مجله کنترل- ویژه‌نامه کووید-۱۹
ISSN (print) 2008-8345
ISSN (online) 2538-3752
جلد ۱۴، شماره ۵، ویژه‌نامه کووید-۱۹، صفحه ۱۲۹-۱۲۷

مدل دینامیکی بیماری کووید-۱۹ و تجزیه و تحلیل عملکرد ایران، آلمان و ترکیه با داده‌های تجربی

محمد مقصودی[۱]، مهدی سیاهی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی برق-کنترل، گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، Dr.MohammadMaghsoudi@gmail.com

[۲] دانشیار، دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر، گروه کنترل-قدرت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، mehdi.siahi@srbiau.a.ir

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۹/۱۰/۲۸، تاریخ پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

چکیده: بیماری کووید-۱۹ ناشی از نوع جدید ویروس کرونا می‌باشد که یک بیماری عفونی است و تاکنون بیش از نود میلیون مبتلا و حدود دو میلیون فوتی ثبت شده است. برنامه‌های بهداشتی، درمانی، آموزشی، اعمال محدودیت‌ها و سایر اقدامات پیشگیرانه به عنوان ورودی‌هایی هستند که می‌توانند شیوع بیماری را محدود کنند که نتیجه این اقدامات موجب کاهش ابتلا به این بیماری می‌شود. در این مقاله به منظور بررسی برخی از پارامترهای تاثیرگذار، یک مدل غیرخطی برای بررسی تأثیر بهداشت و آموزش بر دینامیک انتقال بیماری کووید-۱۹ تجزیه و تحلیل می‌شود. همچنین، داده‌های تجربی سه کشور ایران، آلمان و ترکیه از ابتدای شیوع بیماری تا ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ مورد بررسی و مقایسه آماری قرار می‌گیرد. سپس عملکرد این سه کشور در اوج شیوع بیماری از ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ تا ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که آموزش و بهداشت مناسب موجب کاهش تعداد مبتلایان خواهد شد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ایران با وجود تحریم‌ها و کمبود امکانات به‌خصوص از ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ تا ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ عملکرد نسبتاً بهتری داشته است.

کلمات کلیدی: کووید-۱۹ (ویروس کرونا)، مدل‌سازی غیرخطی، ایران، آلمان، ترکیه

Dynamic model of COVID-19 disease and performance analysis of Iran, Germany and Turkey with experimental data

Mohammad Maghsoudi, Mehdi Siahi

Abstract: COVID-19 disease is caused by a new type of coronavirus, which is an infectious disease that has so far infected more than 90 million people and killed about 2 million. Hygiene programs, treatment, education, restrictions and other preventive measures are the inputs that can limit the spread of the disease, which in turn reduces the incidence of the disease. In this paper, in order to investigate some of the influential parameters, a nonlinear model is analyzed to investigate the effect of hygiene and education on the transmission dynamics of COVID-19 disease. Also, the experimental data of three countries, Iran, Germany and Turkey, from the beginning of the outbreak of the disease until 21/10/1399 are examined and statistically compared. Then, the performance of these three countries at the peak of the disease outbreak from 11/08/1399 to 21/10/1399 is analyzed. The results show that proper education and hygiene will reduce the number of patients. The results also show that Iran, despite sanctions and lack of facilities, especially from 08/11/1399 to 21/10/1399 has had a relatively better performance.

Keywords: COVID-19 (Coronavirus), Non-Linear Modelling, IRAN, GERMANY, TURKEY

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.10.6]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.127]

۱- مقدمه

کووید-۱۹ نام بیماری ناشی از نوع جدید ویروس کرونا می‌باشد که متعلق به خانواده‌ای از ویروس‌ها است [۱]. سازمان بهداشت جهانی اصطلاح کووید-۱۹ را برای توصیف ویروس کرونا که در ووهان چین انتشار یافت، انتخاب کرد [۲]. روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی دینامیک بیماری‌ها استفاده می‌شود. در [۳] تجزیه و تحلیل مبتنی بر مدل ریاضی کووید-۱۹ پیشنهاد شده است. در [۴] دینامیک انتقال کووید-۱۹ در کشتی‌های مسافرتی را بررسی کرده‌اند. عدد مولد نسلی یک پارامتر مهم برای تحلیل بیماری عفونی است که در [۵] بررسی شده است. در این مقاله از مدل [۶] استفاده شده و تاثیر آموزش و بهداشت در انتشارکووید-۱۹ مورد بررسی قرار گرفته است. سپس با توجه به مفاهیم این مدل، داده‌های ایران، آلمان و ترکیه که جمعیت تقریباً برابری دارند، مقایسه می‌شود. علیرغم مقایسه داده‌های سه کشور از ابتدای شیوع بیماری تا ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ همچنین به مقایسه داده‌ها از ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ تا ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ که اوج بیماری است، پرداخته می‌شود. تا تاریخ ۱۳۹۹/۱۰/۲۱، کشور امریکا با بیش از ۲۲ میلیون مبتلا در رتبه اول، ترکیه بیش از ۲ میلیون مبتلا در رتبه هفتم، آلمان حدود ۲ میلیون در رتبه دهم و ایران با بیش از یک میلیون مبتلا در رتبه پانزدهم می‌باشد[۷].

۲- مدل‌سازی دینامیکی بیماری

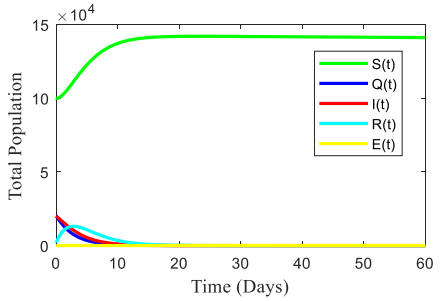
یک جمعیت انسانی با توجه به وضعیت سلامتی آن‌ها در زمان t با N(t) نشان داده می‌شود و با زیر جمعیت‌های زیر نشان داده می‌شود [۷]. افراد بهبودیافته R(t)، افراد قرنطینه شده Q(t)، افراد عفونی(آلوده به ویروس کرونا) I(t)، افراد مستعد (حساس) S(t). افراد قرنطینه شده Q(t) که علائم عفونت را نشان می‌دهند. مدل دینامیکی بیماری با جمعیت‌های مشخص در معادله (۱) نشان داده شده است.

$$\begin{aligned}
\frac{d}{dt}S(t) &= \Lambda-\lambda(H)S(t)-\mu S(t)+\alpha_2 Q(t)+\delta R(t)\\
\frac{d}{dt}Q(t) &= \lambda(H)S(t)-(\alpha_1+\alpha_2+\mu)Q(t)\\
\frac{d}{dt}I(t) &= \alpha_1 Q(t)-(\alpha_3+\sigma+\mu)\,I(t)\\
\frac{d}{dt}R(t) &= \alpha_3 I(t)-(\delta+\mu)\,R(t)\\
\frac{d}{dt}E(t) &= \frac{W_0 I(t)}{W_1+W_2 I(t)}-d\,E(t)
\end{aligned} \qquad (۱)$$

افزایش آموزش و انتشار اطلاعات E(t)، در جامعه باعث افزایش سطح بهداشت و در نتیجه کاهش نرخ ابتلا به بیماری می‌شود.

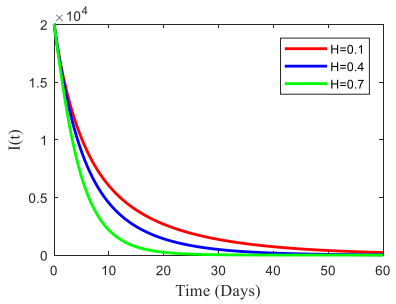
۳- نتایج شبیه‌سازی مدل دینامیکی بیماری

برای شبیه‌سازی و بررسی مدل، از داده‌های [۱۴] استفاده شده است. شکل (۱) تغییرات کل جمعیت برای شرایط پایدار $R_0<1$ نشان داده شده است که به تدریج بیماری در جمعیت از بین می‌رود. جمعیت مستعد با گذشت زمان افزایش می‌یابد در حالی که، جمعیت قرنطینه شده، آلوده و بهبود یافته کاهش می‌یابد (به جمعیت مستعد افزوده می‌شود).



شکل ۱: سیستم (۶) به ازای شرایط پایدار $R_0<1$

شکل (۲) تاثیر بهداشت بر کاهش افراد عفونی را نشان می‌دهد. با افزایش بهداشت، تعداد بیماران عفونی کاهش می‌یابد که در واقع نتیجه کاهش تعداد متلایان است. در واقع با افزایش اطلاعات در جامعه و افزایش سطح آگاهی مردم که مرتبط با آموزش E(t) می‌باشد، باعث افزایش مسائل بهداشتی توسط مردم می‌شود و نتیجه آن کاهش بیماری می‌باشد.



شکل ۲: جمعیت عفونی

٤- بررسی کووید-۱۹ در ایران، آلمان و ترکیه

با توجه به مفاهیم بررسی شده در مدل دینامیکی در بخش دوم و سوم، به بررسی داده‌های تجربی سه کشور به تحلیل مقایسه‌ای عملکردها می‌پردازیم. داده‌ها از [۱۶] استخراج شده است. جدول (۱) داده‌های مرگ، مبتلا و بهبود یافته را از ابتدای شیوع بیماری تا تاریخ ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ را نشان می‌دهد. تعداد ابتلا به ویروس در ایران به مراتب کمتر از ترکیه و آلمان می‌باشد اما تعداد فوتی‌ها بیشتر است که از دلایل آن می‌توان به شرایط تحریمی و کمبود امکانات بیمارستانی اشاره کرد.

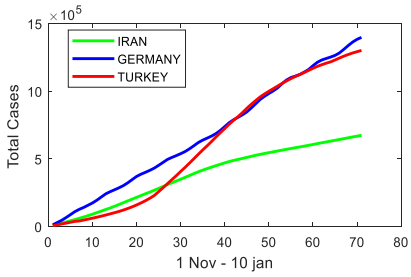
جدول ۱: داده‌های آماری ایران،آلمان و ترکیه تا ۲۱ دی‌ماه ۱۳۹۹

داده / کشور	ابتلا	بهبودیافته	مرگ
ایران	۱۲۸۶۴۰۶	۱۰۷۴۸۸۷	۵۶۱۷۱
آلمان	۱۹۹۱۵۱۴	۱۵۲۵۳۰۰	۴۱۴۳۸
ترکیه	۲۳۲۶۲۵۶	۲۱۹۸۱۵۰	۲۲۸۰۷

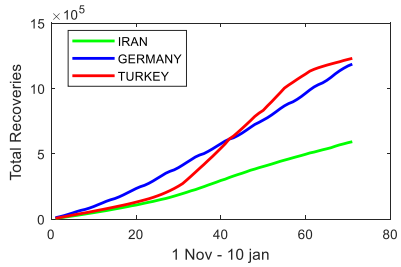
حال به تحلیل داده‌ها از ۱۳۹۹/۰۸/۱۱ تا ۱۳۹۹/۱۰/۲۱می‌پردازیم. اوج شیوع بیماری در این بازه می‌باشد و از طرفی دولت‌ها باید تاکنون آمادگی لازم را کسب کرده باشند و مردم نیز آموزش کافی و نحوه‌ی محافظت از

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.10.6]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.127]

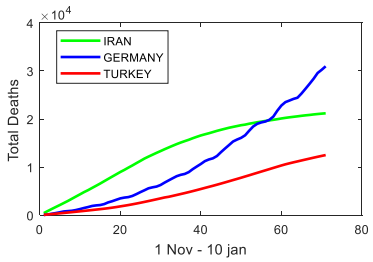
خود در برابر بیماری را فرا گرفته باشند. شکل (۳)، شکل (۴) و شکل (۵) به ترتیب مجموع آمار روزانه ابتلا، بهبود یافته و فوتی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: آمار ابتلا در ایران، ترکیه و آلمان



شکل ۴: آمار بهبود یافتگان در ایران، ترکیه و آلمان



شکل ۵: آمار فوتی در ایران، ترکیه و آلمان

جدول (۲) داده‌های این بازه زمانی را نشان می‌دهد. تعداد مبتلایان ایران ۵۹.۱۳٪ ، آلمان ۲۹۰.۱۹٪ و ترکیه ۱۱۴.۴۳٪ افزایش داشته است که نشان از عملکرد بهتر ایران (رعایت بهتر مسائل بهداشتی و سایر مسائل مرتبط) می‌باشد. همچنین تعداد فوتی‌های ایران در این بازه کمتر می‌باشد. فوتی‌های آلمان حدود ۲۵۳٪ افزایش داشته که یکی از دلایل آن عادی انگاری بیماری می‌باشد که متاثر از بی‌توجهی در ماه‌های گذشته است.

جدول (۲) آمار ابتلا، فوتی و نرخ افزایش از ۱۳۹۹/۸/۱۱ تا ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

داده / کشور	ابتلا			فوتی‌ها		
	افزایش(٪)	دی	آبان	افزایش(٪)	دی	آبان
ایران	٪۱۰۷.۳۲	۱۲۸۶۴۰۶	۶۲۰۴۹۱	٪۵۹.۱۳	۵۶۱۷۱	۳۵۲۹۸
آلمان	٪۲۵۲.۶۲	۱۹۱۹۵۱۴	۵۴۴۳۴۶	٪۲۹۰.۱۱	۴۱۴۳۸	۱۰۶۲۲
ترکیه	٪۱۲۶.۵۶	۲۳۲۶۲۵۶	۱۰۲۶۷۴۳	٪۱۱۴.۴۳	۲۲۸۰۷	۱۰۶۳۶

۵- نتیجه‌گیری

نتایج مدل‌سازی نشان داد که با افزایش سطح بهداشت که متاثر از افزایش آموزش‌های مرتبط با بیماری می‌باشد، باعث کاهش سریع‌تر افراد عفونی می‌شود (کاهش ابتلا به بیماری). همچنین نتایج نشان داد که عادی انگاری شرایط طبق آلمان و سایر مسائل مرتبط با بیماری، باعث طغیان این ویروس می‌شود. نتایج نشان داد که تعداد بیماران ناشی از ویروس کرونا در ایران به مراتب کمتر از دو کشور دیگر است هرچند که فوتی‌ها بیشتر می‌باشد که یکی از دلایل مهم افزایش فوتی‌ها را باید در شرایط تحریمی کشور جست و جو کرد. نتایج نشان داد که ایران در اوج شیوع این بیماری عملکرد بهتری نسبت به ماه‌های اولیه شیوع بیماری داشته است و دلیل آن نیز رعایت مسائل بهداشتی، حساسیت به موضوع بیماری در سطح کشور، عدم عادی انگاری بیماری و فعالیت‌های آموزشی رسانه‌ای و به‌ویژه اعمال محدودیت‌ها به‌خصوص در کلان شهرها از دلایل آن می‌باشد.

٦- پیشنهادات

۱- با توجه به تعطیلات پایان سال در ایران و احتمال عادی انگاری بیماری، توصیه می‌شود که اکیداً از عادی انگاری پرهیز شود (اخیراً شاهد بازگشایی تالارها و برگزاری مراسمات جشن و عزا با جمعیت بالای هزار نفر متناسب با فرهنگ بومی برخی شهرستان‌ها (بخصوص در خوزستان) هستیم که موجب قرمز شدن وضعیت می‌شود).

۲- از آنجا که ارتقا بهداشت از طریق آموزش می‌تواند به تغییر رفتار مردم در جهت مثبت کمک کند، در نتیجه توصیه می‌شود رسانه‌ها هم‌چون سابق موضوع آموزش و جریان اطلاعات بیماری را دنبال کنند تا از فراموشی و کاهش حساسیت نسبت به بیماری جلوگیری شود.

مراجع

[1] N. Al-Rousan , H. Al-Najjar. (2020). The correlation between the spread of COVID-19 infections and weather variables in 30 chinese provinces and the impact of chinese government mitigation plans. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*, 24 (8): 4565-4571.

[2] Q. Li , X. Guan , P. Wu , X. Wang , L. Zhou , Y. Tong , R. Ren , K.S. Leung , E.H. Lau , J.Y. Wong , et al. (2020). Early transmission dynamics in wuhan, china, of novel coronavirus–infected pneumonia. *N. Engl. J. Med.* 382:1199-1207

[3] Kucharski AJ , Russell TW , Diamond C , Liu Y , Edmunds J , Funk S , et al. Early dynamics of transmission and control of COVID-19: a mathematical modelling study. Lancet Infect Dis 2020

[4] Mizumoto K , Chowell G. 2020. Transmission potential of the novel coronavirus (COVID-19) onboard the diamond princess cruises ship. *Infect Dis Modell*. 5: 264–70 .

[5] Liu Y , Gayle AA , Wilder-Smith A , Rocklv J. 2020. The reproductive number of COVID-19 is higher compared to SARS coronavirus. *J Travel Med*.27(2):1-4

[6] ADENIYI, Michael O., et al. 2020. Dynamic model of COVID-19 disease with exploratory data analysis. *Scientific African*, 9: 00477, 1-21

[7] https://www.worldometers.info

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.10.6]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.127]