

# COVID-19 pandemisi ne zaman bitecek?

**Doç. Dr. Mehmet Koçak**



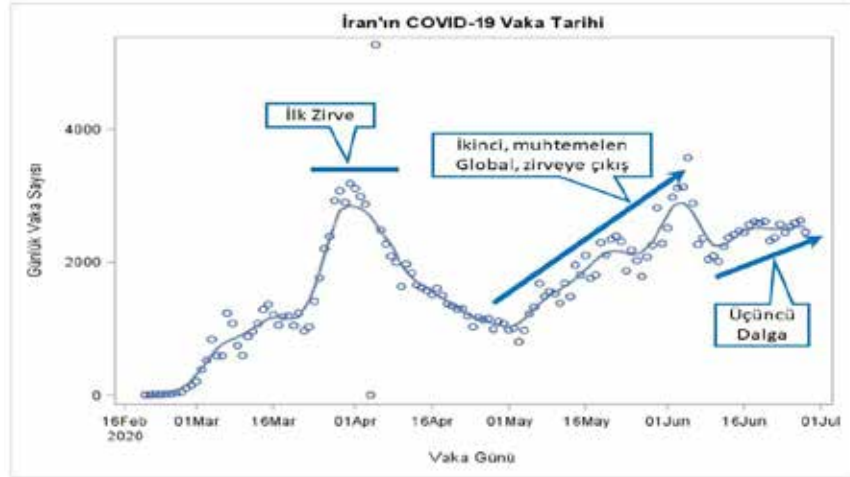
1975 yılında Mersin-Silifke'de doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini burada tamamladı. 1996 yılında Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü'nden mezun oldu. 1999'da ABD Michigan Eyalet Üniversitesinde Uygulamalı İstatistik alanında yüksek lisansını tamamladı. 2002 yılında, St. Jude Children's Research Hospital'da beyin tümörü alanında biyoistatistikçi olarak göreve başladı ve halen Pediatric Brain Tumor Consortium (PBTC)'un bir üyesi olarak desteğini sürdürmektedir. 2011'de uygulamalı istatistik alanında doktora derecesini Memphis Üniversitesinden aldı ve Tennessee Üniversitesi Sağlık Bilimleri Merkezi Tıp Fakültesinde Biyoistatistik yardımcı doçenti olarak göreve başladı. Halen PBTC de dahil olmak üzere ABD'deki projelerini devam ettirmektedir. Haziran 2019'dan bu yana İstanbul Medipol Üniversitesinde biyoistatistik uzmanı olarak görev yapmaktadır.

**C** OVID-19 pandemisi, Çin'in Wuhan şehrinde Aralık 2019'da başladığı zamandan bu yana, yaşamımızı birçok boyutta etkilemektedir.

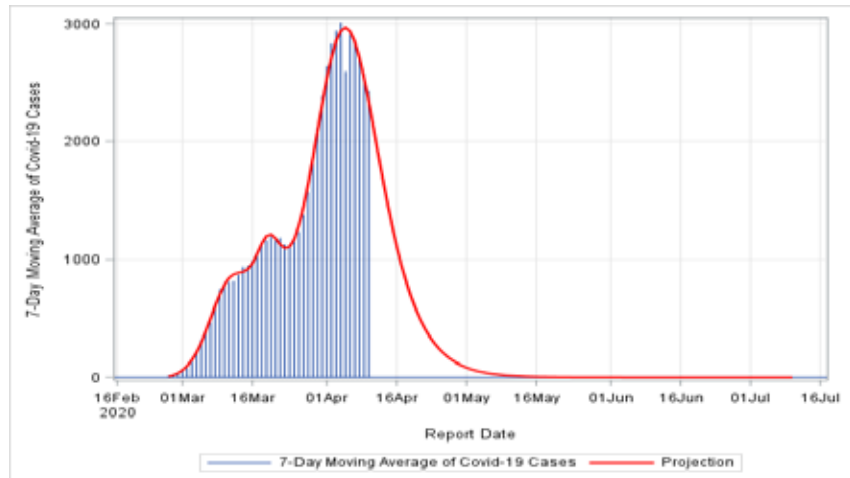
Birinci olarak, özellikle çocuklarda ve yaşlılarda tecrübe edilen panik ve endişe, psikolojilerimizi negatif etkilemiştir (1, 2, 3). Pandemi aynı zamanda sosyal hayatlarımızı (4), özellikle okul-çağı nüfusu (5) etkilemiştir. Bu boyutların ötesinde, hükümetleri "yeni normal" bir dönemi bir an önce başlatmaya zorlayan sebep, pandeminin ekonomik etkileri ve küçük-büyük tüm ekonomiler için artık bunun tolere edilemez bir hale gelmiş olmasıdır (6, 7). Veriye dayalı politikalara destek verebilecek, pandeminin bitiş tarihine dair doğru ve zamanlı tahminler her zaman olduğundan daha elzem hale gelmiştir. Bu ihtiyaca cevap vermek için SIR ve SEIR modellerinin versiyonları kullanılmıştır (6, 8, 9, 10). Singapore University of Technology and Design (11) pandemi bitiş tarihi tahminlerinin başka bir örneğini daha sunmuştur. Sağlık sistemlerinin pandemi yönetimine destek vermek üzere, zaman serisi modellerinin kısa dönemli tahminlerde kullanışlılığı da değerlendirilmiştir (12). Bu çalışmada, COVID-19 pandemisinin bitiş tarihinin tahmininde, karma-lojistik modelinin (13) uygulamalarını ikinci ve artçıl dalga beklentileri altında tartışacağız.

## Gereç ve Yöntemler

Karma-lojistik modelleme yaklaşımı, birden fazla lojistik yoğunluk fonksiyonunu



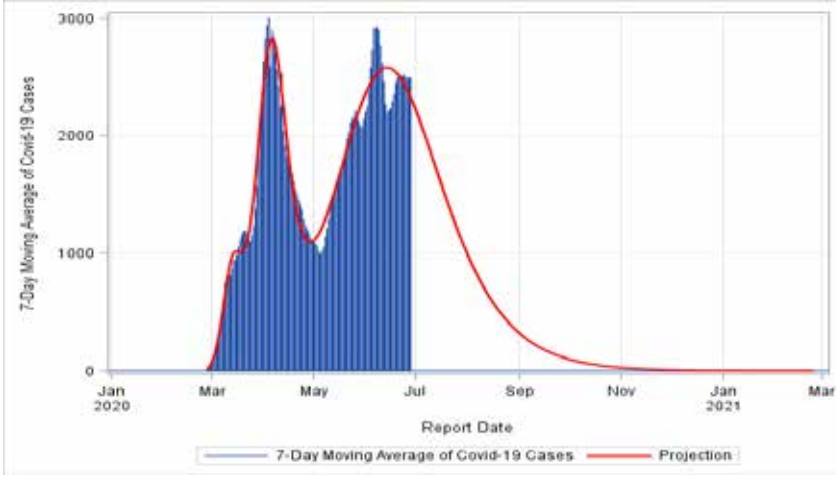
Şekil 1: İran'ın COVID-19 vaka profili



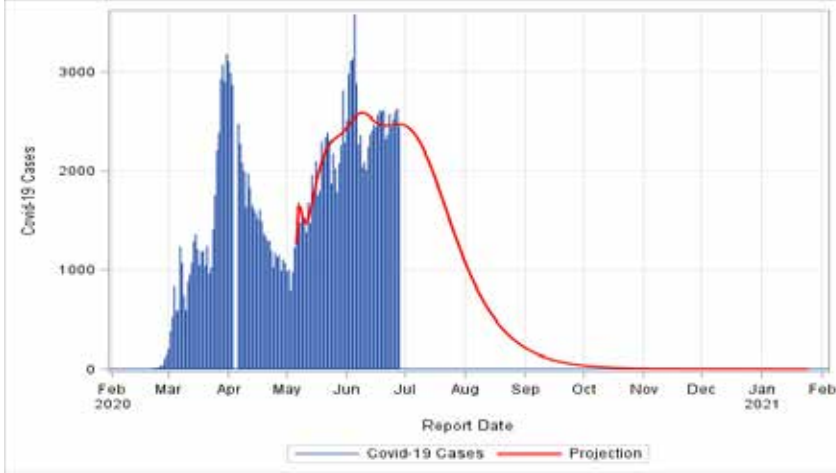
Şekil 2: 10 Nisan 2020 tarihi itibarıyla İran'ın COVID-19 bitiş tarihi tahmini

veriye dayalı olarak ağırlandırarak kullanılan, lineer-olmayan bir modelleme yöntemi olarak sunulmuştur. Bu modelleme çerçevesi aslında araştırmacılara lojistik yoğunluk fonksiyonu yerine, Gamma ya da Poisson gibi başka yoğunluk fonksi-

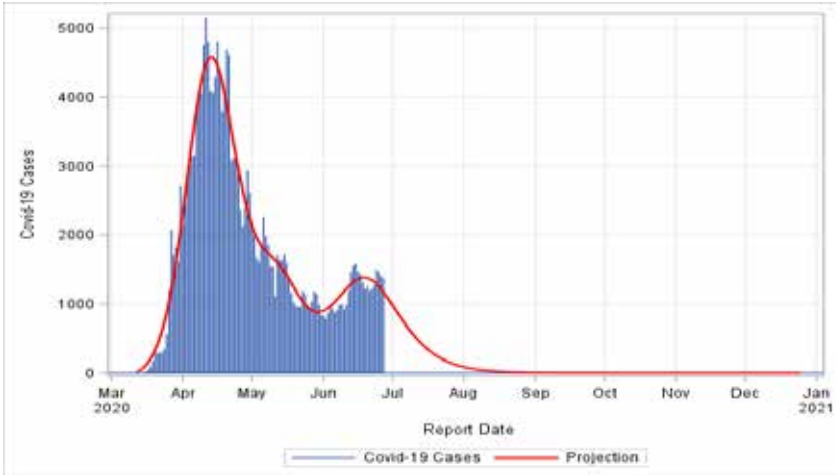
yonlarını da ikame etme imkânı sunan bir yapıda oluşturulmuştur. Modellemede karışım yüzdeleri tamamen bağımsız bırakılmamış, kullanıcının karışım yüzdelerine alt ve üst kısıtlar koymasına imkân sağlanmıştır. Yükselişte olan pro-



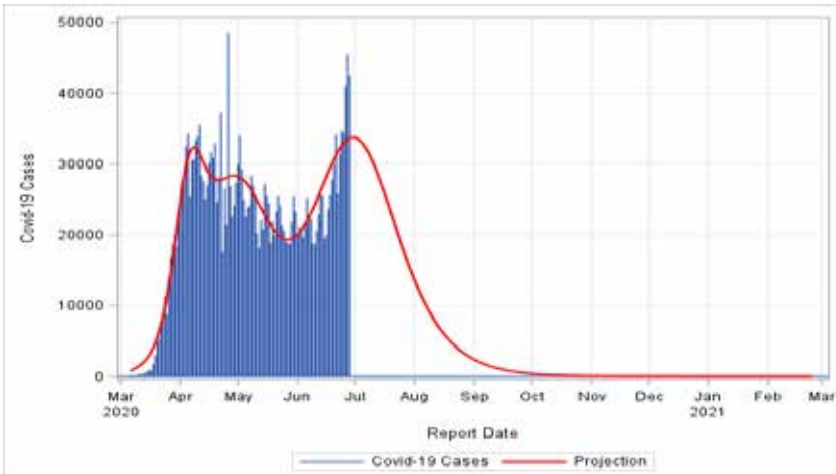
Şekil 3: 28 Haziran 2020 tarihi itibarıyla İran'ın COVID-19 bitiş tarihi tahmini



Şekil 4: Sadece en son zirveyi temel alan İran için pandemi bitiş tarihi tahmini



Şekil 4: Türkiye için pandemi bitiş tarihi tahmini



Şekil 5: Amerika Birleşik Devletleri için pandemi bitiş tarihi tahmini

fillerin erişeceği zirve için de kullanıcının seçeceği bir değere izin verilmiştir. Pandemic\_End\_Date adında bir SAS makro programı olarak kullanıma sunulan bu model yaklaşımının uygulamalarını ilerleyen sayfalarda tartışacağız. Bununla birlikte, COVID-19 profillerini izleme faaliyetlerinden örnekler de sunacağız.

## Bulgular

Pandemi bitiş tarihi modellemesinin unutulmaması gereken en önemli yanı, yapılan tahminlerin eldeki verinin bize verdiği öte geçemeyecek olmasıdır. Bunun güzel bir örneğini, vaka profiliyle dikkatleri üzerine çeken ve yalancı-zirve olayının tipik bir tezahürünü gözler önüne seren İran vaka profili üzerinden vereceğiz. Eğer biz İran'da COVID-19 bitiş tarihi tahminini 10 Nisan 2020 tarihinde yapmış olsaydık, aşağıdaki tahminlerle karşılaşırdık:

Bu tahminlere göre, İran'da günlük vaka sayısının 29 Mayıs 2020 itibarıyla 1'in altına düşmüş olması gerekirdi. Lakin İran, hemen hemen her ülkenin korktuğu ve az da olsa kaçınılmaz gördüğü bir "ikinci dalga" gerçeğini yaşadı. Böylece sabırsızlıkla beklenen ve gururla aşağı çekilen ilk zirve, bir "yalancı zirve" (pseudo-peak) haline geldi. 28 Haziran 2020 tarihindeki verilerden hareketle, modelimiz pandemiyi İran'da bitiş tarihi olarak Şubat 2021'in ilk haftalarını işaret ediyor (Şekil 3).

Bunun yanında, bu tahminlerde dikkate almamız gereken diğer bir husus da varsa önceki zirvelerin, pandemi bitiş tarihi modellemesinde hesaba katılıp katılmamasıdır. Virüsün bulaştığı kişiler de diğerleri gibi virüse yeniden mazur kalıp bulaştırabiliyorsa yeni zirvelerin önceki zirvelerden büyük ölçüde bağımsız olabileceğini varsayabiliriz. Bu varsayım altında, İran'ın pandemi bitiş tarihi Şekil 4'teki gibi Aralık 2020 ortaları olarak tahmin edilecektir. En son zirveyi kullanma yaklaşımı, model yakınsamasını kolaylaştırdığı için daha cazip bir yaklaşım olarak düşünülebilir.

Modelimizi aynı zamanda Türkiye, Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için de uyguladık (Şekiller 4-6). 28 Haziran 2020'de elimizde olan vaka sayısı verilerinden hareketle, Türkiye'deki COVID-19 vakalarının Ekim 2020'e kadar, ABD'de Ocak 2021 itibarıyla ve Almanya'da Eylül 2020 itibarıyla 1 ve altına düşeceğini tahmin ediyoruz.

Pandeminin hali hazırda yükselişte olduğu ülkelere bir örnek olarak Hindistan için tahminleri Şekil 7-9'da sunmaktayız. 28 Haziran verilerinden hareketle, zirveye ulaşıldığı varsayılarak, Hindistan'da pandeminin Ocak 2021 başlarında (Şekil 7) biteceği tahmin edilmiştir. Zirveye bir hafta sonra erişeceğimiz varsayımı altında, bu tahmin Ocak 2021 sonlarına (Şekil 8) ve zirveye iki hafta sonra erişeceğimiz varsayımı altında, bu tahmin Şubat 2021 başlarına (Şekil 9) ötelenmiştir.

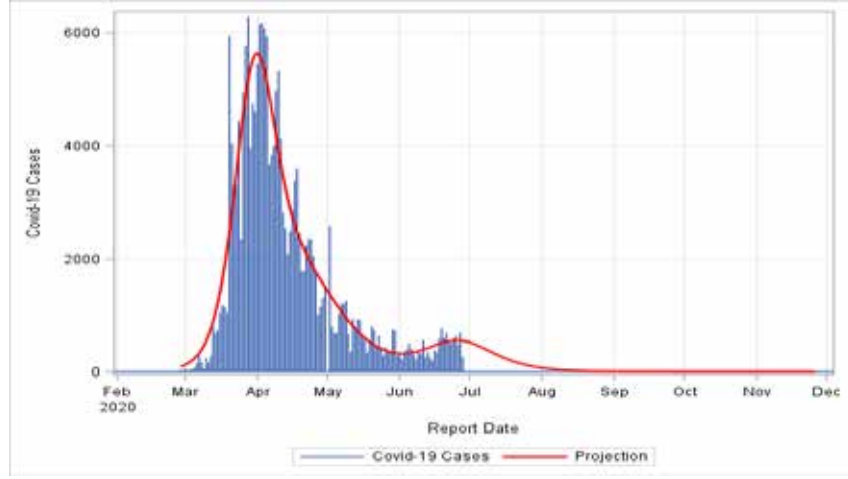
Vaka sayısı en fazla olan 20 ülkenin vaka profillerinin nasıl değişken olduğunu ve bu durumun pandemi bitiş tarihini tahminde karşılaşılabilecek zorlukları nasıl artırabileceğini Şekil 10'de paylaşıyoruz.

Son olarak, ikinci ve artçıl dalgaların örneklerini Şekil 11'de sunuyoruz.

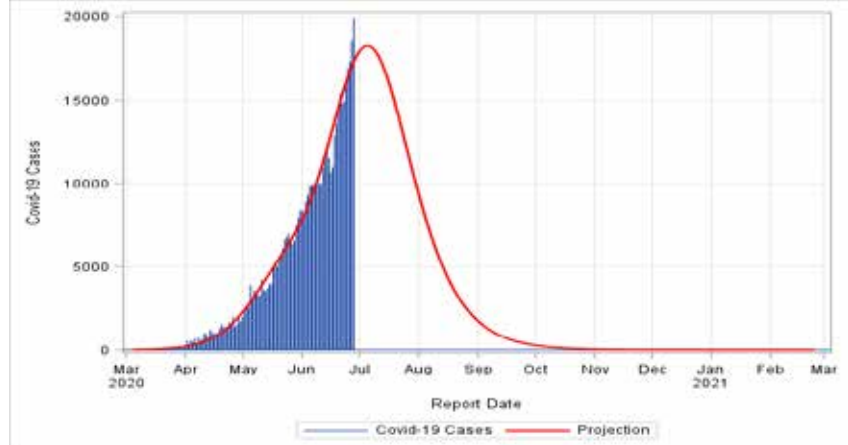
Tüm bu farklı profiller, COVID-19 pandemisinin, sahadaki mücadele faaliyetleri ve toplumların mücadele yöntem ve tavsiyelerine uyum seviyelerine bağlı olarak ortaya çıkan dinamik yapısını ortaya koymaktadır.

## Tartışma

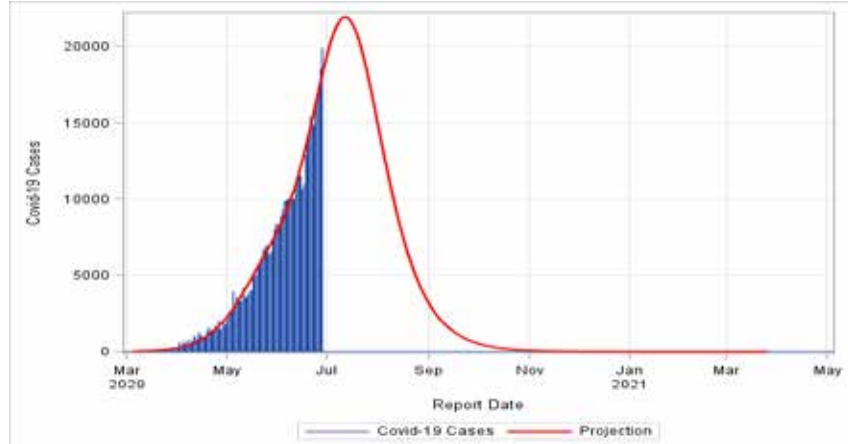
COVID-19 pandemisi, sadece küresel sağlık sistemlerini etkilemekle kalmadı; hem gelişmiş hem gelişmekte olan hem de az gelişmiş ülkelerde, tüm ekonomileri ve sosyal yapıyı zorladı. Pandeminin yayılmasını kontrolde kullanılan ana uygulamaların arasında; birçok ülkede virüsün yayılmasını azaltmada etkili olduğu tecrübe edilen, sosyal mesafe kısıtlamaları, hijyene verilen önem, maske kullanımı ve sokağa çıkma yasakları sayılabilir. Bu uygulamalar başarılı olmalarına rağmen, dünya toplumlarını ikilemler arasında kalmaya zorladı. Sağlıklı ve virüsten uzak kalmaya karşı evlerde kapalı kalma; pandemi merkezlerinden uzak durmaya karşı ekonomik faaliyet ve işini kaybetme riski ve benzeri ikilemler yaşanmıştır. Sosyal ve ekonomik hayatın birçok boyutunda, daha başından beri etkisini sürekli artırarak can yakan pandemi, herkesi, yerel ve merkezi idareleri, "Bu ne zaman sona erecek?" sorusuna cevap aramaya zorladı. Zaman serisi modelleri bu soruya kısa dönemlik cevaplar verirken, SIR ve SEIR modelleri, probleme, duyarlı (*Susceptible*), maruz kalan/temaslı (*Exposed*), bulaştırıcı (*Infective*), iyileşen ve vefat eden (*Recovered/Removed*) nüfusun tahmin edilip yönetildiği ve sağlık sistemi üzerindeki



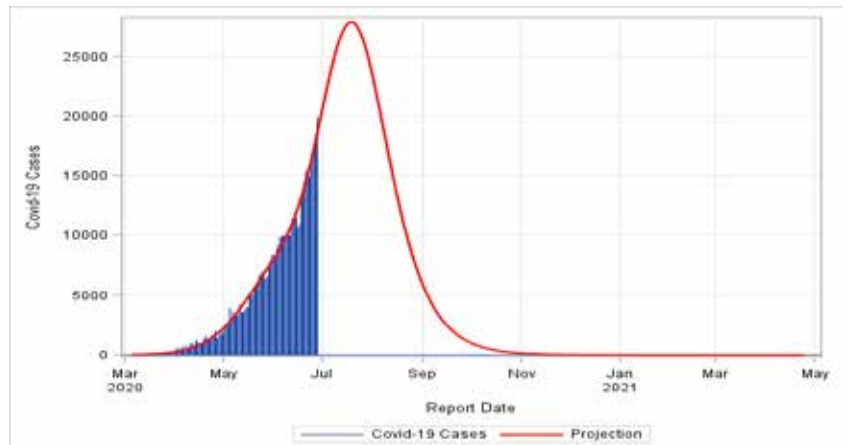
Şekil 6: Almanya için pandemi bitiş tarihi tahmini



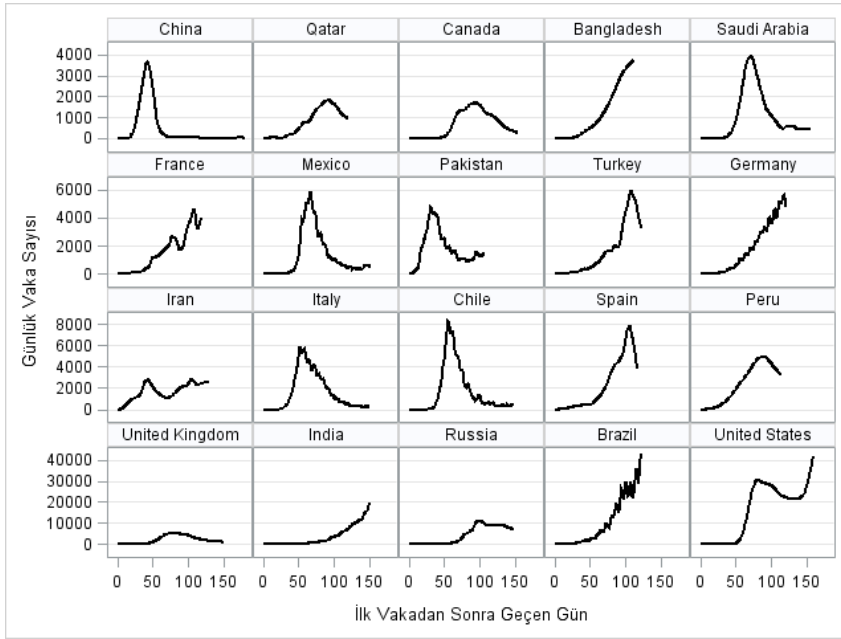
Şekil 7: Zirveye 28 Haziran'da ulaşıldığı varsayımı altında, Hindistan için pandemi bitiş tarihi tahmini



Şekil 8: Zirveye 28 Haziran'dan bir hafta sonra ulaşılabileceği varsayımı altında, Hindistan için pandemi bitiş tarihi tahmini



Şekil 9: Zirveye 28 Haziran'dan iki hafta sonra ulaşılabileceği varsayımı altında, Hindistan için pandemi bitiş tarihi tahmini



Şekil 10: En fazla vakası olan 20 ülkenin vaka profilleri.

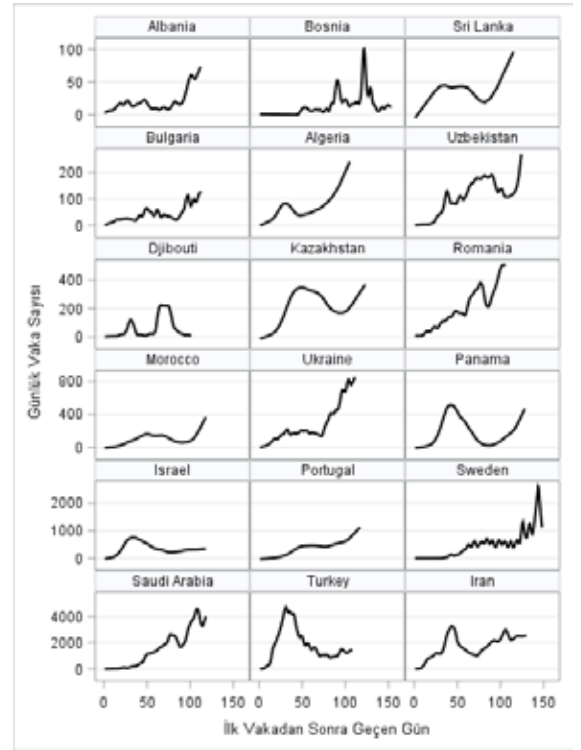
pandemi yükünün yönetilmesine katkı sağlayan bir açıdan probleme yaklaşmaktadır.

Bu çalışmada, COVID-19'a özel olarak geliştirdiğimiz ama benzeri pandemiler için de kullanılabilir bir modelden elde edilen pandemi bitiş tarihi tahminlerinden örneklerini paylaştık. Modelimiz, model derinliğinin, elde edilen COVID-19 profilinin gözlenen ya da (gelecekte) beklenen zirvelerine bağlı olması sebebiyle, veriye-dayalı (*data-driven*) bir modeldir. Henüz global zirveye ulaşmamış ülkeler için modelimiz, varsa önceden gözlenen yerel zirvelere ek olarak, (gelecekte) beklenen bir zirvenin kullanıcı tarafından belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Modelimiz, zirvelerin doğru seçimine çok duyarlı bir yapı arz etmekte, aksi takdirde parametre tahminlerinde model yakınsama problemleriyle karşılaşılabilir. Modelimizin ve uygulama kodlarının kullanıcıları, zirve sayıları arttıkça, arama aşındaki öncül değerler de artacağı ve hesaplama zamanları eksponansiyel olarak artacağından sabırlı olmalıdır. Bunun için etkili zirvelerinin tespiti için analiz edilen profillerin yakından incelenmesinde, parametre tahminlerinde daha noktasal öncül değerler belirlenebilmesi için çok fayda vardır. Bundan dolayı, kullanıcı elindeki bir profil için uyum-iyiliği tatmin edici bir model kurmayı henüz ilk denemede başarmayı beklememeli, tahminlerin makullüğüne göre uyum iyiliğini değerlendirmelidir. Pratik olarak, bu süreç model ilk defa kurulurken daha fazla dikkat gerektiren ve zaman alan bir süreçtir ve daha sonra güncel verilerin yeniden analizi yapılırken, sadece ihtiyaç varsa yeni zirveler eklenerek, daha önceki parametre uzayı değiştirilmeden kullanılabilir.

Her ne kadar modelimiz bu alandaki boşluğu az da olsa doldurma gayreti içinde sunulmuş olsa da pandemi profillerinin farklı esneklikteki dinamik yapıları, bu alanda araştırmacılar, bu esnek yapı karşısında daha sağlam (*robust*) modelleri geliştirmelerini beklemektedir. İhtiyaç duyulan modeller, ne bu esnek yapıyı çok yakından takip eden (*over-fitting*) ne de çok fazla basitleştiren (*under-fitting*) bir yapıda olmalıdır. Karma-lojistik modeli bu ihtiyacı bir nebze olsun karşılamaktadır, fakat birden fazla olasılık yoğunluk fonksiyonun birleşiminden oluşan karma modellerde (mesela, Gamma, Logistik ve Poisson gibi) umut vadedebilir.

### Sonuç

COVID-19'la mücadele nasıl dinamikse, COVID-19 veri analizleri ve pandeminin bitiş tarihinin tahminini hedefleyen modeller de bu dinamikliği yakalayabilen modeller olmalıdır. Hareketli bir hedefi tahmin etmenin zorluğu aşikâr olmakla birlikte, günümüz biyoistatistik ve hesaplama imkânları bu zorluğu aşacak güce ve uzmanlık birikimine sahiptir. Bu hedefe katkı olarak sunduğumuz Karma-lojistik modeli bunun bir örneğidir. Sunulan modele ve 28 Haziran 2020 tarihinde elde olan verilere göre, Türkiye'de COVID-19 pandemisinin Ekim 2020 başlarına kadar 1 ve altına düşeceği tahmin edilmektedir. Yazımızda değindiğimiz üzere, pandemi profilinin dinamik yapısı, pandemiyle mücadelede ortak bir anlayış, itina ve gayretle, daha statik ve tahmin edilebilir hale getirilebilir. Aksi takdirde, bugün yapılan tahminlerin bir hafta sonrasında bile aydınlatacak gücü ve geçerliliği kalmayacaktır.



Şekil 11: İkincil ve artçıl dalga vaka profil örnekleri (Sağda).

### Kaynaklar

- 1) Wang C, Pan R, Wan X, Tan Y, Xu L, Ho CS, Ho RC. Immediate Psychological Responses and Associated Factors During the Initial Stage of the 2019 Coronavirus Disease (COVID-19) Epidemic Among the General Population in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(5):1729.
- 2) Wang G, Zhang Y, Zhao J, Zhang J, Jiang F. Mitigate the Effects of Home Confinement on Children During the COVID-19 Outbreak. *The Lancet*. 2020;395(10228):945-7.
- 3) Armitage R, Nellums LB. COVID-19 and the Consequences of Isolating the Elderly. *The Lancet Public Health*. 2020;5(5):e256.
- 4) Van Bavel JJ, Baicker K, Boggio PS, Capraro V, Cichocka A, Cikara M, Crockett MJ, Crum AJ, Douglas KM, Druckman JN, Drury J. Using Social and Behavioural Science to Support COVID-19 Pandemic Response. *Nature Human Behaviour*. 2020:1-2.
- 5) Van Lancker W, Parolin Z. COVID-19, School Closures, and Child Poverty: A Social Crisis in the Making. *The Lancet Public Health*. 2020;5(5): e243-4.
- 6) Atkeson A. What Will Be the Economic Impact of COVID-19 in the US? Rough Estimates of Disease Scenarios. *National Bureau of Economic Research*; 2020.
- 7) Fernandes N. Economic Effects of Coronavirus Outbreak (COVID-19) on the World Economy. Available at SSRN 3557504. 2020.
- 8) Simha A, Prasad RV, Narayana S. A Simple Stochastic SIR Model for COVID-19 Infection Dynamics for Karnataka: Learning from Europe. *arXiv preprint arXiv:2003.11920*. 2020.
- 9) Calafiore GC, Novara C, Possieri C. A Modified SIR Model for the COVID-19 Contagion in Italy. *arXiv preprint arXiv:2003.14391*. 2020.
- 10) Yang Z, Zeng Z, Wang K, Wong SS, Liang W, Zanin M, Liu P, Cao X, Gao Z, Mai Z, Liang J. Modified SEIR and AI Prediction of the Epidemics Trend of COVID-19 in China Under Public Health Interventions. *Journal of Thoracic Disease*. 2020;12(3):165.
- 11) Luo J. When Will COVID-19 End? Data-Driven Prediction. *Singapore University of Technology and Design* <https://www.sutd.edu.sg/> (Erişim Tarihi: 01.04.2020)
- 12) KOÇAK M. A Comparison of Time-Series Models in Predicting COVID-19 Cases. *Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics*. 2020;12(1).
- 13) KOÇAK M. Modelling the End Date of COVID-19 Pandemic. *Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics* 10.5336/biostatic.2020-77234.