



Prof. Dr. Türkmen Göksel¹

Doç. Dr. Yetkin Çınar²

DEĞERLENDİRME NOTU

COVID-19 Salgınında Türkiye’de Zirve Noktası ve Normalleşme Dönemine Kademeli Geçiş Zamanı Tahminleri

İlk olarak Çin’in Wuhan şehrinde 8 Aralık 2019’da görülen ve tüm dünyaya hızla yayılan koronavirüs (Covid-19) hastalığı, bulaşıcı ve ölümcül olması nedeniyle Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization) tarafından 11 Mart 2020 tarihinde “pandemi (yaygın salgın hastalık)” olarak ilan edilmiştir. Şu an hastalığın hangi hızda yayılmaya devam edeceği ve olası etkileri, Türkiye dâhil tüm dünya ülkelerinde en çok tartışılan ve üzerinde çalışılan konulardır. Hastalığın bulaşıcılık katsayısının yüksek olması, bilinen bir aşı ya da tedavisinin henüz bulunmaması ve insandan insana geçtiğinin bilinmesi; yayılımını azaltmak için, sosyal izolasyon (örneğin evde kalma), mecburi şartlarda dışarı çıkıldığında ise sosyal mesafe kurallarına uyulması vb. şeklinde önlemler alınmasını gerekli kılmaktadır. Halk sağlığı için alınan bu karar ve önlemlerin ise diğer taraftan çok ciddi sosyal ve ekonomik maliyetleri bulunmaktadır. Bu nedenle hastalığın hangi şekilde bir yayılım izleyeceğinin ve ne kadar süreceğinin tahmini hem sağlık hem de ekonomi alanındaki tüm kararları etkileyecek derecede önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu değerlendirme notunda, Covid-19 salgınının Türkiye’deki yayılımını analiz etmek için Markov Zincir modelleri temelinde geliştirdiğimiz bir model kullanılarak projeksiyonlar yapılmıştır.³ Bu öngörüler kamuoyunda merakla cevabı beklenen “zirve / pik noktası” tahmini, “tedbirlerin kademeli olarak kaldırılma” ve

¹ Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Politika ve Ekonomi Bölümü, e-mail: tgoksel@ankara.edu.tr

² Ankara Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, İşletme Bölümü / Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, e-mail: ycinar@ankara.edu.tr

³ Bu analizde kullanılan matematiksel model hakkındaki temel bilgileri “EK” kısmında bulabilirsiniz. Bu notta sunulan temel ve özet sonuçlar uluslararası endeksli bir dergide değerlendirme aşamasında bulunan “The Projection of The Covid-19 Pandemic by a Markov Chain Modeling: The Case of Turkey, 2020, T. Goksel, Y. Cinar (under review)” çalışmasından alınmıştır.

“normalleşme” süreçlerine ne zaman geçilebileceği konularını kapsamaktadır. Bu not ile bahsi geçen konular hakkında elde ettiğimiz öncül sonuçların zaman kaybetmeden paylaşılması amaçlanmıştır.⁴ Analizler Türkiye’de toplam (birikimli) vaka sayısının 98 toplam vaka ile 100’e en çok yaklaştığı tarih olan 17.03.2020 ile 18.04.2020 tarihleri arasında T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından açıklanan veriler kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada öncelikli olarak “mevcut tedbirlerin varlığı” altında elde edilen sonuçları sunulacaktır. Daha sonrasında ise, varsayımsal olarak “eğer alınan tedbirler başlangıçtan itibaren daha katı ya da gevşek olsa idi sonuçlar nasıl değişirdi?” sorusuna cevap aranmaktadır. Yani bir başka ifadeyle, izolasyon politikalarının ve bu politikalara uyum derecesinin ne gibi sonuçlara yol açacağı da bu değerlendirme notunda analiz edilecektir.

İlk olarak, analiz metodolojisini ve sonuçlarını daha doğru okuyabilmek için “toplam”, “günlük” ve “aktif” vaka sayısına ilişkin tanımlamalar yapılarak, bu kavramlarla ilgili bir iki önemli konuya açıklık getirmek gerekiyor.

T.C. Sağlık Bakanlığı’nın <https://covid19.saglik.gov.tr/> sayfasında günlük ve düzenli olarak açıkladığı ve aşağıda Şekil 1.’de 18 Nisan 2020 için sonuçları sunulan Koronavirüs verileri tablosundaki kırmızı çerçeve içinde vurgulanan “**Toplam Vaka Sayısı (TVS)**”; hasta sayısının her gün için açıklanan “birikimli” değerini yansıtmaktadır. Dolayısıyla, tanım gereği TVS değişkeni, değeri sürekli artan ve belirli bir zaman sonra sabit seyir izleyecek olan (bir düzlüğe / platoya dönüşecek), ancak hiçbir zaman azalmayan bir değişkendir.

Şekil 1. 18 Nisan 2020 tarihli Türkiye Günlük Koronavirüs Verileri Tablosu



Diğer taraftan, kamuoyu tarafından çok yakından takip edilen bir diğer değişken ise **Şekil 1.’de** mavi çerçeve ile gösterilen “**Günlük (Bugünkü) Vaka Sayısı (GVS)**”dır. Günlük vaka sayısı, tanım gereği her gün itibarıyla test sonucu pozitif olarak tespit edilen yeni hasta sayısını gösterir. Bu değer azalması toplam vaka sayısındaki artış hızını yavaşlatacaktır. Dolayısıyla günlük vaka sayısı sıfır olana kadar toplam vaka sayısı azalarak da olsa artmaya devam eder. Başka bir anlatımla toplam vaka sayısı, sadece salgın tümüyle bittiği yani günlük yeni vaka sayısının “sıfır” olduğu günden sonra sabit kalabilir.

⁴ Bu not, yeni verilerin gelmesi, politika ve insan davranışlarındaki olası değişikliklerin modele dâhil edilmesi nedenleriyle belirli aralıklarla güncellenecektir. Bu açıdan bu not COVID 19’un sağlık ve ekonomi üzerindeki diğer etkilerini kapsayacak Değerlendirme Notları serimizin ilki olarak planlanmıştır.

Aslında, toplam ve günlük vaka sayılarına nazaran daha çok bilgi içeren değişken, belirli bir tarihteki “**Aktif (mevcut) Vaka Sayısı (AVS)**”dır. AVS’nin hesaplanması için toplam vaka sayısından o güne kadar toplam iyileşen ve toplam vefat eden hasta sayılarını çıkarmamız gerekir. Dolayısıyla herhangi bir gündeki “Aktif Vaka (Hasta) Sayısı (AVS)” aşağıdaki eşitlik ile ifade edilebilir:

$$\text{Aktif Vaka Sayısı (AVS)} = \text{Toplam Vaka Sayısı} - (\text{Toplam İyileşen Sayısı} + \text{Toplam Vefat Sayısı})$$

Buna göre örneğin 18 Nisan 2020 için AVS = 82.329 – 10.453 – 1.890 = 69.986’dır. (Değerler için Bkz. **Şekil 1.**)

Bu notta asıl vurgu da bu değişkenin, yani herhangi bir günde hastalığı aktif olarak yaşayan kişi sayısının analiz edilmesi üzerinedir.⁵ Dolayısıyla ilk olarak, Türkiye’de AVS’nin önce ne kadar süre artacağı, hangi tarihte pik yani zirve noktasına ulaşacağına ve sonrasında da azalış sürecinin gelişimine ilişkin tahminlerimiz sunulacaktır. AVS içerisinde sayılan kişiler sağlık sistemi içerisinde hâlihazırda bulunan hastalar olduğundan, herhangi bir anda sağlık sistemi üzerindeki yükü bu değişkenle analiz etmek de mümkün olacaktır.

Aktif vaka sayısı için pik yani zirve noktası ise; günlük olarak tespit edilen hasta sayımızın, günlük iyileşen ve ölen hasta sayımızın toplamına eşit olduğu noktada gerçekleşecektir. Bu noktada, aktif vaka sayısını artıran günlük vaka sayısına karşılık aktif vaka sayısını azaltan iyileşme ve vefat sayıları eşitlendiğinden, aktif (mevcut) hasta sayısının günlük artışı duracaktır.

Daha açık olarak AVS için zirve koşulu şöyle özetlenebilir:

$$\text{Günlük Vaka Sayısı (GVS)} = \text{Günlük iyileşen hasta sayısı} + \text{Günlük vefat sayısı}$$

Doğal olarak, $GVS > \text{Günlük iyileşen hasta sayısı} + \text{Günlük vefat sayısı}$ olduğunda AVS artmakta; $GVS < \text{Günlük iyileşen hasta sayısı} + \text{Günlük vefat sayısı}$ durumunda ise AVS azalışa geçmektedir. Elbette AVS için zirve koşulunun tek bir gün yerine gelmesi yetmez, o noktanın zirve olabilmesi için sonraki günlerde AVS’nin azalma koşulunun yerine gelmesi de gerekir.

Türkiye’de 18 Nisan 2020 itibarıyla, GVS (3.783); Günlük iyileşen hasta sayısı (1.822) ve Günlük ölüm sayısının (121) toplamı olan 1.943’ten yüksek olduğundan AVS hala artmaktadır (Değerler için Bkz. **Şekil 1.**)

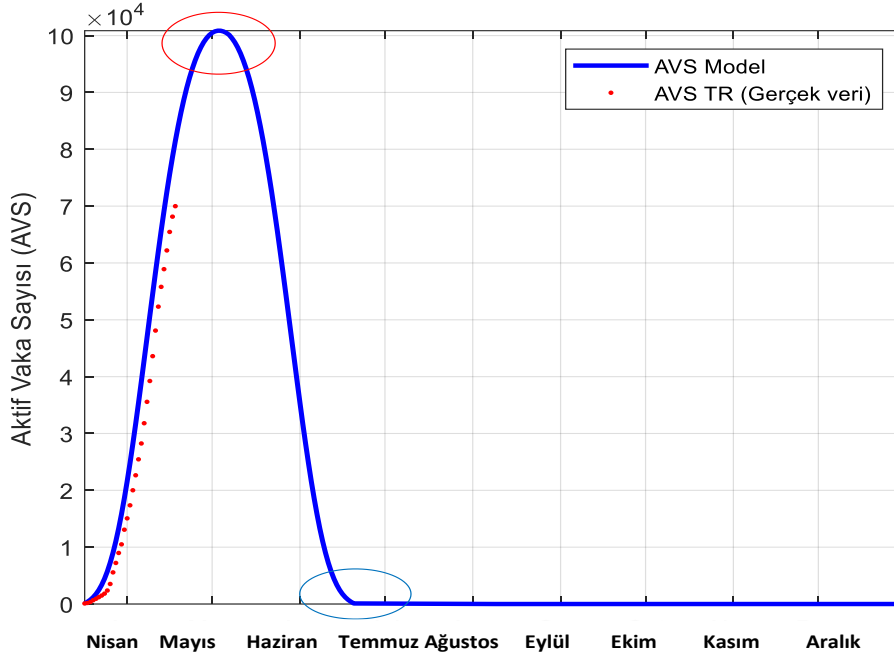
Son günlerde Türkiye’de günlük vaka sayılarında azalma meydana gelmektedir (Bkz. <https://covid19.saglik.gov.tr/>). Elbette ki bu sevindirici bir gelişmedir ve aktif vaka sayısının zirve noktasına daha kısa sürede ulaşmasına (daha sonra düşüşe geçmesine) yardımcı olacaktır. Ancak, diğer önemli kriter de aktif hasta olmaktan çıkan grubun (iyileşenler + vefat edenler) büyüklüğüdür. Dolayısıyla asıl olarak AVS’nin gelişimini izlemek bize daha açık bilgi sunacaktır.

⁵ Bu notun tamamında bahsedilen hasta sayıları (vakalar) T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından açıklanan yani testleri pozitif çıkan vaka sayılarını yansıtmaktadır. Toplumda hasta ya da enfekte olduğu halde sağlık sistemi tarafından tespit edilememiş olanlar bu değerlere dâhil değildir.

AKTİF VAKA SAYISI PROJEKSİYONU

Türkiye için 17 Mart 2020 (Türkiye’nin 98 hasta ile toplamda yaklaşık 100 hastayı bulduğu tarih) ile 18 Nisan 2020 tarihleri arasındaki veriler kullanılarak (mevcut durumda) elde edilen Aktif Vaka Sayısı projeksiyonu aşağıdaki Şekil 2.’de sunulmuştur:

Şekil 2. Aktif Vaka Sayısı Projeksiyonu



Şekilde, AVS için gerçekleşen veriler ile modelin tahmin sonuçları beraber gösterilmektedir. Mavi ile gösterilen tahmin eğrisinin kırmızı noktalar ile gösterilen gerçek değerlere oldukça yakınsadığı, dolayısıyla tahmin modelinin teknik anlamda “örneklem-içi (in-sample)” performansının iyi bir düzeyde (güvenilir) olduğu görülmektedir.

Sonuçlara göre, aktif hasta sayısının, **zirve öngörüsü** olarak görünen **3 Mayıs 2020 (tahmin aralığı olarak 28 Nisan - 8 Mayıs; Şekil 2’de kırmızı çerçeve)** tarihine kadar artacağı ve bu tarihten sonra artık aktif vaka sayısının azalışa geçeceği öngörülmektedir.

Bu noktada zirve (pik) noktası ile ilgili olası bir yanlış anlaşılmayı engellemek adına şu açıklama yapmayı gerekli görüyoruz:

Burada izlediğimiz ve tahminlerine yer verdiğimiz Aktif Vaka Sayısının zirve noktasına ulaşması; ilgili tarihte hastalığı aktif halde yaşayan “mevcut” hasta sayısının “en yüksek” olması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla bazen toplumda anlaşıldığının tersine, bu zirve noktasının akabinde tedbirlerin azaltılması değil; tersine zirvenin hemen öncesi ve sonrası dönemde de belki tedbirlerin artırılması, ama her durumda açıklanan tedbirlere en sıkı şekilde uyulması gerekir. Zira aktif hasta sayısının en yüksek olduğu bu tarihlerde (diğer faktörler sabitken) enfekte olmayan bir kişinin enfekte olma olasılığı artacaktır. Ayrıca, aktif hasta sayısının en yüksek olduğu bu dönemde sağlık sisteminin sunduğu imkânlarla (yatak sayısı, yoğun bakım ünitesi, solunum cihazı vb.) duyulan ihtiyaç ve sağlık personeli üzerindeki yük de en fazla

olacaktır. Sağlık sistemi üzerindeki yükün bu hastalıkla mücadelede en kritik unsurlardan biri olduğu herkes tarafından bilinmektedir.

Hayatın normalleşmesi ve tedbirlerin kaldırılması ise ancak aktif vaka sayısının ihmal edilebilecek düzeye indiği tarihlerde gerçekleştirilebilir. Zira bu tarihlerde toplumdaki aktif (mevcut) vaka sayısı az olacak; bu da o ana kadar hasta olmayanların enfekte olma olasılığını en düşük düzeye indirecektir. Bu dönem, aynı zamanda sağlık sisteminin en fazla rahatladığı dönem olacaktır.

Diğer taraftan salgınla mücadele öncelikli olmakla birlikte her tedbirin ekonomik ve diğer (başka sağlık hizmetlerinin ertelenmesi, yılgınlık vb. psikolojik) maliyetleri de olacağından **tedbirlerin zaman içinde “kademeli” azaltılması** yoluna gidilebilir.

Şekil 2’de gösterilen aktif vaka sayılarına ilişkin yapılan tahminlere göre tedbirlerin kademeli olarak kaldırılması ve normalleşme için **uygun tarihler** açısından şu çıkarımlar yapılabilir:

Aktif vaka sayısının görece görece düşük seviyelere indiği **Haziran başı - ortası** kademeli olarak tedbirlerin gevşetilebileceği tarih aralığı ve Haziran ortası normalleşme süresine başladığımız dönem olarak gösterilebilir (**Şekil 2 mavi çerçeve**).⁶ Tabii bu dönemlerde dahi artık günlük yaşamımızın bir parçası olan ve alıştığımız tedbirlerin (daha sık el yıkama, tokalaşmama vb.) devam etmesinde fayda olacaktır. Çünkü bahsi geçen bu dönemlerde önemli derecede iyileşme beklenmesine rağmen aktif vaka sayısının sıfırlanmadığı, toplumda tespit edilmemiş taşıyıcıların bir süre daha mevcut olabileceği ve dolayısıyla hala enfekte olma olasılığının bulunacağı gözden kaçırılmamalıdır.

KATI VE GEVŞEK İZOLASYON TEDBİR SENARYOLARI İÇİN PROJEKSİYONLAR

Bu noktaya kadar sunulan analizlerde Türkiye’de ilk vakanın ortaya çıktığı 10 Mart’tan bu yana alınan tedbirler ışığında (analizlerde bu durum, modele analiz başlangıcı olan 17 Mart’tan itibaren yansıtılmıştır) alınan sonuçlar (gerçek / mevcut durum) ortaya konulmuştur.⁷

Bu kısımda ise, “eğer baştan beri daha katı izolasyon tedbirleri alınsaydı” veya tersine; “eğer baştan beri alınan izolasyon tedbirlerine ilişkin politikalar daha gevşek tutulsaydı” senaryolarına göre projeksiyonlar gerçekleştirilmiştir.

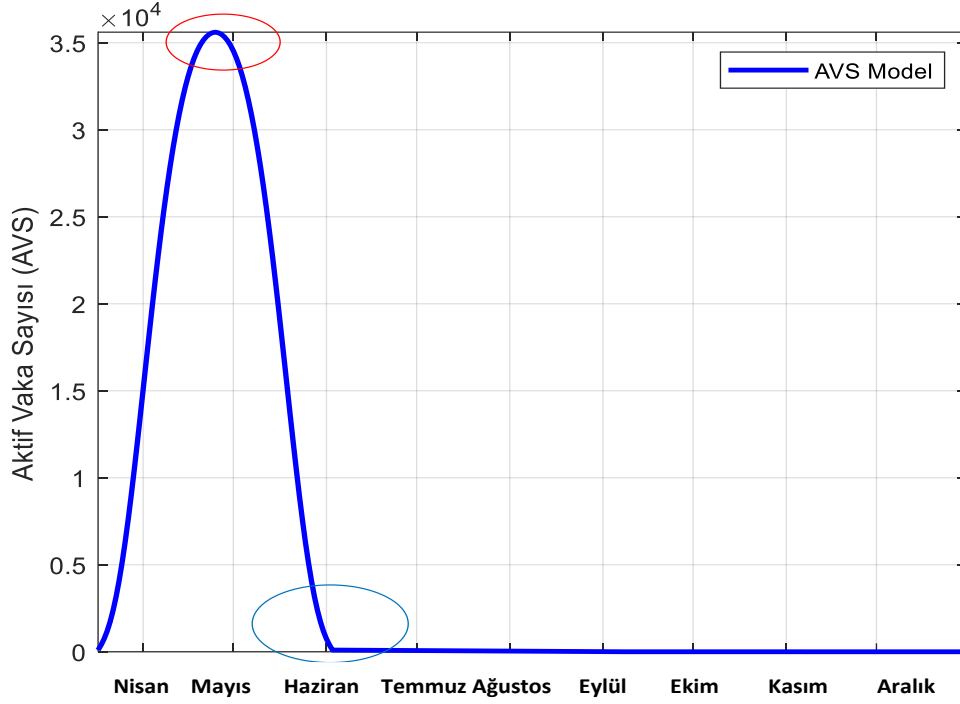
Daha Katı İzolasyon Senaryosu

Bu senaryoya göre değiştirilen parametre değeri, mevcut duruma göre 17 Mart’ta (alınan daha katı tedbirler nedeniyle) modelde 5 milyon **daha fazla insanın toplumsal yaşamdan izole edildiği** (korunduğu) durum anlamına gelmektedir. Senaryoya göre analiz sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

⁶ Normalleşme sürecini aktif vaka sayısının 3000’e gerilediği zaman olarak kullanıyoruz.

⁷ Türkiye’de de ilk vakanın ortaya çıktığı 10 Mart 2020 tarihinden itibaren okulların tatil edilmesi (uzaktan eğitime geçilmesi), uluslararası uçak seferlerinin iptali, 20 yaş altı ve 65 yaş üstü sokağa çıkma yasağı, şehirler arası seyahat kısıtlamaları, karantina tedbirleri, belirli iş yerlerinin (restoran vb.) faaliyetlerinin durdurulması, hafta sonu sokağa çıkma yasakları vb. önlemler uygulanmıştır.

Şekil 3. Katı Tedbir Senaryosu - Aktif Vaka Sayısı

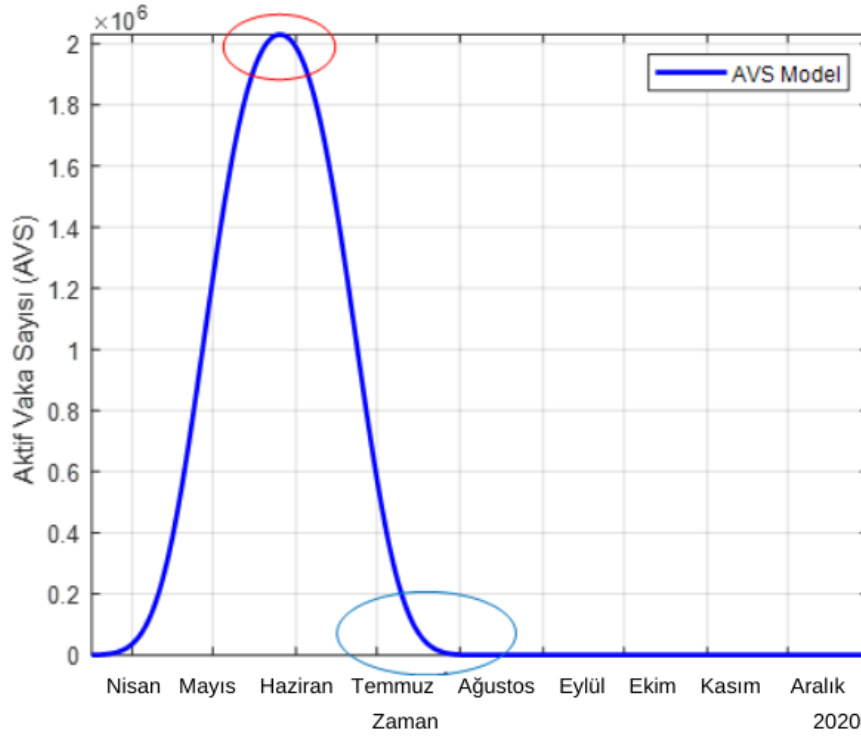


Katı tedbir senaryosunda aktif vaka sayısı **zirve değeri**, nokta tahmini olarak mevcut durum analizine göre **3 Mayıs olarak belirlenen tarihten 25 Nisan’a gerilemektedir** (20-30 Nisan tahmin aralığı). Aktif vaka sayısının görece düşük seviyelere indiği Mayıs ayı ikinci haftası – Mayıs sonu kademeli olarak tedbirlerin gevşetilebileceği tarih aralığı ve **Mayıs sonu normalleşme** süresine başladığımız dönem olarak gösterilebilir (**Şekil 3 mavi çerçeve**).

Daha Gevşek İzolasyon Senaryosu

Bu senaryoya göre değiştirilen parametre değeri, mevcut duruma göre 17 Mart’ta (uygulanan daha gevşek tedbirler nedeniyle) modelde 5 milyon **daha az insanın toplumsal yaşamdan izole edildiği** (korunduğu) durum anlamına gelmektedir. Senaryoya göre analiz sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

Şekil 4. Gevşek Tedbir Senaryosu - Aktif Vaka Sayısı



Gevşek tedbir senaryosunda aktif vaka sayısı **zirve değeri**, nokta tahmini olarak, mevcut durum analizine göre **3 Mayıs olarak belirlenen tarihten 26 Mayıs’a kaymaktadır** (21-31 Mayıs tahmin aralığı). Aktif vaka sayısının görece düşük seviyelere indiği **Temmuz ayı ortası** kademeli olarak tedbirlerin gevşetilebileceği tarih aralığı ve **Ağustos başı** normalleşme süresine başladığımız dönem olarak gösterilebilir (**Şekil 4 mavi çerçeve**).

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, eğer tedbirler gerekli zamanlarda alınmasa ve uygulamaları kontrol edilmese idi normalleşmenin bekleneceği tarih olan Ağustos ayı başının, mevcut şartlardaki beklenen normalleşme tarihi olan Haziran ortasından 1,5 ay daha sonra öngörülmesidir. Bu da normalleşmenin 1,5 ay ileriye ötelenmesi anlamına gelmektedir. Bu sonucun sağlık ve ekonomi üzerinde açısından azımsanamayacak ölçüde olumsuz sonuçlar doğuracağı açıktır.

Aktif vaka sayıları dikkate alındığında Türkiye’de sağlık sistemi ve yoğun bakım ünitesi açısından mevcut ve katılaştırılmış tedbir senaryolarında bir sıkıntı yaşanmadığı sonucuna ulaşmıştır. Fakat tedbirlerin gevşek kabul edildiği senaryo hayata geçse idi bu senaryodaki zirve aktif vaka sayısı, mevcut durum zirvesinin yaklaşık 20 katı olabilecek ve bu durum sağlık sektörünün kaldıramayacağı bir yük anlamına gelecekti. Sağlık sisteminin özellikle yoğun bakım ihtiyacını karşılayıp karşılamayacağını anlamak üzere bir ülkede yoğun bakım ihtiyacının en çok olacağı aktif hasta sayısının pik yaptığı döneme bakılabilir. AVS pik sayıları ve bu tarihteki yoğun bakım ihtiyacı sayıları aşağıdaki Tablo 1’de sunulmuştur:

Tablo 1. Pik Döneminde Aktif Vaka ve Yoğun Bakım Hasta Tahmin Sayıları

Aktif Vaka ve Yoğun Bakım Hasta Sayısı Tahmini	Pik (Zirve)	Tedbirlerin Kademeli Gevşetilmesi	Normalleşme
Mevcut Durum Senaryosu	3 Mayıs (28 Nisan-8 Mayıs tahmin aralığı) Pik tarihinde 100.900 hasta sayısı var iken yoğun bakım ihtiyacı 3.632	Haziran Başı	Haziran Ortası
Katılaştırılmış Senaryo	25 Nisan (20-30 Nisan tahmin aralığı) Pik tarihinde 35.570 hasta sayısı var iken yoğun bakım ihtiyacı 925	Mayısın ikinci haftası	Mayıs Sonu
Gevşetilmiş Senaryo	26 Mayıs (21-31 Mayıs tahmin aralığı) Pik tarihinde 2.031.000 hasta var iken yoğun bakım ihtiyacı 117.705	Temmuz Ortası	Ağustos Başı

*Bu analizde alternatif senaryoların 17 Marttan itibaren geçerli olduğu varsayılmıştır.

Bu tablodan öncelikle anlaşılması gereken, “Mevcut durumda” ve “Katılaştırılmış senaryoda” pik zamanında bile sağlık sistemi görece rahattır; çünkü mevcut yoğun bakım kapasitemizin oldukça altında yoğun bakım hasta ihtiyacı vardır. Gevşetilmiş senaryoda ise yoğun bakım ihtiyacı kapasiteyi aşmaktadır. Bu da izolasyon ve tedbirlere uymanın ne kadar kritik olduğunu ifade etmektedir.

Son olarak, buradaki analizler ve tahminler, belirli varsayımlar üzerine kurulan ve teknik açıklaması ile ilgili özet bilgiyi EK kısmında verdiğimiz model aracılığı ile ve ayrıca 18 Nisan koşullarının devam edeceği kabulü ile gerçekleştirildiğinden, kesin tarihler yerine ilgili tarih aralıklarını dikkate alarak yorumlamanın daha sağlıklı olabileceğini vurgulamak isteriz. Örneğin bu dönemde alınacak tedbirlerin ve uygulamaların, buradaki senaryolardaki varsayımlardan daha farklı olarak katılaştırılması / gevşetilmesi ile koşullarda meydana gelebilecek her türlü değişiklik sonuçları etkileyebilecektir. Modelin sonuçları belirli aralıklarla; ilave edilen veriler, tedbirlerle ilgili olası politika değişiklikleri ve insan davranışlarında yaşanacak olası değişiklikler dikkate alınarak güncellenecektir.

KAYNAKÇA

1. Goksel, T., Cinar, Y., (2020), The Projection of The Covid-19 Pandemic by a Markov Chain Modeling: The Case of Turkey (under review).
2. Peng, L., Yang, W., Zhang, D., Zhang C., Zhuge C., L. Hong, (2020), Epidemic Analysis of COVID-19 in China by Dynamical Modeling (unpublished mimeo).
3. T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye’de Güncel Durum, <https://covid19.saglik.gov.tr/> ; Son Erişim 19 Nisan 2020.

EK. MATEMATİKSEL MODEL HAKKINDAKİ TEMEL AÇIKLAMALAR

Salgınların nasıl bir seyir izleyeceğini öngörmek için sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri Markov Zincir yöntemidir. Markov Zincir yönteminin bir uygulaması olarak salgın literatüründe ilk olarak 3 durum içeren 'SIR' (Susceptibility-Infective-Removed) modeli kullanılmıştır. Daha sonra bu model türüne bir durum daha eklenerek (Exposed) 'SEIR' modelleri kullanılmıştır. Bu kısaltmalarda "S", hastalığa açık olan insan sayısını (henüz hasta olmayanlar), "E" enfekte olan ama henüz bulaştırıcı durumda olmayan insan sayısını ve "I" enfekte olan ve bulaştırıcılık döneminde olan insan sayısını ve "R" iyileşen ve ölen insanların toplam sayısını ifade eder. Yani "R" sınıfındaki insanlar hastalığı bulaştırmazlar. SIR modeli özelinde modelin basit çalışma şekli şudur: Her dönemde sabit bir popülasyonda nüfusun bir kısmı S durumunda, diğer bir kısmı, I ve geri kalan kısmı da R sınıfındadır. Modelin ana unsurları S'den I'ya geçiş ve I'dan R'ye geçiş parametre değerleri ile modeli tanımlayan S, I, ve R değişkenlerinin zaman içerisindeki değişimini ifade eden 3 diferansiyel denklemden oluşur. Ayrıca başlangıç anı için S, I, R değerlerine ve her dönem sağlanması gereken $S + I + R = N$ denklemine ihtiyaç vardır. Bu diferansiyel denklemi çözüldüğünde artık her t anı için S, I ve R değerlerine sahip olmuş oluruz.

Her salgın veya bulaşıcı hastalığın tipi (örneğin yayılma hızı ve biçimi) farklı olduğundan ve ayrıca her ülkenin sağlık sistemi ve koşullarının farklılıkları göz önüne alındığında, özgün bir model kurulması / ülkeye özgü parametrelerle çalıştırılması önemli olmaktadır. Bu nedenle COVID-19 virüsüne (ve bu virüs ailesine benzer virüsler için) belirli salgınları modelleyebilmek için son dönemde literatürde ortaya çıkan ve genelleştirilmiş SEIR olarak anılan modeller geliştirilmiştir (Diğerleri arasından bkz. Peng, et.al., 2020). Genelleştirilmiş SEIR modeli olarak da anılan bu modeller (SEIR modelleri ile kıyaslandığında) salgının seyri açısından önemli üç ilave durum içermektedir. "P", "Q" ve "D". Bu salgında izolasyonun yani örneğin evde kalmanın kritik önemini modele taşımak için P (izole edildikleri için hastalığa yakalanmayacak insan sayısı) durumu eklenmiştir. Q ise test sonucu pozitif çıkıp karantinaya alınan insan sayısını göstermektedir. Bulaşıcılığın çok hızlı yayıldığı bir salgın türünde karantina durumu da modelin sağlıklı projeksiyonlar yapması için ilave edilmiştir. Son olarak, iyileşenler ve ölenler tek bir kategori olmaktan çıkarılmış ve sırasıyla "R" (İyileşmiş), "D" (Vefat) -durumlarını yansıtmıştır.

Modelimiz Peng et. al. (2020) üzerine inşa edildiğinden modelin arka planını daha iyi anlamak için bu çalışmanın okunması önerilir. Bizim analizlerimiz ise Peng et. al. (2020) çalışması üzerine ayrıca yoğun bakım ve yoğun bakımdan iyileşen insan sayılarını gösteren ilave 2 durum eklemiştir. Keza bu salgında yoğun bakıma girecek hasta sayısının büyüklüğü sağlık sisteminin sürdürülebilir olup olmaması açısından önemlidir. Ayrıca, koruma (izole oranı da) daha gerçekçi bir durum yansıtabilmesi adına zamana bağlı olarak varsayılmıştır. Dolayısıyla model 9 diferansiyel denklemden oluşan bir sistemdir. Başlangıç verileri ve parametre / fonksiyon değerleri tespit edildikten sonra nümerik çözümlenme, yazarlar tarafından yazılan kod ile bilgisayar yardımı ile yapılmıştır.