



## پایش تاثیر دمای محیط بر پاندمی کووید ۱۹ با استفاده از تجزیه و تحلیل پروفایل

کریم آتشگر: دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران (\* نویسنده مسئول) atashgar@iust.ac.ir  
سعید روشندل: دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

### چکیده

#### کلیدواژه‌ها

پایش پروفایل،  
پاندمی،  
کووید ۱۹،  
کرونا،  
عدد مولد پایه

**زمینه و هدف:** یکی از اولین اقداماتی که در شرایط همه‌گیری یک بیماری مانند کووید-۱۹ در جامعه صورت می‌گیرد، انجام بررسی اپیدمیولوژیک است. یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های کلیدی در ارزیابی و کنترل اپیدمی، شاخص مولد پایه ( $R_0$ ) است که متاثر از عوامل متفاوتی، تغییر می‌یابد. این مقاله درصدد است تا در مرحله اول یک رابطه تابعی بین شاخص مولد پایه و متغیر دما طراحی نماید، و در دومین مرحله، نشان دهد که پاندمی در یک جامعه را می‌توان با رویکرد پروفایلی بصورت اثربخشی پایش کرد.

**روش کار:** روش مورد استفاده برای دستیابی به اهداف این تحقیق، تجزیه و تحلیل و پایش پروفایل می‌باشد. پایش پروفایل در گروه رویکردهای آماری قرار می‌گیرد. در این تحقیق رابطه تابعی (پروفایل) میان متغیرهای دمای محیط و شاخص مولد پایه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همچنین در این تحقیق، به منظور دستیابی به رابطه تابعی مورد نظر، از روش‌های تجزیه و تحلیل طراحی آزمایشات نیز استفاده شده است.

**یافته‌ها:** در این تحقیق، علاوه بر اینکه یک پروفایل برای دو متغیر دمای محیط و شاخص مولد پایه طراحی و معرفی گردید، این تحقیق نشان داد که می‌توان پاندمی را بر اساس یک رابطه پروفایلی بصورت اثربخش کنترل کرد، و تغییرپذیری ناشی از عوامل غیرطبیعی را از تغییرپذیری ناشی از عوامل تحت کنترل، شناسایی کرد.

**نتیجه‌گیری:** این مقاله ضمن بررسی مدل پیشنهادی در دو فاز یک و فاز دو، پایش پروفایل پیشنهادی را برای سه بازه زمانی متفاوت در کشور ایران تجزیه و تحلیل حساسیت کرده است. نتایج این تحلیل نشان داد که مدل کنترلی طراحی شده می‌تواند به خوبی شرایط پاندمی ویروس کووید-۱۹ را با استفاده از رابطه تابعی بین متغیر مستقل دمای محیط و متغیر پاسخ عدد مولد پایه ( $R_0$ ) پایش کند و سیگنال‌های مناسبی را از خود نشان دهد.

**تعارض منافع:** گزارش نشده است.

**منبع حمایت‌کننده:** حامی مالی ندارد.

شیوه استناد به این مقاله:

Atashgar K, Roshandel S. Monitoring the effect of temperature on the Covid 19 pandemic using profile analysis. Razi J Med Sci. 2021;28(5):125-144.

\*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با [CC BY-NC-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/) صورت گرفته است.

## Monitoring the effect of temperature on the Covid 19 pandemic using profile analysis

**Karim Atashgar\***: Associate Professor, Industrial Engineering faculty, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran (\* Corresponding author) atashgar@iust.ac.ir  
**Saeed Roshandel**: PhD Candidate, Industrial Engineering Faculty, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

### Abstract

**Background & Aims:** One of the first steps taken in the epidemic of a disease such as Covid-19 in the community is to conduct an epidemiological study. In this case, the basic reproduction number (R0) index is referred to as a key term to analyze and control the pandemic condition. The fluctuation of this index really is affected by different factors. The objective of this paper is: 1) to design a functional relationship between R0 term and the temperature variable, and 2) to illustrate that the pandemic condition of a community can be monitored effectively by the profile approach. The Covid-19 virus was first detected in Wuhan, China, and has infected more than 35 million people as of this writing. In the case of Covid-19 virus, the term pandemic is used instead of epidemic after the virus has spread worldwide and has been in such a way that it has crossed several continents and has affected all countries of the world (1). One of the first measures to control the prevalence of such diseases is to conduct an epidemiological study. A key feature in epidemiological assessment and control is the Basic Reproduction Number ( ). means that each carrier can infect an average of several others by entering an unprotected population. In epidemiology, there are several factors affecting (2). One of the most important uncontrollable factors whose effects on the Covid-19 virus pandemic have been discussed by many researchers so far, is environment temperature (5).

**Methods:** The method used in this research to provide the objectives is profile monitoring. Profile monitoring is categorized in statistical approach. In this research the functional relationship (profile) between temperature variable and the basic reproduction number is analyzed. Experimental analysis methods are also used leading to achieve the desired functional relationship.

This paper, for the first time, uses profile monitoring to offer a new approach to pandemic control and management while proposing a functional relationship between environment temperature and Basic Reproduction Number. Monitoring this relationship is important in that it can indicate the occurrence of uncontrolled conditions in this relationship. Out-of-control conditions in the functional relationship between environment temperature and mean that the variability of the pandemic functional model has changed under the influence of certain factor or factors that have not been considered by the authorities. This paper, while proving the existence of a functional relationship between the Basic Reproduction Number and the environment temperature, seeks to show that pandemic can be effectively monitored with a profile monitoring approach. In other words, a process is controlled using profile monitoring approach, and by designing a functional model. Profile monitoring is a knowledge that goes beyond production systems today and is used in other fields such as engineering, environment, biotechnology, genetics, medicine and finance (7). This research has also used experimental analysis methods to achieve the desired functional model.

The data required for the research were gathered from two valid sources. The first part of this data is related to the daily statistics of corona cases over a period of 60 days from June 18, 2020 to August 16, 2020 for 10 countries with the most affected (United States, Brazil, India, Russia, South Africa, Mexico, Peru, Chile, Spain and Iran). The second part is data about the weather conditions and average temperature parameters of the 10 countries in the mentioned period.

### Keywords

Profile monitoring,  
Pandemic,  
Covid-19,  
Coronavirus,  
Basic Reproduction  
Number

Received: 12/05/2021

Published: 11/08/2021

**Results:** In this research not only a profile provided based on basic reproduction number and temperature variables, but also it addressed that a pandemic condition of the community can be monitored by a profile relationship effectively. Furthermore this research showed that the variability due to abnormal factors and natural variability can be identified by the profile approach. Based on the experimental analysis, the studied countries were divided into two subsets based on the similarity of the adopted non-pharmaceutical policies. The first group includes Brazil, India, Spain, Peru and South Africa, and the second group includes Iran, the United States, Russia, Chile and Mexico. Fisher's Least Significant Difference (LSD) were used to select a subset of countries whose policies had similar results on the Basic Reproduction Number.

Before starting the profile design and monitoring phase, it was necessary to evaluate all the data used in the research. The first part of this evaluation was related to the Basic Reproduction Number data in the studied countries in the desired time period. In this section, the normality and variance of data were evaluated and confirmed. Also, to prove the suitability of profile models, it should be concluded by performing various statistical tests that the errors of the uncorrelated random variable mean is equal to zero and variance is also equal. These errors also should follow the normal distribution (8). This was also done in the data analysis section.

As a result, in order to analyze the model according to the effect of the policies adopted by governments, the research data for each group of countries studied were analyzed separately. This article examines the proposed model in two phases and analyzes the sensitivity of the proposed profile monitoring model for three different time periods in Iran. The results of this analysis show that the designed control model can monitor the pandemic conditions of Covid-19 virus well, affected by changes in temperature and show good signals of the occurrence of factors affecting the Basic Reproduction Number.

**Conclusion:** This paper investigated the proposed model for two phases (that is phase-I and phase-II) and analyzed the sensitivity of the proposed profile monitoring for three different time periods in Iran. The results of this analysis showed that the designed control model is capable of monitoring effectively the pandemic conditions of Covid-19 virus using the functional relationship between an independent variable (that is temperature) and a response variable (i.e. R0) and it is capable of producing appropriate signals. Examining the functional relationship between Basic Reproduction Number and other factors affecting this important index, and continuous monitoring of this functional relationship, can provide pandemic control and management in any country with more accurate and in-depth information. So that it is possible to trace the root causes of the decrease or increase of the pandemic more effectively. In this study, the profile monitoring method was used to monitor and control the functional relationship between the Basic Reproduction Number and environment temperature. Using experimental design method and regression analysis, this paper presented a profile model for Covid-19 pandemic monitoring for Iran and several other countries. Sensitivity analysis of the proposed model and the use of three real-time timelines showed that this model could yield good results for Covid-19 pandemic managers. Obviously, this new approach can have a significant impact on the management of the Covid-19 pandemic.

**Conflicts of interest:** None

**Funding:** None

#### Cite this article as:

Atashgar K, Roshandel S. Monitoring the effect of temperature on the Covid 19 pandemic using profile analysis. Razi J Med Sci. 2021;28(5):125-144.

**\*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence.**

## مقدمه

جامعه بشری از گذشته تا کنون شاهد بروز بیماری‌های ویروسی واگیردار بوده است. این بیماری‌ها در بازه‌های زمانی و مناطق مختلف جهان رخ داده است که هر کدام از آن‌ها تعداد قابل توجهی از انسان‌ها را بیمار نموده و متأسفانه منجر به فوت افراد زیادی شده است. یکی از آخرین بیماری‌های ویروسی واگیردار، ویروس کووید-۱۹ یا همان کرونا ویروس جدید است. نسخه‌های قدیمی‌تر این ویروس، مانند ویروس سارس، نیز قبلاً کشورهای مختلف جهان را درگیر نموده است. در مورد ویروس کووید-۱۹ پس از انتشار ویروس در سطح جهان از عبارت پاندمی (Pandemic) به جای اپیدمی (Epidemic) استفاده می‌شود. زیرا انتشار این ویروس به گونه‌ای بوده که از مرز چند قاره فراتر رفته و همه کشورهای جهان را درگیر نموده است (۱). به بیان دیگر از نظر گستره جغرافیایی این ویروس از وضعیت همه‌گیری یک کشور فراتر رفته و در وضعیت دنیاگیری به سر می‌برد.

در چنین شرایطی یکی از اقدامات مهم در کنترل اپیدمی بیماری در جامعه، انجام بررسی اپیدمیولوژیک است. بررسی اپیدمیولوژیک می‌تواند وضعیت گسترش یک بیماری در جامعه را توصیف نماید. از سوی دیگر با انجام مطالعات اپیدمیولوژیک می‌توان علل مختلف گسترش یک بیماری را مشخص نمود و اطلاعات جامعی در جهت برنامه‌ریزی‌های کنترل بیماری داشت. یک مفهوم کلیدی در ارزیابی کنترل اپیدمی یک بیماری از طریق شخص به شخص دیگر، مفهوم عدد مولد پایه ( $R_0$ ) است. عدد مولد پایه به این معنی است که هر بیمار با ورود به یک جمعیت غیر مصون که در آن هیچ اقدام کنترلی انجام نمی‌شود، به طور متوسط چند فرد دیگر را می‌تواند مبتلا کند. در علم اپیدمیولوژی عوامل موثر بر  $R_0$  را در سه دسته طبقه‌بندی می‌کنند که عبارتند از عوامل موثر بر احتمال انتقال بیماری، عوامل موثر بر فراوانی تماس‌ها و عوامل موثر بر دوره بیماری (۲).

با توجه به اینکه تا زمان نوشتن این مقاله، واکسن و یا دارویی برای درمان قطعی این بیماری توسعه نیافته است، امکان کاهش دوره بیماری به منظور کاهش  $R_0$  وجود ندارد. در نتیجه دولت‌ها تمرکز خود را بر کاهش

احتمال انتقال ویروس و همچنین کاهش فراوانی تماس‌ها معطوف نموده‌اند. در حال حاضر نیز به منظور کنترل انتقال ویروس کووید ۱۹، کشورها از محدود کردن تحرکات جمعیت از طریق مداخله در روابط اجتماعی استفاده کرده‌اند. بطوری که اثر مثبت این اقدام به طور کامل اثبات شده و براساس یافته‌های علمی میزان همبستگی دو متغیر تحرک جمعیت و انتقال ویروس بیش از ۸۵ درصد است (۳). اعمال محدودیت‌های تردد و برگزاری تجمعات در سطح جهان توسط کشورهای مختلف به طرق متفاوتی انجام شده است. این محدودیت‌ها با اثرگذاری بر فراوانی تماس‌ها باعث کاهش مقدار شاخص  $R_0$  می‌شوند. دسته بعدی عواملی هستند که بر احتمال انتقال بیماری تاثیرگذارند. عوامل موثر بر احتمال انتقال به بیماری را در یک تقسیم‌بندی به دو دسته عوامل قابل کنترل و عوامل غیر قابل کنترل تقسیم‌بندی می‌شوند. عوامل قابل کنترل همان مداخلات دارویی (PI- Pharmaceutical Interventions) مانند واکسیناسیون و مداخلات غیر دارویی (NPI- Non- Pharmaceutical Interventions) مانند استفاده از ماسک و ضدعفونی کردن سطوح هستند (۴). در دسته دیگر عواملی قرار دارند که قابل کنترل توسط انسان نبوده، اما ممکن است بر پایداری ویروس در محیط اثرگذار باشند و احتمال انتقال بیماری را تحت تاثیر قرار دهند. لازم به توضیح است برخی از اقدامات مانند فاصله‌گذاری اجتماعی نیز در دسته مداخلات غیر دارویی قرار می‌گیرند و تاثیر آن‌ها بر فراوانی تماس‌ها و احتمال انتقال بیماری به طور همزمان قابل بحث است.

یکی از مهم‌ترین عوامل غیر قابل کنترل که در ارتباط با اثرگذاری آن بر پاندمی ویروس کووید-۱۹ تا کنون اجماع نظر قطعی شکل نگرفته است، دمای محیط می‌باشد (۵). دلیل عدم این اجماع نظر آن است که از یک طرف پژوهش‌های قبلی در مورد خانواده ویروس‌های کرونا (که کووید-۱۹ متعلق به آن می‌باشد) نشان داده است که با فرارسیدن فصل گرما سرعت سرایت ویروس کاهش می‌یابد (۶)، اما از طرف دیگر در بعضی مناطق گرمسیر ادعای یاد شده در رابطه با کووید ۱۹ صدق نمی‌کند. این دو دستگی در نتایج می‌تواند به دلیل وجود اثرات سایر عوامل مانند

موفقیت جلوگیری از انتشار کرونا در کشور چین و هنگ کنگ، به علت پیاده‌سازی فاصله‌گذاری اجتماعی بوده است و سایر کشورها می‌توانند از سیاست‌های اجرا شده برای کاهش شیوع کووید-۱۹ و فرآیندهای تصمیم‌گیری انجام شده برای موفقیت در مهار این ویروس استفاده کنند. این نتیجه‌گیری نیز موید وجود اثر معنادار سیاست‌های فاصله‌گذاری اجتماعی بر عدد مولد پایه است. نولت و همکاران (۳) نیز پژوهشی با موضوع و نتیجه‌گیری مشابه در مقیاس ۵۳ کشور انجام دادند.

ملان و همکاران (۱۰) کشور برزیل را که از منظر شرایط محیطی و آب و هوا وضعیت خاصی دارد را مورد بررسی قرار دادند. برآورد آمار مبتلایان و نرخ ابتلا به ویروس در این کشور بر اساس دو دسته از عوامل مداخلات پزشکی و مداخلات غیرپزشکی بوده است. با توجه به اینکه هنوز درمانی و یا واکسنی برای این ویروس کشف نشده است، مطالعات این پژوهش نشان داده است که عوامل NPI اثرگذاری بیشتری در تعیین عدد مولد پایه دارند. در کشور برزیل که دمای محیطی بالایی دارد، برآوردهای انجام شده نشان می‌دهد که عدد مولد پایه بیش از مقدار یک است.

تحلیل آماری رابطه میان پاندمی کووید-۱۹ و متغیر دمای محیط، توسط مراج و همکاران (۵) بر اساس داده‌های بدست آمده از کشور هند انجام شده است. روش بکار گرفته شده برای تحلیل آماری این رابطه، شاخص نرخ همبستگی پیرسون میان دمای محیط و تعداد مبتلایان در یک بازه زمانی حدوداً ۷۰ روزه بوده است. در این پژوهش سه شهر از شهرهای کشور هند مورد بررسی قرار گرفته است. شواهد مبتنی بر نتایج ارائه شده در این تحقیق بر خلاف سایر تحقیقات، پژوهشگران را به این باور رساند که افزایش دما بر میزان شیوع ویروس کووید-۱۹ تاثیر گذار است، بطوری که با افزایش دما در کشور هند، تعداد مبتلایان بیشتر می‌شود. توسپو و همکاران (۱۱) در شهر جاکارتا (در کشور اندونزی) رابطه همبستگی میان متغیرهای محیطی و کووید-۱۹ را بررسی نمودند. در این تحقیق، روش آماری بکار گرفته شده، آزمون همبستگی اسپیرمن بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد، از بین مؤلفه‌های آب و هوا، تنها میانگین دما با پاندمی کووید ۱۹ ارتباط معنی‌داری دارد. آنها به این نتیجه رسیدند

محدودیت‌های اعمال شده مرتبط با فاصله‌گذاری اجتماعی باشد.

محققین مختلفی از رشته‌های علمی متفاوت، در رابطه با این موضوع تحقیق کرده‌اند، به طوری که علاوه بر تئوری‌های پزشکی مرتبط با علوم ویروس‌شناسی و اپیدمیولوژی، از رویکردهای مختلف آماری و پویایی‌شناسی سیستم‌ها نیز برای بررسی این موضوع استفاده شده است. پژوهش حاضر در صدد است، اثر دمای محیط را بر پاندمی ویروس کووید ۱۹، با استفاده از پروفایل پایش نماید. پایش پروفایل‌ها دانشی است که زیرمجموعه علم کنترل فرایند آماری قرار می‌گیرد. نمودارهای کنترل آماری از مهم‌ترین و پرکاربردترین ابزارهای آماری هستند که امروزه از سیستم‌های تولید فراتر رفته و در حوزه‌های دیگری مانند مهندسی، محیط زیست، بیوتکنولوژی، ژنتیک، پزشکی و مالی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد (۷). پایش پروفایل‌ها رویکردی جدید و پیشرفته در کنترل فرایند آماری است که در آن یک رابطه تابعی که نشان دهنده ارتباط بین دو متغیر مستقل و متغیر پاسخ است را پایش و کنترل می‌کند. هنگامی که برای پایش تغییرات طبیعی، از یک رابطه رگرسیونی که بیانگر وجود رابطه تابعی میان مشخصه‌ها است استفاده می‌شود، به این رابطه رگرسیونی پروفایل گفته می‌شود و پایش این مدل را پایش پروفایل می‌نامند (۸). پایش رابطه تابعی بین درجه حرارت محیط و شاخص مواد پایه در اپیدمی می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان این حوزه هشدارهای لازم را برای حالتی ارائه کند که یک عامل مداخله‌گر، شرایط تحت کنترل اپیدمی را به شرایط بدتری منتقل کرده است.

ایمای و همکاران (۹) به بررسی موضوع قابلیت انتقال ویروس کرونا از جنبه‌های مختلفی پرداختند. در این پژوهش برآورد گردید که عدد مولد پایه در زمان شروع این بیماری برابر ۲,۶ بوده است که در صورت اعمال سیاست‌های کنترلی می‌توانست به طور اثربخشی تا ۶۰ درصد کاهش پیدا کند. نتایج این پژوهش موید آن است که اعمال فاصله‌گذاری اجتماعی اثر قابل توجهی بر نرخ انتقال ویروس داشته و پژوهشگران می‌بایست در تحقیقات خود این عامل را مدنظر قرار دهند. آنسلی و همکاران (۱) نشان دادند

استفاده شده است. نتایج بررسی‌های این تحقیق بر روی ۲۸ منطقه در کشور چین نشان داد که میان متغیر دما محیط و شاخص ریسک نسبی ابتلا به کووید-۱۹ همبستگی قابل توجهی وجود دارد. کی و همکاران (۱۵) با استفاده از یک مدل آماری عمومی افزایشی مبتنی بر رگرسیون، وجود رابطه میان دما و رطوبت محیط را با قدرت انتقال ویروس کرونا ارزیابی نمودند. این پژوهش نشان داد که با افزایش دما، قدرت انتقال بیماری کاهش می‌یابد.

علی‌محمدی و سپندی (۱۶) شاخص عدد مولد پایه را در تعیین آینده اپیدمی کووید-۱۹ در ایران تجزیه و تحلیل نمودند. در این پژوهش نحوه محاسبه، عوامل موثر بر آن و مدل مفهومی آن ارائه گردید. در این پژوهش نتیجه‌گیری شده است که با برنامه‌ریزی و اقدامات کنترلی مناسبی که وزارت بهداشت به کمک سایر ارگان‌ها اعمال نموده است، شاهد کاهش عدد مولد پایه کشور و نزدیک شدن آن به یک و کمتر از آن خواهند بود که نتیجه آن کاهش تعداد موارد ابتلا و کنترل اپیدمی کووید-۱۹ در ایران است.

جدول ۱ خلاصه بررسی ادبیات مرتبط با اپیدمی کووید ۱۹ را با رویکرد آماری نشان می‌دهد. این مقاله برای اولین بار، با استفاده از پایش پروفایل‌ها درصدد است تا ضمن پیشنهاد یک رابطه تابعی بین درجه حرارت محیط و مولد پایه، رویکرد جدیدی را در تجزیه و تحلیل مدیریت پاندمی ارائه دهد. هدف این پژوهش در گام اول اثبات وجود رابطه

که، این یافته تحقیق می‌تواند به عنوان یک ورودی در فرایند تصمیم‌گیری برای کاهش میزان گسترش کووید ۱۹ در اندونزی مورد استفاده قرار گیرد. بشیر و همکاران (۱۲) مقوله رابطه میان شاخص‌های محیطی و پاندمی کرونا را در شهر نیویورک کشور آمریکا بررسی نمودند. در این پژوهش نیز از تحلیل همبستگی استفاده شده است. روش استفاده شده آزمون همبستگی رتبه‌ای کندال و اسپیرمن بوده است. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که میانگین دما، حداقل دما و کیفیت هوا به طور قابل توجهی با شیوع کووید-۱۹ همبسته بوده است. وو و همکاران (۱۳) تاثیر دما و رطوبت محیط را بر تعداد مبتلایان و فوتی‌های بیماری در ۱۶۶ کشور جهان مورد بررسی قرار دادند. در این روش نیز از تکنیک‌های آماری استفاده شده است. روش مورد استفاده برای بررسی همبستگی میان متغیرهای مستقل و وابسته تحقیق، مدل خطی-لگاریتمی عمومی افزایشی (LLGAM- Log-linear generalized additive mode) بوده است. این مدل که مبتنی بر رگرسیون چندگانه عمل می‌کند، اثر دما و متغیرهای مرتبط با رطوبت را بر تعداد روزانه مبتلایان و مرگ و میر ناشی از کرونا اندازه‌گیری نموده است. یافته‌های این تحقیق شواهد اولیه‌ای ارائه می‌دهد که نشان دهنده کاهش حدودی متغیرهای پاسخ با افزایش دما و رطوبت است. شی و همکاران (۱۴) اثر متغیر دما را بر شیوع ویروس کرونا در کشور چین بررسی نمودند. برای انجام این تحقیق از تکنیک مدلسازی رگرسیون غیر خطی

جدول ۱- روش‌های بکارگرفته شده در مقالات مرتبط با موضوع پژوهش

ردیف	نویسنده/نویسندگان	سال انتشار	روش پایش اپیدمی
۱	مراج و همکاران (۵)	۲۰۲۰	آزمون همبستگی پیرسون
۲	توسپو و همکاران (۱۱)	۲۰۲۰	آزمون همبستگی اسپیرمن
۳	بشیر و همکاران (۱۲)	۲۰۲۰	آزمون همبستگی رتبه‌ای کندال و اسپیرمن
۴	وو و همکاران (۱۳)	۲۰۲۰	مدل خطی-لگاریتمی عمومی افزایشی
۵	شی و همکاران (۱۴)	۲۰۲۰	آزمون معناداری رگرسیون غیر خطی
۶	کی و همکاران (۱۵)	۲۰۲۰	مدل آماری عمومی افزایشی
۷	پژوهش حاضر		پایش پروفایل

بوده است.

در صورتی که پاسخ به این پرسش مثبت باشد، پس از اعمال مقایسه‌های چندگانه، زیرمجموعه‌ای از تدابیر (کشورها) انتخاب خواهد شد که در آن‌ها اثر عامل بر متغیر پاسخ آنها معنادار نباشد. به بیان دیگر کشورهایی انتخاب می‌شوند که از نظر آماری سیاست‌های غیر دارویی آنها نتایج یکسانی داشته است. پس از مشخص شدن کشورهای هدف، از داده‌های مربوط به حداکثر دمای محیط (۵) در هر کشور در یک بازه زمانی مشخص استفاده می‌شود.

در این مجموعه داده نیز  $Y_{mn}$  مجموعه‌ای از اعداد مولد پایه در بازه زمانی  $m$  در حداکثر دمایی  $T_n^{\circ C}$  است که متعلق به کشورهایی هستند که در گام قبلی یکسان بودن اثر سیاست‌های غیردارویی آن‌ها مورد تایید قرار گرفته است.

پس از آنکه مجموعه داده مورد نظر شکل گرفت، فاز  $I$  پایش پروفایل اجرا خواهد گردید تا به وسیله آن پارامترهای تحت شرایط کنترل پروفایل شناسایی شود. برای این منظور از نمودارهای کنترل  $T^2$  استفاده خواهد شد. پس از انجام این گام به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی در فاز دوم، از شاخص متوسط طول دنباله استفاده می‌شود. در این مرحله نیز کنترل فرایند با استفاده از نمودار کنترل  $T^2$  انجام می‌شود. منظور از طول دنباله در اینجا، طول دنباله خارج از کنترل است که پس از نقطه تغییر عدد مولد پایه شکل می‌گیرد.

### یافته‌ها

داده‌های مورد نیاز برای انجام تحقیق از دو مرجع معتبر بدست آمده است. بخش اول این داده‌ها مربوط به آمار روزانه شیوع کرونا در یک بازه زمانی ۶۰ روزه (۲۹ خرداد ۱۳۹۹ لغایت ۲۶ مرداد ۱۳۹۹ معادل ۱۸ ژوئن ۲۰۲۰ لغایت ۱۶ آگوست ۲۰۲۰) است که از وبسایت پورتال داده‌های دسترسی آزاد اتحادیه اروپا (<https://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/covid-19-coronavirus-data>) برای ۱۰ کشور از کشورهای دارای بیشترین مبتلا (آمریکا، برزیل، هند، روسیه، آفریقای جنوبی، مکزیک، پرو، شیلی، اسپانیا و ایران) دریافت شده است. بخش دوم داده‌های تحقیق اطلاعات مربوط به وضعیت آب و هوا و پارامترهای جوی متوسط

تابعی معنادار میان شاخص مولد پایه، با متغیر دمای محیط است. این موضوع نشان خواهد داد که پاندمی در یک جامعه را می‌توان با رویکرد پروفایلی پایش کرد. پایش این رابطه از این جهت دارای اهمیت است که می‌تواند وقوع شرایط خارج از کنترل و غیرطبیعی را در جامعه نشان دهد. تشخیص شرایط طبیعی و غیرطبیعی بر اساس سیگنال‌هایی است که بر اساس ساختار و تجزیه و تحلیل پروفایل صورت می‌گیرد. شرایط خارج از کنترل در رابطه تابعی میان دمای محیط و عدد مولد پایه، به معنی آن است که تغییرپذیری مدل تابعی پاندمی، تحت تاثیر عامل یا عوامل خاصی که مورد توجه مسئولین قرار نگرفته، تغییر کرده است، و لذا سریعاً باید اقدامات بازدارنده و جبرانی از سوی مسئولین انجام پذیرد.

### روش کار

با توجه به اینکه این تحقیق قصد دارد رابطه تابعی اثرگذاری شرایط دمای محیط را بر پاندمی کووید-۱۹ پایش کند، همچنین با توجه به اینکه تا زمان نوشتن این مقاله، دارو و واکسن این بیماری ارائه نشده است، این تحقیق تغییرات متغیر پاسخ ( $R_0$ )، متاثر از دو عامل اصلی شرایط محیطی و سیاست‌های فاصله‌گذاری دولت‌ها را در نظر می‌گیرد. برای اینکه اثر شرایط محیطی بر پاندمی کرونا پایش شود، لازم است مجموعه داده‌های انتخاب شده از کشورهایی انتخاب گردد که سیاست‌های فاصله‌گذاری اجتماعی مشابهی اتخاذ کرده اند. لذا در این تحقیق ابتدا اثر سیاست‌های فاصله‌گذاری اجتماعی با استفاده از تکنیک‌های طراحی آزمایش‌ها بررسی می‌شود. بدین منظور تدابیر (Treatments) کشورها، و متغیر پاسخ عدد مولد پایه است که بر اساس داده‌های رسمی منتشر شده توسط سازمان جهانی بهداشت در مقاطع زمانی مختلف اندازه‌گیری و گزارش شده است.

در این مجموعه داده  $R_{am}$  عدد مولد پایه برای کشور  $a$  در مقطع زمانی  $m$  تعریف می‌شود. با استفاده از تحلیل‌های آماری مبتنی بر آنالیز واریانس مشخص می‌شود که آیا عامل‌های غیر دارویی تحت کنترل کشورها، مانند سیاست‌های فاصله‌گذاری دولت‌ها بر عدد مولد دارای تاثیر یکسان، یا دارای تاثیر متفاوت

شرایط جوی کشورها بوده است. این وضعیت‌ها در سه دسته پایدار، نیمه پایدار و ناپایدار تقسیم‌بندی شده‌اند. میزان پایداری شرایط جوی مبتنی بر دانشی است که از محیط آب و هوایی کشورها بدست آمده و بر اساس آهنگ کاهش هوای خشک و آهنگ کاهش دما توانایی پیش بینی آن به وجود می‌آید و بر اساس شاخص‌های اندازه دمای محیط در ارتفاعات مختلف گزارش می‌گردد.

برای این بررسی، مدل آماری عمومی زیر را در نظر بگیرید:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (\text{رابطه شماره ۱})$$

در این مدل آماری  $\mu$  میانگین کلی،  $\tau_i$  اثر تدبیر نام برای ۱۰ کشور،  $\beta_j$  اثر  $j$  آمین بلوک،  $\varepsilon_{ij}$  خطای تصادفی و  $Y_{ij}$  مقدار متغیر پاسخ می‌باشد. بر اساس این مدل، تجزیه و تحلیل واریانس انجام شده است. آنالیز واریانس به دنبال دستیابی به نتیجه آزمون فرض زیر می‌باشد:

$$\begin{cases} H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0 \\ H_1: \tau_i \neq 0 \quad i \text{ برای حداقل یک} \end{cases} \quad (\text{رابطه شماره ۲})$$

با انجام آنالیز واریانس جدول ۳ بدست می‌آید.

دمای ۱۰ کشور مورد نظر در بازه زمانی ذکر شده از وبسایت مرکز بین‌المللی اطلاعات زیست محیطی (<https://www.ncei.noaa.gov/access/search/index>) بدست آمده است. نکته‌ای که در جمع‌آوری داده‌ها مورد توجه قرار گرفته، آن است که میان زمان ایجاد تغییر در عوامل موثر بر بیماری، با زمان ایجاد تغییرات در میزان اپیدمی بیماری، اختلاف حدوداً دو هفته‌ای وجود دارد. به بیان دیگر در صورتی که یک عامل موثر بر شیوع بیماری تغییر کند، نتایج این تغییر در عدد مولد پایه با اختلاف زمانی حدوداً دو هفته‌ای نمایان می‌شود. در جمع‌آوری داده‌ها به این موضوع نیز توجه شده است.

### حذف اثر عامل سیاست‌های اتخاذ شده دولت‌ها در برابر بیماری

در این مرحله، ابتدا مقدار متغیر پاسخ (عدد مولد پایه) در برابر تدابیر (کشورها) سازماندهی شده است. این مقادیر در جدول ۳ قابل مشاهده است. انجام تجزیه و تحلیل آماری این بخش با استفاده از طرح آزمایش بلوکی انجام می‌شود. بلوک‌ها نشان دهنده عامل اغتشاش (علت انحراف قابل کنترل) در یک طرح آزمایشی هستند. تعیین بلوک‌ها بر اساس وضعیت

جدول ۲- میانگین عدد مولد پایه در کشورهای مورد مطالعه به ازای شرایط جوی متفاوت

تدابیر (کشورها)	بلوک‌ها (شرایط جوی)		
	ناپایدار	نیمه پایدار	پایدار
آمریکا	۱,۰۶۱۹	۱,۰۲۱۱	۰,۹۱۲۸
برزیل	۱,۰۵۹۷	۱,۱۸۰۸	۰,۹۰۸۲
هند	۱,۱۳۵	۱,۰۵۸۲	۱,۰۳۶۹
روسیه	۰,۹۶۴۷	۰,۹۷۶۴	۰,۹۵۹۲
آفریقای جنوبی	۱,۰۹۸۵	۰,۹۹۲۲	۰,۹۵۳۵
مکزیک	۱,۰۷۶۲	۰,۸۷۵۲	۰,۶۵۷
پرو	۱,۱۹	۱,۰۳۴۱	۰,۹۷۹۵
شیلی	۰,۹۹۵۶	۰,۹۹۰۶	۰,۸۶۸
اسپانیا	۱,۱۰۷۹	۱,۱۶۸۲	۱,۰۷۱
ایران	۱,۰۳۴۲	۱,۰۰۷۹	۰,۹۸۰۸

جدول ۳- جدول آنالیز واریانس

	$F_0$	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	علت تغییر
تدابیر	۲,۹۹۳	۰,۰۱۵۲	۹	۰,۱۳۷۱	تدابیر
بلوک‌ها	۱۰,۰۹۳۶	۰,۰۵۱۴	۲	۰,۱۰۲۸	بلوک‌ها
خطا		۰,۰۰۵۱	۱۸	۰,۰۹۱۶	خطا
کل			۲۹	۰,۳۳۱۵	کل



جدول ۴- خروجی نرم افزار SPSS برای مقایسات چندگانه

(I)	(J)	اختلاف میانگین (I-J)	خطا استاندارد	Sig.
اسپانیا	روسیه	.۱۴۸۹۳*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۷۹
اسپانیا	شیلی	.۱۶۴۳۰*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۵۵
پرو	مکزیک	*.۱۹۸۴۰	۰,۰۸۰۵	۰,۰۲۳
مکزیک	اسپانیا	-.۲۴۶۲۳*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۰۶
مکزیک	آفریقای جنوبی	-.۱۴۵۳۷*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۸۶
مکزیک	پرو	-.۱۹۸۴۰*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۲۳
برزیل	مکزیک	-.۱۸۰۱۰*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۳۷
هند	مکزیک	-.۲۰۷۲۳*	۰,۰۸۰۵	۰,۰۱۸

کشورهای مورد مطالعه، بر اساس یکسان بودن سیاست‌های اتخاذ شده غیر دارویی ارائه داد:

- زیر مجموعه ۱: برزیل، هند، اسپانیا، پرو و آفریقای جنوبی
- زیرمجموعه ۲: ایران، آمریکا، روسیه، شیلی و مکزیک

در نتیجه برای اینکه بتوان با توجه به اثر عامل سیاست‌های اتخاذ شده توسط دولت‌ها مدلی را تحلیل‌ها نمود، می‌بایست داده‌های تحقیق برای هر دسته از کشورهای مورد مطالعه را به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل کرد. با انجام این اقدام، ۶۰ نمونه موجود در مجموعه داده اولیه به دو بخش تقسیم می‌شود. در شکل ۱ نحوه تاثیر پیاده‌سازی آزمایش طراحی شده در داده‌های تحقیق مشاهده می‌شود. لازم به توضیح است که، بازه زمانی مورد استفاده در این تحقیق، یک بازه زمانی ۶۰ روزه بوده است. در واقع داده های اولیه دارای ۶۰ رکورد (ردیف) و ۱۰ مشخصه (۱۰ کشور) مطابق شکل ۱ است. پس از انجام طراحی آزمایش‌ها، کشورها به دو زیرمجموعه ۵ تایی تقسیم شده‌اند. مطابق شکل ۱ دو مجموعه داده با ۶۰ رکورد و ۵ مشخصه بدست می‌آید.

در این تحقیق، برای بررسی اثر بلوک‌ها نیز از مقایسات چندگانه فیشر در نرم افزار SPSS استفاده شده است. خروجی نرم افزار در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵ نشان می‌دهد که بر اساس مقایسه چندگانه اثر بلوک‌ها شرایط جوی ناپایدار و نیمه پایدار تاثیرات مشابهی بر را بر عدد مولد پایه داشته است، در حالی که اثرات شرایط جوی پایدار با سایر بلوک‌ها بر عدد مولد

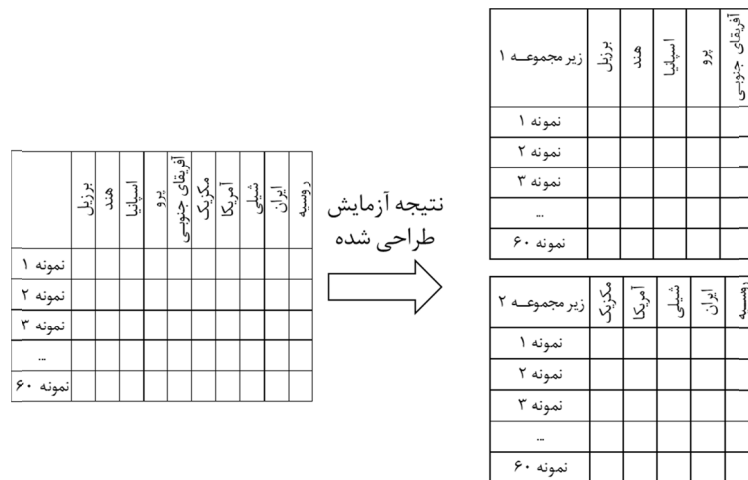
با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۰ درصد ( $\alpha = 0.1$ ) مقدار حد بحرانی برابر  $F_{0.01,9,18} = 2.0046$  است، لذا فرضیه مقابل تایید می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت که سیاست‌های اتخاذ شده توسط کشورهای مختلف، از جمله اقدامات فاصله‌گذاری اجتماعی در این ۱۰ کشور نتایج مشابهی نداشته است. همچنین با توجه به اینکه مقدار آماره برای اثرات بلوک برابر  $10,0936$  بدست آمده و در مقایسه با  $F_{0.01,2,18} = 2.6239$  مقدار بسیار بزرگتری می‌باشد، لذا اثر شرایط جوی به عنوان عامل اغتشاش کاملاً در نتایج مشهود است.

برای انتخاب زیر مجموعه‌ای از کشورها که سیاست‌های اتخاذ شده توسط آنها نتایج مشابهی بر عدد مولد پایه داشته است، از مقایسات چندگانه LSD فیشر استفاده می‌شود. در این روش آماره LSD عبارت است از حداقل تفاوت معنادار برای مقایسه‌های چندگانه که مقدار آن برابر با عبارت ذیل است:

$$t_{\alpha/2, a(n-1)} \sqrt{\frac{2MSE}{n}}$$

در صورتی که مقدار  $|\bar{y}_i - \bar{y}_j|$  بزرگتر از LSD باشد، می‌توان نتیجه گرفت تفاوت میان نتایج سیاست‌های اتخاذ شده در کشورهای  $i$  و  $j$  متفاوت بوده است و در غیر این صورت سیاست‌ها در کشورهای  $i$  و  $j$  نتایج مشابهی در عدد مولد پایه داشته اند. نتیجه اجرای این آزمون در نرم افزار SPSS برای تدابیری که اختلاف میانگین در آن‌ها معنادار شناسایی شده، در جدول ۴ ارائه گردیده است.

بر اساس این تحلیل می‌توان دسته‌بندی زیر را برای



شکل ۱- نتیجه پیاده‌سازی آزمایش طراحی شده بر روی داده‌های تحقیق

جدول ۵- خروجی SPSS برای مقایسه اثر بلوک‌ها

(I)	(J)	اختلاف میانگین (I-J)	خطا استاندارد	Sig.
ناپایدار	نیمه پایدار	.۰۰۴۱۹	.۰۰۳۱۹۱	.۰۰۲۰۶
	پایدار	.۱۳۹۷*	.۰۰۳۱۹۱	.۰
نیمه پایدار	ناپایدار	-.۰۰۴۱۹	.۰۰۳۱۹۱	.۰۰۲۰۶
	پایدار	.۰۹۷۸*	.۰۰۳۱۹۱	.۰۰۰۰۷
پایدار	ناپایدار	-.۱۳۹۷*	.۰۰۳۱۹۱	.۰
	نیمه پایدار	-.۰۹۷۸*	.۰۰۳۱۹۱	.۰۰۰۰۷

تجزیه و تحلیل شده است. در طراحی آزمایش‌های دو عاملی (برخلاف آزمایش‌های بلوکی) اثر متقابل دو عامل نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. برای این منظور جدول آنالیز واریانس برای دو عامل حداکثر دما، سیاست‌های اتخاذ شده توسط دولت‌ها و اثر متقابل این دو عامل ارائه شده است.

در جدول ۶ تدابیر در نظر گرفته شده برای سیاست‌های اتخاذ شده مربوط به ۱۰ کشور مورد مطالعه بوده و برای متغیر حداکثر دما نیز در ۵ سطح در بازه‌های (9.8, 16.5)، (16.5, 23.1)، (23.1, 29.8)، (29.8, 36.5) و (36.5, 43.1) بوده است.

نتایج این تجزیه و تحلیل مشابه آنچه در طراحی آزمایش بلوکی بدست آمد، نشان می‌دهد اثر هر دو عامل سیاست‌های اتخاذ شده و حداکثر دما محیط بر نرخ مولد پایه معنادار بوده است. همچنین این نتایج تایید می‌کند که این دو عامل اثرات متقابل دارند.

پایه متفاوت بوده است. در شکل ۲ نمودار متوسط عدد مولد پایه بر روی تدابیر مختلف به ازای بلوک‌ها رسم شده است. با توجه به توضیحات فوق، و آنچه که در شکل مشهود است، می‌توان نتیجه‌گیری نمود بلوک‌ها (شرایط جوی مختلف) بر عدد مولد پایه اثرگذار بوده‌اند و همچنین شرایط جوی پایدار نسبت به شرایط جوی ناپایدار و نیمه پایدار، متوسط عدد مولد پایه کمتری را نتیجه داده است.

در این تحقیق داده‌های جمع‌آوری شده، با رویکرد دیگری، یعنی به صورت یک آزمایش دو عاملی نیز

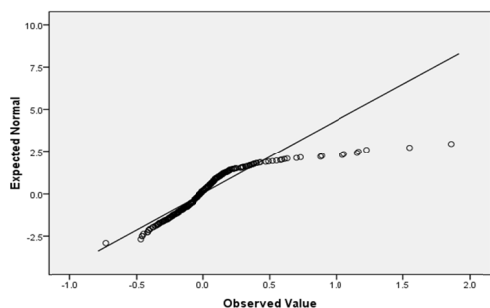


شکل ۲- متوسط عدد مولد پایه به ازای بلوک‌ها

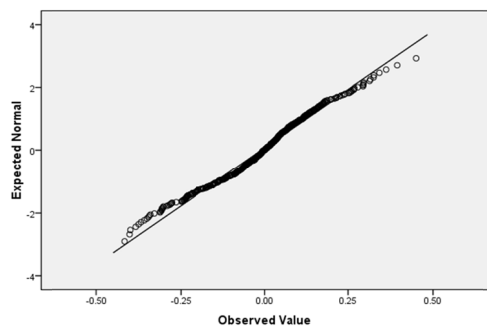
جدول ۶- جدول آنالیز واریانس آزمایش دو عاملی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
سیاستها	۵,۱۴	۹	۰,۵۷۱	۱۲,۲۰۶	.
حداکثر دما	۲,۵۱۵	۴	۰,۶۲۹	۱۳,۴۳۷	.
اثر متقابل	۶,۳۰۲	۲۳	۰,۲۷۴	۵,۸۵۶	.
خطا	۲۶,۳۴۳	۵۶۳	۰,۰۴۷		
مجموع	۶۷۳,۷۷۴	۶۰۰			

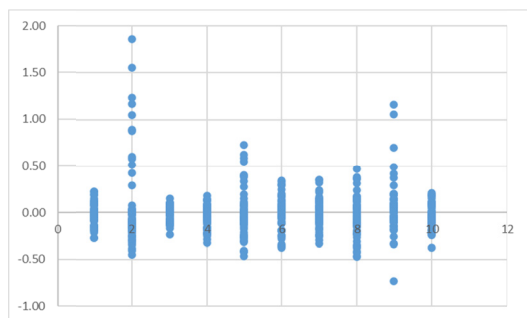
کشورهای مورد مطالعه در بازه زمانی مورد نظر از نظر توزیع آماری، پراکندگی و استقلال وضعیت غیرعادی نداشته‌اند، می‌توان کفایت مدل آماری را نتیجه‌گیری کرد.



شکل ۳- نمودار احتمال نرمال داده‌ها



شکل ۴- نمودار احتمال نرمال داده‌ها بعد از حذف داده‌های دور افتاده



شکل ۵- نمودار پراکندگی باقی‌مانده‌ها در برابر سطوح عامل (کشورها)

### تجزیه و تحلیل باقی‌مانده‌ها و ارزیابی مدل

پیش از آنکه مرحله طراحی و پایش پروفایل آغاز شود، لازم است تا کلیه داده‌های مورد استفاده در پژوهش مورد ارزیابی قرار گیرند. اولین بخش این ارزیابی مربوط به داده‌های عدد مولد پایه در کشورهای مورد مطالعه در بازه زمانی مورد نظر است. برای این تجزیه و تحلیل ابتدا مقادیر باقی‌مانده‌ها ( $e_{ij}$ ) را با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌کنیم:

$$e_{ij} = y_{ij} - \bar{y}_i \quad (\text{رابطه شماره ۳})$$

### بررسی نرمال بودن داده‌ها

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از رسم نمودار احتمال نرمال استفاده شده است (شکل ۳).

نمودار فوق نشان می‌دهد داده‌های مسئله تقریباً از توزیع نرمال پیروی می‌کنند و غالب داده‌های تحقیق پیرامون خط احتمال نرمال قرار گرفته‌اند اما تعدادی از این داده‌ها از خط احتمال نرمال فاصله دارند و به عنوان داده دور افتاده (Outlier) تلقی می‌شوند. از مجموع کلیه داده‌های تحقیق (۶۰۰ مورد) ۱۸ داده به عنوان داده دور افتاده شناسایی گردید. در صورتی که این داده‌ها از مجموعه داده‌ها حذف شود، نمودار احتمال نرمال بصورت شکل ۴ نرمال بودن داده‌های تحقیق را نشان می‌دهد.

نمودار باقی‌مانده‌ها در مقابل سطوح عامل (کشورها) که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، نشان می‌دهد که پراکندگی‌ها از شرایط متناسب پیروی می‌کنند.

برای بررسی برابر بودن واریانس انحرافات از رسم نمودار پراکندگی باقی‌مانده‌ها در برابر سطوح عامل (کشورها) استفاده شده است. نمودار پراکندگی باقی‌مانده‌ها در برابر سطوح عامل (شکل ۵)، نشان دهنده پراکندگی غیرطبیعی در داده‌ها نمی‌باشد.

با توجه به اینکه داده‌های مربوط به عدد مولد پایه در

## پایش پروفایل

در این بخش ابتدا به برآورد پارامترهای رگرسیون و سپس به بررسی شایستگی مدل رگرسیون پرداخته شده است.

## معرفی مدل و برآورد پارامترهای پروفایل

همانگونه که در مرور ادبیات نشان داده شد، تحقیقات نشان دهنده آن است که، انتظار می‌رود رابطه میان دو متغیر دما و عدد مولد پایه یک رابطه معکوس باشد. به بیان دیگر انتظار می‌رود با افزایش حداکثر دمای محیط عدد مولد پایه کاهش یابد و شاهد روند نزولی در آمار مبتلایان به کووید ۱۹ بود. چنانچه این رابطه تابعی را به شکل  $Y = B_0 + B_1X$  نشان دهیم، در واقع با یک رابطه رگرسیون خطی ساده مواجه هستیم که در آن  $Y$  عدد مولد پایه،  $X$  حداکثر دمای محیط،  $B_0$  عرض از مبدا و  $B_1$  شیب این رابطه تابعی است. لازم به توضیح است که وجود رابطه رگرسیونی خطی ساده در این مرحله یک فرضیه بوده که در ادامه تحقیق صحت آن مورد بررسی و تست قرار گرفته است. همچنین در ادامه مقاله پارامترها این مدل رگرسیونی برآورد می‌شود.

با توجه به اینکه کشورهای مورد مطالعه، در بخش قبلی به دو زیرگروه متفاوت تقسیم بندی شدند و برای هر کشور داده‌های مربوط به ۶۰ روز جمع‌آوری شده است، در نتیجه تعداد کل پروفایل‌ها در هر زیرمجموعه برابر  $m = 60$  است. جدول ۷ نمونه‌ای از نحوه برآورد پارامترهای رگرسیون برای یکی از نمونه‌ها است.

مشابه این جداول برای کلیه نمونه‌ها تهیه شده و با میانگین‌گیری از نتایج آن در هر زیر مجموعه به صورت جداگانه، پارامترهای رگرسیون برآورد شده است. پس از آنکه پارامترهای مدل برآورد گردید، رابطه رگرسیونی خطی ساده بین متغیر حداکثر دمای محیط و عدد مولد پایه مشخص می‌گردد. این رابطه تابعی به صورت رابطه زیر است که به ترتیب برای کشورهای زیرمجموعه اول و دوم ارائه شده است.

$$y_1 = 1.2428 - 0.0073x_1 \quad (\text{رابطه شماره ۴})$$

$$y_2 = 1.1724 - 0.0060x_2$$

برای اثبات شایستگی مدل‌های پروفایلی ۴ باید با انجام آزمون‌های مختلف آماری بتوان نتیجه گرفت که خطاها متغیر تصادفی ناهمبسته، با میانگین صفر و واریانس برابر هستند و از توزیع نرمال پیروی می‌کنند (۸). برای بررسی توزیع آماری متغیر تصادفی خطا، از نمودار احتمال نرمال استفاده شده است. دو نمونه از این نمودارها در شکل ۶ نشان داده شده است.

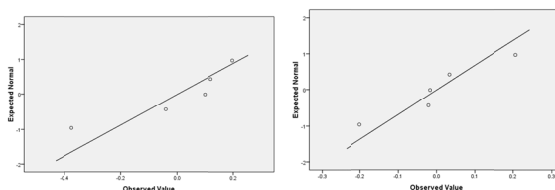
برای بررسی استقلال داده‌ها از آزمون دوربین واتسون استفاده شده است. آماره آزمون دوربین واتسون به شکل رابطه زیر است.

$$DW = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (\text{رابطه شماره ۵})$$

در صورتی که مقدار این آماره برای یک پروفایل بین اعداد ۱,۵ تا ۲,۵ قرار بگیرد، فرضیه عدم همبستگی بین خطاها پذیرفته می‌شود. مقدار این آماره برای پروفایل‌ها محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد در زیر

جدول ۷- محاسبه پارامترهای رگرسیون برای یکی از پروفایل‌های تحقیق

مدل	ضرایب استاندارد شده d		t	Sig.
	B	خطا استاندارد		
مقدار ثابت	۰,۴۵۱	۰,۱۲۳	۳,۶۸	۰,۰۳۵
ضریب X	۰,۰۱۳	۰,۰۰۴	۳,۰۰۲	۰,۰۵۸



شکل ۶- تعدادی از نمودارهای احتمال نرمال پروفایل‌ها

جدول ۸- خروجی نرم افزار SPSS برای محاسبه ضریب تعیین پروفایل

مدل	R	مربع R	مربع R تنظیم شده	خط استاندارد برآورد
۱	۰.۸۶۶	۰.۷۵	۰.۶۶۷	۰.۰۹۹۱۶

نرمال بودن، مستقل بودن و یا شایستگی نامناسب ارزیابی شدند، دو زیر مجموعه با  $m = 1, \dots, 43$  در مجموعه اول کشورها و  $m = 1, \dots, 41$  در مجموعه دوم کشورها است. (رابطه شماره ۷):

$$\bar{\beta}_0 = \sum_m \frac{\beta_{0j}}{m} \rightarrow \bar{\beta}_0^1 = 1.3986, \bar{\beta}_0^2 = 1.3058$$

(رابطه شماره ۸):

$$\bar{\beta}_1 = \sum_m \frac{\beta_{1j}}{m} \rightarrow \bar{\beta}_1^1 = -0.012, \bar{\beta}_1^2 = -0.0108$$

(رابطه شماره ۹):

$$MSE = \sum_m \frac{MSE_j}{m} \rightarrow MSE^1 = 0.1356, MSE^2 = 0.0234$$

### تعیین پروفایل نهایی تحقیق

با توجه به اینکه در بندهای قبلی نشان داده شد که باقیمانده‌ها از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس برابر پیروی می‌کنند و همچنین از یکدیگر مستقل هستند، و همچنین ارزیابی شایستگی مدل رگرسیون با استفاده از ضریب تعیین، رابطه رگرسیونی میان متغیر مستقل حداکثر دمای محیط و عدد مولد پایه برای هر زیر مجموعه از کشورها به شکل زیر برآورد گردید:

$$y_1 = 1.3986 - 0.0120x_1 \quad (\text{رابطه شماره } ۱۰)$$

$$y_2 = 1.3058 - 0.0108x_2$$

### پایش پروفایل خطی ساده در فاز یک کنترل

برای بررسی و تجزیه و تحلیل مدل پروفایل در فاز یک کنترل فرایند آماری از روش آزمون  $F$  استفاده شده است. این روش توسط محمود (۱۷) ارائه شده است. در این روش ابتدا باید پایداری تغییرات در واریانس خطای پروفایل‌ها را بررسی نمود. برای این منظور از آماره  $F$  استفاده می‌شود که رابطه محاسباتی آن به شکل زیر است.

مجموعه اول ۶ و در زیرمجموعه دوم ۱۰ مورد از پروفایل‌ها مقدار آماره با اختلاف کمی خارج از حدود بحرانی قرار گرفته است. به همین دلیل به صورت سهل گیرانه استقلال داده‌ها پذیرفته می‌شود.

### بررسی شایستگی مدل رگرسیون

برای بررسی شایستگی مدل رگرسیون، از بررسی ضریب تعیین ( $R^2$ ) استفاده شده است. ضریب تعیین بیانگر این است که چند درصد از تغییرات داده‌های فرایند مورد بررسی را مدل رگرسیون پیشنهادی به خود اختصاص داده است. رابطه محاسباتی ضریب تعیین به شکل زیر است.

$$R^2(j) = \frac{\sum(\hat{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2}{\sum(\bar{y}_{ij} - \bar{y}_j)^2} \quad (\text{رابطه شماره } ۶)$$

شاخص ضریب تعیین عددی بین صفر و یک می‌باشد. هرچه مقدار این شاخص به یک نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده آن است که مدل رگرسیون به داده‌ها برازش بهتری دارد. مقدار  $R^2$  برای کلیه پروفایل‌های مربوط به هر زیر مجموعه از کشورها محاسبه گردید. به طور مثال خروجی نرم افزار SPSS در محاسبه این شاخص برای یک از پروفایل‌ها در جدول ۸ قابل مشاهده است.

از زیر مجموعه اول، مقدار ضریب تعیین برای ۱۳ مورد و در زیر مجموعه دوم در ۱۹ مورد، کمتر از ۵۰ درصد بدست آمد و برای سایر پروفایل‌ها، مقدار ضریب تعیین عددی بین ۵۰ تا ۹۵ درصد بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده پیرامون نرمال بودن و استقلال داده‌ها و همچنین بررسی شایستگی مدل رگرسیون خطی، پروفایل‌هایی که یکی از این شروط را نداشته باشند (۱۷ مورد از زیر مجموعه اول و ۱۹ مورد از زیر مجموعه دوم) از مجموعه‌های داده‌های مسأله حذف شد و در نهایت ۴۳ پروفایل در زیرمجموعه اول و ۴۱ پروفایل در زیرمجموعه دوم باقی ماند. برآورد پارامترهای کلی رگرسیون نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه شده‌اند. در این برآوردها با توجه به حذف پروفایل‌هایی که در تجزیه و تحلیل داده‌ها از منظر

(رابطه شماره ۱۱):  $F_j = \frac{MSE_j}{MSE_{-j}}$

در این رابطه:

$$MSE_{-j} = \sum_{i \neq j}^m \frac{MSE_i}{m-1}$$

تعریف می‌شود. برای محاسبه حد بالای کنترل برای بررسی پایداری تغییرات، از رابطه زیر:

$$UCL = F_{(n-2), (m-1)(n-2), 1-\frac{\alpha}{2}}$$

استفاده می‌شود. در این رابطه از آنجایی که از آزمون  $F$  و یک نمودار کنترل تک متغیره برای بررسی تغییرات در واریانس پروفایل استفاده می‌شود، برای رسم حدود کنترل بر اساس احتمال سیگنال خطای کلی ( $\alpha = 0.1$ )، با استفاده از رابطه زیر سطح معناداری بدست می‌آید.

(رابطه شماره ۱۲):  $\alpha_1 = 1 - (1 - \alpha)^{\frac{1}{2}} = 0.051$

برای رسم حدود کنترل در یک نمودار تک متغیره نیز، خطای نوع اول به شکل قابل محاسبه می‌باشد (۸) که برای دو زیر مجموعه به شکل جداگانه محاسبه می‌شود:

(رابطه شماره ۱۳):

$$\alpha_1^2 = 1 - (1 - \alpha_1)^{\frac{1}{43}} = 0.0012$$

$$\alpha_2^2 = 1 - (1 - \alpha_1)^{\frac{1}{41}} = 0.0012$$

در نتیجه مقدار حد بالای کنترل به صورت محاسبه می‌گردد.

(رابطه شماره ۱۴):

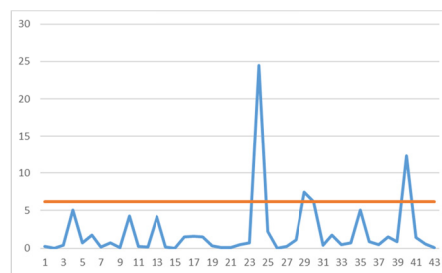
$$UCL^1 = F_{3, 129, 1-\frac{0.0012}{2}} = 6.1634$$

$$UCL^2 = F_{3, 123, 1-\frac{0.0012}{2}} = 6.1828$$

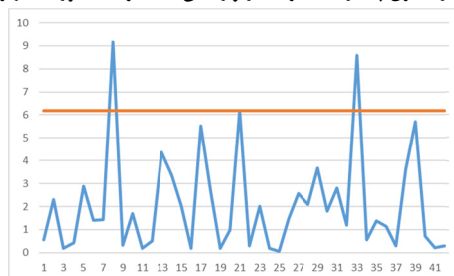
با رسم این دو نمودار کنترل، شکل‌های ۷ و ۸ حاصل می‌شود.

این نمودار نشان می‌دهد در زیرمجموعه اول کشورها نمونه‌های شماره ۲۴، ۲۹ و ۴۰ خارج از حدود کنترل قرار گرفته‌اند. همچنین در زیرمجموعه دوم کشورها، نمونه‌های شماره ۸، ۲۱ و ۳۳ خارج از حدود کنترل هستند. بر اساس روش  $F$  محمود (۱۷)، این نمونه‌ها حذف شده و مراحل بررسی پایداری تغییرات برای زیرمجموعه اول کشورها مجدداً ۳ مرتبه و برای زیر مجموعه دوم کشورهای مورد بررسی، ۲ مرتبه تکرار شده است و در هر مرتبه نمونه‌هایی که خارج حدود کنترل قرار گرفته‌اند حذف شده‌اند. در نتیجه این اقدام نمودارهای کنترل به صورت شکل‌های زیر حاصل شد که برای زیر مجموعه اول کشورها از ۳۳ نمونه و برای زیرمجموعه دوم کشورها از ۳۷ نمونه تشکیل گردیده است.

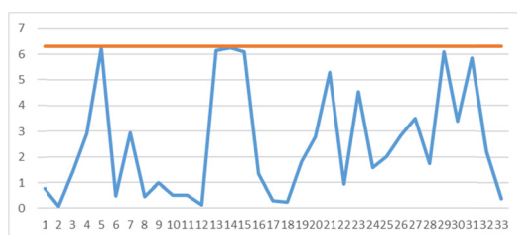
در گام بعد برای زیر مجموعه اول کشورها تمام  $m = 33$  نمونه باقی‌مانده با یکدیگر ادغام گردیده و یک نمونه به اندازه  $N_1 = 33 \times 5 = 165$  تشکیل شده است. برای زیرمجموعه دوم کشورها نیز  $N_2 = 185$  است.



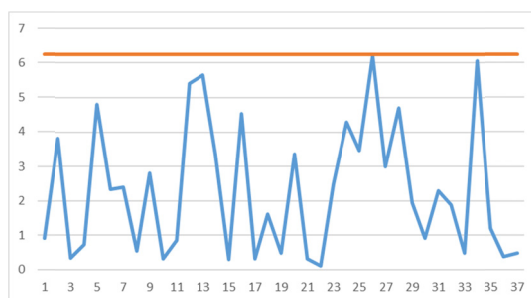
شکل ۷- نمودار کنترل پایداری تغییرات در واریانس خطا برای کشورهای زیرمجموعه اول



شکل ۸- نمودار کنترل پایداری تغییرات در واریانس خطا برای کشورهای زیرمجموعه دوم



شکل ۹- نمودار کنترل پایداری تغییرات در واریانس خطا پس از حذف نمونه‌های خارج از حد کنترل برای زیرمجموعه اول کشورها



شکل ۱۰- نمودار کنترل پایداری تغییرات در واریانس خطا پس از حذف نمونه‌های خارج از حد کنترل برای زیرمجموعه دوم کشورها

برای انجام این آزمون، آماره  $F$  به صورت رابطه زیر تعریف شده است.

$$F = \frac{\{SSE(reduced) - SSE(full)\}}{2(m-1)MSE(full)} \quad (\text{رابطه شماره ۱۷})$$

و جدول با توجه به جداول آنالیز واریانس داده‌های ادغام شده و (جداول ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲)، مقدار آماره برای هر دو زیر مجموعه از کشورها محاسبه گردید.

$$F_1 = \frac{8.105 - 4.520}{2(33-1) \times 0.046} = 1.2177$$

(رابطه شماره ۱۸):

$$F_2 = \frac{3.024 - 1.804}{2(37-1) \times 0.016} = 1.0590$$

مقدار حد بحرانی بر اساس  $\alpha_1 = 0.0513$  برای دو زیر مجموعه از کشورها از رابطه زیر بدست می‌آید.

(رابطه شماره ۱۹):

$$F_{2(m-1), m(n-2), \alpha_1}^1 = F_{64, 99, 0.0513} = 1.4389$$

$$F_{2(m-1), m(n-2), \alpha_1}^2 = F_{72, 111, 0.0513} = 1.4100$$

با توجه به این که مقدار آماره‌ها از حد بحرانی کمتر شده است، فرض صفر، یعنی برابر بودن پارامترهای مدل رگرسیون کامل با مقدار صفر تایید می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت فرض یکسان بودن پروفایل‌ها پذیرفته شده است و بر این اساس پروفایل تحقیق برای پایش فاز ۲ کنترل فرایند قابل استفاده است.

یک متغیر اندیکاتور به شکل زیر تعریف می‌گردد:

$$z_{ji} = 1 \quad \text{در صورتی که مشاهده } \bar{a}_m \text{ از نمونه } \lambda_m \text{ باشد}$$

$$z_{ji} = 0 \quad \text{در غیر این صورت.}$$

در گام بعد به داده‌های ادغام شده مدل رگرسیون چندگانه زیر انطباق داده می‌شود.

(رابطه شماره ۱۵):

$$y_i = A_0 + A_1 x_i + B_{01} z_{1i} + B_{02} z_{2i} + \dots + B_{0m'} z_{m'i} + B_{11} z_{1i} x_i + B_{12} z_{2i} x_i + \dots + B_{1m'} z_{m'i} x_i + \varepsilon_i$$

در این رابطه برای زیر مجموعه اول و دوم کشورها به ترتیب  $m'$  برابر ۳۲ و ۳۶ بوده و  $A$  و  $B$  نیز ضرایب رگرسیون چندگانه هستند. برآورد پارامترهای رگرسیون به وسیله نرم افزار SPSS انجام شد. گزارش جدول آنالیز واریانس در ادامه قابل مشاهده است.

در گام بعدی یک مدل رگرسیونی تقلیل یافته ایجاد می‌شود که در واقع همان مدل پروفایل مرجع است.

(رابطه شماره ۱۶):  $y_i = A_0 + A_1 x_i$

برآورد پارامترهای این مدل نیز توسط نرم افزار SPSS انجام شد و گزارش جدول آنالیز واریانس آن بدست آمد.

برای اینکه از یکسان بودن پروفایل‌ها اطمینان حاصل شود، باید آزمون فرض زیر انجام گردد.

جدول ۹- جدول آنالیز واریانس بر داده‌های ادغام شده زیرمجموعه اول کشورها

مدل	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۴,۲۲۷	۶۵	۰,۰۶۶	۱,۴۴۱	۰,۰۵
خطا	۴,۵۲	۹۹	۰,۰۴۶		
مجموع	۸,۷۹۷	۱۶۴			

جدول ۱۰- جدول آنالیز واریانس بر داده‌های ادغام شده زیرمجموعه دوم کشورها

مدل	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۲,۱۹۵	۷۳	۰,۰۳	۱,۸۵	۰,۰۰۲
خطا	۱,۸۰۴	۱۱۱	۰,۰۱۶		
مجموع	۴	۱۸۴			

جدول ۱۱- جدول آنالیز واریانس بر داده‌های ادغام شده در مدل تقلیل یافته برای زیر مجموعه اول کشورها

مدل	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۰,۶۹۲	۱	۰,۶۹۲	۱۳,۹۱۸	۰
خطا	۸,۱۰۵	۱۶۳	۰,۰۵		
مجموع	۸,۷۹۷	۱۶۴			

جدول ۱۲- جدول آنالیز واریانس بر داده‌های ادغام شده در مدل تقلیل یافته برای زیر مجموعه دوم کشورها

مدل	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
رگرسیون	۰,۹۷۶	۱	۰,۹۷۶	۵۹,۰۷۲	۰
خطا	۳,۰۲۴	۱۸۳	۰,۰۱۷		
مجموع	۴	۱۸۴			

یابد. ولی اگر در یک بازه زمانی افزایش عدد مولد پایه بیش از مقدار مورد انتظار باشد، مسئولان متولی این امر می‌بایست به این نکته توجه کنند که علاوه بر کاهش دما، عاملی دیگر مانند عدم رعایت پروتکل‌های بهداشتی اتفاق افتاده است و شیوع پاندمی ویروس را افزایش داده است. این روش بسیار مهم به مسئولین کمک می‌کند تا در صورت تغییر در رابطه پروفایل، وقوع شرایط خارج از کنترل توسط مسئولین تشخیص داده شود. در عین حال، ارزیابی تحت کنترل بودن فرایند، در این روش، نیز حائز اهمیت است. این اهمیت از آنجا ناشی می‌شود که مسئولان و تصمیم‌گیران این حوزه باید این نکته را مد نظر قرار دهند که کاهش دما منجر به افزایش عدد مولد پایه خواهد گردید و برای جلوگیری از این اتفاق، اقدامات پیشگیرانه مناسبی مانند اعمال محدودیت‌های فاصله‌گذاری اجتماعی جدید در نظر بگیرند.

عملکرد نمودار کنترل در فاز دو با استفاده از توزیع متغیر تصادفی دنباله (RL) سنجیده می‌شود. از این رو

### پایش پروفایل خطی ساده در فاز دو کنترل

کنترل شرایط کشورها، برای اینکه نشان دهد آیا واقعا بواسطه تغییر درجه حرارت هوا تغییری در متغیر پاسخ صورت پذیرفته است از اهمیت بالایی برخوردار است. فاز دوم کنترل فرآیند آماری وقوع شرایط خارج از کنترل را شناسایی می‌کند. شرایط خارج از کنترل به این معنی است بواسطه یک عامل دیگر (مانند عدم رعایت سیاست‌های غیر دارویی، یا تغییر رفتار ویروس، و یا هر عامل تاثیرگذار دیگر) در رابطه میان این دو متغیر تغییری ایجاد شده است. در پایش پروفایل خطی ساده شرایط خارج از کنترل ناشی از تغییر در پارامتر شیب یا عرض از مبدا و یا هر دو است. به طور مثال در صورتی که تغییری در پارامتر شیب در کشور ایران به وجود آید به این معنی است که کاهش دما به طور عادی سبب افزایش عدد مولد نشده است و این تغییر می‌تواند ناشی از بروز عوامل دیگری باشد که بر پاندمی بیماری اثرگذار است. در واقع انتظار می‌رفته با کاهش هر واحد دما، عدد مولد پایه به اندازه ۰,۰۱۰۸ افزایش



جدول ۱۳- متوسط طول دنباله به ازای مقادیر مختلف شیفت در پارامترهای مدل

$\lambda$	ARL	$\lambda$	ARL
۰,۰۰۱	۹,۲	۰,۰۸	۶,۳
۰,۰۰۳	۸,۸	۰,۰۱	۴,۰
۰,۰۰۵	۸,۴	۰,۰۵	۱

مقادیر مختلف  $\lambda$  در جدول ۱۳ نشان داده شده است. همانگونه که در نتایج این جدول مشاهده می‌شود، نمودار کنترل می‌تواند تغییراتی با اندازه ۰,۰۰۱ انحراف استاندارد را به طور متوسط پس از ۹,۲ نمونه کشف کند. تغییرات بزرگتر نیز (مانند ۰,۰۵ انحراف استاندارد) به سرعت و به طور متوسط پس از یک نمونه مشخص می‌شوند. در ادامه مدل رگرسیونی بدست آمده را برای داده‌های مربوط به سه نمونه در بازه‌های زمانی ۱۸ فروردین (۶ آوریل) لغایت ۱ اردیبهشت (۲۰ آوریل)، ۱ تیر (۲۱ ژوئن) لغایت ۱۴ تیر (۴ جولای) و ۱۵ شهریور (۵ سپتامبر) لغایت ۲۹ شهریور (۱۹ سپتامبر) پایش می‌کنیم. علت انتخاب این بازه‌های زمانی، آن است که در بازه زمان اول شاهد کاهش آمار مبتلایان بوده‌ایم، در بازه زمانی دوم روند بیماری ثابت بوده و در بازه زمانی سوم رشد مجدد آمار مبتلایان و تعداد فوتی‌های ناشی از این بیماری در کشور ایران به وجود آمده است. برای پایش این ۳ نمونه مقدار آماره  $T^2$  برای هر یک محاسبه شده است. شکل ۱۱، نمودار کنترل این ۳ نمونه را نشان می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌شود در شکل شماره ۱۱ مقدار آماره  $T^2$  برای نمونه‌های شماره ۱ و ۳ بالاتر از حد بالای کنترل قرار گرفته است در نتیجه در دو نمونه از سه نمونه پایش شده شرایط غیر عادی مشاهده شده است. در بازه زمانی اول مقدار آماره بالاتر از حد کنترل بدست آمده است. در این بازه زمانی روند ابتلای بیماری به صورت کاهشی بوده است. نتیجه این نمودار در نقطه شماره ۱ نشان می‌دهد رابطه میان میزان ابتلا به بیماری و دمای محیط تقریباً شرایط خارج از کنترل داشته است و روند غیر عادی ابتلای بیماری بر اثر به وجود آمدن عوامل دیگری است. این موضوع با استفاده از شکل شماره ۱۲ توضیح داده می‌شود. در این شکل نقاط آبی رنگ و خط برآزش کننده آن‌ها نشان دهنده روند تغییرات عدد مولد پایه به ازای تغییر در حداکثر

ارزش انتظاری یا متوسط طول دنباله ( $ARL$ ) خارج از کنترل، اغلب برای مقایسه و ارزیابی عملکرد نمودارهای کنترل، در فاز دو استفاده می‌شود (۹). تخمین زنده‌های حداقل مربعات  $a_j$  و  $b_j$  دارای توزیع نرمال دومتغیره، با بردار میانگین و ماتریس واریانس-کوواریانس زیر هستند که برای زیر مجموعه دوم کشورها که شامل کشور ایران نیز می‌باشد به شکل زیر بدست آمده است.

(رابطه شماره ۲۰):

$$\mu = (A_0 \quad B_0)^T = (1.2958 \quad -0.0107)^T$$

(رابطه شماره ۲۱):

$$\Sigma = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} \frac{1}{n_j} + \frac{\bar{x}_j^2}{S_{XX(j)}} & \frac{-\bar{x}_j}{S_{XX(j)}} \\ \frac{-\bar{x}_j}{S_{XX(j)}} & \frac{1}{S_{XX(j)}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0445 & -0.0015 \\ -0.0015 & 0.00005 \end{bmatrix}$$

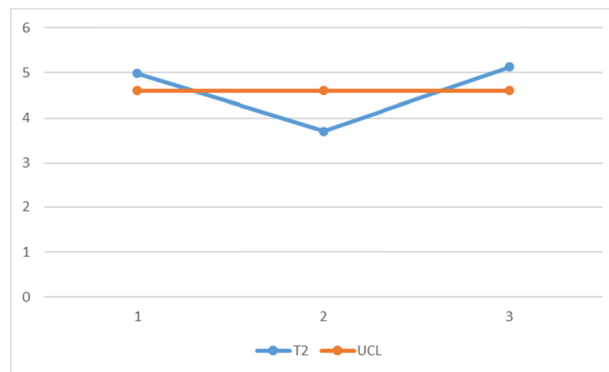
برای کنترل پروفایل پاندمی در فاز دوم از نمودار  $T^2$  استفاده شده است. حد بالای نمودار کنترل در مقدار آماره  $T^2$  در این روش به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$T^2 = (z_j - \mu)^T \Sigma^{-1} (z_j - \mu) \quad (\text{رابطه شماره ۲۲}):$$

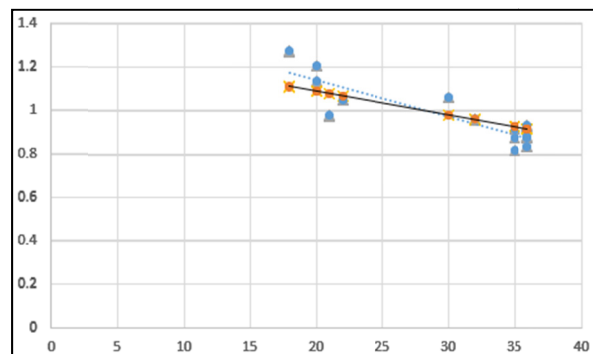
(رابطه شماره ۲۳):

$$UCL = \chi_{2,\alpha}^2 = \chi_{2,0.1}^2 = 4.6051$$

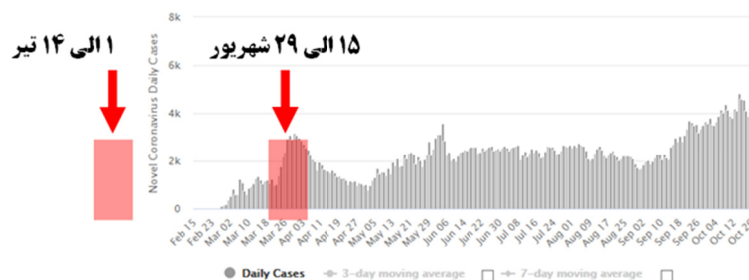
برای اینکه عملکرد نمودار به ازای شیفت‌های مختلف در مقادیر پارامترها ارزیابی شود، و حساسیت مدل نسبت به تغییرات مختلف نشان داده شود، به میزان  $\lambda\sigma$  در پارامترهای مدل (عرض از مبدا و شیب) تغییر ایجاد می‌شود و سپس اولین نمونه‌ای که نمودار بواسطه آن، سیگنال خارج از کنترل صادر کند، ثبت می‌شود. این اقدام ۱۰۰۰۰ بار بصورت داده‌های شبیه سازی شده، انجام می‌شود. برای این اقدام از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. نتیجه این اقدام به ازای



شکل ۱۱- نمودار کنترل  $T^2$



شکل ۱۲- مقایسه روند عادی و روند موجود تغییرات عدد مولد پایه بر اثر تغییرات دما در نمونه شماره ۱



شکل ۱۳- تعداد مبتلایان به کرونا در کشور ایران (منبع: وبسایت world meters<sup>۱</sup>)

که منجر به کاهش بیشتر عدد مولد پایه شده است. این عامل به احتمال زیاد سیاست‌های فاصله‌گذاری اجتماعی اتخاذ شده توسط دولت بوده است. چرا که در این بازه زمانی هیچ کنترل و یا درمان دارویی صورت نگرفت بود.

در بازه زمانی مذکور سیاست‌های سخت‌گیرانه توسط دولت به اجرا گذاشته شده بود و فاصله‌گذاری اجتماعی به نحو مطلوبی انجام می‌گرفت. یادآوری می‌شود که بر اساس مصوبات جلسات شماره سیزدهم و چهاردهم ستاد ملی مقابله با کرونا در این بازه زمانی طرحی با عنوان فاصله‌گذاری هوشمند توسط دولت به اجرا

دمای محیط است. همانگونه که مشخص است روند این تغییرات، یک روند نزولی بوده و با افزایش دما مقدار عدد مولد پایه کاهش یافته است. نقاط نازنجی رنگ روند تغییرات عادی است که به وسیله مدل رگرسیونی شناسایی شده در این تحقیق می‌بایست اتفاق می‌افتاده است. مقایسه این دو روند نشان می‌دهد در بازه زمانی مربوط به نمونه شماره ۱، آنجایی که حداکثر دمای محیط افزایش یافته است، بر خلاف انتظار عدد مولد پایه کاهش بیشتری داشته است. در نتیجه عامل تغییر دما در این نمونه تنها عامل موثر بر عدد مولد پایه نبوده است و عامل دیگری در این بازه زمانی به وجود آمده

تاثیر مهمی در کنترل و مدیریت پاندمی دارد، تاکنون از سوی محققین ارائه نشده است. این مقاله نشان داد که می‌توان با استفاده از پایش پروفایل، در صورت وقوع سیگنال شرایط خارج از کنترل، اقدامات بازدارنده و جبرانی مناسبی در جهت جلوگیری از گسترده‌تر شدن پاندمی انجام داد.

در این تحقیق از روش پایش پروفایل‌ها، برای کنترل رابطه تابعی بین شاخص مولد پایه و دما استفاده گردید. این مقاله ضمن استفاده از روش طراحی آزمایشات، و تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی، یک مدل پروفایلی برای پایش پاندمی کووید ۱۹ برای کشور ایران و چند کشور دیگر، ارائه نمود. استفاده از این رویکرد، این امکان را در اختیار مدیریت کنترل و پیشگیری بیماری‌های واگیردار قرار می‌دهد تا به وسیله آن وقوع شرایط خارج از کنترل را با تجربه و تحلیل رابطه تابعی بین داده‌ها شناسایی نمایند. این روش می‌تواند هشدارهای مناسبی را در زمان وقوع تغییرات غیرطبیعی در ساختار مدل طراحی شده، ارائه نماید. وقوع این هشدارها به معنی آن است که عواملی در سطح جامعه به وجود آمده که رابطه عادی میان شیوع بیماری و دمای محیط را تغییر داده و می‌بایست این عوامل با سرعت بالایی شناسایی شده و اقدامات جبرانی صورت پذیرد. تجزیه و تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی و استفاده از سه مقطع زمانی واقعی، نشان داد که این مدل می‌تواند نتایج خوبی برای مدیریت، کنترل و پیشگیری از پاندمی کووید ۱۹ به همراه داشته باشد. بدیهی است، این رویکرد نوین و پیشرفته می‌تواند تاثیر بسزایی در مدیریت بحران ناشی از پاندمی کووید-۱۹ داشته باشد. افزایش اطلاعات، و بررسی دیگر عوامل، به نویسندگان این مقاله، و دیگر محققان می‌تواند کمک کند که مدل‌های پروفایلی پیچیده‌تری را برای توسعه مدیریت پاندمی کووید-۱۹ برای دست اندرکاران و سیاست‌گذاران این حوزه مهم فراهم آورد.

## References

1. Ainslie KE, Walters CE, Fu H, Bhatia S, Wang H, Xi X, et al. Evidence of initial success for China exiting COVID-19 social distancing policy after achieving containment. Wellcome Open Res. 2020;5.
2. Zhao S, Lin Q, Ran J, Musa SS, Yang G, Wang W, et al. Preliminary estimation of the basic

گذاشته شد. در این طرح به مشاغل پر ریسک مجوز فعالیت داده نشد و این فعالیت‌ها تعطیل اعلام شدند. همچنین سایر واحدهای صنعتی که مشمول مشاغل غیر پرریسک می‌شدند، ملزم به اخذ مجوز فعالیت و کد بهداشت در این ایام از سامانه‌های وزارت بهداشت شده بودند. همچنین مجوز دورکاری کارکنان دولت در این بازه زمانی ارائه گردید. نمونه شماره ۲ پایین‌تر از حد کنترل قرار گرفته است. در این بازه زمانی روند ابتلا به بیماری ثابت بوده و شرایط غیر عادی مشاهده نشده است. مقایسه روند تغییرات تعداد مبتلایان در این بازه زمانی (شکل شماره ۱۳) با مقاطع زمانی دیگر می‌تواند صحت این نتیجه‌گیری را نشان دهد.

نمونه شماره ۳ خارج از حد کنترل قرار گرفته است. مشابه تحلیلی که برای نمونه شماره ۱ ارائه گردید نتیجه‌گیری می‌شود رابطه میان عامل محیطی دما و عدد مولد پایه خارج از کنترل بوده است و با توجه به روند صعودی آمار مبتلایان، عامل دیگری سبب بالا رفتن این آمار شده است. در بازه زمانی مورد نظر شاهد عادی‌سازی رفتار جامعه در کسب‌وکارها و همچنین وسایل حمل و نقل عمومی بوده‌ایم. این نتایج نشان می‌دهد مدل کنترلی طراحی شده می‌تواند به خوبی شرایط پاندمی ویروس کووید ۱۹ را متاثر از تغییرات دمای محیط پایش کند و سیگنال‌های مناسبی از وقوع عوامل اثرگذار بر عدد مولد پایه از خود نشان دهد.

## بحث و نتیجه‌گیری

بررسی رابطه تابعی بین شاخص پایه مولد و دیگر عوامل تاثیرگذار بر این شاخص مهم، و پایش دائمی این رابطه تابعی، می‌تواند مدیریت پاندمی در هر کشوری را با اطلاعات دقیق‌تر و عمیق‌تری مواجه کند. بطوری که امکان ریشه‌یابی علل کاهش و یا افزایش پاندمی را بصورت اثربخش‌تر برای آن‌ها فراهم می‌آورد. یافته‌های این تحقیق در بخش تجزیه و تحلیل آزمایشات نشان داد که رابطه تابعی میان متغیر دمای محیط و شاخص مولد پایه وجود دارد. این نتیجه‌گیری هم راستا با نتایج پژوهش‌های مراجع و همکاران (۵)، توسپو و همکاران (۱۱) و بشیر و همکاران (۱۲) است. اما پایش و تجزیه و تحلیل تغییرات تصادفی این رابطه تابعی، و تفکیک آن از تغییرات ناشی از عوامل غیرطبیعی و ناخواسته، که

reproduction number of novel coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A data-driven analysis in the early phase of the outbreak. *Int J Infect Dis.* 2020;92:214-7.

3. Nouvellet P, Bhatia S, Cori A, Ainslie K, Baguelin M, Bhatt S, et al. Report 26: Reduction in mobility and COVID-19 transmission.

4. Ferguson N, Laydon D, Nedjati Gilani G, Imai N, Ainslie K, Baguelin M, et al. Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand. Imperial College COVID-19 Response Team. 2020.

5. Meraj G, Farooq M, Singh SK, Romshoo SA, Nathawat M, Kanga S. Coronavirus pandemic versus temperature in the context of Indian subcontinent: a preliminary statistical analysis. *Environment, Dev Sustain.* 2020:1-11.

6. Schoeman D, Fielding BC. Coronavirus envelope protein: current knowledge. *Virology.* 2019;16(1):1-22.

7. Saghayy Abbas MN. Monitoring Disease, New Application of Profiles Monitoring – Case Study: Pulmonary Disease. *Int J Indust Engin Prod Manag.* 2011;22(1):53-63.

8. Atashgar K. Advanced statistical process control (simple linear profile monitoring). First ed: Malek Ashtar University of Technology; 2019.

9. Imai N, Cori A, Dorigatti I, Baguelin M, Donnelly C. Report 3: Transmissibility of 2019-nCoV. Imperial College London. 2020.

10. Mellan TA, Hoeltgebaum HH, Mishra S, Whittaker C, Schnekenberg RP, Gandy A, et al. Report 21: Estimating COVID-19 cases and reproduction number in Brazil. *medRxiv.* 2020.

11. Tosepu R, Gunawan J, Effendy DS, Lestari H, Bahar H, Asfian P. Correlation between weather and Covid-19 pandemic in Jakarta, Indonesia. *Sci Total Environ.* 2020:138436.

12. Bashir MF, Ma B, Komal B, Bashir MA, Tan D, Bashir M. Correlation between climate indicators and COVID-19 pandemic in New York, USA. *Sci Total Environ.* 2020:138835.

13. Wu Y, Jing W, Liu J, Ma Q, Yuan J, Wang Y, et al. Effects of temperature and humidity on the daily new cases and new deaths of COVID-19 in 166 countries. *Sci Total Environ.* 2020:139051.

14. Shi P, Dong Y, Yan H, Zhao C, Li X, Liu W, et al. Impact of temperature on the dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *Sci Total Environ.* 2020:138890.

15. Qi H, Xiao S, Shi R, Ward MP, Chen Y, Tu W, et al. COVID-19 transmission in Mainland China is associated with temperature and humidity: A time-series analysis. *Sci Total Environ.* 2020:138778.

16. Alimohamadi Y, Sepandi M. Basic Reproduction Number: An important Indicator for the Future of the COVID-19 Epidemic in Iran. *J Mil Med.* 2020;22(1):96-7.

17. Mahmoud MA. The monitoring of linear

profiles and the inertial properties of control charts: Virginia Tech; 2004.