Modeling the Time of Hospitalization in Pediatric Intensive Care Unit in Mashhad Hospitals in 2018 with Inverse Weibull Composite Distributions

Amir Abbas Azarian[1*], Parviz Nasiri[1]

[1]Statistics Department, Payame Noor University, Tehran, Iran

***Corresponding Author**: Amir Abbas Azarian, Ph.D Student, Statistics Department, Payame Noor University, Tehran, Iran. P.O. Box: 193953697, Email: azarianaa1@mums.ac.ir

Received: November 9, 2019 **Revised:** January 22, 2020 **Accepted:** February 26, 2020 **Online Published:** March 11, 2020

Abstract

Introduction: Length of stay in hospital is one of the effective factors in determining the cost of hospitalized patients and one of the high-cost departments is the pediatric intensive care unit (PICU). Knowing how long patients stay in hospital beds can be effective. The purpose of this study was to provide the most appropriate statistical distribution of patients 'stay in PICU wards to predict patients' hospital stay.

Methods: In this paper, in addition to investigating the diagnoses presented to patients admitted to the PICU ward, it has been attempted to use the best statistical models in survival studies such as the inverse Weibull distribution family or its combinations to determine the best statistical model for pediatric hospitalization. To determine the pediatric intensive care unit of three hospitals in Mashhad in 2018 based on these distributions, the first, second and third quartiles of survival time are identified and the best statistical distribution is determined for patients' residence time. R statistical software version 3.5.2 was also used for data analysis and statistical modeling of the population. Finally, maximum likelihood, Akaike Information Criteria (AIC) and Bayesian Information Criteria (BIC) were used to identify the appropriate model.

Results: Based on the data from these three hospitals, several statistical distributions suitable for survival data were fitted to patients' survival times in the PICU wards studied, and the distribution parameters along with intermediate indices and first and third quartiles were reported. After fitting the composite statistical Weibull and Generalized Reverse Weibull statistical distributions to the length of hospital stay in the PICU ward, the best distribution was the logistic regression Weibull series distribution with the highest likelihood.

Conclusion: Generalized inverse Weibull logarithmic series and Inverse Weibull Geometric distribution had a good fit for patients' bed time in PICU department of reviewed hospitals.

Keywords: Survival Time, Inverse Weibull Distribution, Bed-Time, Pediatric Intensive Care Unit, Statistical Criteria

Citation:
Azarian AA, Nasiri P. Modeling the time of hospitalization in pediatric intensive care unit in Mashhad hospitals in 2018 with Inverse Weibull Composite Distributions. Iran J Health Insur. 2020;2(4):198-205.

فصلنامه علمی- پژوهشی بیمه سلامت ایران| دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸

مدل‌بندی زمان بستری بیماران در بخش مراقبت‌های ویژه کودکان در بیمارستان‌های دولتی شهر مشهد در سال ۱۳۹۷ با استفاده از توزیع‌های مرکب وایبول معکوس

امیرعباس آذریان[1*]، پرویز نصیری[1]

[1] گروه آمار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

* **نویسنده مسئول:** امیرعباس آذریان، دانشجوی دکتری آمار، گروه آمار، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. صندوق پستی ۳۶۹۷-۱۹۳۹۵
پست الکترونیک: azarianaa1@mums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸ تاریخ تصحیح: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۷ تاریخ انتشار آنلاین: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱

چکیده

مقدمه: یکی از عوامل موثر در تعیین هزینه‌های بیماران بستری در بخش‌های بیمارستانی، مدت زمان اقامت بیماران در بیمارستان و یکی از بخش‌های پرهزینه نیز، بخش مراقبت‌های ویژه کودکان (PICU) است. اطلاع از مدت زمان بستری بودن بیماران در مدیریت تخت‌های بیمارستانی می‌تواند موثر باشد. هدف از این مطالعه ارائه مناسب‌ترین توزیع آماری برای زمان اقامت بیماران در بخش‌های PICU بوده تا با استفاده از آن، بتوان زمان بستری بودن بیماران در بخش را پیش‌بینی کرد.

روش بررسی: در این مطالعه علاوه‌بر بررسی تشخیص‌های ارائه‌شده برای بیماران بستری در بخش PICU، سعی شد با استفاده از توزیع‌های آماری پرکاربرد در مطالعات بقا مانند خانواده توزیع‌های وایبول معکوس یا ترکیبات آن، بهترین مدل آماری را برای زمان بستری در بخش مراقبت‌های ویژه کودکان سه بیمارستان در شهر مشهد در سال ۱۳۹۷مشخص کرد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و ارائه مدل‌های آماری از نرم‌افزار R ویرایش ۳،۵،۲ و برای تشخیص مدل مناسب، از معیارهای آماری ماکزیمم درست‌نمایی، معیار آکائیک (AIC) و معیار اطلاع بیزی(BIC) استفاده شده است.

یافته‌ها: براساس داده‌های بررسی‌شده بیمارستان‌ها، توزیع‌های آماری هندسی وایبول معکوس، سری‌لگاریتمی وایبول معکوس، هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته و سری‌لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته برای داده‌های بقا روی زمان ماندگاری بیماران در بخش‌های PICU مورد بررسی برازش داده شدند. پس از برآورد پارامترهای توزیع‌ها، شاخص‌های میانه، چارک‌های اول و سوم برای توزیع‌ها گزارش شده است.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج برازش توزیع‌های آماری بر مدت زمان بستری بیماران در بخش PICU،توزیع‌های سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته و هندسی وایبول معکوس در مقایسه با سایر توزیع‌ها برازش بهتری ارائه دادند.

واژگان کلیدی: زمان بقا، توزیع وایبول معکوس، اقامت بیمارستانی، بخش مراقبت‌های ویژه کودکان، معیارهای آماری

مقدمه

مطالعات بقا، یکی از بررسی‌های معمول در مطالعات علوم پزشکی محسوب می‌شود. هدف اصلی این نوع مطالعات، بررسی و مدل‌بندی زمان رخداد یک پیشامد است که اهمیت خاصی دارد و برای هر کدام از اعضای جامعه یک بار در طول مطالعه می‌تواند اتفاق بیفتد؛ رخدادی که آن را شکست می‌نامیم. ازجمله مواردی که می‌توانند مصداق شکست یا رخداد واقعه باشد، زمان روی‌آوری دوباره یک معتاد پس از ترک اعتیاد، زمان بقای یک بیمار پس از درمان یا انجام یک عمل جراحی و نیز مدت زمان بستری بودن بیمار در بیمارستان است. از آنجا که این روش‌ها در ابتدا برای مطالعات مرگ‌ومیر به کار برده می‌شدند و اساساً برای این منظور طراحی شده‌اند، تجزیه وتحلیل زمان بقا نام گرفته‌اند.

تحلیل بقا مجموعه‌ای شامل روش‌های آماری متنوع برای تجزیه و تحلیل متغیرهای تصادفی است که مقادیر مثبتی دارند. برای مشخص

کردن زمان بقا باید سه مؤلفه مبدأ زمان، مقیاس یا واحد اندازه‌گیری گذشت زمان و مفهوم شکست یا وقوع حادثه به‌طور واضح و دقیق تعریف شوند و هیچ‌گونه ابهامی نیز برای آنها وجود نداشته باشد. به‌عنوان مثال اگر موضوع مورد بررسی یک بیماری خاص باشد، بدیهی است عوامل و فاکتورهای دیگری همچون متغیرهای دموگرافیک مانند سن و جنس بیمار، متغیرهای روحی و روانی، عوامل جسمانی و فیزیکی به‌خصوص وضعیت قلبی، متغیرهای محیطی، سابقه سیگاری بودن و عادات غذایی بر حادثه مشخص فوق تأثیر دارند.

یکی دیگر از کاربردهای مطالعات بقا در حوزه علوم سلامت، مدت زمان بستری بیماران در بیمارستان، مخصوصاً بخش‌های پرهزینه مانند بخش مراقبت‌های ویژه است و با توجه به اهمیت موضوع سلامت برای نوزادان، در این مقاله به‌طور خاص بخش مراقبت‌های ویژه کودکان (PICU) مورد بررسی قرار گرفته است.

در سال‌های اخیر مطالعات متعددی عوامل مؤثر بر مدت زمان ماندگاری نوزادان در بخش مراقبت‌های ویژه را بررسی کرده‌اند که ازجمله این عوامل می‌توان به این موارد اشاره کرد: سن زیر ۱۲ماه، سابقه بستری در بخش مراقبت‌های ویژه، پذیرش اورژانس، انجام نشدن CPR قبل از پذیرش، پذیرش بیمار از دیگر بخش‌های مراقبت ویژه یا بخش‌های دیگر، نیاز به مراقبت‌های طولانی مثل تغذیه وریدی و تراکئوستومی، برخی تشخیص‌های خاص مثل بیماری‌های قلبی، پنومونیا و سایر بیماری‌های تنفسی، بیمارانی که هرگز از بیمارستان مرخص نشده‌اند و نیاز به دستگاه تهویه یا کاتتر داخل جمجمه‌ای دارند[۱]. عفونت‌های بیمارستانی یکی دیگر از عواملی هستند که باعث افزایش طول مدت اقامت نوزادان در بخش NICU و همچنین افزایش مرگ و میر نوزادان مبتلا می‌شود. در این نوزادان مشکلاتی مثل نارس‌بودن، بیماریهای تنفسی و آسیفکسیا بیشتر دیده می‌شود و به‌طور طبیعی به درمان‌های مداخله‌ای مانند داشتن کاتتر نافی و درمان با دستگاه تهویه مکانیکی نیاز بیشتری پیدا می‌کنند و این مسئله به افزایش طول مدت اقامت نوزاد در بیمارستان منجر می‌شود [۲].

در حال حاضر در مورد عوامل تعیین‌کننده و مرتبط با طول مدت اقامت بیمار، توافق عمومی وجود ندارد، اما به‌طور کلی این عوامل را می‌توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد: ۱- متغیرهای عرضه که مربوط به شرایط ارائه‌دهنده مراقبت هستند؛ مانند فراهم بودن تخت، روش‌های پرداخت و سیاست‌های ترخیص بیمارستانی. ۲- متغیرهای تقاضا که مربوط به نیازها و شرایط بیماران هستند؛ مانند شدت بیماری، وجود بیماری‌های همراه و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم. تعیین تمام این عوامل به‌صورت جامع، تقریبا غیرممکن است، اما می‌توان فاکتورهای بالینی و غیربالینی در دسترس هنگام ورود بیمار به بیمارستان را بررسی و از بین آنها، فاکتورهای مرتبط با طول مدت اقامت را تعیین کرد[۳].

یکی از فاکتورهای مهم در اداره امور بیمارستانی، اطلاع از مدت زمان اقامت بیماران در بیمارستان و نیز اطلاع از فاصله زمانی بین چرخش تخت‌های بیمارستانی است که در تمام ارزیابی‌های بیمارستانی داخل و خارج از کشور از آنها استفاده می‌شود. در مطالعات متعدد داخل یا خارج از کشور این شاخص و نحوه بهبود آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. این شاخص همچنین در ارزیابی عملکردهای ماهیانه بیمارستان‌ها که توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی انجام می‌گیرد نیز وجود دارد. در همین راستا مقالات و پژوهش‌های مختلفی نیز در کشور در این‌خصوص انجام شده است. به‌عنوان مثال در سال ۱۳۸۸ عرب و همکاران[۳] متوسط مدت زمان اقامت بیماران در بیمارستان‌های دولتی استان لرستان را بررسی و این شاخص را ۳/۰۳ روز اعلام کردند. همچنین اعلام شد این شاخص برای سال ۱۳۸۰ برابر ۳/۷ روز بوده است. ابراهیمی‌پور و همکاران[۴] در سال ۱۳۹۴، زمان ترخیص بیماران از بخش‌های بستری در بیمارستان امام رضا(ع) مشهد را بررسی کردند. علوش و همکاران[۵]در سال ۱۳۹۷، هزینه بیماران داخلی و جراحی در بخش مراقبت‌های ویژه کودکان را در بیمارستان امام حسین(ع) تهران بررسی کردند. همچنین در مطالعه‌ای که نتایج آن در سال ۲۰۱۹ توسط منیس و همکاران[۶] منتشر شد، مدت زمان استفاده از داروهایی که در درمان سرپایی بیماران تجویز می‌شوند، بین نژادهای مختلف ساکن در آمریکا مورد بررسی و مدل‌بندی قرار گرفت. در مطالعه دیگری که حلّاح و وینستین[۷] در سال ۲۰۱۹ منتشر کردند، یک مدل آماری برای زمان‌بندی اعمال جراحی در بخش کودکان بیمارستانی ارائه شد. در مطالعه دیگری که سوکورلی و همکاران[۸] در سال ۲۰۱۹ منتشر کردند، زمان بقای بیماران بعد از حمله قلبی در بیمارستان بررسی شد. همچنین موسوی و ابراهیم‌نژاد[۹] در سال ۲۰۱۸ براساس یک مدل ریاضی، بهترین زمان انتظار برای اعمال جراحی غیراورژانسی ارائه کردند. اُویده و همکاران[۱۰] نیز در سال ۲۰۱۷ نشان دادند که می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی، عملکرد بخش اورژانس بیمارستان را بهبود بخشید.

با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای که با هدف بررسی مدل‌بندی آماری زمان بستری بیماران در کشور انجام نشده، در این مطالعه با

اســتفاده از مدل‌های آماری، توزیع آماری زمان بستری بودن بیماران بررســی شده اســت. برای مدل‌بندی توزیع‌های بقا، به‌طور معمول از توزیع‌های آماری با دامنه مقادیر مثبت استفاده می‌شود؛ مانند توزیع بتــا، توزیع گاما و توزیع وایبول. یکی از دلایل اســتفاده از توزیع‌های دوپارامتری، افزایش قابلیت انعطاف این توزیع‌ها برای مدل‌بندی جامعه است. توزیع وایبول که توسط فیزیکدان سوئدی به‌نام والودی وایبول معرفــی شــده[۱۱] نیز توزیع دو پارامتری است و امــروزه متداول‌ترین توزیع مورد استفاده در مطالعات قابلیت اطمینان، طول‌عمر و کنترل کیفیت اســت و به‌طور وسیعی در شــاخه‌های مختلف علوم ازجمله پزشکی و مهندسی استفاده می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین رفتار متغیرهای تصادفی، متغیرهای تصادفی پنهان اســت که در مطالعات پزشکی کاربردهای زیادی دارند. این متغیرها به‌طور مســتقیم مشــاهده نمی‌شوند، بلکه تأثیر آنها بر متغیرهای دیگر مشــاهده می‌شود؛ به‌عنوان مثال، مدت زمان درمان یک بیماری باید مشــخص باشــد، امّــا عواملی همچون جنســیت بیمار، زمان شــروع درمان، وجود بیماری‌های زمینه‌ای یا حتی وجود عفونت‌های بیمارســتانی می‌تواننــد بر مدت زمان درمان یک بیماری مؤثر باشند؛ متغیرهایی غیرواقعی که اثر آنها را به‌صورت مستقیم نمی‌توانیم در مطالعه مشخص کنیم. توزیع‌های آماری مرکب، توزیع‌هایی هســتندکه به مدل‌بندی چنین شرایطی کمک می‌کنند. به‌بیان دیگر توزیع‌های مرکب از ترکیب توزیع ظاهری جامعه و توزیع متغیرهای پنهان ناشی از عوامل تصادفی یا غیرقابل مشاهده مستقیم به‌دســت می‌آیند. مدل‌هــای دارای متغیرهای پنهان یــا توزیع‌های مرکب در بســیاری از رشته‌ها ازجمله روان‌شناسی، جمعیت‌شناسی، اقتصاد، مهندســی، پزشکی، فیزیک، هوش مصنوعی، بیوانفورماتیک، اقتصادسنجی، مدیریت و علوم اجتماعی به‌صورت گسترده‌ای کاربرد دارند.

یکی از مزایای اســتفاده از توزیع‌هــای مرکب و متغیرهای پنهان این اســت که می‌توان با اســتفاده از آن، ابعاد داده‌هــا را کاهش داد. تعداد زیادی از متغیرهای قابل مشاهده را می‌توان در یک مدل برای نشان‌دادن یک مفهوم اساسی ترکیب کرد و به‌وسیله آنها درک بهتری از واقعیــت جامعه ارائه داد. به‌عنوان مثــال محققی می‌خواهد میزان شــناخت یک نفر نســبت به آمار را بســنجد. در این حالت X میزان شــناخت واقعی فرد به آمار اســت، T میزانی از شناخت فرد است که از پرسشنامه به‌دست می‌آید و ε نیز سایر عواملی هستند که بر X اثر می‌گذارند، اما از پرسشــنامه قابل استحصال نیستند که به این سایر عوامل، متغیر پنهان گفته می‌شود. متغیرهای پنهان مانند متغیرهای معمول هســتند، اما با این تفاوت که به‌درســتی و به‌صورت مستقیم قابــل اندازه‌گیری نیســتند. به‌همین منظور آنها را یــا باید به‌صورت بیان‌شــده در رابطه $X=T+\varepsilon$ درنظر گرفت کــه در این‌صورت ε مانند یک متغیر جداگانه درنظر گرفته می‌شــود یا آنکــه روی پارامترهای توزیع اثر می‌گذارد که در این‌صورت، رفتار مدل آماری با اســتفاده از توزیع‌های مرکب بررسی می‌شود.

تا کنون توزیع‌های مرکب بســیاری از سوی محققان ارائه شده است کــه از آن جمله می‌توان به توزیع‌های مرکب هندســی وایبول معکوس و پواسون وایبول معکوس اشاره کرد که در سال ۲۰۱۸ توسط چودهوری و چاکرابارتی[۱۲] معرفی شدند. همچنین نصیری و آذریان در سال ۲۰۱۹ توزیع مرکب ســری لگاریتمی وایبول معکوس را معرفی و کاربردهایی از آن را نشــان دادند. در سال ۲۰۱۱ گاسمائو و اورتگا[۱۳] توزیع وایبول معکــوس تعمیم‌یافته را معرفی کردند که در این مقاله با اســتفاده از ترکیب با توزیع‌های آماری دیگر مانند هندســی و ســری لگاریتمی، کاربرد آن در مدل‌بندی زمان بســتری بیماران در بخش PICU نشان داده می‌شود.

روش بررسی

با توجه به مطالعات انجام شده برای مدل‌بندی زمان بستری بودن بیماران در بیمارستان، از توزیع‌های هندسی وایبول معکوس، هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته، توزیع سری لگاریتمی وایبول معکوس و توزیع سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته استفاده شده است. در ایــن بخش این توزیع‌ها از ترکیب توزیع وایبول معکوس و وایبول معکوس تعمیم‌یافته با توزیع‌های هندسی و سری لگاریتمی به‌دست می‌آیــد. برای این منظور، ابتــدا توزیع وایبول معکوس تعمیم‌یافته با استفاده از تابع توزیع زیر تعریف می‌شود:

$$F(y)=\exp\{-\gamma(\beta/y)^{\alpha}\};\ \alpha,\beta,\gamma,y>0$$

شــرایطی را در نظر بگیرید که مــدت زمان لازم برای رخداد یک پیشامد در مطالعه آنالیز بقا مربوط به وجود چندین عامل دیگر باشد. به‌عنوان مثال مدت زمان بستری بودن بیمار در بخش PICU علاوه‌بر نوع بیماری به N متغیر دیگر مانند سابقه بیماری، سابقه بستری شدن در بیمارستان، بروز عفونت بیمارستانی و... بستگی داشته باشد. در این صــورت اگر متغیر تصادفی $X_i;\ i=1,2,...,n$ بیانگر مدت زمان بســتری بودن بیماران باشد و از توزیع وایبول معکوس تعمیم‌یافته پیروی کند، همچنین اگر فرض کنیم متغیر تصادفی N از توزیع سری لگاریتمی با پارامتر θ پیروی کند، می‌توان گفت مدت زمان بستری بودن بیماران از توزیع ســری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته پیروی می‌کند که به‌اختصار آن را با GIWLSD نمایش می‌دهیم.

در این حالت اگر مدت زمان بستری بودن بیماران را با متغیر تصادفی

Y نمایش دهیم، تابع چگالی آن عبارت است از:

$$f(y;\alpha,\beta,\gamma,\theta)=\frac{-1}{ln(1-\theta)}\frac{\alpha\theta\gamma\beta^{\alpha}e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}y^{-(\alpha+1)}}{1-\theta+\theta e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}};\ y,\alpha,\beta,\gamma>0,0<p<1$$

رفتار تابع چگالی توزیع هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته، به ازای مقادیر مختلف α وβ و γ و θ در شکل ۱ آمده است.

با توجه به تابع چگالی سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته می‌توان تابع توزیع آن را به‌صورت زیر به‌دست آورد:

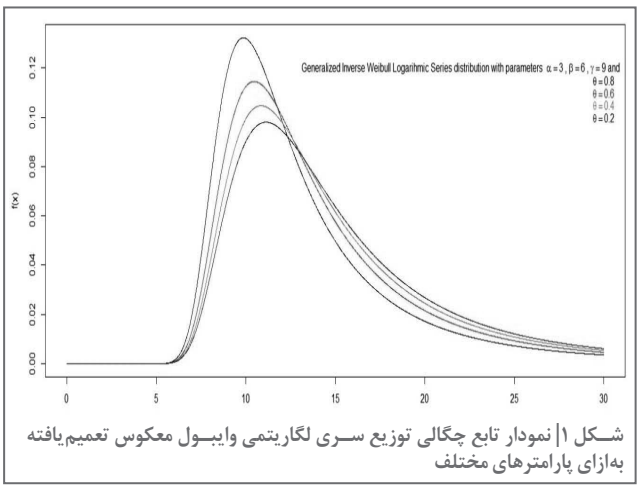
$$F(y,\alpha,\beta,\gamma,\theta)=1-\frac{ln\left(1-\theta+\theta e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}\right)}{ln(1-\theta)};\alpha,\beta,\gamma,\theta,y>0$$

با تعریف S(y)=1-F(y)،تابع خطر این توزیع به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

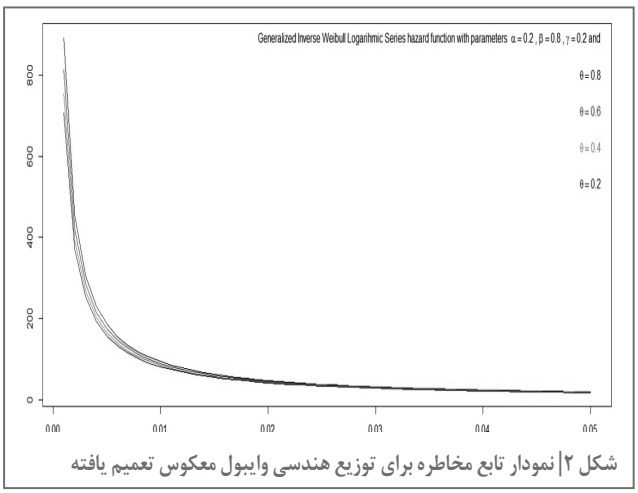
$$h(y)=\frac{f(y)}{S(y)}=-\frac{\theta\gamma\beta^{\alpha}e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}y^{-(\alpha+1)}}{\left(1-\theta+\theta e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}\right)ln\left(1-\theta+\theta e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}\right)}$$

نمونه‌ای از تابع مخاطره برای این توزیع در شکل ۲ نشان داده شده است.

اگر در فرایند ساخت توزیع هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته، به‌جای درنظر گرفتن توزیع سری لگاریتمی برای متغیر تصادفی N، فرض کنیم این متغیر از توزیع هندسی پیروی کند، در این‌صورت متغیر تصادفی Y از توزیع هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته پیروی خواهد کرد، با نماد GIWG نمایش داده می‌شود که ضابطه این توزیع در جدول شماره ۱ آمده است.



شکل ۱| نمودار تابع چگالی توزیع سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته به‌ازای پارامترهای مختلف



شکل ۲| نمودار تابع مخاطره برای توزیع هندسی وایبول معکوس تعمیم یافته

جدول۱| توابع چگالی احتمال و چندک πام در توزیع‌های مورد استفاده برای بررسی مدت زمان بستری بیماران

توزیع	تابع چگالی احتمال	چندک‌ها
هندسی وایبول معکوس	$f_Y(y;\ \alpha,\beta,p)=\frac{p\alpha\gamma\beta^{\alpha}e^{-\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}y^{-(\alpha+1)}}{\left[1-(1-p)\left(1-e^{-\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}\right)\right]^2}$	$\beta\left[-\frac{1}{\log\left(\frac{p\pi}{1-\pi(1-p)}\right)}\right]^{\frac{1}{\alpha}}$
سری لگاریتمی وایبول معکوس	$f(y;\ \lambda,\alpha,\theta)=\frac{-1}{\ln(1-\theta)}\frac{\alpha\theta\lambda e^{-\lambda y^{-\alpha}}y^{-(\alpha+1)}}{1-\theta+\theta e^{-\lambda y^{-\alpha}}}$	$\beta\left[-\frac{\gamma}{\log(\theta-1+(1-\theta)^{1-\pi})}\right]^{\frac{1}{\alpha}}$
هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته	$f_Y(y;\ \alpha,\beta,\gamma,p)=\frac{p\alpha\gamma\beta^{\alpha}e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}y^{-(\alpha+1)}}{\left[1-(1-p)\left(1-e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}\right)\right]^2}$	$\beta\left[-\frac{1}{\log\left(\frac{p\pi}{1-\pi(1-p)}\right)}\right]^{\frac{1}{\alpha}}$
سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته	$f(y;\alpha,\beta,\gamma,\theta)=\frac{-1}{ln(1-\theta)}\frac{\alpha\theta\gamma\beta^{\alpha}e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}y^{-(\alpha+1)}}{1-\theta+\theta e^{-\gamma\left(\frac{\beta}{y}\right)^{\alpha}}}$	$\beta\left[-\frac{\gamma}{\log(\theta-1+(1-\theta)^{1-\pi})}\right]^{\frac{1}{\alpha}}$

اگـر در تعریف متغیر تصادفـی Y، فرض کنیـم $X_i;i=1,2,...,n$ به‌جای توزیع وایبول معکـوس تعمیم‌یافته از توزیع وایبول معکوس پیروی می‌کند، در این صورت به‌ترتیب با توزیع‌های هندسـی وایبول معکوس و سـری لگاریتمی وایبول معکوس روبه‌رو خواهیم بود که به ترتیـب آنها را با IWG و IWLS نمایش می‌دهیم. با توجه به کاربردی بودن این مقالـه، از بیان روش‌های آماری برای به‌دسـت آوردن این توزیع‌هـا خودداری شـده و فقط توابـع چگالی توزیع‌هـا در جدول شماره ۱ آورده شده است.

توزیع‌های آماری معرفی شـده در جدول شماره ۱را با استفاده از نرم‌افزار آماری R نگارش ۳,۵,۲ بر داده‌های مورد مطالعه برازش داده و با استفاده از معیارهای مناسبت مدل برای تعیین بهترین توزیع آماری از شاخص‌های AIC و BIC استفاده کردیم. در نظریه آمار، این معیارها ملاکی برای مناسـبت مدل برازش‌شـده روی داده‌ها هستند. هرچه این شاخص‌ها کوچک‌تر و تابع ماکزیمم درست‌نمایی بزرگ‌تر باشند، توزیع آماری مورد نظر نمونه را بهتر معرفی می‌کند. با توجه به اینکه چندین توزیع آماری برای مدل‌بندی مورد بررسـی ارائه شده‌اسـت، می‌توان با استفاده از این معیارها بهترین مدل آماری برای مدل‌بندی نمونـه را انتخاب کرد. علاوه‌بر آن شـاخص‌های مرکزی و پراکندگی به‌صورت چارک اول، میانه و چارک سـوم برای هر توزیع برای نمونه مورد بررسی گزارش شدند.

یافته‌ها

برای جمع‌آوری اطلاعات براسـاس همکاری صورت گرفته با مدیریت آمار و فناوری اطلاعات و ارتباطات دانشـگاه علوم پزشـکی مشـهد، داده‌های مورد نیاز از سیسـتم اطلاعات بیمارسـتانی(HIS) دانشگاه علوم پزشـکی مشـهد اسـتخراج شـد. با توجه به اینکه در دانشگاه علوم‌پزشـکی مشهد استفاده از HIS یکپارچه در تمامی بیمارستان‌ها استفاده می‌شـود، برای انجام این پژوهش از اطلاعات ثبت‌شده تمام بیماران بستری‌شـده در بخش مراقبت‌های ویژه سـه بیمارستان در سـال ۱۳۹۷ در شهر مشـهد که به‌صورت اورژانسی به این بخش‌ها منتقل شده بودند، بررسی شدند. نمونه‌ای به حجم ۱۰درصد به‌صورت تصادفی ساده از بیماران بستری در هر بخش انتخاب شد. از این بین، بیمارانی که از بیمارستان با دستور پزشک ترخیص یا فوت شده بودند، وارد مطالعه شـدند. پس از تعیین نمونه، توزیع‌های آماری مورد نظر بر داده‌ها برازش داده شدند که نتایج آن در ادامه می‌آید:

الف- بخش ICU نوزادان بیمارستان شماره ۱

اطلاعـات نمونه‌ای این بخش که شـامل مدت زمـان حضور ۶ بیمار که بـه صورت اورژانسـی به بیمارسـتان مراجعه کرده‌بودنـد، به ترتیب ۳، ۶، ۷، ۱۱، ۱۲ و ۲۵ روز بوده اسـت. با توجه به توزیع‌های آماری مورد بررسـی و استفاده از اطلاعات به‌دسـت آمده، چارک‌ها و مقدار معیارهای برای تشـخیص مدل مناسـب در جدول ۲ آورده شـده است. با توجه به شاخص‌های مناسبت مدل، برای این مشاهدات توزیع هندسی وایبول معکوس برازش بهتری از سایر توزیع‌ها ارائه می‌دهد.

ب- بخش ICU نوزادان بیمارستان شماره ۲

اطلاعـات نمونـه‌ای ایـن بخـش شـامل مـدت زمـان حضور ۲۳بیمار که به‌صورت اورژانسـی به بیمارسـتان مراجعه کرده‌بودند، ۱، ۵،۵،۵،۴،۳،۳،۳،۳،۳،۳،۳،۳،۲،۲،۲،۲،۲،۲،۱،۱،۱،۲، ۷، ۹، ۱۳و ۳۴ روز بـود. برآورد پارامترهای توزیع‌های مورد بررسـی در این پژوهش برای این مشاهدات در جدول۳ آورده شده است.

جدول۲| چارک‌ها و معیارهای برازش توزیع‌ها برای زمان اقامت بیماران در بخش PICU بیمارستان ۱

توزیع	چارک‌ها			معیار ها		
	چارک اول	میانه	چارک سوم	درست‌نمایی	AIC	BIC
هندسی وایبول معکوس	۲/۱۹	۶/۶۲	۲۷/۸	-۲۲/۷۹	۵۱/۵۷۴	۵۰/۹۵۰
سری‌لگاریتمی وایبول معکوس	۰/۰۰۴	۰/۰۱۳	۷/۳۶	-۳۵/۰۹۹	۷۶/۱۹۹	۷۵/۵۷۵
هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته	۰/۹۲	۸/۳۵	۱۴۹/۲	-۲۵/۴۲۵	۵۸/۸۴۵	۵۸/۰۱۲

جدول۳| چارک‌ها و معیارهای برازش توزیع ها برای زمان اقامت بیماران در بخش PICU بیمارستان ۲

توزیع	چارک‌ها			معیار ها		
	چارک اول	میانه	چارک سوم	درست‌نمایی	AIC	BIC
هندسی وایبول معکوس	۱/۴۸	۳/۰۱	۷/۵۴	-۵۷/۵۸۶	۱۲۱/۱۷۱	۱۲۴/۵۷۸
سری‌لگاریتمی وایبول معکوس	۰/۰۰۲	۰/۰۸	۱۲۴/۸۷۷	-۱۳۱/۶۵۰	۲۶۹/۳۰۰	۲۷۲/۷۰۷
هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته	۰/۶۹	۳/۷۰	۳۲/۹۷	-۷۰/۴۹۹	۱۴۸/۹۹۷	۱۵۳/۵۳۹
سری‌لگاریتمی‌وایبول‌معکوس تعمیم‌یافته	۰/۵۰۵	۰/۷۳۴	۱/۱۱۲	-۷۳/۹۴۲	۱۵۵/۸۸۴	۱۶۰/۴۲۶

با توجه به شاخص‌های مناسبت مدل، برای این مشاهدات توزیع هندسی وایبول معکوس، برازش بهتری از سایر توزیع‌ها برای جامعه ارائه می‌دهد. در توزیع مرکب سری لگاریتمی با وایبول معکوس، توزیع سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته برازش بهتری دارد، اما با توجه به چارک‌های به‌دست آمده، توزیع هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته چارک‌های بهتری ارائه می‌دهند.

پ- بخش ICU نوزادان بیمارستان شماره ۳

اطلاعات نمونه‌ای این بخش شامل مدت زمان حضور ۱۰ بیمار که به‌صورت اورژانسی به بیمارستان مراجعه کرده‌بودند ۱، ۱، ۳، ۳، ۴، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۹ روز بود. برآورد پارامترهای توزیع‌های مورد بررسی در این برای این مشاهدات در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به شاخص‌های مناسبت مدل، در این مشاهدات توزیع سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته برازش بهتری نسبت به توزیع سری لگاریتمی وایبول معکوس دارد، اما بهترین برازش برای این مشاهدات را توزیع هندسی وایبول معکوس ارائه می‌دهد.

بحث

بررسی مدت زمان بستری بودن بیماران در بیمارستان و به‌خصوص مدت زمان بستری در بخش‌های مراقبت‌های ویژه، از موارد تأثیرگذار بر هزینه مراقبت‌های بهداشتی است. از این رو محققان مختلف به‌دنبال بررسی میزان عوامل مؤثر بر افزایش مدت زمان ماندگاری بیماران در بخش‌های ICU و PICU بوده‌اند. به‌عنوان مثال علوش و همکاران[۵] در سال ۱۳۹۷، هزینه بیماران داخلی و جراحی در بخش مراقبت‌های ویژه کودکان در مرکز آموزشی درمانی امام‌حسین(ع) تهران را بررسی کردند. در این مطالعه بین هزینه درمانی و مدت اقامت بیماران، رابطه معناداری مشاهده شد. همچنین مدت زمان بستری بیماران در بخش‌های داخلی و جراحی نیز تفاوت معنادار آماری داشتند و بیماران داخلی با متوسط زمان بستری ۷/۳۸ روز بیشتر از بیماران جراحی با متوسط ۵ روز در بخش PICU بستری بودند. در مطالعه دیگری که ابراهیمی‌پور و همکاران[۴] در سال ۱۳۹۴ انجام دادند، مدت زمان ترخیص بیماران در بیمارستان امام‌رضا(ع) مشهد مورد ارزیابی قرار گرفت و در نتیجه آن راهکارهایی برای کوتاه‌تر کردن این فاصله زمانی پیشنهاد کردند که این کوتاه‌تر شدن به افزایش رضایت‌مندی بیماران منجر شد. از طرفی انجمن مراقبت‌های ویژه ایران در دی‌ماه ۱۳۹۸ اعلام کرد مدت زمان بستری در بخش مراقبت‌های ویژه ICU بین ۳ تا ۵ روز و حداکثر ۷ روز است و اگر مدت زمان بستری در این بخش‌ها بیش از ۷ روز باشد، باعث بروز عفونت‌های بیمارستانی می‌شود[۱۴].

یکی از دیدگاه‌های نوین نسبت به ساختارهای بیمارستانی مانند بخش‌های اورژانس و مراقبت‌های ویژه، مدل‌بندی آماری و بررسی عملکرد این بخش‌ها از طریق شبیه سازی‌های آماری است. تاکنون مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده که به‌عنوان نمونه در مطالعه موسوی و ابراهیم‌نژاد[۹] در سال ۲۰۱۸، مدت زمان انتظار بیماران الکتیو مراجعه‌کننده به بیمارستان‌ها را با استفاده از شبیه‌سازی آماری مدل‌بندی شد. عویده و همکاران[۱۰] در سال ۲۰۱۹ نیز با استفاده از شبیه‌سازی آماری عملکرد واحدهای اورژانس بیمارستان کویت را ارتقا بخشیدند. لی و کوده[۱۵] در سال ۲۰۰۰ با استفاده از مدل‌های رگرسیون کاکس، پیامدهای مؤثر بر مدت زمان بستری در بیمارستان‌های محلی و شهرهای بزرگ استرالیا را بررسی کردند. ایوب‌زاده و همکاران[۱۶] در سال ۲۰۲۰ عوامل موثر بر مدت زمان اقامت بیماران در یک بیمارستان عمومی در جنوب ایران را بررسی کردند. اما از طرفی لو، فلیپس و کوده[۱۷] در سال ۲۰۰۱ با استفاده از رگرسیون لجستیک، عوامل مؤثر بر مدت زمان بستری بیماران را بررسی و اعلام کردند فقط ۳۷/۶ درصد از کل مدت زمان بستری را می‌توان با استفاده از متغیرهای پزشکی تفسیر کرد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این مقاله می‌توان استفاده از توزیع‌های آماری ترکیبی وایبول معکوس و وایبول معکوس تعمیم‌یافته

جدول۴| چارک‌ها و معیارهای برازش توزیع ها برای زمان اقامت بیماران در بخش PICU بیمارستان ۳

توزیع	چارک‌ها			معیار ها		
	چارک اول	میانه	چارک سوم	درست‌نمایی	AIC	BIC
هندسی وایبول معکوس	۱/۶۰	۳/۳۷	۸/۷۷	-۲۵/۸۲۵	۵۷/۶۵۰	۵۸/۵۵۸
سری‌لگاریتمی وایبول معکوس	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۵/۴۰	-۴۸/۷۸	۱۰۳/۵۵۸	۱۰۴/۴۶۶
هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته	۰/۸۵	۵/۰۳	۵۰/۰۴	-۳۱/۲۴۶	۷۰/۴۹۲	۷۱/۷۰۲
سری‌لگاریتمی‌وایبول‌معکوس تعمیم‌یافته	۰/۳۳۴	۰/۵۶۷	۱/۰۱۱	-۳۳/۰۳	۷۴/۰۶۴	۷۵/۲۷۵

و به‌خصوص توزیع‌های سری لگاریتمی وایبول معکوس تعمیم‌یافته و توزیع هندسی وایبول معکوس تعمیم‌یافته را برای مدل‌بندی مدت زمان بستری بیماران در بخش مراقبت‌های ویژه نوزادان در بیمارستان‌های مشهد پیشنهاد کرد. هرچند انتخاب بهترین توزیع در هر بخش بیمارستانی با توجه به ماهیت بیمارانی که به آن بخش ارجاع می‌شوند و نوع درمانی که دریافت می‌کنند، متفاوت است، اما استفاده از توزیع‌های ترکیبی می‌تواند باعث افزایش دقت توزیع‌ها و بیان دقیق‌تر خصوصیات جامعه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود درخصوص بخش‌های مختلف بیمارستانی این پژوهش با نمونه آماری بزرگ‌تر، بررسی شوند تا بتوان پیشنهادهای بهتری درخصوص زمان مورد قبول بستری بودن بیماران در بیمارستان اتخاذ کرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از سردبیر محترم، داوران علمی و همچنین مدیریت آمار و فناوری اطلاعات و ارتباطات دانشگاه علوم پزشکی مشهد و به‌خصوص از گروه آمار این مدیریت برای اجازه دسترسی به اطلاعات مورد نیاز این مقاله تشکر و قدردانی کنند. همچنین مراتب تشکر و قدردانی خود را از نظرات ارزشمند جناب آقای دکتر حسین ابراهیمی‌پور،استاد گروه اقتصاد درمان دانشگاه علوم پزشکی مشهد، برای کاربردی‌تر کردن نتایج این پژوهش اعلام می‌دارند.

References

1. Kandi Kele M, Kadivar M, Zeraati H, Ahmadnezhad E, Holakoui Naini K. Length of stay in nicu admitted infants and its effective factors at children's hospital medical center using survival analysis. Iranian Journal of Epidemiology. 2014;10(1):25-32.
2. Ajalloueian M, Kazemi H, Samar G, Feyzzadeh A. Study on nosocomial infections in an intensive care unit and the related factors. J Gorgan Univ Med Sci. 2007;9(2):24-8. [Persian]
3. Arab M, Zareei A, Rahimi A, Rezaeian F, Akbari F. Analysis of factors affecting length of stay in public hospitals in Lorestan Province, Iran. Hakim Health Sys Res. 2010;12(4) :27-32. [Persian]
4. Ebrahimipour H, Vajaee A, nouri G, Esmaeili H, Jamili S. Studying waiting time of patient during discharge process in clinical departments of Imam Reza Hospital affiliated with Mashhad University of Medical Science In 2014. Hospital. 2015;14(1):117-25. [Persian]
5. Alwash AMS., Habibzade, M, Shafa, A. A comparative study of hospital cost of patients in internal medicine and surgical wards in pediatric intensive care unit in Imam Hussein Hospital. Depiction of Health. 2018; 9(3):186-94.
6. Mennis J, Stahler GJ, El Magd SA, Baron DA. How long does it take to complete outpatient substance use disorder treatment? Disparities among Blacks, Hispanics, and Whites in the US. Addictive Behaviors. 2019;93:158-65.
7. M'Hallah R, Visintin FA. stochastic model for scheduling elective surgeries in a cyclic Master Surgical Schedule. Computers and Industrial Engineering. 2019;129:156-68.
8. Sokoreli I, Cleland JG, Pauws SC, Steyerberg EW, de Vries JJG, Riistama JM, et al. Added value of frailty and social support in predicting risk of 30-day unplanned re-admission or death for patients with heart failure: An analysis from OPERA-HF. International Journal of Cardiology. 2019;278:167-72.
9. Moosavi A, Ebrahimnejad S. Scheduling of elective patients considering upstream and downstream units and emergency demand using robust optimization. Computers and Industrial Engineering. 2018;120:216-33.
10. Oueida S, Kadry S, Char PA, Ionescu S. Improving emergency department services using simulation: Case study of Kuwait hospital. 2017 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition, GCCCE 2017, art. no. 8448175.
11. Weibull W. A statistical distribution function of wide applicability. Journal of Applied Mechanics. 1951;18(3):293-7.
12. Chakrabarty JB, Chowdhury S. Compounded inverse Weibull distributions: Properties, inference and applications. Communications in Statistics-Simulation and Computation. 2018; 4:1-22.
13. Gusmão RS, Ortega MM. The generalized inverse Weibull distribution, Stat Papers. 2011;52:591-619.
14. The length of hospital stay in ICU is between3 and 5 days. Available at: https://www.palna.ir/p/1h06. Accessed Feb 24, 2020.
15. Liu Y, Phillips M, Codde J. Factors influencing patients' length of stay. Aust Health Rev. 2001;24(2):63-70.
16. Ayyoubzadeh SM, Ghazisaeedi M, Rostam Niakan Kalhori S, Hassaniazad M, Baniasadi T, Maghooli K, Kahnouji K. A study of factors related to patients' length of stay using data mining techniques in a general hospital in southern Iran. Health Inf Sci Syst. 2020;8(1):9.
17. Liu Y, Phillips M, Codde J. Factors influencing patients' length of stay. Australian Health Review. 2001;24: 63-70.