

## پیش‌بینی تعداد زایمان با استفاده از مدل‌های پواسن مارکف پنهان

سمیه قربانی قلی‌آباد<sup>۱</sup>، مجید صادقی‌فر<sup>۲</sup>، رقیه قربانی قلی‌آباد<sup>۳</sup>، امید حمیدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری آمارزیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران

<sup>۳</sup> کارشناس آمار، بیمارستان حکیم جرجانی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۴</sup> مربی آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی همدان، همدان، ایران

نویسنده رابط: مجید صادقی‌فر، نشانی: همدان، میدان پژوهش، روبروی پارک مردم، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم پایه، تلفن: ۰۸۱۳۲۷۱۵۴۱

پست الکترونیک: saderghifar@basu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۶؛ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۶

**مقدمه و اهداف:** زایمان یکی از مهم‌ترین خدمات ارائه‌شده در نظام‌های بهداشتی و درمانی است و منابع انسانی با ارزش‌ترین عامل تولید و ارائه خدمت به شمار می‌رود که افزایش بهره‌وری و کارایی آن از اهمیت زیادی برخوردار است. لذا مطالعه حاضر باهدف پیش‌بینی تعداد زایمان و به‌منظور برنامه‌ریزی برای به‌کارگیری تمامی امکانات برای ارائه خدمت بهتر در جهت تأمین رضایت بیماران انجام شد.

**روش کار:** داده‌های مورد استفاده در این مطالعه تعداد موارد ماهیانه زایمان انجام‌شده در بیمارستان حکیم جرجانی شهرستان گرگان طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ بود. با توجه به بیش‌پراکنش موجود در داده‌ها و عدم تبعیت آن‌ها از توزیع پواسن، از مدل پواسن مارکف پنهان به‌منظور پیش‌بینی فراوانی ماهیانه زایمان استفاده شد. برآورد پارامترهای مدل با روش درست‌نمایی ماکزیمم و الگوریتم EM انجام گرفت. از نرم‌افزار R ویراست ۳،۲،۳ برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

**یافته‌ها:** استفاده از معیار آکائیک نشان داد که فراوانی تعداد زایمان در ماه‌های مختلف در این بیمارستان از یک مدل پواسن مارکف پنهان با ۳ وضعیت پنهان تبعیت می‌کند و پارامتر میانگین توزیع پواسن در هر یک از مؤلفه‌ها به ترتیب ۱۹۳/۷۴، ۲۳۶/۰۵ و ۲۷۲/۶۱ زایمان بود.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این تحقیق نشان داده سیاست‌های تشویقی دولت بر افزایش باروری، نتیجه کوتاه‌مدت و محدودی داشته و بر روی نتایج پیش‌بینی دوساله این مطالعه اثر ناچیزی دارد.

**واژگان کلیدی:** زایمان، توزیع پواسن، مدل مارکف پنهان، بیش‌پراکنش، پیش‌بینی

### مقدمه

عوارض بارداری و زایمان جان خود را از دست می‌دهند که بیش از ۹۹ درصد این مرگ‌ها نیز در کشورهای درحال توسعه اتفاق می‌افتد (۳، ۴). بدیهی است که هیچ مورد حاملگی و یا زایمانی کاملاً بدون مخاطره نیست، لذا در مورد هر زایمانی باید آمادگی‌های لازم برای ارائه خدمات بیمارستانی مناسب وجود داشته باشد (۵). تقاضا برای استفاده از خدمات بیمارستانی به‌طور روزافزون در حال افزایش است. یکی از روش‌هایی که دولت‌ها برای مدیریت این تقاضای روزافزون به کار گرفته‌اند، اندازه‌گیری و تحلیل اطلاعات موجود در زمینه استفاده از خدمات بیمارستانی است (۶).

استفاده از اطلاعات موجود به‌منظور پیش‌بینی وضعیت آینده نقش مهمی در سیاست‌گذاری‌های مناسب مسئولین در جهت تأمین منابع موردنیاز در ارائه خدمات ایفا می‌کند. یکی از

انجام زایمان یکی از مهم‌ترین خدمات نظام بهداشتی-درمانی در تمام جوامع است که باید به شکل مناسب، کم‌هزینه و همراه با حداقل عوارض جسمی- روانی صورت گیرد (۱) و مراقبت‌های بهداشتی که در این راستا ارائه می‌شود، تأثیر مهمی در زنده ماندن نوزادان و سلامت آن‌ها دارد. به همین دلیل، ارتقای سلامت و بهداشت مادران و نوزادان، از اهداف بهداشت عمومی جهانی در نظر گرفته می‌شوند. اهمیت این موضوع تا حدی است که در اهداف توسعه هزاره که در سال ۲۰۰۰ اعلام شد، کشورهای عضو سازمان ملل متحد، متعهد شدند که تا سال ۲۰۱۵ دو شاخص مرگومیر کودکان زیر ۵ سال و نسبت مرگومیر مادران در اثر عوارض بارداری را به ترتیب به میزان دوسوم و سه‌چهارم کاهش دهند (۲). در حال حاضر سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون زن در سراسر جهان باردار می‌شوند و ۶۰۰ هزار نفر از آنان به دلایل

آن‌ها هدف از مطالعه پیش‌بینی وقایع (تعداد زایمان) نبوده است (۱۶، ۱). با توجه به اهمیت پیش‌بینی تعداد زایمان در سیستم مراقبت‌های بهداشتی، ارائه مدل مناسب برای پیش‌بینی و به‌کارگیری آن در مدیریت و برنامه‌ریزی خدمات بهداشتی و درمانی، ضروری است. لذا این مطالعه باهدف پیش‌بینی تعداد زایمان و به‌منظور برنامه‌ریزی برای به‌کارگیری از تمامی امکانات، برای ارائه خدمت بهتر در جهت تأمین رضایت بیماران انجام شده است.

## روش کار

در مطالعه حاضر از اطلاعات ماهیانه تعداد زایمان در بیمارستان دولتی حکیم جرجانی شهر گرگان در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. در این مطالعه، یک مدل سری زمانی برای داده‌های شمارشی تعداد زایمان ارائه شد که در آن، میانگین تعداد زایمان در ماه‌های مختلف بر طبق یک مدل مارکف پنهان سه‌حالتی با توزیع پواسن تغییر می‌کند و برای برآورد پارامترها در آن از روش درستیابی ماکزیمم و الگوریتم EM استفاده شد.

مدل‌های مارکف پنهان (HMMs)، مدل‌هایی تصادفی هستند که فرض می‌کنند سیستم یک فرآیند مارکف با حالت‌های پنهان است. در ویژگی مارکفی، احتمال حضور در هر حالت به حالت‌های قبل از خود وابسته است و برای توصیف فرآیندهای تصادفی گسسته به کار می‌رود و فرآیندهای تصادفی که در این ویژگی صدق می‌کنند را زنجیر مارکف می‌نامند. این مدل‌ها شامل دو جزء هستند، جزء اول مشاهدات، که هر مشاهده به‌شرط وضعیت پنهان متناظر مستقل از سایر مشاهدات است و جزء دوم، لایه پنهان و دارای خاصیت مارکف است.

یک مدل پواسن مارکف پنهان (PHMM) به‌عنوان حالت خاصی از این مدل‌ها، دنباله‌ای متناهی و مشاهده نشده از حالات یک زنجیر مارکف است و توزیع مشاهدات در هر زمان یک توزیع پواسن، با میزانی که فقط به وضعیت جاری زنجیر بستگی دارد، است (۱۷).

مدل‌های مارکف پنهان مانند یک زنجیر مارکف شامل مجموعه‌ای از حالت‌ها، مجموعه‌ای از احتمالات اولیه برای تعیین حالت اولیه و ماتریس احتمال انتقال است که برای تعیین انتقال بین حالت‌ها استفاده می‌شود که در این مدل‌ها حالات زنجیر مشاهده نشده و پنهان بوده و هر یک از حالات با یک توزیع احتمالی مرتبط است. این مدل‌ها برای هر دو داده‌های گسسته و پیوسته می‌توانند به کار روند و وابسته به طبیعت داده‌ها، تعداد

مدل‌هایی که به‌طور معمول به‌منظور پیش‌بینی وضعیت آینده مورد استفاده قرار می‌گیرند مدل‌های سری زمانی است. پاسخ‌های مورد استفاده در این مدل‌ها کمی بوده و در صورتی که پاسخ‌ها شمارشی باشند استفاده از این مدل‌ها مناسب نیست. همچنین در مدل‌بندی داده‌های شمارشی از توزیع پواسن استفاده می‌شود که محدودیت اصلی آن، برابری واریانس با میانگین است. ولی در عمل مشاهده می‌شود که واریانس مشاهدات بیشتر از میانگین است که به این پدیده بیش‌پراکنش گفته می‌شود. بیش‌پراکنش ممکن است به علت یک سری از عوامل مشاهده نشده و عدم حضور بعضی از متغیرهای پیشگوی مهم در مدل رخ دهد. یک راه معقول برای در نظر گرفتن بیش‌پراکنش استفاده از مدل‌های آمیخته است (۷). این مدل‌ها با در نظر گرفتن خودهمبستگی داده‌ها می‌توانند بر مشکل بیش‌پراکنش فائق آیند. مدل آمیخته پواسن با ویژگی خودهمبستگی را می‌توان در قالب مدل پواسن مارکف پنهان بیان کرد، در این مدل هر یک از مشاهدات از یکی از حالت‌های وضعیت پنهان تبعیت می‌کنند. برتری مدل پواسن مارکف پنهان نسبت به مدل رگرسیون پواسن و توزیع پواسن ساده در این است که، این مدل اجازه می‌دهد بین مشاهدات، همبستگی و بیش‌پراکنش وجود داشته باشد (۹، ۸). مدل‌های مارکف پنهان در زمینه‌های مختلف مانند اقتصاد (۱۰)، پیش‌بینی زلزله (۱۱) و نگاشت ژن (۱۲) نیز بکار گرفته شده‌اند.

امروزه یکی از مهم‌ترین اهداف مراکز درمانی، بهبود عملکرد، افزایش کارایی و اثربخشی است که در این راستا ایجاد و پیروی از استانداردها نقش مهمی دارد (۱۳). در وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی تعیین استاندارد نیروی انسانی بیمارستان‌ها بر اساس تعداد تخت و نوع فعالیت آن بیمارستان‌ها انجام می‌شود. همچنین سازمان جهانی بهداشت بر اساس مطالعات طب ملی انگلیس دستورالعملی برای محاسبه نیروی انسانی پرستاری موردنیاز در بخش‌های تخصصی بیمارستان‌ها ارائه داده است. اما استفاده از یک نسخه واحد برای همه بیمارستان‌ها مفید نخواهد بود و بهتر است هر یک با توجه به مقتضیات خود، استاندارد بومی خود را تعیین کنند. در این زمینه، مطالعات متعددی در رابطه با پیش‌بینی مدت اقامت بیماران (۱۴) و همچنین تعیین نیروی انسانی پرستاری موردنیاز در بیمارستان (۱۵) انجام شده است. روش‌های آماری بکار گرفته شده در اکثر این مطالعات مبتنی بر مدل نیست. بعلاوه به علت رشد بی‌رویه سزارین در دو دهه اخیر، مطالعات مختلفی به بررسی روند تغییرات زایمان در این دهه و عوامل مؤثر بر آن پرداخته‌اند که در

۲. فرض ایستایی<sup>۱</sup>: احتمال انتقال در بین حالات از زمان واقعی رخداد انتقال مستقل است. در این صورت می‌توان برای هر  $t_1$  و  $t_2$  نوشت:

$$P(q_{t_1} = j | q_{t_1-1} = i) = P(q_{t_2} = j | q_{t_2-1} = i) \quad (۳)$$

۳. بین عناصر دنباله مشاهده‌شده با دنباله پنهان وابستگی متقاطع و هم‌زمان وجود دارد.

(۴)  $P_i$  تابع جرم احتمال  $Y_t$  در زمان  $t$  در حالت  $i$  ام را نشان می‌دهد:

$$P_i(y) = P(Y_t = y | q_t = i) \quad (۵)$$

و برای مشاهدات با مدل پواسن در هر حالت رابطه (۶) را داریم:

$$P_i(y) = P(Y_t = y | q_t = i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^y}{y!} \quad (۶)$$

برای مشاهده تابع درستی‌نمایی مدل و مطالعات بیشتر در زمینه‌ی مدل‌های مارکف پنهان به کتاب مدل‌های مارکف پنهان برای سری‌های زمانی (۱۸) مراجعه شود.

در این مطالعه ابتدا چندین مدل ایستا پواسن مارکف پنهان برای تعیین تعداد حالات بهینه به داده‌ها برازش داده و از معیارهای آکائیک (AIC<sup>۲</sup>) و بیز (BIC<sup>۳</sup>) برای مقایسه مدل‌ها با تعداد حالات‌های متفاوت استفاده شد و در نهایت میانگین، مد و احتمال ماندن در حالت جدید برای ۲ سال بعدی پیش‌بینی شد. تحلیل‌ها با نرم‌افزار آماری R3.2.3 و با استفاده از کدهای موجود ارائه‌شده توسط Zucchini و Mac Donald انجام شد (۱۸).

### یافته‌ها

داده‌ها شامل اطلاعات تعداد زایمان انجام‌شده در بیمارستان حکیم جرجانی گرگان در ۶ سال متوالی به صورت ماهیانه است که کمترین تعداد آن ۱۶۷ و بیشترین تعداد ۳۲۶ بود. میانگین تعداد زایمان ماهیانه در بین این ۷۲ ماه ۲۲۷ زایمان و میانگین واریانس این مشاهدات شمارشی به ترتیب برابر ۲۲۶/۲۸ و ۹۷۶/۳۷ بود که این مقادیر، بیش‌پراکنش قوی نسبت به یک توزیع پواسن را نشان می‌دهند. در نتیجه برازش مدل پواسن به این داده‌ها نامناسب است. شکل ۱ سری زمانی تعداد زایمان‌ها در ماه‌های مختلف برای این داده‌ها را نشان می‌دهد.

پس از برازش مدل‌های پواسن مارکف پنهان با تعداد حالات‌های مختلف (از یک تا چهار حالت) به داده‌ها، بر اساس معیارهای

زیادی از توابع توزیع احتمال برای توصیف آن‌ها ممکن است استفاده شوند. توزیع‌های پواسن، دوجمله‌ای، دوجمله‌ای منفی، نرمال و نمایی بعضی از توزیع‌هایی هستند که تاکنون برای HMMs استفاده شده‌اند (۹).

یک سیستم را در نظر بگیرید که در هر لحظه، در یکی از حالت‌های  $1, \dots, N$  است. در زمان‌های گسسته و با فواصل منظم، حالت سیستم با توجه به مجموعه‌ای از احتمالات تغییر می‌کند. برای زمان‌های  $t=1, 2, \dots$  وضعیت سیستم در لحظه  $t$  را با  $q_t$  نشان می‌دهند. برای توصیف سیستم فعلی نیاز به دانستن حالت فعلی در کنار تمام حالات قبلی است. یک زنجیر مارکف را مرتبه اول می‌گویند، اگر احتمال حضور در حالت فعلی تنها به حالت قبلی بستگی داشته باشد.

(۱)

$$P(q_t = j | q_{t-1} = i, q_{t-2}, \dots, q_1) = P(q_t = j | q_{t-1} = i) \quad i, j = 1, \dots, N$$

حال تنها فرآیندهایی را در نظر می‌گیریم که در آن‌ها سمت راست رابطه فوق مستقل از زمان است و به همین دلیل ما مجموعه‌ای از احتمالات انتقال بین حالت‌ها را خواهیم داشت که دارای خواص زیر است.

$$P(q_t = j | q_{t-1} = i) \leq N \quad 1 \leq i, j$$

$$a_{ij} \geq 0, \quad \sum_{j=1}^N a_{ij} = 1$$

فرآیند تصادفی فوق را مدل مارکف قابل مشاهده می‌گویند زیرا خروجی مدل مجموعه‌ای از حالات است که قرار گرفتن در آن‌ها متناظر با یک مشاهده است.

فرآیند تصادفی زمان گسسته  $\{(q_t, Y_t)\}_{t \in \mathbb{N}}$  که در آن  $\{q_t\}_{t \in \mathbb{N}}$  تعداد حالات متناهی مشاهده نشده از زنجیر مارکف و  $Y_t$  ها متغیرهای تصادفی که پارامتر آن‌ها به حالت  $q_t$  بستگی دارد را مدل مارکف پنهان می‌گویند هرگاه سه فرض اساسی زیر برقرار باشد:

۱. فرض مارکف: احتمال انتقال از حالت  $i$  به حالت  $j$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۲)

$$a_{ij} = P(q_t = j | q_{t-1} = i) \quad 1 \leq i, j \leq N$$

که بیان می‌کند حالت فعلی تنها به حالت قبلی بستگی دارد که همان خاصیت مارکفی مرتبه اول مربوط به حالت‌های پنهان است.

<sup>۱</sup> Stationarity

<sup>۲</sup> Akaike information criterion

<sup>۳</sup> Bayesian information criterion

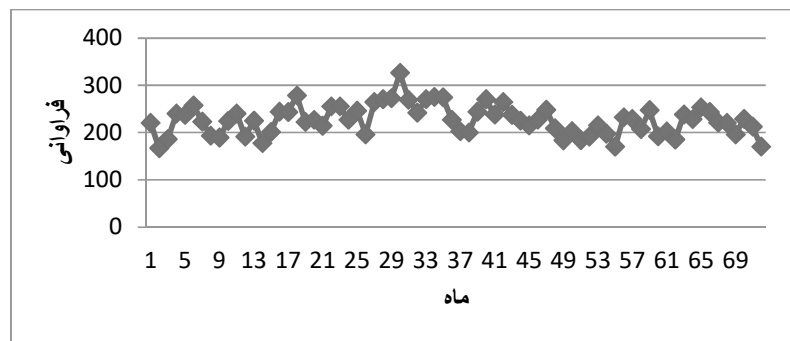
پارامترهای دیگر از جدول شماره ۲، به‌عنوان مقادیر اولیه برای ساختن مدل پواسن مارکف پنهان استفاده شد. احتمال پرش از حالت ۱ به حالت ۱، ۲ و ۳ در یک گام به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۳۷ و ۰/۰۴ احتمال پرش از حالت ۲ به حالت ۱، ۲ و ۳ در یک گام به ترتیب ۰/۲۷، ۰/۷۲ و ۰/۰۱ احتمال پرش از حالت ۳ به حالت ۱، ۲ و ۳ در یک گام به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۱۳ و ۰/۸۶ بود (جدول شماره ۳).

نتایج پیش‌بینی‌شده برای ۲۴ ماه آینده نشان می‌دهد که فراوانی تعداد زایمان در ماه‌های مختلف با احتمالات ۰/۳۳ و ۰/۵۴ به ترتیب در حالت‌های اول و دوم زنجیر مارکف قرار می‌گیرد. پیش‌بینی ماهیانه میانگین از ۲۱۲/۷۴ به ۲۲۵/۳۴ تغییر می‌کند. میانه، نما و فاصله پیش‌بینی برای ماه اول به ترتیب ۲۰۷، ۱۹۴ و ۲۶۲ (و ۱۷۵) و برای ماه دوم به ترتیب ۲۲۰، ۱۹۴ و ۲۶۸ (و ۱۷۷) بود. همچنین این مقادیر برای ماه‌های آینده در جدول شماره ۴ به نمایش گذاشته شده است.

مختلف، بهترین مدل از نظر عملکرد مناسب‌تر انتخاب شد. مقایسه این مدل‌ها نشان داد که مدل با سه حالت دارای AIC و BIC کمتری نسبت به مدل‌های دیگر است و با افزایش تعداد حالت‌ها به ۴ حالت، افزایش در این معیارها مشاهده شد که در نتیجه مدل پواسن مارکف پنهان با سه حالت با کمترین معیار آکائیک و معیار بیز به‌عنوان مدل بهینه انتخاب شد. نتایج در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است.

مشخص شد که میانگین تعداد زایمان‌ها در ماه‌های مختلف متفاوت است و به ۳ حالت با میانگین‌های متفاوت قابل دسته‌بندی است. میانگین توزیع پواسن در حالت ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۱۹۳/۷۴، ۲۳۶/۰۵ و ۲۷۲/۶۱ زایمان در ماه و همچنین احتمالات اولیه حضور در حالت ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۵۳ و ۰/۱۲ بود که در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

برآورد پارامترهای پواسن مارکف پنهان برای ماتریس انتقال، احتمالات و پارامترهای میانگین توزیع‌های پواسن به‌وسیله روش درست‌نمایی ماکزیمم برآورد شد. از ماتریس احتمال انتقال و



شکل شماره ۱ - فراوانی تعداد زایمان در بیمارستان حکیم جرجانی گرگان از سال ۸۹ تا ۹۴

جدول شماره ۱ - مقایسه PHMM ها با حالت‌های مختلف

BIC	AIC	تعداد حالت‌ها
۸۲۹/۹۶	۷۲۸/۶۸	۱
۷۲۱/۴۳	۷۱۲/۳۲	۲
۷۱۴/۳۹	۶۹۳/۹۰	۳
۷۳۹/۹۰	۷۰۳/۴۸	۴

جدول شماره ۲ - برآورد پارامترها به روش درست‌نمایی ماکزیمم برای PHMM

پارامتر	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳
لامبدا*	۱۹۳/۷۴	۲۳۶/۰۵	۲۷۲/۶۱
احتمالات اولیه	۰/۳۵	۰/۵۳	۰/۱۲

\* میانگین توزیع پواسن در هر حالت

جدول شماره ۳ - احتمال انتقال بین حالت‌ها در زنجیر مارکف

احتمال انتقال بین حالت‌ها	حالت ۱	حالت ۲	حالت ۳
حالت ۱	۰/۵۹	۰/۳۷	۰/۰۴
حالت ۲	۰/۲۷	۰/۷۲	۰/۰۱
حالت ۳	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۸۶

جدول شماره ۴ - پیش‌بینی ۲۴ ماهه احتمالات، میانگین، میانه، نما و فاصله پیش‌بینی برای مدل PHMM با ۳ حالت

ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
احتمال حضور در حالت ۱	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۶
احتمال حضور در حالت ۲	۰/۳۷	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴
احتمال حضور در حالت ۳	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
میانگین	۲۱۲/۷۴	۲۱۹/۵۳	۲۲۲/۰۸	۲۲۳/۱۶	۲۲۳/۷۰	۲۲۴/۰۳	۲۲۴/۲۷	۲۲۴/۴۶	۲۲۴/۶۱	۲۲۴/۷۴	۲۲۴/۸۴	۲۲۴/۹۳
میانه	۲۰۷	۲۲۰	۲۲۴	۲۲۵	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۶	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷
نما	۱۹۴	۱۹۴	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶
فاصله پیش‌بینی	(۱۷۵ و ۲۶۲)	(۱۷۷ و ۲۶۸)	(۱۷۸ و ۲۷۰)	(۱۷۸ و ۲۷۲)	(۱۷۹ و ۲۷۳)	(۱۷۹ و ۲۷۳)	(۱۷۹ و ۲۷۴)	(۱۷۹ و ۲۷۴)	(۱۷۹ و ۲۷۴)	(۱۷۹ و ۲۷۵)	(۱۷۹ و ۲۷۵)	(۱۷۹ و ۲۷۶)
ماه	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
احتمال حضور در حالت ۱	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵
احتمال حضور در حالت ۲	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۴
احتمال حضور در حالت ۳	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲
میانگین	۲۲۵/۰۱	۲۲۵/۰۷	۲۲۵/۱۲	۲۲۵/۱۷	۲۲۵/۲۰	۲۲۵/۲۳	۲۲۵/۲۶	۲۲۵/۲۸	۲۲۵/۳۰	۲۲۵/۳۲	۲۲۵/۳۳	۲۲۵/۳۴
میانه	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷	۲۲۷
نما	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶	۲۳۶
فاصله پیش‌بینی	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)	(۱۷۹ و ۲۷۶)

## بحث

عملکرد مدیریتی و برنامه‌ریزی در سیستم مراقبت‌های بهداشتی است. یکی از مهم‌ترین این خدمات نظام بهداشتی-درمانی در تمام جوامع انجام زایمان است که باید به شکل مناسب، کم‌هزینه و همراه با حداقل عوارض جسمی- روانی صورت گیرد، زیرا نقش

افزایش روزافزون تقاضا برای استفاده از خدمات بیمارستانی، نیازمند اندازه‌گیری و تحلیل مداوم اطلاعات موجود برای بهبود

پرداخته‌اند (۲۴، ۲۳). برای مثال، مددی‌زاده و همکاران از مدل‌های مارکف پنهان برای پیش‌بینی بیماری‌های کبدی استفاده کردند و بر اساس معیارهایی مانند حساسیت و ویژگی اعتبار مدل را ارزیابی نمودند (۲۵). با این حال، در مطالعات محدودی هدف، پیش‌بینی وقایع آینده بوده است که مطالعه حاضر نیز بر این مبنا طراحی شده بود. صادقی فر و همکاران از مدل‌های پواسن مارکف پنهان برای پیش‌بینی تعداد موارد جدید هیپوتیروئیدی مادرزادی استفاده کردند که مدل مارکف پنهان بدون وجود متغیرهای پیشگو را به داده‌ها برازش داده و با توجه به معیار آکائیک، مدل با دو حالت پنهان را به‌عنوان مدل مطلوب انتخاب نمودند (۲۶).

پیش‌بینی مقادیر آینده در مدل‌های سری زمانی با توجه به نوع مدل، بر اساس داده‌های مشاهده‌شده نزدیک به زمان مورد پیش‌بینی انجام می‌شود. این مدل‌ها از جمله مدل مورد استفاده در این مطالعه، برای پیش‌بینی کوتاه‌مدت دقیق بوده ولی در درازمدت نتایج پیش‌بینی، به مقدار ثابت تمایل دارد که سطح اطمینان مدل را تا حدود زیادی کاهش می‌دهد (۱۹). راهکارهایی برای مقابله با این مسئله پیشنهاد شده است. در این زمینه مدل‌های متعددی جهت پیش‌بینی بلندمدت سری‌های زمانی معرفی شده است. برای مثال Oliveira و همکاران در سال ۲۰۱۴، یک مدل هیبریدی مبتنی بر ترکیب مدل‌های ARIMA و ماشین بردار پشتیبان (یکی از روش‌های ماشین یادگیری که اخیراً در زمینه‌ی پیش‌بینی‌های سری‌های زمانی در علوم مختلف به کار گرفته شده است) را معرفی کردند و نشان دادند که این مدل در پیش‌بینی‌های بلندمدت عملکرد مناسبی دارد (۲۷). مدل ارائه‌شده توسط آنان مفروضات محدودکننده موجود در مدل‌های کلاسیک (مانند نرمال بودن و کمی بودن مشاهدات) را ندارد. همچنین در مطالعه دیگری که توسط Nguye انجام شد مدلی مبتنی بر شبکه‌های عصبی با عملکرد مناسب در پیش‌بینی بلندمدت ارائه شد (۲۸). علاوه بر این Gassiat و همکاران در سال ۲۰۱۶ مدل توانمند فضا-وضعیت (State-space) را برای پیش‌بینی‌های بلندمدت و با تأکید بر اینکه عملکرد مدل‌های کلاسیک تنها در کوتاه‌مدت قابل اطمینان است، ارائه نمودند (۲۹). پیشنهاد می‌شود که در مطالعات آینده، عملکرد این مدل‌ها در شرایط مختلف در پیش‌بینی داده‌های مختلف سری زمانی (پیوسته و شمارشی) ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شود. علاوه بر این، در مدل پواسن مارکف پنهان، تعداد موارد زایمان در هر زمان بر اساس میانگین توزیع پواسن حالت پنهان پیش‌بینی می‌شود. برای دستیابی به یک مدل دقیق‌تر و پیش‌بینی صحیح‌تر می‌توان

بسیار مهمی در کاهش عوارض بارداری و جلوگیری از مرگ مادر و کودک و سلامت آن‌ها دارد. در این راستا پیش‌بینی صحیح تعداد زایمان جهت برنامه‌ریزی برای ارائه خدمات به هنگام از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مطالعه حاضر از یک مدل پواسن مارکف پنهان برای نیل به این هدف استفاده شد. پس از برازش مدل‌های مختلف، از میان انواع مدل‌های پواسن مارکف پنهان، مدل بهینه (با سه حالت پنهان) بر اساس دو معیار آکائیک و بیز انتخاب شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در ۳۳ درصد مواقع زنجیر در حالت ۱ با میانگین  $193/74$ ، ۵۴ درصد مواقع زنجیر در حالت ۲ با میانگین  $236/05$  و تنها در ۱۳ درصد مواقع زنجیر در حالت ۳ با میانگین  $272/61$  زایمان در ماه است و این ۱۳ درصد نیز فقط مربوط به ۹ ماه اول بعد از ابلاغ سیاست‌های تشویقی دولت برای افزایش باروری بوده است و مشخص می‌شود که این سیاست‌ها نتیجه کوتاه‌مدت و محدودی داشته و بر روی نتایج پیش‌بینی دوساله این مطالعه اثر ناچیزی داشته است و همان‌طور که نتایج نشان داد احتمال تعلق به حالت ۳ در هر زمان بسیار ناچیز و کمتر از  $0/13$  است که می‌تواند نادیده گرفته شود.

مطالعات اندکی در ایران درباره پیش‌بینی تعداد وقایع زایمان و تنها درباره تعداد سزارین و زایمان‌های زودرس انجام شده است که در آن‌ها از مدل‌های کلاسیک جهت پیش‌بینی بهره گرفته شده است. در مطالعه‌ای که توسط جان بابایی و همکاران به‌منظور بررسی روند زایمان سزارین و طبیعی در مازندران انجام گرفت از مدل‌های سری زمانی ARIMA و SARIMA برای پیش‌بینی استفاده شد و نتایج آن حاکی از سیر صعودی زایمان به روش طبیعی تا سال ۱۴۰۰ است (۱۹). علاوه بر این میوانه و همکاران در سال ۱۳۹۴ با استفاده از مدل‌های سری زمانی ARIMA به پیش‌بینی تعداد و روند زایمان‌های زودرس در شهر مشهد پرداختند که یک روند در حال افزایش را برای این وقایع پیش‌بینی کردند (۲۰). در مطالعه حاضر نیز متوسط تعداد زایمان‌ها در حالت دوم نسبت به حالت اول بیشتر بود و از آنجایی که نتایج پیش‌بینی برای بیشتر ماه‌ها (در دوره پیش‌بینی) با احتمال بیشتری، حضور در وضعیت دو را نشان می‌دهد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که تعداد زایمان‌ها در طول دوره پیش‌بینی در حال افزایش است. لذا، برنامه‌ریزی جهت تجهیز بیمارستان‌ها و ارائه خدمات بیشتر در حیطه زایمان ضروری به نظر می‌رسد. از مدل‌های مارکف پنهان در زمینه‌های مختلفی از علوم استفاده شده است که در اکثر مواقع هدف آن‌ها طبقه‌بندی و رده‌بندی مشاهدات بوده است (۲۱، ۲۲)، حیطه پزشکی نیز از این قاعده جدا نبوده و به طبقه‌بندی حالت‌ها

فضای فیزیکی مناسب، از اصول زیربنایی برای رسیدن به این هدف است. بنابراین می‌توان از مدل‌های مارکف پنهان با متغیرهای پیشگو حتی زمانی که توزیع پاسخ مجهول است برای دیگر داده‌های حیطه پزشکی در مطالعات آینده استفاده شود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کارکنان واحد آمار بیمارستان حکیم جرجانی گرگان که اطلاعات موردنیاز برای انجام این مطالعه را در اختیار ما گذاشتند و داوران محترم که نظرات ارزشمند آن‌ها باعث ارتقا این مقاله گردید، تشکر و قدردانی می‌شود.

عواملی که تعداد زایمان در هرماه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌عنوان پیشگو وارد مدل کرد.

از محدودیت‌های دیگر مطالعه حاضر، عدم دستیابی به مطالعه بالینی مرتبط برای ارائه بحث‌های بالینی مفید و همچنین مطالعه آماری مرتبط برای ارزیابی توانایی پیشگویی مدل اشاره نمود. لذا پیشنهاد می‌شود این مطالعه در سطح کلان استانی و کشوری برای پیش‌بینی تعداد زایمان و تغییرات روند رشد جمعیت انجام شود. علاوه بر این از آنجایی که مدیران بیمارستان‌ها در جستجوی بهترین گزینه برای افزایش کیفیت خدمات درمانی و کاهش هزینه‌های بیمارستانی هستند، پیش‌بینی تعداد بیماران مراجعه‌کننده جهت تأمین تجهیزات پزشکی، نیروی انسانی و

### منابع

- Miri Farahani L and Abbasi Shavazi MJ. Caesarean section change trends in Iran and some demographic factors associated with them in the past three decades. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*. 2012; 2: 127-134.
- Hiradasa R and Kazemnejad A. Prevalence of High Risk Births and Some Related Risk Factors in Military Employees' Families. *Journal of Police Medicine*. Summer 2013; 2: 93-100.
- Brabin B J, Hakimi M, and Pelletier D. An analysis of anemia and pregnancy-related maternal mortality. *The journal of Nutrition*. 2001; 131: 604S-615S.
- Ansari Niaki M and Izadi Sabet F. The quality of prenatal care performance on the basis of existing care standards in health centers. *Koomesh*. 2004; 5: 83-88.
- Pediatrics AAO and Association AH. American Academy of Pediatrics/American Heart Association clarification of statement on cardiovascular evaluation and monitoring of children and adolescents with heart disease receiving medications for ADHD: May 16, 2008. *Journal of developmental and behavioral pediatrics: JDBP*. 2008; 29: 335.
- Heartfield M. Regulating hospital use: length of stay, beds and whiteboards. *Nursing Inquiry*. 2005; 12: 21-26.
- Agresti A. *Categorical Data Analysis*. Wiley SERIES in Probability and statistics, ed. T. Edition. 2013, Hoboken, New Jersey: A John Wiley & Sons.
- Zucchini W, Berzel A, and Bulla J. *Hidden Markov Models*. 2006.
- Albert PS. A Two-State Markov Mixture Model for a Time Series of Epileptic Seizure Counts. *Biometrics*. 1991; 47.
- Romero J, Van der Lans R, and Wierenga B. A partially hidden Markov model of customer dynamics for clv measurement. *Journal of Interactive Marketing*. 2013; 27: 185-208.
- Orfanogiannaki K, Karlis D, and Papadopoulos G. Identifying seismicity levels via Poisson hidden Markov models. *Pure and applied geophysics*. 2010; 167: 919-31.
- Wang K, Li M, Hadley D, Liu R, Glessner J, Grant SF, et al. PennCNV: an integrated hidden Markov model designed for high-resolution copy number variation detection in whole-genome SNP genotyping data. *Genome research*. 2007; 17: 1665-74.
- Farzandipoor M, Asefzadeh S, and Rabeei R. Assessment of consideration on the importance of Medical Records Department standards of Kashan Hospitals. *2004, Feyz Journals of Kashan University of Medical Sciences*. 2006; 10.
- Ameri H, Adham D, Panahi M, Khalili Z, Fasihi A, Moravveji M, et al. Predictors for Duration of Stay in Hospitals. *Journal of Health*. 2015; 6: 256-65.
- Akbari F and Kokabi F. Determining nursing manpower needed in a sample hospital. *Journal of Hospital*. 2011; 9: 69-76.
- Bahadori F, Hakimi S, and Heidarzade M. The trend of caesarean delivery in the Islamic Republic of Iran/Évolution des accouchements par césarienne en République islamique d'Iran. *Eastern Mediterranean Health Journal*. 2013; 19: 1.
- Murakami, J. Bayesian posterior mean estimates for Poisson hidden Markov models. *Computational Statistics & Data Analysis*. 2009; 53: 941-55.
- Zucchini W and MacDonald IL, *Hidden Markov models for time series: an introduction using R*. Vol. 22. 2009: CRC press Boca Raton.
- Janbabaee G, Moosazadeh M, Agah R, Khani S, Nezammahalleh A, and Fallah M. Trend of Cesarean Section and Natural Childbirth in Governmental and Private Hospitals during 2007-2014 and its 2021 Forecast in Mazandaran Province, Iran. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2016; 25: 1-11.
- Mayvaneh F, Entezari AR, Khadem N, and Shojaei T. Modeling the seasonal patterns of preterm deliveries: time series study in Mashhad. *1394; 18: 12-20*.
- Fooladvand H. Survey of space-time monthly transition matrix Markov chain to select suitable locations dry farming In Fars province. *Journal of geography space*. 2012; 12:96-183 .
- Le TT, Chatelain F, and Berenguer C. Hidden Markov Models for diagnostics and prognostics of systems under multiple deterioration modes. in *European Safety and Reliability Conference-ESREL 2014*. 2014: Taylor & Francis-CRC Press/Balkema.
- Wall MM and Li R. Multiple indicator hidden Markov model with an application to medical utilization data. *Statistics in medicine*. 2009; 28: 293-310.
- Nguyen T, Khosravi A, Creighton D, and Nahavandi S. Hidden Markov models for cancer classification using gene expression profiles. *Information Sciences*. 2015; 316: 293-307.
- Madadzadeh F, Montazeri M, and Bahrampour A. Predicting of liver disease using Hidden Markov Model. *Razi Journal of Medical Sciences*. 2016; 23: 66-74.
- Sadeghifar M, Seyed-Tabib M, Haji-Maghsoudi S, and Aalipour-Byrgany F. The application of Poisson hidden Markov

- model to forecasting new cases of congenital hypothyroidism in Khuzestan province. *Journal of Biostatistics and Epidemiology*. 2016; 2: 14-19.
27. Oliveira JF and Ludermir TB. Iterative ARIMA-multiple support vector regression models for long term time series prediction. in ESANN. 2014.
28. Nguyen HH and Chan CW. Multiple neural networks for a long term time series forecast. *Neural Computing & Applications*. 2004; 13: 90-8.
29. Gassiat E, Cleynen A, and Robin S. Inference in finite state space non parametric Hidden Markov Models and applications. *Statistics and Computing*. 2016; 26: 61-71.



# Forecasting Frequency of Delivery using Poisson Hidden Markov Models

Ghorbani Gholiabad S<sup>1</sup>, Sadeghifar M<sup>2</sup>, Ghorbani Gholiabad R<sup>3</sup>, Hamidi O<sup>4</sup>

1- PhD Student of Biostatistics, Department of Biostatistics & Epidemiology, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

2- Associate Professor of Biostatistics, Department of Statistics, Faculty of Basic Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

3- MS of Statistics, Hakim Jorjani Hospital, Gorgan, Iran

4- Coach, Department of Science, Hamadan University of Technology, Hamadan, Iran

**Corresponding author:** Sadeghifar M, sadeghifar@basu.ac.ir

(Received 26 April 2017; Accepted 28 October 2017)

**Background and Objectives:** Delivery is one of the most important services in the health systems, and increasing its effectiveness and efficiency are a health priorities. The aim of this study was to forecast the number of deliveries in order to design plans for using all facilities to provide patients with better services.

**Methods:** The data used in this study were the number of deliveries per month in Hakim Jorjani Hospital, Gorgan, Iran during the years 2010 to 2016. Due to the over-dispersion of the data and non-compliance with a Poisson distribution, the Poisson hidden Markov model was applied to predict the frequency of monthly deliveries. The model parameters were estimated using the maximum likelihood method and expectation maximization algorithm.

**Results:** The use of the Akaike criteria revealed the frequency of delivery in different months in the hospital followed a Poisson hidden Markov models with three hidden states, and the mean Poisson distribution in each component was 193.74, 236.05, and 272.61 labors, respectively.

**Conclusion:** The results of this study showed that government's encouraging policies have had short-term, limited effects on increasing fertility with minimal effects on the results of the two-year forecast.

**Keywords:** Delivery, Poisson distribution, Hidden Markov model, Over-dispersion, Forecast