به عنوان سطح آستانه، به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود و در صورتی که مقدار  $EWMA_t$  بزرگ‌تر از آن باشد، هشدار طغیان اعلان می‌گردد.

$$\text{Upper Control Limit} = EWMA_0 + k \times \sigma_{EWMA}$$

که در آن  $k$  عدد ثابت است و در این مطالعه ۲ انتخاب شده است.  $\sigma_{EWMA}$  انحراف معیار مقادیر برآورد شده EWMA در زمان  $t$  تا  $t_n$  (یعنی زمان حال تا زمان مورد نظر در یک سری زمانی) است.  $EWMA_0$  نیز با استفاده از متوسط موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک در شرایط معمول و عدم وقوع همه‌گیری طی سال ۱۳۸۹، برای شهرهای مشهد و بندرعباس محاسبه شده است. در مطالعه حاضر مقدار سطح آستانه که در نمودارهای قسمت نتایج با خط مرجع نشان داده شده است، برای شهر مشهد برابر با ۱/۵ و برای شهر بندرعباس ۰/۷۵ محاسبه گردید.

<sup>۱</sup>Fine-tuning approach

<sup>۲</sup>Upper Control Limit

<sup>۳</sup> Cross correlation function

## طغیان شهر مشهد

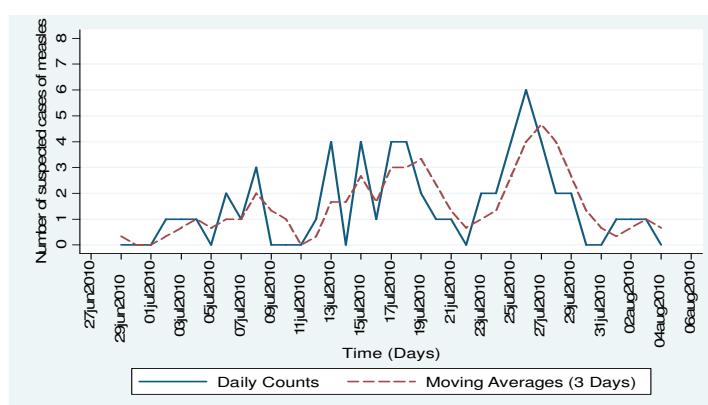
فراوانی موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک در دوره زمانی یک هفته پیش تا یک هفته پس از وقوع طغیان، به عنوان منبع داده استفاده شده توسط الگوریتم EWMA، برای کشف طغیان واقعی بیماری سرخک در شهر مشهد در نمودار یک ترسیم شده است. همچنین، در این نمودار، روند هموار شده (Smoothing) موارد گزارش شده مشکوک به سرخک با استفاده از میانگین‌های متحرک (۳ روز) نیز ترسیم شده است. به طور کلی، متوسط تعداد موارد گزارش شده مشکوک به سرخک در دوره زمانی یاد شده در شهر مشهد ۱/۵۱ مورد با انحراف معیار ۱/۵۹ مورد بوده است. مشاهده روند گزارش موارد مشکوک به سرخک از زمان شروع طغیان دارای نوسان و تقریباً افزایشی بوده و با پایان دوره طغیان نیز، کاهش یافته است (نمودار شماره ۱).

نتایج حاصل از آزمون الگوریتم EWMA1 با پارامتر هموارسازی ۰/۳ در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، سری زمانی الگوریتم EWMA1 همراه با سری زمانی معیار طلایی استفاده شده برای ارزشیابی عملکرد این الگوریتم ترسیم شده است. هنگامی که مقادیر الگوریتم از خط مرجع یا سطح آستانه هشدار وقوع طغیان (۱/۵) که با رنگ قرمز در نمودار مشخص شده است، بزرگ‌تر باشند، بیان‌گر اعلان هشدار وقوع طغیان از سوی الگوریتم است. مشاهده این نمودار بیان‌گر اعلان هشدار وقوع طغیان از سوی الگوریتم EWMA1 با تأخیر حدود یک هفته از شروع طغیان واقعی بیماری

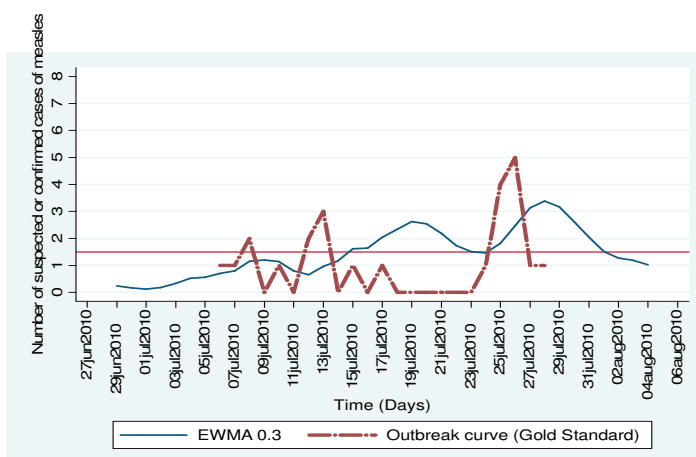
در شهر مشهد است (نمودار شماره ۲).

نتایج حاصل از به‌کارگیری الگوریتم EWMA2 با پارامتر هموارسازی ۰/۶ در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است. در این نمودار نیز، سری زمانی الگوریتم EWMA2 و سری زمانی معیار طلایی استفاده شده برای ارزشیابی عملکرد این الگوریتم ترسیم گردیده است. سطح آستانه برای اعلان هشدار وقوع طغیان از سوی الگوریتم EWMA2 برابر با ۱/۵ است. مشاهده نمودار مربوط بیان‌گر عدم اعلان هشدار به هنگام توسط این الگوریتم برای وقوع طغیان در شهر مشهد است، به طوری که الگوریتم یاد شده با تأخیر دو روز از زمان شروع طغیان بر مبنای معیار طلایی، اعلان هشدار کرده است.

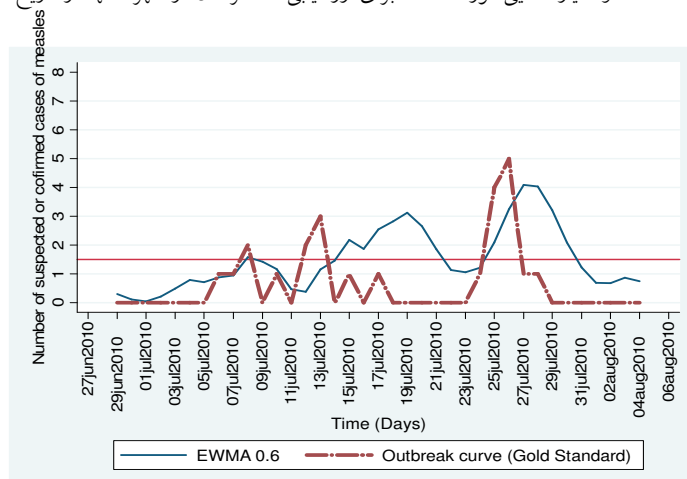
مقادیر بیشینه همبستگی محاسبه شده با استفاده از تابع همبستگی متقاطع برای الگوریتم EWMA1 و معیار طلایی برابر با ۰/۴۱ در تأخیر دو روزه بود. کمترین مقدار همبستگی در این الگوریتم برابر با ۰/۱۳ و در تأخیر روز سوم مشاهده گردید. مقادیر متناظر برای الگوریتم EWMA2، نسبت به معیار طلایی، برابر با ۰/۶۰ در تأخیر دو و ۰/۰۳ در تأخیر روز پنجم بود. در نمودار شماره ۴ تابع همبستگی متقاطع بین مقادیر الگوریتم EWMA2، نسبت به موارد قطعی سرخک طی دوره طغیان، به عنوان معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی ترسیم شده است.



نمودار شماره ۱- نمودار خطی موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک و میانگین‌های متحرک (۳ روزه) شهر مشهد، از تاریخ ۸ تیر تا ۱۳ مرداد سال ۱۳۸۹



نمودار شماره ۲- سری زمانی الگوریتم EWMA 1 و معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی عملکرد آن در شهر مشهد از تاریخ ۸ تیر تا ۱۳ مرداد ۱۳۸۹



نمودار شماره ۳- سری زمانی الگوریتم EWMA2 و معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی عملکرد آن در شهر مشهد، از تاریخ ۸ تیر تا ۱۳ مرداد ۱۳۸۹

مشاهده این نمودار نیز بیانگر عملکرد ضعیف الگوریتم EWMA2، در کشف به هنگام طغیان رخ داده در شهر مشهد است (نمودار شماره ۴).

**یافته‌های بکارگیری الگوریتم کشف طغیان در شناسایی طغیان شهر بندرعباس**

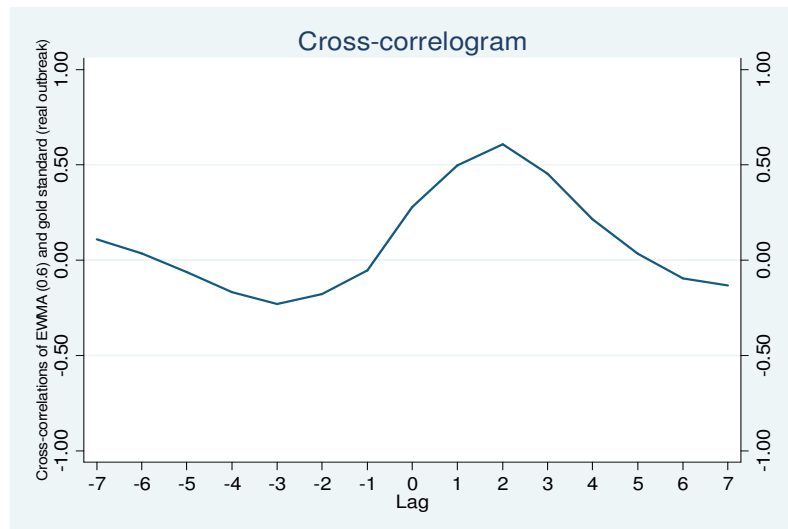
فراوانی موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک در دوره زمانی یک هفته پیش تا یک هفته پس از وقوع طغیان (از نوزدهم فروردین تا چهارم خرداد ۱۳۸۹)، به عنوان منبع داده مورد استفاده در الگوریتم EWMA، برای کشف طغیان واقعی بیماری سرخک در شهر بندرعباس در نمودار شماره ۵ ترسیم شده است. روند هموار شده موارد گزارش شده مشکوک به سرخک با استفاده از میانگین‌های متحرک (۳ روز) نیز در این نمودار ترسیم شده است.

متوسط تعداد موارد گزارش شده مشکوک به سرخک در دوره زمانی یاد شده در شهر بندرعباس، ۰/۷۳ مورد با انحراف معیار ۱/۰۲ مورد بوده است. مشاهده روند گزارش موارد مشکوک به سرخک پیش از شروع طغیان افزایشی بوده و هنگام رخداد تا پایان دوره طغیان نیز، به طور یکنواخت و رو به کاهش، ادامه یافته است (نمودار شماره ۵).

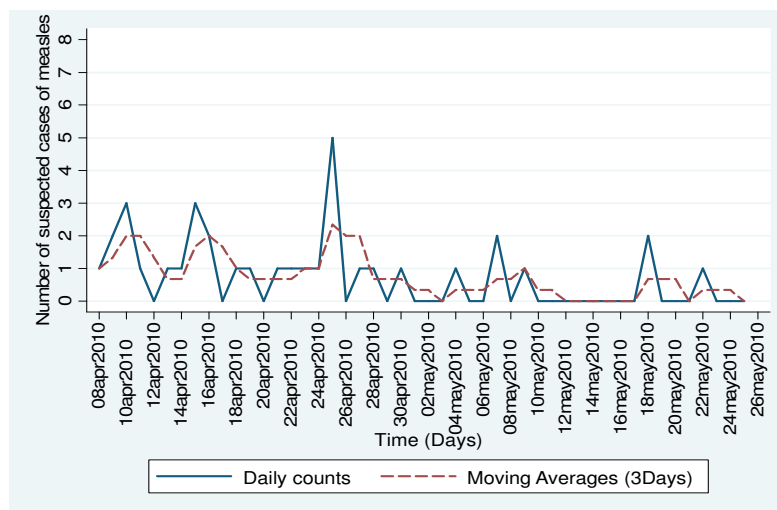
نتایج حاصل از آزمون الگوریتم EWMA1 با پارامتر هموارسازی ۰/۳ در نمودار شماره ۶ نشان داده شده است. در این نمودار، سری زمانی الگوریتم EWMA1 همراه با سری زمانی معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی عملکرد این الگوریتم، ترسیم گردیده است. هنگامی که مقادیر الگوریتم از خط مرجع یا سطح آستانه هشدار وقوع طغیان (۰/۷۵) که با رنگ قرمز در نمودار مشخص شده است، بزرگ‌تر باشند، بیانگر اعلان هشدار وقوع طغیان توسط الگوریتم است.

متوسط تعداد موارد گزارش شده مشکوک به سرخک در دوره زمانی یاد شده در شهر بندرعباس، ۰/۷۳ مورد با انحراف معیار ۱/۰۲ مورد بوده است. مشاهده روند گزارش موارد مشکوک به سرخک پیش از شروع طغیان افزایشی بوده و هنگام رخداد تا پایان دوره طغیان نیز، به طور یکنواخت و رو به کاهش، ادامه یافته است (نمودار شماره ۵).

نتایج حاصل از آزمون الگوریتم EWMA1 با پارامتر هموارسازی ۰/۳ در نمودار شماره ۶ نشان داده شده است. در این نمودار، سری زمانی الگوریتم EWMA1 همراه با سری زمانی معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی عملکرد این الگوریتم، ترسیم گردیده است. هنگامی که مقادیر الگوریتم از خط مرجع یا سطح آستانه هشدار وقوع طغیان (۰/۷۵) که با رنگ قرمز در نمودار مشخص شده است، بزرگ‌تر باشند، بیانگر اعلان هشدار وقوع طغیان توسط الگوریتم است.



نمودار شماره ۴- نمودار تابع همبستگی متقاطع مقادیر الگوریتم EWMA 2 نسبت به موارد قطعی سرخک طی دوره طغیان شهر مشهد



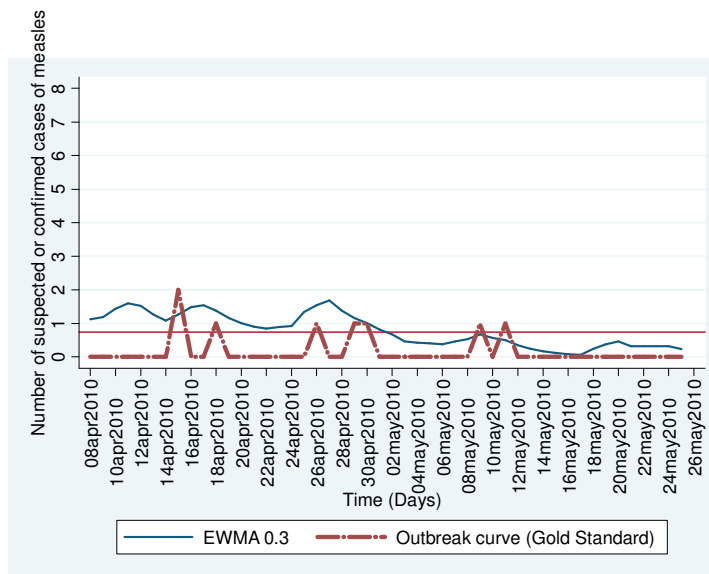
نمودار شماره ۵- نمودار خطی موارد گزارش شده روزانه مشکوک به سرخک و میانگین‌های متحرک (۳ روزه) شهر بندرعباس، از تاریخ ۱۹ فروردین تا ۴ خرداد ۱۳۸۹

نمودار نیز، سری زمانی الگوریتم EWMA2 و سری زمانی معیار طلایی استفاده شده برای ارزشیابی عملکرد این الگوریتم ترسیم گردیده است. سطح آستانه برای اعلان هشدار وقوع طغیان توسط الگوریتم EWMA2، برابر با  $0.75$  است. مشاهده نمودار مربوط نشان‌گر اعلان هشدار مشابه با EWMA1، توسط این الگوریتم برای وقوع طغیان در شهر بندرعباس است، به طوری که الگوریتم یاد شده از کارایی مناسب برخوردار بوده و یک هفته پیش از زمان شروع طغیان بر مبنای معیار طلایی، اعلان هشدار کرده است. با این وجود، در ادامه وقوع طغیان هیچ گونه اعلان هشدار توسط

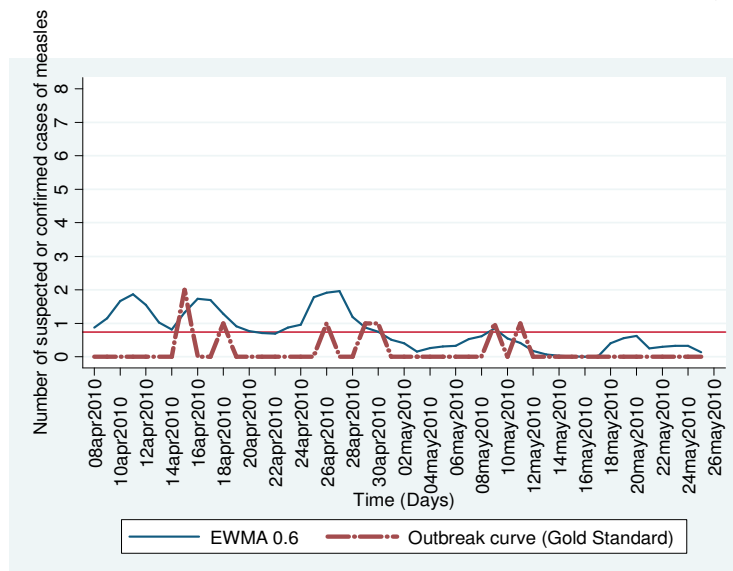
مشاهده این نمودار نشان‌گر اعلان هشدار وقوع طغیان توسط الگوریتم EWMA1 از یک هفته پیش از شروع طغیان واقعی بیماری تا دو هفته ابتدایی طغیان در شهر بندرعباس است (نمودار شماره ۶). از این رو، الگوریتم EWMA1 در شناسایی به هنگام طغیان یاد شده از عملکردی مناسب برخوردار بوده، ولی طی دوره طغیان و پس از هفته دوم اعلان، هشدار نداشته است. نتایج حاصل از بکارگیری الگوریتم EWMA2 با پارامتر هموارسازی  $0.6$  در نمودار شماره ۷ نشان داده شده است. در این

این نمودار نیز بیانگر عملکرد نامطلوب الگوریتم EWMA1 در کشف به هنگام طغیان وقوع یافته در شهر بندرعباس است (نمودار شماره ۸). مقادیر متناظر برای الگوریتم EWMA2، نسبت به معیار طلایی برابر با ۰/۱۹ در تأخیر یک بود. کمترین مقدار همبستگی نیز در تأخیر دوم برابر با ۰/۰۶ شد.

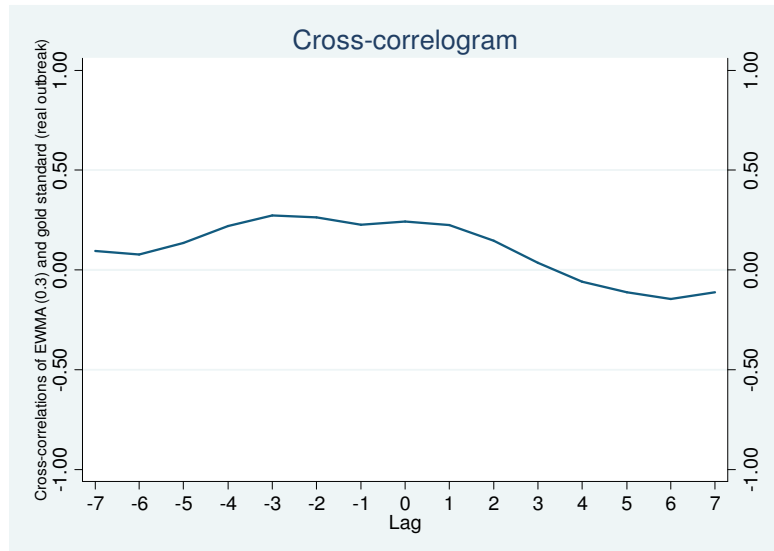
این روش کشف طغیان صورت نگرفته است. مقادیر بیشینه همبستگی محاسبه شده با استفاده از تابع همبستگی متقاطع برای الگوریتم EWMA1 و معیار طلایی برابر با ۰/۲۲ در تأخیر یک بود. کمترین مقدار همبستگی در این الگوریتم برابر با ۰/۰۳ و در تأخیر سوم مشاهده شد. در نمودار شماره ۸ تابع همبستگی متقاطع بین مقادیر الگوریتم EWMA1، نسبت به موارد قطعی سرخک طی دوره طغیان، به عنوان معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی ترسیم شده است. مشاهده



نمودار شماره ۶- سری زمانی الگوریتم EWMA 1 و معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی عملکرد آن در شهر بندرعباس، از تاریخ ۱۹ فروردین تا ۴ خرداد ۱۳۸۹



نمودار شماره ۷- سری زمانی الگوریتم EWMA 2 و معیار طلایی مورد استفاده برای ارزشیابی عملکرد آن در شهر بندرعباس، از تاریخ ۱۹ فروردین تا ۴ خرداد ۱۳۸۹



نمودار شماره ۸- نمودار تابع همبستگی مقاطع مقادیر الگوریتم EWMA 1، نسبت به موارد قطعی سرخک، طی دوره طغیان شهر بندرعباس

## بحث

شامل فروش الکترولیت‌ها و تشخیص‌های بیمارستانی از شش ناحیه شهری در ۳ ایالت، طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ گردآوری شده‌اند. معیار طلایی طغیان‌ها، ۱۸ افزایش عمده در بیماری‌های تنفسی و اسهالی بود. فاصل  $g$  زمانی بین فروش الکترولیت‌ها برای هشدار بیماری‌های تنفسی و اسهالی در کودکان با تشخیص‌های بیمارستانی مقایسه شدند. نتایج مطالعه بیان‌گر عملکرد مناسب منبع داده فروش الکترولیت‌ها، نسبت به تشخیص‌های بیمارستانی در شناسایی به هنگام طغیان ناشی از بیماری‌های تنفسی و اسهالی بود. ایوانو و همکارانش (۱۳)، به صورت گذشته‌نگر، الگوریتم EWMA را، با استفاده از شکایت‌های شایع بیماران به عنوان منبع داده نظام مراقبت و داده‌های ترخیص بیمارستان اوتا<sup>۱</sup>، طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ میلادی، به عنوان استاندارد طلایی طغیان ارزشیابی کردند. نتایج مطالعه بیان‌گر کارایی این منبع در کشف به هنگام طغیان‌های ناشی از بیماری‌های تنفسی و گوارشی بود. یافته‌های مطالعه استینر و همکارانش (۱۴) که با هدف تعیین زمان شروع و پایان طغیان‌های آنفلوآنزا فصلی با استفاده از الگوریتم EWMA در آمریکا انجام شد، بیان‌گر کارایی این الگوریتم در شناسایی و پیش‌بینی زمان شروع و پایان طغیان آنفلوآنزای فصلی بود.

بکارگیری رویکرد استفاده شده در این مطالعه، یعنی ارزیابی الگوریتم‌های کشف طغیان با استفاده از داده‌های واقعی، به دلیل کم بودن تعداد طغیان‌ها، دشوار است. با این وجود، بکارگیری الگوریتم‌های کشف طغیان روی داده‌های واقعی، بالاترین درجه روایی را دارد (۱۱). همان‌طور که در قسمت نتایج تشریح شد، یافته‌های مطالعه حاضر بیان‌گر عملکرد ضعیف الگوریتم EWMA در شناسایی به هنگام یک مورد طغیان واقعی در شهر مشهد بود. از سویی، این الگوریتم عملکردی مناسب در کشف به هنگام طغیان شهر بندرعباس داشته است، ولی در ادامه وقوع طغیان هیچ‌گونه اعلان هشدار توسط این روش کشف طغیان صورت نگرفته است. با این حال، همان‌گونه که در زیر خواهد آمد، نتایج دیگر مطالعه‌ها بیان‌گر عملکرد مناسب الگوریتم مورد آزمون در این مطالعه هستند. اگرچه مطالعه‌هایی که در ادامه به تشریح یافته‌های آن‌ها پرداخته شده است، نیز از رویکرد ارزشیابی بر مبنای داده‌های واقعی استفاده کرده‌اند، اما از نظر نوع طغیان، اندازه آن و دیگر شرایط، از جمله نوع منبع مورد استفاده برای کشف به هنگام طغیان متفاوت از تحقیق حاضر هستند. در مطالعه هوگان و همکاران (۱۲)، دو نوع از داده‌های واقعی،

<sup>۱</sup>Utah



آشکار است که این حالت در شناسایی طغیان شهر بندرعباس توسط الگوریتم میانگین متحرک وزن داده شده نمایی زودتر رخ داده است. به نظر می‌رسد که این توضیح، توجیهی بهتر برای تفاوت عملکرد الگوریتم‌ها با استفاده از تابع همبستگی متقاطع و نمودارهای شماره ۶ و ۷، برای کشف طغیان شهر بندرعباس نیز باشد.

مهم‌ترین محدودیت‌های روش‌شناختی ارزشیابی نظام‌های مراقبت بر مبنای داده‌های واقعی، عدم قطعیت درباره زمان شروع دقیق طغیان و اندازه آن و عدم امکان ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های کشف طغیان در شرایط متفاوت (۴) در مطالعه حاضر نیز مصداق دارد. به طوری‌که تعریف طغیان‌های مورد مطالعه، شامل وقوع بیش از ۳ مورد از موارد تأیید شده سرخک، طی یک هفته است. از این رو، زمان شروع طغیان در مطالعه حاضر زیر تأثیر تعریف یاد شده است. افزون بر این، با توجه به ماهیت طغیان‌های بررسی شده در این مطالعه و رویکرد استفاده شده برای ارزیابی الگوریتم کشف این طغیان‌ها، امکان ارزشیابی عملکرد الگوریتم‌های EWMA در طغیان‌های مشابه و دیگر شرایط دیگر نیز فراهم نیست.

### نتیجه‌گیری

استفاده از الگوریتم EWMA برای کشف به هنگام طغیان‌های واقعی بیماری سرخک در سطوح محیطی نظام مراقبت از این بیماری به دلیل بروز پایین این بیماری توصیه نمی‌شود. با این حال، قضاوت درباره عملکرد الگوریتم در سطوح ملی و بزرگ‌تر، به مطالعه‌هایی گسترده‌تر نیاز دارد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم می‌دانند تا از زحمات‌های دست‌اندرکاران نظام مراقبت بیماری سرخک در سطح ملی، به ویژه سرکار خانم اعظم صبوری و نیز همکاران گروه پیشگیری و مبارزه با بیماری‌ها در استان‌های خراسان رضوی و هرمزگان، برای در اختیار قرار دادن داده‌ها صمیمانه سپاسگزاری کنند. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دوره دکتری تخصصی (PhD) اپیدمیولوژی است.

نتایج حاصل از مطالعه‌های دیگر (۱۶-۱۵) که با استفاده از رویکرد نیمه شبیه‌سازی و شبیه‌سازی به ارزیابی الگوریتم EWMA در شرایط متفاوت پرداخته‌اند، بیان‌گر عملکرد مناسب این الگوریتم در کشف طغیان‌های غیرواقعی و شبیه‌سازی شده است. اگرچه یافته‌های چنین مطالعه‌هایی به دلیل تفاوت‌های روش شناختی در ارزشیابی عملکرد الگوریتم‌های کشف طغیان قابل مقایسه با رویکرد مورد استفاده در این مطالعه، یعنی ارزیابی الگوریتم EWMA، با استفاده از داده‌های واقعی نیست.

به نظر می‌رسد که مهم‌ترین دلایل اختلاف نتایج این مطالعه با مطالعه‌های یاد شده در کنار تفاوت، از نظر ماهیت طغیان و نوع منبع مورد استفاده برای کشف به هنگام طغیان که در این مطالعه داده‌های سندرومیک تب و راش جلدی، به عنوان موارد مشکوک به سرخک است، بروز پایین و مشاهده موارد نادر بیماری، به ویژه در سطح محلی، مانند شهر مشهد است. از سویی، دست‌اندرکاران نظام مراقبت بیماری سرخک، به دلیل اجرای مرحله حذف و ریشه‌کنی بیماری در کشور وقوع طغیان را به صورت مشاهده بیش از ۳ مورد قطعی بیماری طی یک هفته تعریف کرده‌اند (۳) که این تعریف خود به حساسیت بیشتر کارکنان سطوح محیطی و شناسایی تقریباً همزمان موارد مشکوک و قطعی بیماری منجر می‌گردد. در رابطه با عملکرد متفاوت الگوریتم‌ها با پارامترهای هموارسازی مشابه در طغیان‌های یاد شده، باید یادآور شد که هر الگوریتم یا روش کشف طغیان در شرایط متفاوت از عملکردی خاص برخوردار است. از این رو، متفاوت بودن شرایط وقوع طغیان و توزیع داده‌های مورد استفاده برای بکارگیری این روش‌ها در مطالعه حاضر توجیه‌کننده این تفاوت عملکرد است. افزون بر این، بر اساس دانش نویسندگان تناقض عملکرد الگوریتم‌ها با استفاده از تابع همبستگی متقاطع و نمودارهای شماره ۶ و ۷ برای کشف طغیان شهر بندرعباس به دلیل عدم اعلان هشدار وقوع طغیان پس از هفته دوم از شروع طغیان، پایین بودن حجم نمونه و اندازه کوچک طغیان است. با این وجود، شباهت بین دو سری زمانی تعیین‌کننده مقادیر همبستگی است. از آنجا که این شباهت در داده‌های سری زمانی موارد مشکوک به سرخک با سری زمانی موارد تأیید شده سرخک طی طغیان در شهر مشهد، بیش از شهر بندرعباس بوده است، مقادیر همبستگی با وجود تأخیر در شناسایی طغیان مربوط بالاتر است. ولی آنچه بیش از این اهمیت دارد، نخستین زمانی است که سری زمانی موارد مشکوک به سرخک از خط مرجع یا سطح آستانه هشدار وقوع طغیان که با رنگ قرمز در نمودارهای مربوط مشخص شده است، عبور کند.

## منابع

1. Monfort L, Munoz D, Trenchs V, Hernandez S, Garcia JJ, Aguilar AC, et al. Measles outbreak in Barcelona. Clinical and epidemiological characteristics. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2010; 28:82-6.
2. Esteghamati A, Gouya MM, Zahraei SM, Dadras MN, Rashidi A, Mahoney F. Progress in measles and rubella elimination in Iran. *Pediatr Infect Dis J*. 2007; 26: 1137-41.
3. Zahraei SM, Dadras MN, Saborio A. National guideline for measles surveillance (Elimination Phase). 1st ed. Tehran: Arvij; 2009.
4. Chen H, Zeng D, Yan P. *Infectious Disease Informatics Syndromic Surveillance for Public Health and Bio Defense*. 1st ed. New York: Springer Science and Business Media; 2010.
5. Mandl KD, Overhage JM, Wagner MM, Lober WB, Sebastiani P, Mostashari F, et al. Implementing syndromic surveillance: a practical guide informed by the early experience. *J Am Med Inform Assoc*. 2004; 11: 141-50.
6. Buckeridge DL, Burkom H, Campbell M, Hogan WR, Moore AW. Algorithms for rapid outbreak detection: a research synthesis. *J Biomed Inform*. 2005; 38: 99-113.
7. Zeng D, Chen H, Chavez C, Lober WB, Thurmond MC. *Infectious Disease Informatics and Biosurveillance*. 1st ed. New York: Springer Science and Business Media; 2011.
8. Lucas J, Saccucci M. Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes: Properties and Enhancements. *Technometrics*. 1990; 32: 1 - 12.
9. Welliver RC, Cherry JD, Boyer KM, et al. Sales of nonprescription cold remedies: a unique method of influenza surveillance. *Pediatr Res*. 1979; 13: 1015-7.
10. Wagner MM. Methods for evaluating surveillance data. In: Wagner MM, Moore AW, Aryel RM, editors. *Handbook of Biosurveillance*. 1st ed. Oxford: Elsevier Academic Press; 2006. 315- 6.
11. Siegrist D, Pavlin J. Bio-ALIRT biosurveillance detection algorithm evaluation. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2004; 53 Suppl: 152-8.
12. Hogan WR, Tsui FC, Ivanov O, Gesteland PH, Grannis S, Overhage JM, et al. Detection of pediatric respiratory and diarrheal outbreaks from sales of over-the-counter electrolyte products. *J Am Med Inform Assoc*. 2003;10: 555-62.
13. Ivanov O, Gesteland PH, Hogan W, Mundorff MB, Wagner MM. Detection of pediatric respiratory and gastrointestinal outbreaks from free-text chief complaints. *AMIA Annu Symp Proc* 2003; 318-22.
14. Steiner S, Grant K, Coory M, Kelly H. Detecting the start of an influenza outbreak using exponentially weighted moving average charts. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2010; 10: 37.
15. Wang XL, Wang QY, Liu DL, Zeng DJ, Cheng H, Li S, et al. Comparison between early outbreak detection models and simulated outbreaks of measles in Beijing. *Zhonghua Liu Xing Bing Xue Za Zhi* 2009; 30: 159-62.
16. Jackson ML, Baer A, Painter I, Duchin J. A simulation study comparing aberration detection algorithms for syndromic surveillance. *BMC Med Inform Decis Mak* 2007; 7: 6.

Original Article

# Evaluating the Performance of the Exponentially Weighted Moving Average in Measles Outbreak Detection using Real Data Testing

Karami M<sup>1</sup>, Soori H<sup>2</sup>, Mehrabi Y<sup>3</sup>, Haghdoost AA<sup>4</sup>, Gouya MM<sup>5</sup>

1- PhD Candidate, Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Professor of Epidemiology, Safety Promotion and Injury Prevention Research Center, Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Professor of Biostatistics, Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Associate Professor of Epidemiology and Biostatistics, Research Centre of Modeling in Health & Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran

5- Director General, Center for Disease Control, Ministry of Health & Medical Education, Tehran, Iran

**Corresponding author:** Corresponding author: Soori H., hsoori@yahoo.com

**Background & Objectives:** Evaluating the performance of outbreak detection methods using real data testing provide the highest degree of validity. The aim of this study was to determine the performance of the Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) in real time detection of two local outbreaks in Iran.

**Methods:** The EWMA algorithm (both  $\lambda = 0.3$  and  $0.6$ ) applied on daily counts of suspected cases of measles to detect local outbreaks which had been occurred in Mashhad and Bandar Abbas cities during 2010. The performance of The EWMA algorithms were evaluated using real data testing approach and reported by correlation analysis.

**Results:** Mashhad outbreak was detected with a delay of about 2 to 7 days using EWMA algorithms as outbreak detection method while the utility of EWMA algorithms in real time detection of Bandar Abbas' outbreak were on time good optimal. Maximum correlation value for EWMA 2 in relation to Mashhad outbreak was 0.60 at lag 2.

**Conclusion:** Applying the EWMA algorithm as an outbreak detection method at local levels is not suggested. However the characteristics of data are determinant of the performance of such detection methods.

**Keywords:** Outbreak, Measles, Public Health Surveillance, The Exponentially Weighted Moving Average (EWMA), Iran