

**BÜYÜME MODELLERİ
VE TÜRKİYE'DEKİ COVID-19 VERİSİ
ÜZERİNE UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Simge Ilgım HORAT

İstatistik Anabilim Dalı

İstatistik Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Eylem DENİZ
Eş Danışman: Prof. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY**

EYLÜL 2021

**BÜYÜME MODELLERİ
VE TÜRKİYE'DEKİ COVID-19 VERİSİ
ÜZERİNE UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Simge Ilgım HORAT
(20192107003)**

İstatistik Anabilim Dalı

İstatistik Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Eylem DENİZ
Eş Danışman: Prof. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY**

EYLÜL 2021

Simge Ilgım HORAT tarafından hazırlanan “BÜYÜME MODELLERİ VE TÜRKİYE’DEKİ COVID-19 VERİSİ ÜZERİNDE UYGULAMA” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Eylem DENİZ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İSTATİSTİK Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Eylem DENİZ (Danışman)

Eş Danışman : Prof. Dr. Serpil AKTAŞ ALTUNAY

Üye : Doç. Dr. Ayça ÇAKMAK PEHLİVANLI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ceren Eda CAN

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

....



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleşmesi esnasında yol gösteren, değerli fikirleriyle katkıda bulunan, her daim yardımcı ve destekçi olan değerli hocalarım tez danışmanlarım Prof. Dr. Serpil Aktaş Altunay ve Prof. Dr. Eylem Deniz'e,

Değerli fikirleri ve yorumları için jüri üyeleri Doç. Dr. Ayça Çakmak Pehlivanlı'ya, Dr. Öğr. Üyesi Ceren Eda Can'a,

Her koşulda yanımda olan ve manevi destek gösteren sevgili ailem ve dostlarıma
Sonsuz teşekkürler...

Eylül, 2021

Simge Ilgım Horat



BÜYÜME MODELLERİ VE TÜRKİYE’DEKİ COVID-19 VERİSİ ÜZERİNE UYGULAMA

ÖZET

Aralık 2019’ da Çin’in Wuhan kentinde ortaya çıkan ve hızla dünyayı etkisi altına alan COVID-19, halk sağlığı için küresel bir tehdit olmaya devam etmektedir. COVID-19 gibi ortaya çıkan bulaşıcı hastalıkların neden olduğu vaka sayısını önceden tahmin etmek zordur. Hastalık dinamikleri ile ilgili epidemiyolojik bilgiler kullanılarak, salgın hastalıklarla ilgili halk sağlığını korumaya yönelik politikalar geliştirebilecek modeller ortaya çıkar. Örneğin, enfeksiyonun çoğalma sayısı ve kuluçka süresi gibi COVID-19 hakkında daha fazla bilgi edildiğinde sağlık politikalarına yardımcı olmak için daha güçlü modeller geliştirilecektir. Geleneksel model çalışmalarının sonuçlarının “halk sağlığı uygulamaları” açısından nasıl ifade edilebileceği her zaman net değildir.

COVID-19 küresel salgını süresince, salgının seyri ile ilgili istatistiklerin verilmesi ve tutulan veriler üzerinden elde edilen bilgilerle, oluşturulan modellerle en büyük vaka sayısının tahmin edilmesi uzmanlara yol gösterici olmaktadır. Araştırmacılar özellikle salgın verileri ile farklı istatistiksel modeller kullanarak yaptıkları analiz sonucunda salgının gidişatı hakkında bilgi veren sonuçlara ulaşmışlardır.

Bu çalışmada, büyüme modelleri kullanılarak COVID-19 salgınının 7 Haziran - 6 Temmuz 2021 tarihleri arasındaki en yüksek noktaya çıkacağı tarihler tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda üstel büyüme modelleri ve lojistik büyüme modelleri denenmiştir. Bilindiği gibi, üstel büyüme modelleri enfeksiyonun ilerlemesini gösteren, salgının erken aşamalarında bu büyümeye uygun bir modeldir. Lojistik büyüme modelleri ise büyümeyi başlangıçta artan bir süreye göre modellemek için kullanılan bir yöntemdir; en yüksek değere ulaştığında tekrar azalmaya başlar.

Bulaşıcı hastalıkların başlangıç aşamasında, herkes hastalandıkça büyüme hızı kaçınılmaz olarak azaldığından, büyüme hızına ait üst sınır dünyanın toplam nüfusuna denk gelir. Bu çalışmada, sıklıkla kullanılan lojistik ve üstel büyüme modellerinin yanı sıra, 11 Mart– 18 Haziran 2020 tarihleri arasındaki Türkiye’deki COVID-19 verileri üzerinden sekiz model denenmiştir. Bu sekiz model Gompertz Büyüme Modeli, Lojistik Büyüme Modeli, Weibull Büyüme Modeli, Janoschel Büyüme Modeli, Üstel Büyüme Modeli, Von Bertalanffy Büyüme Modeli, Mevsimsel Düzeltmeli Büyüme Modeli’dir. Bu sekiz modellere ait hata kareler ortalamaları (HKO) hesaplanmıştır. HKO değerlerini incelendiğinde, en küçük HKO değerinin lojistik büyüme modeline ait olduğu görülmüştür. Bu nedenle lojistik büyüme modeli en iyi model belirlenmiştir. Bu modele göre büyümede meydana gelen durağanlaşma 14 Temmuz 2020 tarihinde gözlemlenmiştir. Bu düşüşün sebebi hükümet tarafından alınan tedbirlere bağlanabilir. Bu çalışma ve yapılan diğer çalışmalar neticesinde enfeksiyonun ne derece ciddi olduğunu ortaya koymakta, COVID-19 küresel salgın potansiyelini ölçmeye ve salgının sonuna kadar enfekte olan vaka sayısını tahmin etmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: COVID-19, lojistik büyüme modeli , büyüme modelleri



GROWTH MODELS AND APPLICATION: COVID-19 DATA IN TURKEY

ABSTRACT

COVID-19, which emerged in Wuhan, China in December 2019 and rapidly affected the world, continues to be a global threat to public health. It is difficult to predict the number of cases caused by infectious diseases such as current COVID-19 epidemic. By using epidemiological information about disease dynamics, models can be created in order to develop policies to protect public health. For example, the emergence of information such as the infection replication rate and incubation period of COVID-19 has allowed for more robust models to be developed to aid health policy. However, it is not always clear how the results of traditional model studies can be evaluated in terms of “public health practices”.

Estimating the largest number of cases with the models created in the light of statistical data obtained during the COVID-19 epidemic helps experts to take the necessary precautions in a timely manner. As a result of analyzing the epidemic data with different statistical models, the researchers reached guiding conclusions about the course of the epidemic.

In this study, in which growth models are used, it is estimated that the COVID-19 epidemic will reach its maximum effect between 7 June and 6 July 2021. In this context, exponential growth models and logistic growth models have been tried.

As is known, exponential growth models are models that show the progression of the infection and can consistently predict the course of the epidemic at the initial stage. Logistic growth models, on the other hand, are a method used to model growth over an initial incremental time; In these models, when the data reaches the highest value, it starts to decrease again. Since the maximum number of people who can get sick in

infectious diseases is equivalent to the world population, this population is the upper limit. As the number of people who get sick increases, the rate of growth of the disease decreases because the number of potential patients decreases.

In this study, besides the popular exponential and logistic growth models, different models were also tested on the data of COVID-19 in Turkey between March 11 and June 18, 2020.

These eight models are Gompertz Growth Model, Logistic Growth Model, Weibull Growth Model, Janoschel Growth Model, Exponential Growth Model, Von Bertalanffy Growth Model, Seasonally Corrected Growth Model. The mean squares of error (MSE) of these eight models were calculated. When these values were examined, it was seen that the smallest MSE value belonged to the logistic growth model and it was determined that the logistic growth model was the most appropriate model. According to this model, a stagnation in growth was observed on 14 July 2020. The reason for this decrease can be attributed to the measures taken by the government.

In this study, it is aimed to measure the global potential of COVID-19 and to estimate the number of infected cases until the end of the epidemic. As a result of this study and other studies, it has been revealed how serious the pandemic is.

Keywords: COVID-19, Logistic growth model , exponential growth model



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xii
İÇİNDEKİLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. BÜYÜME MODELLERİ	7
2.1.1. Gompertz Büyüme Modeli	9
2.1.2. Lojistik Büyüme Modeli	10
2.1.3. Richards Büyüme Modeli	12
2.1.4. Weibull Büyüme Modeli	13
2.1.5. Janoschek Büyüme Modeli	13
2.1.6. Üstel Büyüme Modeli	14
2.1.7. Morgan-Mercer-Floden Büyüme Modeli	14
2.1.8. Von Bertalanffy Büyüme Modeli	15
2.1.9. Mevsimsel Düzeltmeli Büyüme Modeli	16
3. UYGULAMA	17
3.1 Uygulamanın Amacı	17
3.2 Veri Tanıtımı	17
3.3 Türkiye COVID-19 Verilerinin Büyüme Modelleri ile Çözümlemesi	21
4. SONUÇ VE TARTIŞMA	28
KAYNAKLAR	30
EKLER	36
EK A : Türkiye'nin 11 Mart 2020 – 21 Nisan 2021 Tarihleri COVID-19 Verisi. 36	
ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3. 1 Büyüme Modelleri Hata Kareler Ortalamaları.....	22
Çizelge 3. 2 Lojistik Büyüme Modeli Parametrelerin Değerleri.....	23
Çizelge 3. 3 30 Günlük Toplam Vaka Değerleri.....	25
Çizelge 3. 4 7 Haziran – 26 Haziran 2021 Tarihlerindeki Verinin Büyüme Modelleri Hata Kareler Ortalamaları.....	26
Çizelge 3. 5 Türkiye'nin 7 Haziran – 6 Temmuz 2021 Tarihlerindeki Lojistik Büyüme Modeli İle Tahmini.....	26



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3. 1 Türkiye'deki alınan müdahale sıklığı ve ölüm hızının grafiği.....	18
Şekil 3. 2 Türkiye'deki ölüm hızı ve testlerden pozitif hız grafiği.....	19
Şekil 3. 3 Türkiye ve Dünya'daki aşılama grafiği.....	20
Şekil 3. 4 Türkiye ve Dünya'daki ölüm hızı grafiği.....	20
Şekil 3. 5 Türkiye ve Dünya'daki 1 milyon kişi başına düşen COVID-19'dan toplam ölüm sayısı grafiği.....	21
Şekil 3. 6 Türkiye'nin 11 Mart 2020-21 Nisan 2021 Toplam Vaka Sayıları Grafiği...	22
Şekil 3. 7 Türkiye'nin Lojistik Büyüme Modeli Sonuçları ve COVID-19 Gerçek Verileri.....	24
Şekil 3. 8 30 Günlük Toplam Vaka Tahmini.....	24



1. GİRİŞ

Tüm dünyada görülen şiddetli akut solunum sendromu SARS-CoV-2'nin neden olduğu yeni Coronavirus hastalığı, Kasım 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde ilk kez ortaya çıkmıştır ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından COVID-19 olarak adlandırılmıştır. Daha sonraki aylarda, uluslararası bir boyut kazanması ve küresel bir tehdit olması sebebi ile 11 Mart 2020 tarihinde DSÖ, koronavirüs salgınını küresel bir salgın olarak ilan edilmiştir (Wodarz, 2020; Liang, 2020; Sonnino, 2020). Ülkemizde alınan tedbirlerin kademeli olarak kaldırıldığı 31 Mayıs 2021 tarihi itibariyle dünyada 171 449 013 toplam vaka sayısı, 3 714 531 toplam ölüm sayısı kayıtlarda yer alırken, ülkemizde 5 249 404 toplam vaka sayısı, 47 527 toplam ölüm sayısı kayıtlara geçmiştir. 1 Eylül 2021 tarihi itibariyle bu rakamlar dünyada 218 991 208 toplam vaka sayısı, 4 540 758 toplam ölüm sayısı iken ülkemizde ise 6 388 331 toplam vaka sayısı, 56 710 toplam ölüm sayısına ulaşılmıştır.

Giordano (2020) ve Nakamura (2020), yaptıkları çalışmalar ile Çin'deki yavaşlamaya karşı diğer ülkelerdeki hızla artan vaka ve ölüm sayısı ülkelerin farklı tedbir ve kısıtlamalar uygulanmasına neden olduğunu öne sürmüşlerdir. Aşı bulununcaya kadar, salgının hızını yavaşlatmak amacıyla alınan tedbirlerin ekonomiye de etkisi düşünüldüğünde, kısıtların esnetilmesi salgının yavaşladığı ülkelerde tekrar artışa sebebiyet vermiştir.

Li ve Huang (2018), bulaştırıcı bir hastalığın (küresel salgın veya salgın) yayılımını basit bir ifadeyle özetlemiştir. Bu ifadeye göre, başlangıçta, bir veya daha fazla bulaşıcı birey, bir duyarlı popülasyona (enfekte olmayan / sağlıklı bireyler) dahil edilir. Patojen (örneğin virüs) bir kişiden diğerine bulaştıkça, enfekte olan bireylerin sayısı zamanla artar. İlgili patojene / hastalığa bağlı olarak, enfekte kişiler, tıbbi müdahaleler ve / veya bireylerin bağışıklık sistemindeki reaksiyonlar nedeniyle iyileşir ve çoğu durumda patojene karşı kısmi veya tam bağışıklık kazanır. Bağışıklık kazanan kişi virüse karşı antikor geliştirebilmektedir. Bağışıklık kazanamayan enfekte kişiler hastalıktan ölebilir. Yukarıda belirtilen tüm vakalarda ve sabit bir popülasyonun koşuluyla, duyarlıların sayısı azalır ve dolayısıyla yeni enfeksiyonların sayısı da azalır.

Sonuç olarak, salgın yavaşlar ve biter. Hastalığın yayılması aşılama ve / veya diğer kontrol ve önleyici tedbirlerle de kontrol altına alınabilir. Teknik olarak, bir enfeksiyon ile patojenin neden olduğu (veya olabileceği) hastalık arasında ayırım yapılması gerektiğine dikkat edilmelidir: "Hastalık, enfeksiyonla aynı şey değildir. Enfeksiyonun, bir organizmanın doğuştan gelen savunma mekanizmalarından başarıyla kaçınması ve vücuttaki bir sorunun istikrarlı bir şekilde kolonize etmesi durumunda meydana geldiği söylenebilir. Bir enfeksiyon oluşturmak için, istilacı önce konağın derisini ve mukozal yüzeylerini koruyan anatomik ve fizyolojik engelleri aşmalıdır. İkinci olarak, organizma ev sahibi hücresel ortamda üremeye yetecek kadar uzun süre hayatta kalabilmelidir. Bu replikasyon, konak dokularında görünür, klinik hasara, 'hastalık' dediğimiz semptomlara neden olabilir veya olmayabilir "(Mak ve Saunders 2006).

Bulaşıcı hastalıkların bulaşma ve yayılma sürecini analiz etmek için matematiksel modeller kullanılır. Pandemik büyüme, SIR (duyarlı-enfekte-iyileşmiş) modeli ve uzantıları gibi stokastik modellerle ya da üstel veya lojistik büyüme modeli gibi deterministik ve fenomenolojik modellerle açıklanabilir. İlk model türü, hastalık vakalarına ilişkin büyük deneysel verilere bağlı değildir, ancak hastalık ve bulaşma süreci hakkında ek bilgi gerektirir. İkinci model türü, doğrusal veya doğrusal olmayan regresyona dayanır ve model tahmini için yalnızca enfeksiyonların ve / veya doğrulanmış hastalık (veya ölüm) vakalarının ampirik verileri gereklidir (Batista 2020a, 2020b, Chowell ve ark. 2014, 2015, Li ve Huang 2018 , Pell ve ark. 2016). Son zamanlarda, COVID-19 küresel salgını, orijinal veya genişletilmiş SIR modeli (Batista 2020b), lojistik büyüme modeli (Batista 2020a) kullanarak ülke (hatta dünya) düzeyinde modellemek için birkaç girişim olmuştur.

Zamana göre incelenen bu tür modellerin temelinde yatan varsayımlar, bir modelden diğerine farklılık göstererek, birçok farklı alan da kullanılmaktadır (Tappe, 2020).

Küresel salgın olarak adlandırılan COVID-19 ile ilgili yapılan çalışmalarda Şencan, ve ark. (2020) lojistik ve üstel büyüme, Roosa ve ark., (2020) genelleştirilmiş Richards modeli ve Ergül, (2020) genelleştirilmiş zaman serileri büyüme modellerini kullanmışlardır. Bir salgın, erken bir aşamada geleneksel büyüme modelleri temel model alınabilir. Daha sonra, bu modeller temel alınarak veri setinin yapısına uygun olan büyüme modelleri ile devam edilebilir. Bulaş oranı azaldıkça, büyüme oranı bu değişimden etkilenmektedir. Dolayısıyla, lojistik büyüme modeli ile daha iyi tahminler

yapılmaktadır. Yapılan bu tahminlerle COVID-19 ile mücadelede halk sağlığı politikasına daha iyi bir katkı sağlanmaktadır. Elde edilen model, vakalarda maksimum çoğalma yaşamış bđlgelerdeki salgınları geriye dđnük olarak analiz etmede basit bir temel oluşturur.

Virüs, insanlar arasında damlacıklar veya doğrudan temas yoluyla bulaşır (Lai ve ark. 2020). Ferguson ve ark. (2020)'nın yaptığı simülasyon çalışmasında, virüsün bulaşmasını, yayılımını yavaşlatmayı veya durdurmayı amaçlayan bir dizi halk sağlığı önlemi önerilmiştir. Avrupa ülkeleri başta olmak üzere, tüm dünyada sosyal mesafeye, okulların ve üniversitelerin kapatılması, enfekte kişilerin karantinası gibi farmasötik olmayan müdahalelerle¹ nüfustaki temas oranının azaltılması amaçlanmaktadır. Mart 2020'de neredeyse tüm Avrupa ülkeleri, COVID-19'un yayılmasına karşı önlemler almıştır. Virüs yayılımını kontrol altına almaya yönelik yapılan halk sağlığı stratejilerinde, genellikle enfeksiyon sayısının epidemik eğrisini gösteren büyüme modelleri kullanılmaktadır. Wodarz (2020), Liang (2020), Sonnino (2020) yaptığı çalışmalarda büyüme eğrilerinden yararlanarak virüs yayılımını kontrol altına almayı sağlayacak halk sağlığı stratejileri oluşturmuşlar ve vaka sayılarını düşürmeye yönelik önerilerde bulunmuşlardır.

Mevcut COVID-19 salgınıyla ilgili olarak, hükümetler ve halk sağlığı yetkilileri çoğunlukla yoğun bakımda olan ve entübe olan hasta sayısının artması ve farklı komplikasyonlara sebep olmasından endişe duymaktadırlar. Bu nedenle, şu anda salgının en yüksek noktaya çıkacağı zamanın, salgın boyutunun ve süresinin doğru bir şekilde tahmin edilmesine ve virüs yayılımını önleyici müdahaleleri kontrol etme çalışmalarına çok büyük ilgi gösterilmektedir (Cassaro, 2020; Wu, 2020).

Bir salgının büyüme hızının belirleyici özelliklerinin saptanması ve güvenilir büyüme modelleri geliştirilmesi, bulaşıcı bir hastalığın bulaşma dinamiklerinin ayrıntılarının anlaşılması için yararlı olabilir (Chowell ve ark., 2014,2015). Bununla birlikte, açıklanan veriler ile salgının yayılımını ve bulaş hızını analiz etmek genellikle mümkün değildir. Hastanelerdeki, okullardaki, hanelerdeki ve toplu kullanım alanı olan yerlerdeki bulaş oranını analiz etmek için uygun veri kümeleri olmayabilir

¹Farmasötik Olmayan Müdahaleler (NPI), aşılanmanın ve ilaç almanın yanı sıra, insanların ve toplulukların pandemik grip gibi hastalıkların yayılmasını yavaşlatmaya yardımcı olmak için alabilecekleri eylemlerdir.

(Cleaton ve ark., 2015, Faye ve ark., 2015). Matematiksel modellerde enfeksiyonun gücü, salgındaki büyümeyi bir fonksiyon olarak tanımlayan zaman serisi verileri kullanılarak tahmin edilir.

Üstel büyüme modelinin genellikle salgınların erken aşamasını karakterize ettiği varsayılmaktadır. Ancak bu varsayım, epidemik büyüme profilinin uygun şekilde yakalanamamasına yol açarak gerçekçi olmayan epidemik tahminlere neden olabilir. COVID-19 küresel salgınında, salgının yayılımını sınırlayacak kontrol müdahalelerine rehberlik edecek ve salgının yayılım dinamiğini açıklayacak esnek bir büyüme eğrisi yaklaşımına ihtiyaç duyulmuştur. Crokidakis (2020), Nakamura (2020)'nin yapmış olduğu çalışmalarda, pozitif vakaların seyrini modellemek için büyüme modelleri ve iyileşmeleri/ölümleri modellemek için bazı regresyon modellerine başvurulmuştur. Crokidakis (2020), Nakamura (2020)'nin İtalya verisi üzerine yaptıkları çalışmada gözlemlenebilir (bildirilen vakalar, aktif / karantinaya alınmış vakalar), gözlemlenemeyen (yeni enfeksiyonlar, kayıp vakalar) ve bildirilen vakalardaki en yüksek nokta (zaman ve boyut) gibi öngörülen sayılardan aktif vakalar ve yeni enfeksiyonları çıkartılarak, İtalya'dan günlük vaka raporlama verileri ile tahmin edilen verileri karşılaştırma imkanı sağlamışlardır.

Oksendal (2003) ve Perc (2020) yaptıkları çalışmada bir salgın durumunda, hastalığın toplumda yayılma hızını tahmin etmek için salgın büyüme modelleri oluşturmuşlardır. Liong (2020), yeniden örnekleme yöntemleri kullanılarak mevcut verilerin araştırılmasıyla elde edilen parametreler ile büyüme modellerini kullanmıştır.

Teugels ve Sund (2004), Wu (2020), Tappe (2020) ve Chang (2020) yaptıkları çalışmada, bir salgının erken aşamalarında, enfeksiyon yayılmasının büyüme hızının üstel bir yol izlediğini göstermişlerdir. Öngörülen veriler, politika yapıcıların toplumda hastalığın yayılmasını engellemek için doğru yönde önleyici tedbirler almasına yardımcı olmaktadır (Yang, 2020; Choi, 2020; Cassoro, 2020).

Koltsova (2020)'nin çalışmasında, Hindistan'da hastalığın hızlı yayılmasına neden olan önemli faktörler incelenmiştir. Koltsova, küresel salgını kontrol etmek, hastalık tahminini iyileştirmek, yetkililer tarafından alınan önlemleri iyileştirmek ve erken evre epidemik büyüme modelleri oluşturmak amacıyla Hindistan için mevcut verilerin ekstrapolasyonuna odaklanmıştır.

Görüldüğü üzere, COVID-19'un dünya çapındaki sosyal-ekonomik tahribatlarını ve salgının seyrini anlamak, etkili kontrol stratejilerini planlamak için matematiksel modellerin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu modelleme yaklaşımları, risk altındaki nüfusun ve patojenin dinamikleriyle ilgili temel fiziksel yasaları veya mekanizmaları içeren mekanik modeller olarak ifade edilebilir. İkinci bir yaklaşım ise gözlemlenen epidemik verilere neden olan fiziksel yasalar veya mekanizmalar hakkında özel bilgi gerektirmeyen ampirik fenomenolojik² modellerin kullanımınıdır (Simko, 2020; Crokidakis, 2020).

Büyüme modellerinden lojistik büyüme modeli genellikle vaka sayılarındaki artışı/düşüşü, büyümeyi açıklayan modellerdendir (Nguyen ve ark., 2020; Choi ve ark., 2020). Lojistik eğri erken bir aşamada birleşirse, bu küresel salgının kontrol altında olduğu anlamına gelir ve bu da küresel salgını kontrol etmek için atılan adımların işe yaradığını göstermektedir (Chowell ve ark., 2014, 2015; Hsieh ve ark., 2006; Smirnova ve ark., 2016). Lojistik eğri, bükülme noktasının oluşmasından sonra bile bir noktada birleşip üstel bir büyüme gösteriyorsa, küresel salgını yönetmek için alınan önlemlerin işe yaramadığını ve salgının hala erken büyüme aşamasında olduğunu göstermektedir (Chikina, 2020; Yang, 2020).

Lojistik modeller aynı zamanda erken aşamadaki büyüme oranı (r), son salgın boyutu zamanındaki toplam vaka sayısı (K) ve t (C), büyüme yavaşlaması (p), hastalık dönüm noktası (t) gibi önemli özellik parametrelerinin hesaplanmasını içermektedir. Bu parametreler, eğrinin doğru modellenmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, lojistik modelleme yöntemi, geleneksel yöntemlere göre daha etkili sonuçlar vermektedir.

Üstel büyüme modeli ile lojistik büyüme modeli küresel bir salgın olan COVID-19 salgın verilerinin modellenmesinde literatürde ve gerekse uygulamada sıklıkla kullanılan yöntemlerden sadece birkaçıdır. Büyüme modellerinden lojistik büyüme modeli, salgının başlangıç döneminde büyümenin arttığı daha sonra maksimuma yaklaştıkça azalan büyümenin gerçekleştiği bir yöntemdir. Bu model, küresel salgın COVID-19 a ilişkin salgın verilerinin modellenmesinde sıklıkla kullanıldığı yapılan araştırmalardan görülmektedir. Bunun temel nedeni ise, lojistik büyüme modelinin hızlı bir şekilde salgının epidemiyolojik incelenmesine olanak sağlaması ve böylece halk sağlığına etkilerinin belirlenmesidir.

² Ampirik fenomenolojik : tanımlayıcı olgu

Bu çalışmada, ikinci bölümde üstel büyüme modeli, lojistik büyüme modeli ve diğer altı büyüme modelleri anlatılmış, üçüncü bölümde ise Github üzerinden alınan veriler ile 11 Mart 2020 - 18 Haziran 2020 tarihlerinde salgının en yüksek noktaya ulaşacağı gün ve vaka sayıları tahmin edilmiştir. Bu tez çalışmasının yapılan önceki çalışmalardan farkı, daha fazla ve güncel Türkiye COVID-19 verisi üzerinden modelleme yapılmış olması ve daha fazla sayıda farklı büyüme modellerinin (Gompertz Büyüme Modeli, Loistik Büyüme Modeli, Weibull Büyüme Modeli, Janoschel Büyüme Modeli, Üstel Büyüme Modeli, Von Bertalanffy Büyüme Modeli, Mevsimsel Düzeltmeli Büyüme Modeli) veri setine uygulanmış olmasıdır. Sonuçta 21 Nisan 2020 tarihinde salgının en yüksek noktaya ulaşacağı ve daha sonra 14 Temmuz 2020 tarihinde durağanlaşacağı belirlenmiştir. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılarak yorumlanmıştır.

2. BÜYÜME MODELLERİ

Büyüme modelleri, incelenen fenomenin türüne bağlı olarak ağırlık, yükseklik, uzunluk gibi parametrelerdeki zaman içerisinde gerçekleşen artışı açıklamaktadır. Bu modeller eğrinin şekline ve içerdiği parametre sayısına göre değişiklik gösterir. Bunlardan en önemlileri bir, iki, üç ve dört parametrelili Weibull büyüme modelleridir. Eğrinin büyüme yönüne uyan fenomenlerin büyümesini incelerken çoğu araştırmacı tarafından en son model tercih edilir. Kullanılan yöntemler, Bayes, maksimum sonsal ve genelleştirilmiş maksimum entropi olarak sıralanabilir (Yang, 2020; Choi, 2020; Cassoro, 2020).

Büyüme eğrilerinin özellikleri, uygulamaları, avantajları ve dezavantajları birçok araştırmacı tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Shafii ve ark. (1991), Weibull eğrisi dahil bir dizi büyüme modeli önermişlerdir. Örneğin; soğan tohumlarının kümülatif çimlenmesi, bu eğriler kullanılarak açıklanmıştır (Oksendal, 2003; Perc, 2020). Bu çalışmada dört parametrelili Weibull modelini, çeşitli tohum türlerinin çimlenme koşulları için en uygun modeli verdiği gösterilmiştir.

Fekedulegn ve ark. (1999), Weibull modeli dahil bazı doğrusal olmayan büyüme modellerinin kısmi türevlerini tanıtmışlardır. Bu kısmi türevler, Bowmont Norveç ladin inceltme deneyinden Norveç ladinin tepe yüksekliği ile yaşı ilişkilendiren Marquardt yinelemeli doğrusal olmayan regresyon yöntemi kullanılarak farklı modellerin parametreleri tahmin edilmiştir ve parametrelerin en uygun başlangıç değerlerini veren formüller belirtilmiştir. Modellenen sistemde doğrusal olmayan modellerin parametrelerinin açık tanımlarının, parametre tahmini sürecinde kritik öneme sahip olduğu bulunmuştur (Maier, 2020; Barlow, 2020, Lopez, 2020).

Narushin ve Takma (2013), yumurtlayan tavukların ortalama sürü büyümesinin doğru tanımlanması ve üretken dönem boyunca yumurtacıların ürettiği günlük yumurta kütlesinin açıklanmasında en iyi tahmin modelini seçmek için çalışma yapmışlardır. Hesaplamalar, Shaver White yumurtacı tavuk ırkının ticari sürüsü tarafından üretilen ağırlık artışı ve günlük yumurta kütlesi hakkındaki verilerle yapılmıştır. Narushin-Takma modeli (NT), Weibull büyüme modeli de dahil olmak üzere farklı büyüme modelleriyle karşılaştırılmıştır. NT'nin son derece doğru ve yakınsak olduğu görülmüştür. Weibull modeli, aynı zamanda vücut büyüme eğrisi çalışmalarında kullanılmıştır ve diğer modellerde de karşılaştırıldığında en iyi sonucu vermiştir. yumurta kütlesi üretim eğrisini çalışmalarında lojistik büyüme modeli en iyi modeldir.

Tabatabai ve ark. (2005), lojistik model, Gompertz, Richards ve Weibull'un tıbbi ve biyomedikal çalışmalara uygulanmasını incelemişlerdir. Bu matematiksel modeller, tümör hacmi, hastalığın ilerleme hızı ve optimal bir radyasyon ve / veya kemoterapi programının belirlenmesi gibi birçok biyolojik olguyu tahmin etmek için çok önemli olan büyüme hızını tanımlamışlardır. Parametreleri tahmin etmek için Newton-Raphson yöntemi kullanmışlardır. Çok hücreli tümör sferoidlerinin hacimsel büyüme davranışını yüksek bir doğrulukla tahmin eden yeni bir büyüme modelleri ailesi geliştirilmiştir (Wodarz, 2020; Liang, 2020; Sonnino, 2020).

Bir büyüme eğrisi, incelenen olgunun belirli bir zaman içinde nasıl arttığının grafiksel bir temsilidir. Büyüme eğrileri istatistikte, büyümenin doğrusal, üstel veya kübik olup olmadığını gösterir. Büyüme türü belirlendikten sonra, geleceğe dönük tahmin işlemleri gerçekleştirilir. Bir ülkenin zaman içindeki nüfusu da büyüme modelleri ile açıklanabilir. Büyüme modelleri, işletmeler yeni bir ürün piyasaya sürdüğünde veya yeni bir pazara girmeye karar verdiği durumda da kullanılabilir. Yavaş büyüyen pazarların cazip olma olasılığı daha düşüktür çünkü kar imkanları kısıtlıdır, üstel büyüme ise pazarda birçok rakibin pazara girmesini sağlayabileceği anlamına gelebilir (Simko, 2020; Croidakis, 2020).

Biyoloji ve fizik bilimlerinde kullanılmaya başlanan büyüme eğrileri, sosyal bilimlerde de yaygınlıkla kullanılmaya başlanmıştır. Dijital teknolojiler ve iş modellerindeki gelişmeler artık analistlerin modern ekonomiye özgü büyüme modellerini hesaba katmasını gerektirmektedir. Örneğin, “kazanan her şeyi alır” olgusu, Amazon, Google ve Apple gibi büyük şirketlerin getirdiği oldukça yeni bir

gelişmedir. Araştırmacılar, iş modellerine ve platformlarına özgü büyüme eğrilerini anlamaya çalışmakta ve yeni modeller geliştirmektedir. Bu modeller, hem mikro hem de makro düzeylerde ürünlerin, pazarların ve toplumların gelecekteki başarısını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Maier, 2020; Barlow, 2020, Lopez, 2020).

İleri de yapılacak olan çalışmalarda toplam vaka sayısı ve zaman dışında farklı demografik bilgiler ve COVID-19'u tanımlayıcı değişkenler kullanılarak yapay zeka algoritmaları ile analiz edilen büyüme modelleri, geleneksel yollarla yapılan büyüme modellerinden daha üstün olacaktır.

2.1.1 Gompertz Büyüme Modeli

Gompertz eğrisi Benjamin Gompertz (1779-1865) adını taşıyan bir zaman serisi için oluşturulmuş matematiksel bir model türüdür (Wright, 1955). Belirli bir zaman periyodunun başında ve sonunda büyümeyi en yavaş olarak tanımlayan sigmoid bir fonksiyondur. Genelleştirilmiş lojistik fonksiyonun özel bir durumudur.

Gompertz eğrisi ilk olarak Benjamin Gompertz tarafından insan ölüm oranını tahmin etmek için önerilmiştir. İnsan ölümlerini tahminlemek için geliştirilen model, daha sonra popülasyonları detaylandırmak açısından biyoloji alanına uyarlanmıştır (Adomian, 2015, Adomian, 2019, Gardiner, 2004). Örneğin, bir organizmanın büyüme hızının boyutla birlikte azaldığını varsayalım, böylece uzunluktaki (l) değişim oranı, (veya başka herhangi bir ağırlık ölçüsündeki değişim oranı) şu şekilde tanımlanabilir:

$$\frac{d \log l}{dt} = K (\log L_{\infty} - \log l) . \quad (2.1)$$

Burada K , büyüme oranıdır ve 'L sonsuzluk' olarak adlandırılan L_{∞} , büyümenin sınırlı olduğu asimptotik uzunluktur (Andrianov, 2019).

Sigmoid bir model olan Gompertz modeli, modelleme başarısı bakımından lojistik modelden sonra gelmektedir. Araştırmacılar, bitkilerin büyümesi, hayvanların büyümesi, tümör büyümesi ve bakteri büyümesi gibi çoğunlukla biyolojik alanda Gompertz modelini kullanarak çalışmalar yapmışlardır.

Gompertz, dört parametrelili Richards modelinin özel bir durumudur. Negatif üstel, lojistik ve von Bertalanffy gibi bilinen modellerin yanı sıra, üç parametrelili sigmoidal büyüme modellerinin Richards ailesine aittir.

2.1.2 Lojistik Büyüme Modeli

Lojistik büyüme model, ilk olarak nüfus artış modeli tahmininde Pierre François Verhulst tarafından tanımlanan ve en yaygın olarak kullanılan büyüme modellerinden biridir.

Büyümenin ilk aşamasında yaklaşık olarak üstel olduğu varsayılan lojistik eğrisi³, durağanlık noktasına ulaşılmasıyla, doğrusal olarak yavaşlar ve durur. Büyüme düzenli olarak artarsa, bu büyüme oranı aşağıdaki şekilde açıklanır:

$$\frac{dP}{dt} = rP \quad (2.2)$$

burada P, t zamanın bir fonksiyonu olan popülasyondur ve r, oransal sabitidir. Bu doğal büyüme denkleminin tüm çözümlerinin benzer bir yapıya sahip olduğunu bilinmektedir.

$$P(t) = P_0 e^{rt} \quad (2.3)$$

burada P₀, t = 0 anındaki toplam sayıdır.

Lojistik fonksiyon, birkaç şekilde yazılabilir. Bu versiyonda, n; (t) zamanın bir fonksiyonunda olan popülasyondur, t₀; başlangıç zamanıdır ve (t - t₀); lojistik fonksiyonun esnek bir yatay çevirisidir. k; üstel büyüme oranını etkileyen bir parametredir, L; yatay asimptot veya bir popülasyon boyutunun sınırınıdır (Seifedire, 2007).

Lojistik fonksiyon büyümeye sınır koyan bir yapı olup bazı avantajları aşağıda verilmiştir (Nisbet ve ark., 2018):

1. Algoritması çok iyi geliştirilmiştir, model artıkların yorumlanmasına izin vermektedir ve R değeri (belirleme katsayısı) ile de modelleme başarısı değerlendirilebilir. Ancak normal dağılım eğrisi (çan şeklindeki) yerine lojistik eğrinin olasılıklarına göre hesaplanır.
2. Doğrusal regresyonda olduğu gibi, varyans homojenliği varsayımı yoktur.
3. İkili bağımlı değişkenler üzerinde çalışmaya olanak sağlar (0-1, var-yok).

³ Logistic Function, https://en.wikipedia.org/wiki/Logistic_function

4. Bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişki varsayımı yoktur. Fakat bağımsız değişkenlerin logitleri ile bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayılmaktadır.
5. Klasik istatistik ölçümleri (örneğin, tarım) etrafında normalleşen bazı işletmeler ve endüstriler, regresyon mirası konusunda rahattır.

Lojistik büyüme modelinde, $C(t)$ t zamanında enfekte veya hasta kişilerin kümülatif sayısı, zamanın bir fonksiyonudur:

$$C(t) = \frac{C_0 S}{C_0 + (S - C_0) \exp(-rSt)} \quad (2.4)$$

burada C_0 , 0 zamanında C'nin başlangıç değeridir, r içsel büyüme oranıdır ve S doyumluk değeridir.

Enfeksiyon oranı eşitlik 2.4 de verilen ifadenin birinci türevinden oluşur:

$$\frac{dC}{dt} = rC \left(1 - \frac{C}{S}\right). \quad (2.5)$$

Lojistik eğrinin bükülme noktası, büyüme azalmadan önce maksimum enfeksiyon oranını gösterir, bu da kümülatif enfeksiyon eğrisinin düzleşmesi anlamına gelmektedir. Bükülme noktası aşağıda tanımlandığı gibidir:

$$ip = \frac{S}{2} \quad (2.6)$$

$$t_{ip} = \frac{c}{rS}. \quad (2.7)$$

Ampirik veriler mevcut olduğunda, üç model parametresi r, S ve C_0 ampirik olarak tahmin edilebilmektedir.

Modellerin uygulanması, hem En Küçük Kareler (EKK) hem de Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler (DOEKK) tahminini içeren üç aşamalı bir tahmin prosedürüne dayanır. İlki, lojistik fonksiyonun doğrusallaştırması ve aşamalı parametrisasyonundan yararlanırken yinelemeli DOEKK tahmini için başlangıç değerleri oluşturmak için kullanılmaktadır. Engel (2010) 'de açıklanan lojistik büyüme modelinin doğrusallaştırmasının temsillerini takiben, doğrusal olmayan lojistik model, her iki tarafın tersi alınarak doğrusal bir modele (doygunluk değerinin bilinmesi şartıyla) dönüştürülebilir. Doğal logaritmaları alıp işlevi yeniden düzenlediğimizde aşağıdaki eşitliğe ulaşılır (Wieland, 2020).

$$\ln \left(\frac{1}{c(t)} - \frac{1}{s} \right) = \ln \left(\frac{s - c_0}{s c_0} \right) - rSt . \quad (2.8)$$

Üstel büyümenin aksine, lojistik büyüme bir doyunluk etkisi varsayarken iki aşama içerir. İlk aşama, hastalığın düzensiz yayılmasından dolayı üstel enfeksiyon büyümesi ile karakterize edilir. Bununla birlikte, enfeksiyonlar arttıkça, aşılama, ölüm veya davranış değişiklikleri ve ayrıca halk sağlığı müdahaleleri nedeniyle risk altındaki kişilerin sayısı azalmaktadır. Enfeksiyon eğrisinin bükülme noktasından sonra, enfeksiyon oranı maksimumda olduğunda, büyüme azalır ve kümülatif enfeksiyon sayısı, doyunluk değeri olan teorik maksimumuna yaklaşır (Wieland, 2020).

2.1.3 Richards Büyüme Modeli

Genelleştirilmiş lojistik olarak da adlandırılan Richards eğrisi, çok çeşitli S-şekilli büyüme eğrilerine uyan ve yaygın olarak kullanılan bir büyüme modelidir⁴. Bu model hem 4 hem de 5 parametre ile ifade edilir (Higham, 2001). Bilindiği gibi lojistik eğri, eğrinin bükülme noktası etrafında simetriktir. Bu nedenle büyüme eğrisinin asimetrik olduğu durumlar da Richards (1959) denkleme, Eşitlik (2.9)'daki gibi bir parametre eklemiştir. Richards eğrisin de başlangıç parametreleri seçimi özellikle 5 parametrelilikte önemlidir. Bu nedenle Janoschek modeli, Richards modeline göre bir alternatif olarak verilmiştir.

Richards büyüme modelinin 5 parametrelilik denklemini aşağıda verilmiştir

$$l = \beta + \frac{L_{\infty}}{(1 + T e^{-k(t-t_m)})^{1/T}} \quad (2.9)$$

β , düşük asimptot sınırı;

L_{∞} , üst asimptot sınırı;

t_m , maksimum büyüme zamanı;

k , büyüme oranı ve

T , bükülme noktasını sabitleyen bir değişkendir.

⁴ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

2.1.4 Weibull Büyüme Modeli

Büyüme eğrilerinin modelleri, zamanla ilişkili olarak incelenen fenomenin türüne bağlı olarak ağırlık, yükseklik, uzunluk gibi parametrelerdeki artışı tanımlamaktadır⁵. Bu modeller eğrinin şekline ve içerdiği parametre sayısına göre değişiklik gösterir. Bunlardan en önemlileri bir, iki, üç ve dört parametrelili Weibull büyüme modelleridir. Weibull Büyüme Modelleri eğrinin büyüme yönüne uyan fenomenlerin büyümesini incelerken çoğu araştırmacı tarafından en son model olarak tercih edilir. Buna dayanarak, bu çalışmada dört parametrelili Weibull büyüme modeline odaklanılmıştır. Büyüme eğrilerinin özellikleri, uygulamaları, avantajları ve dezavantajları birçok araştırmacı tarafından detaylı olarak incelenen önemli konulardır.

Dört parametrelili Weibull büyüme modeli aşağıdaki denklemlerle açıklanmaktadır:

$$l_t = L_\infty - (L_\infty - \beta)e^{-(kt)^\delta} \quad (2.10)$$

burada l = uzunluk (veya ağırlık, boy, boyut) ve t = zamandır.

β , daha düşük asimptottur;

L_∞ , üst asimptottur;

k , büyüme oranı ve

δ , bükülme noktası için x-koordinatını kontrol eden bir parametredir.

2.1.5 Janoschek Büyüme Modeli

Bu büyüme eğrisi ilk olarak Janoschek, A. (1957) tarafından önerilmiştir⁶. Bu denklemin formu 0'dan büyük başlangıç değerlerine sahip olabilir ve ilk olarak Sager (1978) tarafından aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$l_t = L_\infty - (L_\infty - \beta)e^{-kt^\delta} \quad (2.11)$$

burada l = uzunluk (veya ağırlık, boy, boyut) ve t = zamandır.

Modelde yer alan dört parametre şunlardır:

⁵ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

⁶ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

β , daha düşük asimptottur;

L_∞ , üst asimptottur;

k , büyüme oranı ve

δ , bükülme noktası için x-koordinatını kontrol eden bir parametredir.

Janoschek büyüme modeli, Richards büyüme modeli esnekliğine sahiptir.

2.1.6 Üstel Büyüme Modeli

Üstel Büyüme Modeli, büyüme hızının üstel fonksiyon eğrisine uyması ile oluşan bir büyüme modelidir. Bir salgının ilk zamanlarındaki seyri Üstel Büyüme Modelini takip etmektedir. Üstel büyüme modeli aşağıdaki denklemle açıklanmaktadır⁷:

$$l_t = L_\infty - (L_\infty - \beta)e^{-(kt)} \quad (2.12)$$

burada l ; uzunluk (veya ağırlık, boy, boyut) ve t ; zamandır.

Model de kullanılan üç parametre şunlardır:

β , daha düşük asimptottur;

L_∞ , üst asimptottur;

k , büyüme oranıdır.

2.1.7 Morgan-Mercer-Floden Büyüme Modeli

Morgan-Mercer-Flodin Büyüme Modeli, biyolojik, hayvancılık, finans gibi birçok alanda kullanılan büyüme modelidir. Morgan-Mercer-Flodin (MMF) büyüme modeli aşağıdaki denklemle açıklanmaktadır⁸:

$$l_t = L_\infty - \left(\frac{L_\infty - \beta}{1 + (kt)^\delta} \right) \quad (2.13)$$

burada l ; uzunluk (veya ağırlık, boy, boyut) ve t ; zamandır.

Model de kullanılan dört parametre şunlardır:

β , $t = 0$ anındaki boyut;

⁷ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

⁸ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

L_{∞} , üst asimptot;

k, büyüme oranı ve

δ , bükülme noktasını kontrol eden bir parametredir.

Bükülme noktası:

$$t = \left[\frac{\delta-1}{\delta+1} \right]^{1/\delta} \quad (2.14)$$

ve

$$l = \frac{\delta-2}{2\delta} \quad (2.15)$$

ile ifade edilir.

2.1.8 Von Bertalanffy Büyüme Modeli

Von Bertalanffy büyüme modeli⁹, Von Bertalanffy (1938), tarafından basit fizyolojik olaylardan esinlenerek önerilmiştir. Balıkçılık çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir büyüme modelidir. Bir organizmanın büyüme hızının boyutla birlikte azaldığını varsayalım, böylece uzunluktaki değişim oranı (1);

$$\frac{dl}{dt} = K (L_{\infty} - l) \quad (2.16)$$

olarak tanımlanır. Burada, t; zamanı, l; uzunluk, K; büyüme oranı ve L_{∞} ; büyümenin sıfır olduğu asimptotik uzunluğu göstermektedir.

Bu durumdaki t zamanındaki Von Bertalanffy büyüme modeli Eşitlik (2.17) ile ifade edilebilir:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}). \quad (2.17)$$

Burada t_0 parametresi, organizmanın başlangıç boyutu için denklemini düzenlemek üzere dahil edilen bir parametredir ve organizmaların sıfır boyuta sahip olacağı zaman olarak tanımlanır. Dolayısıyla bu denklem 3 parametrelili doğrusal olmayan regresyon modelidir.

⁹ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

2.1.9 Mevsimsel Düzeltmeli Büyüme Modeli

Salgın hastalıklarda zamana bağlı bir artış beklendiği ve hatta bu artışın mevsimsel olarak artacağı/azalacağı beklendiği için büyüme modellerinde mevsimsel olarak bir düzeltme yapılması gerekmektedir¹⁰. Somer (1988) tarafından önerilen von Bertalanffy büyüme modelinin bir uzantısı olan Mevsimsel Düzeltmeli Büyüme denklemi Eşitlik (2.18)'de verilmiştir.

$$l_t = L_\infty [1 - e^{-(k(t-t_0) + S(t) - S(t_0))}] \quad (2.18)$$

L_∞ , üst asimptot;

k , büyüme oranı

C , büyümedeki mevsimsel değişimin boyutunu ölçen parametre

$S(t)$, büyüme derecesini

Burada $S(t)$ mevsimsel büyüme derecesini ve $S(t_0)$ ise t_0 anındaki büyüme derecesini ifade eder ve aşağıdaki gibi tanımlar:

$$S(t) = \left(\frac{Ck}{2\pi}\right) \sin\pi(t - t_s) \quad (2.19)$$

$$S(t_0) = \left(\frac{Ck}{2\pi}\right) \sin\pi(t_0 - t_s) \quad (2.20)$$

¹⁰ <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>

3. UYGULAMA

3.1 Uygulamanın Amacı

Bu çalışma da Gompertz Büyüme, Lojistik Büyüme, Weibull Büyüme, Richards Büyüme, Janoschek Büyüme, Üstel Büyüme, Morgan Mercer Floden Büyüme, Von Bertalanffy Büyüme ve Mevsimsel Düzeltmeli Büyüme modelleri Türkiye'ye ait COVID-19 verisine uygulanarak, modeller içerisinde en düşük HKO değerinin belirlenmesi ve en iyi model üzerinden 19 Haziran 2020 – 18 Temmuz 2020 tahmin yapılması amaçlanmıştır. Bu sekiz model içinden en düşük HKO değerine sahip model kullanılarak, 19 Haziran 2020 tarihinden itibaren 30 günlük vaka sayıları tahmin edilmiştir. Güncel verilerin tahmini için 7 Haziran 2021 tarihinden itibaren 30 günlük vaka sayısı tahmini yapılarak salgın süreci incelenmiştir.

3.2 Veri Tanıtımı

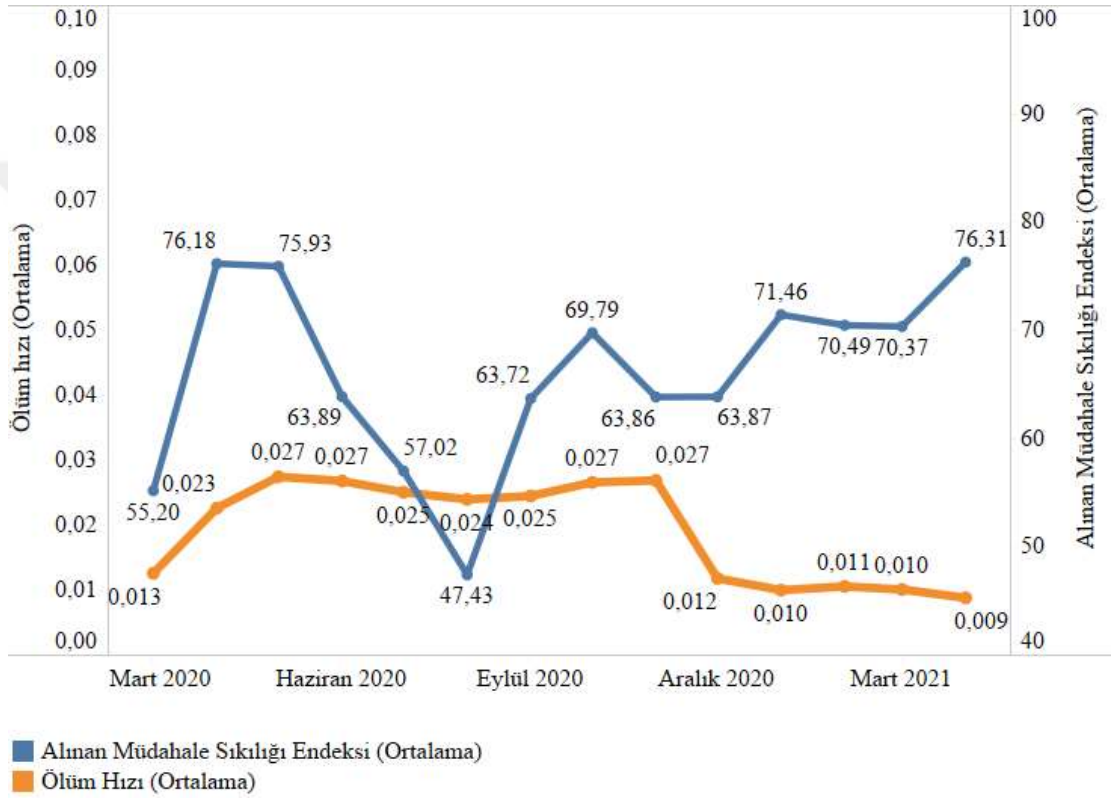
Tez çalışmasında kullanılan veriler Github¹¹ platformundan elde edilmiştir. Türkiye'ye ait olan COVID-19 verileri bu platformdan 11 Mart 2020 – 21 Nisan 2021 tarihleri için günlük olarak çekilmiştir. Elde edilen değişkenler şunlardır :

1. Toplam vaka sayısı
2. Ölüm hızı (toplam ölüm/toplam vaka)
3. 1milyon kişi başına COVID-19'da vefat edilen kişi sayısı (Toplam ölüm sayısı/1milyon).
4. Ülkelerin aldığı müdahale sıklığı endeksi (0-100) (Bu müdahaleler okul kapanışları, işyeri kapatmaları ve seyahat yasakları dahil olmak üzere alınan tüm tedbirleri içermektedir.)

¹¹ <https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data>

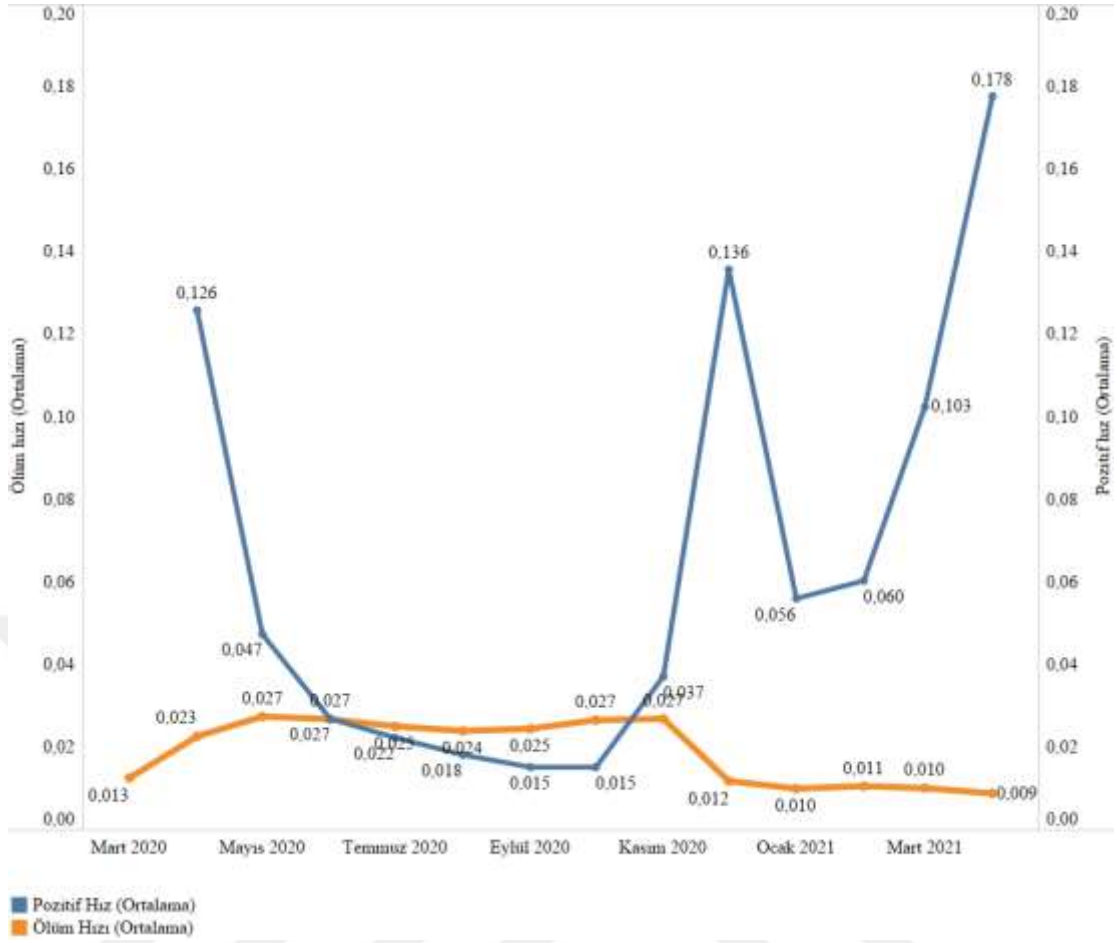
5. Pozitif hız (7 günlük ortalama olarak verilen COVID-19 testlerinin pozitif olanların oranı)
6. Aşılama verisi (Toplam nüfusta 100 kişi başına (En az bir aşı dozu alan toplam kişi sayısı. Bir kişi 2 dozluk bir aşının ilk dozunu alırsa, bu ölçü 1 artar. İkinci dozu alırsa, ölçü aynı kalır).

Yukarıda verilen altı değişken için Tableau programında yapılan veri görselleştirilmesi yapılmıştır.



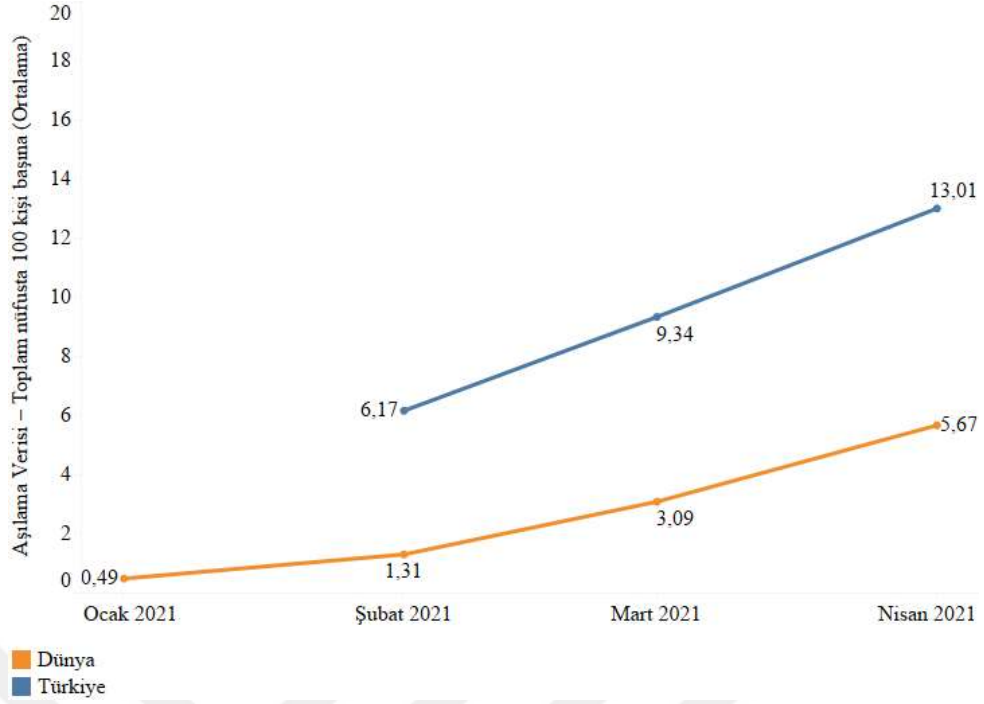
Şekil 3. 1 Türkiye'deki alınan müdahale sıklığı ve ölüm hızının grafiği

Şekil 3.1'e göre alınan sıklık endeksi %70 üzerinde olduğu zaman ölüm hızının azaldığı görülmektedir. Yani, ülkede alınan önlemler(sokağa çıkma yasakları, kısıtlamalar vb.) arttıkça ölüm hızı azalarak kontrol altına alındığı görülmektedir.



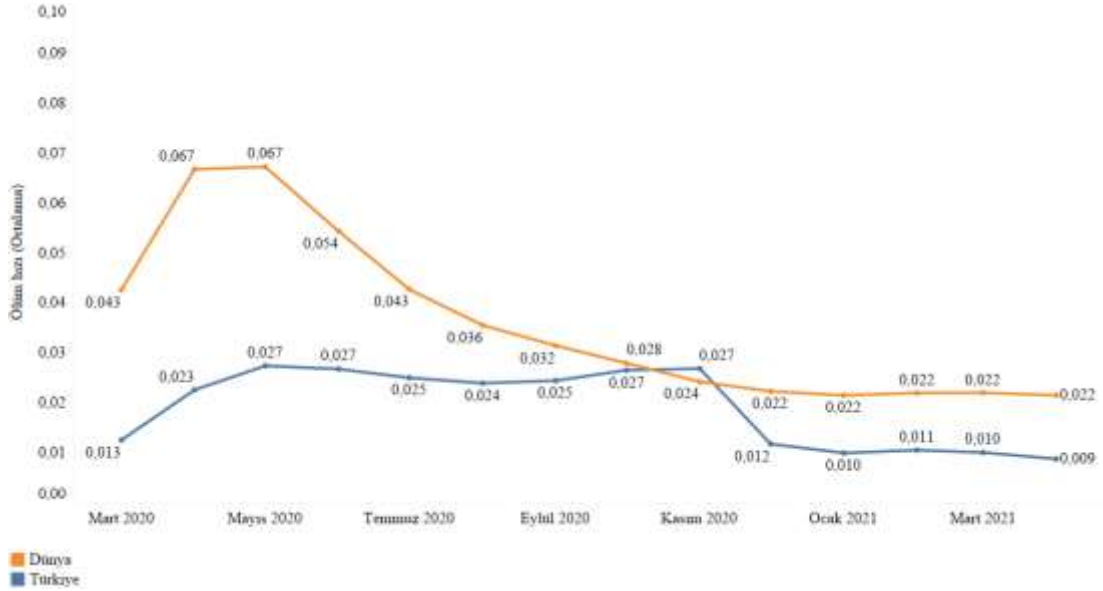
Şekil 3. 2 Türkiye'deki ölüm hızı ve testlerden pozitif hız grafiği

Şekil 3.2'e göre 1 yıllık sürecin pozitif hızının en yüksek olduğu zaman Nisan 2021 iken, ölüm hızının en az görüldüğü zamandır.



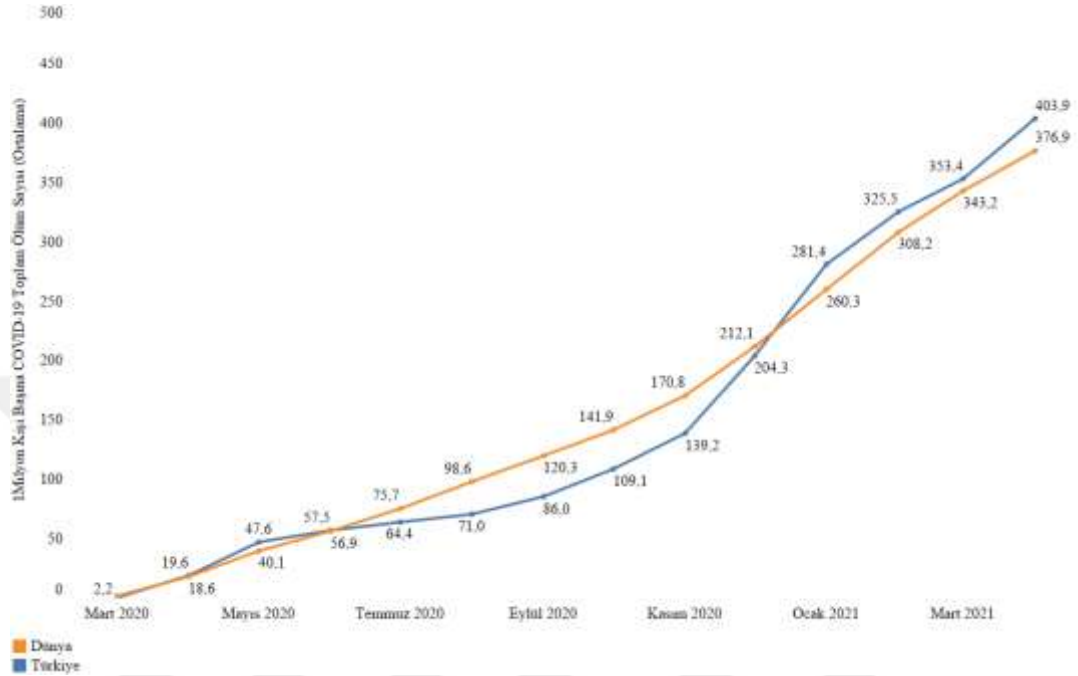
Şekil 3. 3 Türkiye ve Dünya'daki aşılama grafiği

Şekil 3.3'e göre aşılana Türkiye, diğer ülkelere göre daha geç başlasa da Türkiye'deki aşılama oranı Dünya'daki diğer ülkelerin aşılama oranından yaklaşık olarak 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 4 Türkiye ve Dünya'daki ölüm hızı grafiği

Şekil 3.4'e göre ölüm hızının Türkiye'de Nisan-Mayıs 2020 tarihlerine kadar artarak devam ettiği, Mayıs ayından sonra azaldığı görülmüştür. Ancak, Türkiye'de Ekim-Kasım 2020'de tekrar artış ve daha sonra azalışa geçtiği görülmektedir.



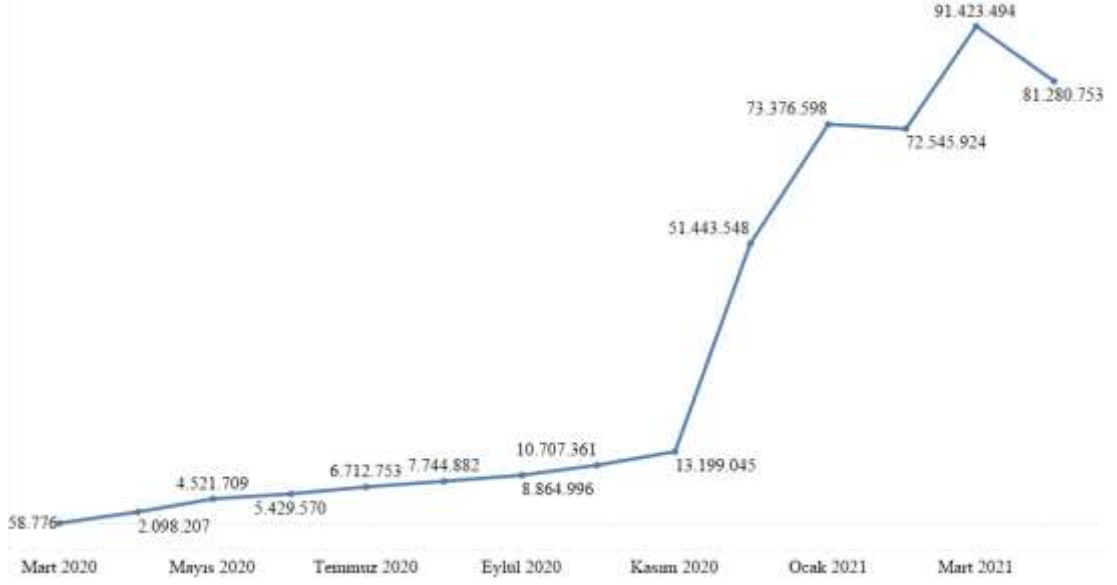
Şekil 3. 5 Türkiye ve Dünya'daki 1 milyon kişi başına düşen COVID-19'dan toplam ölüm sayısı grafiği

Şekil 3.5'e göre Türkiye'deki ölüm sayısı, Temmuz 2020 - Kasım 2020 arasında Dünya geneline göre daha az olduğu görülmektedir.

3.3 Türkiye COVID-19 Verilerinin Büyüme Modelleri ile Çözümlemesi

Bu çalışmada, Python programı kullanılarak Türkiye'ye ait toplam vaka sayısı ve zaman değişkenleri ile yukarıda bahsedilen sekiz büyüme modeli karşılaştırılmıştır.

Türkiye'de ilk vaka sayısının görüldüğü 11 Mart 2020 tarihinden 21 Nisan 2021 tarihine kadar olan 407 günlük vaka sayılarına, büyüme modellerini uygulandığında dönemsel alınan tedbirler etkisiyle Şekil 3.6'da görüldüğü üzere vaka sayılarında yaşanan azalma ve artışlardan dolayı verimizin uygulanan modellere benzerlik göstermediği görülmüştür. Alınan müdahalelerden dolayı, ilk 100 günlük veri (11 Mart – 18 Haziran 2020) üzerinden modeller kurulmuştur.



Şekil 3. 6 Türkiye'nin 11 Mart 2020-21 Nisan 2021 Toplam Vaka Sayıları Grafiği

En uygun modeli bulmak için, modellere ilişkin HKO değerleri hesaplanmıştır. HKO, ne kadar düşük olursa gerçek veri ile model arasındaki uyum o kadar iyi olmaktadır. Bu yüzden her model için HKO değeri hesaplanarak Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Büyüme Modelleri Hata Kareler Ortalamaları

Model	HKO
Lojistik Büyüme	4036526.30
Üstel Büyüme	13870523617.51
Weibull Büyüme	22081693.21
Gompertz Büyüme	13857147318.35
Richards Büyüme	13716362857.78
Janoscheck Büyüme	22081693.21
Morgan-Mercer Büyüme	4171786191.45
Von Bertalanffy Büyüme	15210727.60

Çizelge 3.1'e bakıldığında 11 Mart 2020 tarihinden itibaren 100 günlük gözlem üzerinden yapılan sekiz modelle ait HKO değerleri incelendiğinde, en düşük HKO

değerine sahip olan model Lojistik Büyüme Modeli olduğu görülmüştür. Şencan ve ark. (2020)'nin yaptıkları benzer bir çalışmada 11 Mart 2020 – 19 Mayıs 2020 tarihlerinde yer alan 70 günlük veriye Lojistik ve Üstel Büyüme modelleri uygulanmış ve en düşük HKO değerinin Lojistik Büyüme Modeli'ne ait olduğu görülmüştür.

Lojistik Büyüme Modeli'ne ait elde edilen parametre değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3. 2 Lojistik Büyüme Modeli Parametrelerin Değerleri

Parametre	Tahmin Değeri
r	53,48874
S	0,09592
C(t)	168570,66140

Çizelge 3.2'de yer alan C(t) 168 571'dir. C(t) parametresi, maksimum kapasiteyi göstermektedir ve Türkiye'deki enfeksiyon sayısı için maksimum sınırın 168 571 olacağı anlamına gelmektedir. Lojistik Büyüme Modelinde orantılılık sabiti olan r parametresi ise 53,48874, büyüme oranını ifade eden S ise 0,09592 olarak tahmin edilmiştir.

Bu modele göre maksimum büyüme oranının ne zaman gerçekleştiğini hesaplırsak:

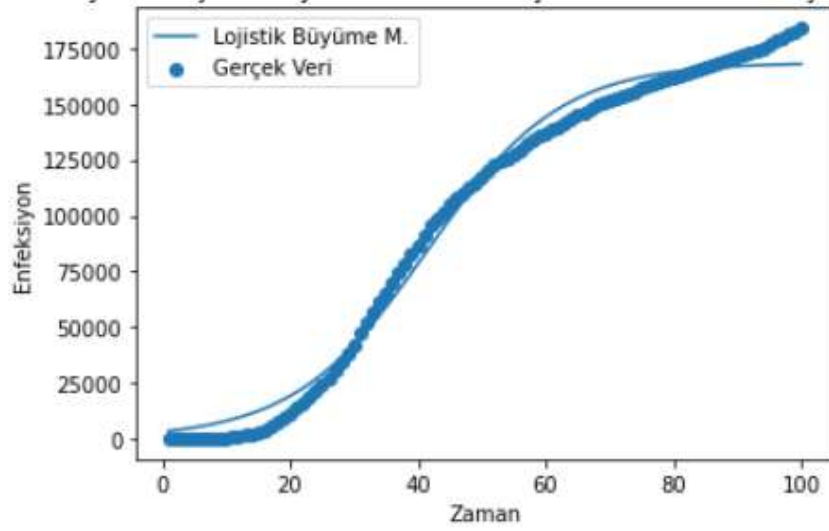
$$t = \frac{\ln(r)}{S} = \frac{\ln(53,48874)}{0,09592} = 41.487 \cong 42. \text{gün} \quad (3.1)$$

42. gündeki enfeksiyon sayısı ise ;

$$y = \frac{C(t)}{2} = 84285,33 \quad (3.2)$$

olarak tahmin edilmektedir. 42. gün 21 Nisan 2020 tarihine denk gelmektedir. Gerçek verilere bakıldığında 21 Nisan 2020 tarihinde toplam vaka sayısı 95591 olarak gözlemlenmiştir.

Lojistik Büyüme Modelinden tahmin edilen değerler ile gerçekleşen vaka sayısının dağılımını gösteren grafik Şekil 3.7'de verilmiştir.

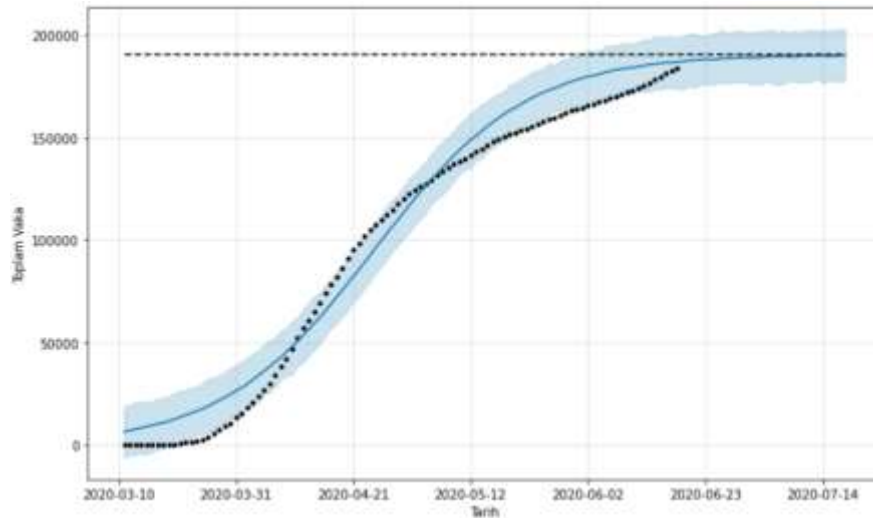


Şekil 3.7 Türkiye'nin Lojistik Büyüme Modeli Sonuçları ve COVID-19 Gerçek Verileri

Şekil 3.7'de verilen grafikte ilk 100 gün için tahmin edilen ve gerçekleşen vaka sayılarının oldukça uyumlu olduğu görülmektedir.

Türkiye'de gerçekleşen toplam vaka sayıları EK A'da verilmiştir. Buna göre, verinin son günü olan 18 Haziran 2020 tarihinde, 184 031 olarak toplam vaka sayı gözlemlenmiştir.

Şekil 3.8'de 19 Haziran 2020 tarihinden itibaren 30 günlük tahmini göstermektedir. Siyah noktalar gerçekleşen veriyi; mavi çizgi ise lojistik büyüme modelini temsil etmektedir. 14 Temmuz 2020 itibariyle vaka sayısının artışın yavaşlayacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 3.8 30 Günlük Toplam Vaka Tahmini

30 günlük toplam vaka tahmininin sonuçları Şekil 3.8 ve Çizelge 3.3 'de verilmiştir. 19 Haziran 2020 tarihinde yapılan tahminlerin alt sınır ve üst sınır arasında yer aldığı görülmektedir. İleriki tarihlerde gerçek ve tahmin değerleri arasındaki farkın artmasının nedeni ise ülkede alınan salgın tedbirlerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. 3 30 Günlük Toplam Vaka Değerleri

Tarih	Gerçekleşen Günlük Vaka	Günlük Vaka Tahmini	Vaka Tahmini	Gerçekleşen Vaka	Tahmin ve Gerçek Vaka Farkı	Alt Sınır	Üst Sınır
19.06.2020	1214	-	187304.3	185245	2059.32	175252	199917
20.06.2020	1248	302.6731	187607	186493	1113.99	174980	200547
21.06.2020	1192	233.3822	187840.4	187685	155.37	174793	200016
22.06.2020	1212	118.8388	187959.2	188897	-937.79	175705	201061
23.06.2020	1268	289.8352	188249	190165	-1915.95	175590	200539
24.06.2020	1492	-210.0692	188039	191657	-3618.02	175203	201029
25.06.2020	1458	271.3766	188310.4	193115	-4804.65	175895	201319
26.06.2020	1396	269.0548	188579.4	194511	-5931.59	176521	201574
27.06.2020	1372	214.3858	188793.8	195883	-7089.21	176486	201755
28.06.2020	1356	151.06	188944.9	197239	-8294.15	175806	201129
29.06.2020	1374	42.0988	188987	198613	-9626.05	177237	202041
30.06.2020	1293	218.3163	189205.3	199906	-10700.73	175756	201720
1.07.2020	1192	-276.7072	188928.6	201098	-12169.44	176770	201610
2.07.2020	1186	209.2994	189137.9	202284	-13146.14	176625	201635
3.07.2020	1172	211.2377	189349.1	203456	-14106.90	176870	201782
4.07.2020	1154	160.5461	189509.6	204610	-15100.35	177166	202643
5.07.2020	1148	100.9325	189610.6	205758	-16147.42	177294	201444
6.07.2020	1086	-4.565	189606	206844	-17237.99	176882	201904
7.07.2020	1053	174.8833	189780.9	207897	-18116.10	178241	201574
8.07.2020	1041	-317.1279	189463.8	208938	-19474.23	176534	201547
9.07.2020	1024	171.687	189635.5	209962	-20326.54	177569	201885
10.07.2020	1003	176.2426	189811.7	210965	-21153.30	177698	203174
11.07.2020	1016	127.9898	189939.7	211981	-22041.31	178274	202477
12.07.2020	1012	70.6479	190010.3	212993	-22982.66	176752	202824
13.07.2020	1008	-32.7336	189977.6	214001	-24023.40	177346	201827
14.07.2020	992	148.685	190126.3	214993	-24866.71	177422	203158
15.07.2020	947	-341.4915	189784.8	215940	-26155.20	176904	201486
16.07.2020	933	149.0311	189933.8	216873	-26939.17	176812	202636
17.07.2020	926	155.1763	190089	217799	-27710.00	178881	202787
18.07.2020	918	108.4026	190197.4	218717	-28519.59	177793	202668

7 Haziran – 26 Haziran 2021 Lojistik Büyüme modeli ile 20 günlük tahminleme yapılmıştır. Bu tahminleme işleminin yapılma amacı ise Çizelge 3.3’de Lojistik Büyüme Modeli ile yapılan tahmin değerlerinin doğruluğunu (validation) incelemektir. Çizelge 3.4’te görüldüğü gibi 7 Haziran – 26 Haziran 2021 tarihlerinde bulunan veriye sekiz büyüme modeli uygulandığında en düşük HKO değerinin Lojistik Büyüme Modeli’nde olduğu görülmektedir. Buradan da Lojistik Büyüme Modeli’nin doğruluğu gösterilmektedir.

Çizelge 3. 4 7 Haziran – 26 Haziran 2021 Tarihlerindeki Verinin Büyüme Modelleri Hata Kareler Ortalamaları

Model	HKO
Lojistik Büyüme	6456258.70
Üstel Büyüme	28626528054728.60
Weibull Büyüme	1104673258
Gompertz Büyüme	28626591809129.20
Richards Büyüme	28607245970568.80
Janoscheck Büyüme	1104673258
Morgan-Mercer Büyüme	935697030.5
Von Bertalanffy Büyüme	28626652562645.10

Çizelge 3.5’de 7 Haziran – 6 Temmuz 2021 tarihleri arasında yer alan güncel COVID-19 verileri ve Lojistik Büyüme Modeli tahmin değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3. 5 Türkiye’nin 7 Haziran – 6 Temmuz 2021 Tarihlerindeki Lojistik Büyüme Modeli İle Tahmini

Tarih	Gerçekleşen Günlük Vaka	Günlük Vaka Tahmini	Toplam Vaka Tahmini	Gerçekleşen Toplam Vaka	Tahmin ve Gerçek Vaka Farkı	Alt Sınır	Üst Sınır
7.06.2021	5647	-	5022321	5293627	-271306.00	4613425	5426909
8.06.2021	6609	8287	5030608	5300236	-269628.00	4625076	5444560
9.06.2021	6454	8250	5038858	5306690	-267832.00	4649823	5481632
10.06.2021	6408	20319	5059177	5313098	-253921.00	4674280	5450110

Çizelge 3. 6(Devam) Türkiye'nin 7 Haziran – 6 Temmuz 2021 Tarihlerindeki Lojistik Büyüme Modeli İle Tahmini

Tarih	Gerçekleşen Günlük Vaka	Günlük Vaka Tahmini	Toplam Vaka Tahmini	Gerçekleşen Toplam Vaka	Tahmin ve Gerçek Vaka Farkı	Alt Sınır	Üst Sınır
11.06.2021	6261	7930	5067107	5319359	-252252.00	4692725	5483133
12.06.2021	6076	7102	5074209	5325435	-251226.00	4696601	5454283
13.06.2021	5626	5875	5080084	5336073	-255989.00	4681195	5465682
14.06.2021	5012	409	5080493	5330447	-249954.00	4690642	5492804
15.06.2021	5955	6902	5087395	5342028	-254633.00	4712571	5474170
16.06.2021	6221	7287	5094682	5348249	-253567.00	4721424	5486077
17.06.2021	5904	19370	5114052	5354153	-240101.00	4733777	5521275
18.06.2021	5575	6993	5121045	5359728	-238683.00	4717813	5485516
19.06.2021	5480	6178	5127223	5365208	-237985.00	4729040	5489489
20.06.2021	5294	4067	5131290	5375593	-244303.00	4746149	5522641
21.06.2021	5091	1306	5132596	5370299	-237703.00	4753248	5538386
22.06.2021	6143	6425	5137715	5381736	-244021.00	4767422	5537148
23.06.2021	5809	6414	5144129	5387545	-243416.00	4749455	5509240
24.06.2021	5703	18510	5162639	5393248	-230609.00	4780335	5549543
25.06.2021	5630	6146	5168785	5398878	-230093.00	4771379	5567008
26.06.2021	5266	5343	5174128	5404144	-230016.00	4777417	5551295
27.06.2021		2434	5176562		5176562.00	4770717	5581479
28.06.2021		2117	5178679		5178679.00	4795362	5574330
29.06.2021		5627	5182189		5182189.00	4784734	5575371
30.06.2021		5628	5187817		5187817.00	4805932	5582307
1.07.2021		17735	5205552		5205552.00	4784638	5589221
2.07.2021		5383	5210935		5210935.00	4814769	5605639
3.07.2021		4593	5215528		5215528.00	4830062	5627001
4.07.2021		967	5216495		5216495.00	4823666	5575626
5.07.2021		2845	5219340		5219340.00	4805890	5617067
6.07.2021		2065	5221405		5221405.00	4809749	5615063

Tahmin ve gerçekleşen toplam vaka sayısı arasındaki fark incelendiğinde ise 26 Haziran 2021 tarihinde en düşük olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan COVID-19 küresel salgını ve yol açmış olduğu Koronavirüs hastalığı tüm dünyada hayatı durma noktasına getirmiştir. Hastalığın bütün dünyayı etkilemesi ile birlikte ülkeler, bir takım politikalar geliştirerek hasarı en aza indirmeye çalışmaktadır.

Ülkelerin kendilerine ilişkin hastalık inceleme merkezlerinde bir takım çeşitli disiplin ve meslek grubundan insanların kolektif çalışmaları, araştırmaları ile bir takım sonuçlara ulaşılması hedeflenmiştir. İnsanlığı ilgilendiren daha önceki solunum yoluyla bulaşan salgın hastalıklar mevzusunda meydana getirilen çalışmaların günümüzde bilgilendirici birer kaynak olduğu görülmektedir. 2019 yılı sonunda bütün dünyayı etkisi altına alan COVID-19'un Türkiye'ye etkilerinin bilgilendirici bir kaynağa dönüşmesi için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve modeller, hastalık için en doğru tahmine ulaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle, virüsün ilerleyen süreçte yayılım hızını ve vaka sayısını tahmin etmek, Türkiye'nin normale dönüş periyodu açısından önemlidir.

Lojistik büyüme modeli esnek bir yapıya sahip olması nedeniyle büyümeyi modelleyebilir ve bükülme noktası çevresindeki vaka sayılarında düşüşü yakalayabilir. Lojistik eğri erken bir aşamada birleşmesi küresel salgını kontrol etmek için atılan adımların işe yaradığını gösterir. Oysa lojistik eğri, bükülme noktasının oluşmasından sonrasında bile bir noktada birleşip üstel bir gelişme gösteriyorsa, küresel salgını kontrol etmek için alınan önlemlerin işe yaramadığını ve salgının hala erken gelişme aşamasında bulunduğunu gösterir .

İlk defa gelişmiş ülkelerin de arasında bulunmuş olduğu ve bütün dünyayı etkileyen Koronavirüs hastalığı hakkındaki davranışlarında ölçülü olmaları ve bu doğrultuda alışık olmadığımız virüsten korunmayı amaçlamaları istenmektedir. Önceki yıllarda meydana getirilen araştırmalar neticesinde gösterilen raporlar incelendiğinde küreselleşen dünyada daha çok salgın ile yüz yüze kalınacağı ve bu salgınların, ayırt etmeksizin tüm toplumları etkileyeceği seneler önceden öngörülmüştür (Budak ve

Korkmaz, 2020). Dolayısıyla, bundan sonrasında gelişecek süreç hakkındaki kesin sonuçlar bilinmemekle birlikte günlük verileri ve hastalığın ilerleyişini yakından izlemek büyük önem taşımaktadır. Toplumun daha dikkatli olması ve insanların toplumsal mesafe kurallarına uyarak hareket etmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, T.C. Sağlık Bakanlığı'nın çağrısı ile meydana getirilen “evde kal sağlıklı kal” sloganı ve “hayat eve sığar” uygulaması, insanları toplumsal izolasyona teşvik etmektedir. Böylece alınan müdahaleler ile virüs yayılımının yavaşlaması amaçlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda, 11 Mart - 18 Haziran 2020 tarihleri arasında toplam COVID-19 vaka sayıları kullanılarak farklı büyüme modelleri incelenmiş ve en düşük HKO değerine sahip olan Lojistik Büyüme Modeli'ne göre 19 Haziran 2020 tarihinden itibaren 30 günlük tahmin yapılmıştır. Çalışmada, güncel verilerde modelin doğrululuğunu ölçmek amacıyla 7 Haziran - 26 Haziran 2021 tarihleri arasındaki veri kullanılarak büyüme modelleri incelenmiştir. Bu analizler sonucunda, çalışmada kullanılan Türkiye COVID-19 veri seti ile yapılan tahminleme sonucunda en uygun büyüme modelinin Lojistik Büyüme Modeli olduğu söylenebilir.

Yapılacak gelecek çalışmalarda gerçek veriye daha yakın tahminlere ulaşmak için, büyüme modellerinde toplam vaka sayısının yanı sıra farklı değişkenler de eklenerek modelleme yapılabilir.

KAYNAKLAR

Adomian, George (2015). Nonlinear stochastic operator equations. Orlando, FL: Academic Press Inc.

Adomian, George (2017). Nonlinear stochastic systems theory and applications to physics. Mathematics and its Applications (46). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers Group.

Adomian, George (2019). Stochastic systems. Mathematics in Science and Engineering (169). Orlando, FL: Academic Press Inc.

Auler, A. C., Cássaro, F. A. M., Da Silva, V. O., & Pires, L. F. (2020). Evidence that high temperatures and intermediate relative humidity might favor the spread of COVID-19 in tropical climate: A case study for the most affected Brazilian cities. *Science of The Total Environment*, 729, 139090.

Barlow Nathaniel S., Weinstein Steven J. Accurate closed-form solution of the SIR epidemic model. *Physica D: Nonlinear Phenomena*. 2020 ;408 doi: 10.1016/j.physd.2020.132540.

Batista, M. (2020a). Estimation of the final size of the COVID-19 epidemic. medRxiv, 2020.2002.2016.20023606. doi: 10.1101/2020.02.16.20023606

Batista, M. (2020b). fitVirusXX, <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/76956-fitvirusxx>

Blumberg A.A. Logistic growth rate functions. *J Theor Biol*. 1968;21(1):42–44.

Cássaro Fábio AM, Pires Luiz F. Can we predict the occurrence of COVID-19 cases? Considerations using a simple model of growth. *Sci Total Environ*. 2020;728 doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138834.

Chang, S.L., Piraveenan, M., Pattison, P., Prokopenko, M.: Game theoretic modelling of infectious disease dynamics and intervention methods: a review. *J. Biol. Dyn.* 14(1), 57–89 (2020). <https://doi.org/10.1080/17513758.2020.1720322>

Chikina, Maria, and Wesley Pegden. Failure of monotonicity in epidemic models. arXiv preprint arXiv:2004.15018 (2020).

Choi S.H., Seo H., Yoo M. A multi-stage SIR model for rumor spreading. ". *Discrete Continuous Dyn Syst-B*. 2020;25(6):2351–2372. doi: 10.3934/dcdsb.2020124.

Chowell, G., Simonsen, L., Viboud, C., & Kuang, Y. (2014). Is West Africa approaching a catastrophic phase or is the 2014 Ebola epidemic slowing down? Different models yield different answers for Liberia. *PLoS currents*, 6.

Chowell, G., Viboud, C., Hyman, J. M., & Simonsen, L. (2015). The Western Africa ebola virus disease epidemic exhibits both global exponential and local polynomial growth rates. *PLoS currents*, 7.

Cleaton, J. M., Viboud, C., Simonsen, L., Hurtado, A. M., & Chowell, G. (2016). Characterizing Ebola transmission patterns based on internet news reports. *Clinical Infectious Diseases*, 62(1), 24-31.

COVID-19 Dataset by Our World in Data <https://github.com/owid/covid-19-data>
Erişim Tarihi : 06.06.2021

Crokidakis, Nuno. Data analysis and modeling of the evolution of COVID-19 in Brazil. arXiv preprint arXiv:2003.12150 (2020).

Ergül, B , Yavuz, A , Aşik, E , Kalay, B , (2020). Dünya’da Ve Türkiye’de Nisan Ayı İtibariyle Covid-19 Salgın Verilerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi. *Anadolu Klin Dergisi*, 25(1), 130-141. DOI: 10.21673/anadoluklin.719629

Fekedulegn, D., Mac Siurtain, M.P., & Colbert, J.J. 1999. Parameter estimation of nonlinear growth models in forestry. *Silva Fennica* 33(4): 327–336.

Ferguson, N. M. et al. Preprint at Spiral <https://doi.org/10.25561/77482> (2020).

Gardiner, B. (2004). *Handbook of Stochastic Methods: for Physics, Chemistry and the Natural Sciences*. Springer. p. 415.

Gavrilov, D , Gerber, M , Bergel, M , Woerden, E , Our World in Data, <https://github.com/orgs/owid/people> . Erişim Tarihi: 06.06.2021

Giordano, Giulia, et al. A SIDARTHE model of COVID-19 epidemic in Italy. arXiv preprint arXiv:2003.09861 (2020).

Gray Alison. A stochastic differential equation SIS epidemic model. *SIAM J Appl Math*. 2011;71(3):876–902. doi: 10.1137/10081856X.

Growth II, (2006), Pisces Conservation Ltd. <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm> . Erişim Tarihi: 01.09.2021

Güzelkokar, G. (2020), COVID-19 in Turkey | Kaggle, <https://www.kaggle.com/gkhan496/covid19-in-turkey> . Erişim Tarihi: 06.06.2021

Hannah Ritchie, Esteban Ortiz-Ospina, Diana Beltekian, Edouard Mathieu, Joe Hasell, Bobbie Macdonald, Charlie Giattino, Cameron Appel, Lucas Rodés-Guirao and Max Roser (2020) - "Coronavirus Pandemic (COVID-19)". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/coronavirus>' . Erişim Tarihi: 06.06.2021

Higham., Desmond J. (2001). "An Algorithmic Introduction to Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations". *SIAM Review*. 43 (3): 525–546.

Hsieh, Y. H., & Cheng, Y. S. (2006). Real-time forecast of multiphase outbreak. *Emerging Infectious Diseases*, 12(1), 122–127

Huang, H., and Li, M. (2018). An overview of event study methodology. *Statistics & Decision* 34 (13):66–71.

Janoschek, A. 1957. Das reaktionskinetische Grundgesetz und seine Beziehungen zum Wachstums- und Ertragsgesetz. *Stat. Vjschr.* 10, 25-37.

Growth II, <http://www.pisces-conservation.com/growthhelp/index.html?weibul.htm>. Erişim Tarihi : 06.06.2021

Koltsova, E.M., E.S. Kurkina, and A.M. Vasetsky. Mathematical Modeling of the Spread of COVID-19 in Moscow and Russian Regions. arXiv preprint arXiv:2004.10118 (2020).

Korstanje, J. (2020), Modeling logistic growth, <https://towardsdatascience.com/modelinglogistic-growth-1367dc971de2>. Erişim Tarihi : 06.06.2021

Korstanje, J. (2020), Modeling exponential growth, <https://towardsdatascience.com/modeling-exponential-growth-49a2b6f22e1f>. Erişim Tarihi : 06.06.2021

Liang Kaihao. Mathematical model of infection kinetics and its analysis for COVID-19, SARS and MERS. *Infect Genet Evol.* 2020;82 doi: 10.1016/j.meegid.2020.104306.

Lipkin, L., Smith, D., Logistic Growth Model
<https://www.maa.org/press/periodicals/loci/joma/logistic-growth-model>. Erişim Tarihi: 06.06.2021.

Logistic Function https://en.wikipedia.org/wiki/Logistic_function. Erişim Tarihi: 06.06.2021

Lopez, Victoria, and Milena Ćukić. The comparison of trends in Spain and the Nederland: a Dynamical compartment model of the transmission of Coronavirus. arXiv preprint arXiv:2004.09874 (2020).

Maier Benjamin F., Brockmann Dirk. Effective containment explains subexponential growth in recent confirmed COVID-19 cases in China. *Science*. 2020;368(6492):742–746. doi: 10.1126/science.abb4557.

Mak, T. W., & Saunders, M. E. (2006). Immunity to Pathogens. *The Immune Response*, 641–694. <https://doi.org/10.1016/B978-012088451-3.50024-7>

Nakamura, G., B. Grammaticos, and M. Badoual. Confinement strategies in a simple SIR model. arXiv preprint arXiv:2004.09314 (2020).

Narushin VG, Takma C. Sigmoid Model for the Evaluation of Growth and Production Curves in Laying Hens. *Biosystems Engineering*. 2003;84(3):343-348. doi:10.1016/S1537-5110(02)00286-6.

Nisbet, R., Miner, G., Yale, K., *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications*. Erişim Tarihi : 06.06.2021

Nguyen Dang Hai, Yin George, Zhu Chao. Long-Term Analysis of a Stochastic SIRS Model with General Incidence Rates. *SIAM J Appl Math*. 2020;80(2):814–838. doi: 10.1137/19M1246973.

Oksendal, Bernt K. (2003). *Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications*. Berlin: Springer. ISBN 3-540-04758-1.

Pell, B., Baez, J., Phan, T., Gao, D., Chowell, G., & Kuang, Y. (2016). Patch models of EVD transmission dynamics. In *Mathematical and Statistical Modeling for Emerging and Re-emerging Infectious Diseases* (pp. 147-167). Springer, Cham.

Perc M., Gorišek Miksic' N., Slavinec M., Stođer A. Forecasting COVID-19. *Front Phys*. 2020;8(127) doi: 10.3389/fphy.2020.00127.

Shafii, Bahman; Price, William J.; Swensen, Jerry B.; and Murray, Glen A. (1991). "Nonlinear Estimation Of Growth Curve Models For Germination Data Analysis," Conference on Applied Statistics in Agriculture. <https://doi.org/10.4148/2475-7772.1415>

Simko, F., Hrenak, J., Dominguez-Rodriguez, A., & Reiter, R. J. (2020). Melatonin as a putative protection against myocardial injury in COVID-19 infection.

A. Smirnova., Hincapie-Palacio, D., Ospina, J., Pell, B., Tariq, A., Dahal, ... & Viboud, C. (2016). Using phenomenological models to characterize transmissibility and forecast patterns and final burden of Zika epidemics. *PLoS currents*, 8.

Somer, I.F. 1988. On a seasonally oscillating growth function. *Fishbyte* 6(1):8-11.

Sonnino, Giorgio. Dynamics of the COVID-19–Comparison between the Theoretical Predictions and Real Data. arXiv preprint arXiv:2003.13540 (2020).

Şencan, Ş , Şencan, B , Borazan Çelikbıçak, M , Arslan, D , Özkan, E , Gökçen, A , Çiftçi, R , Arıkan, İ , Uğur, B , Şahin, H , Coşkun, A , Konşuk Ünlü, H , Aktaş, S . (2020). Lojistik Büyüme Ve Üstel Büyüme Modelleri İle Türkiye’de Covid-19 Modellemesi. *Nicel Bilimler Dergisi* , 2 (1) , 1-18 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nicel/issue/55149/748068>

Tabatabai M, Williams DK, Bursac Z: Hyperbolastic Growth Models: Theory and Application. *Theoretical Biology and Medical Modeling* 2005, 2:1-13.

Tappe, Stefan. A simple mathematical model for the evolution of the corona virus. arXiv preprint arXiv:2003.09477 (2020).

Teugels, J. and Sund B. (eds.) (2004). *Encyclopedia of Actuarial Science*. Chichester: Wiley. pp. 523–527.

Thomas Mikosch (1998). *Elementary Stochastic Calculus: with Finance in View*. Singapore: World Scientific Publishing. p. 212. ISBN 981-02-3543-7.

Widiharih, T., Haryatmi, S., Gunardi, & Wilandari, Y. (2016, February). Algorithms of D-optimal designs for Morgan Mercer Flodin (MMF) models with three parameters. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1707, No. 1, p. 080015). AIP Publishing LLC.

Wieland, T. (2020). Flatten the Curve! Modeling SARS-CoV-2/COVID-19 Growth in Germany at the County Level. <https://doi.org/10.1101/2020.05.14.20101667>

Winsor, C. 1932. The Gompertz curve as a growth equation. *Proc. Nat. Acad. Sciences*, 18, 1-8.

Wodarz Dominik, Komarova Natalia L. Patterns of the COVID19 epidemic spread around the world: exponential vs power laws. medRxiv. 2020 doi: 10.1101/2020.03.30.20047274.

Worldometer, <https://www.worldometers.info/coronavirus/> Erişim Tarihi : 01.09.2021

Wright Edward M. A non-linear difference-differential equation. *Journal für die reine und angewandte Mathematik*. 1955;1955(194):66–87.

Wu, Ke, et al. Generalized logistic growth modeling of the COVID-19 outbreak in 29 provinces in China and in the rest of the world. arXiv preprint arXiv:2003.05681 (2020).

Yang Yu. Dynamical analysis of a diffusive SIRS model with general incidence rate. *Discrete Continuous Dyn Syst-B*. 2020;25(7):2433–2451. doi: 10.3934/dcdsb.2020017.

Zhan, C., Tse, C., Lai, Z., Hao, T., & Su, J. (2020). Prediction of COVID-19 spreading profiles in South Korea, Italy and Iran by data-driven coding. *PLoS ONE* 15(7). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234763>

Zhao, Z., Calderón, J., Xu, C., Zhao, G., Fenn, D., Sornette, D., Crane, R., Hui, P.M., Johnson, N.F.: Effect of social group dynamics on contagion. *Phys. Rev. E* 81(5), 056107 (2010). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.81.056107>

EKLER

EK A : Türkiye'nin 11 Mart 2020 – 21 Nisan 2021 Tarihleri COVID-19 Verisi

Tarih	Toplam Vaka	Günlük Vaka	Toplam Ölüm Hızı(%)	1milyon kişi başına COVID-19'a toplam ölüm sayısı	Pozitif Hız	Ülkelerin Aldığı Müdahale Sıklığı
11.03.2020	1	1	0	0.012		23.15
12.03.2020	1	0	0	0.012		23.15
13.03.2020	5	4	0	0.059		23.15
14.03.2020	5	0	0	0.059		23.15
15.03.2020	6	1	0	0.071		23.15
16.03.2020	18	12	0	0.213		52.78
17.03.2020	47	29	0.0213	0.557		52.78
18.03.2020	98	51	0.0102	1.162		58.33
19.03.2020	192	94	0.0156	2.277		58.33
20.03.2020	359	167	0.0111	4.257		58.33
21.03.2020	670	311	0.0134	7.944		62.04
22.03.2020	1236	566	0.0243	14.655		62.04
23.03.2020	1529	293	0.0242	18.129		62.04
24.03.2020	1872	343	0.0235	22.196		67.59
25.03.2020	2433	561	0.0242	28.848		67.59
26.03.2020	3629	1196	0.0207	43.029		67.59
27.03.2020	5698	2069	0.0161	67.561		70.37
28.03.2020	7402	1704	0.0146	87.765		75.93
29.03.2020	9217	1815	0.0142	109.285		75.93
30.03.2020	10827	1610	0.0155	128.375		75.93
31.03.2020	13531	2704	0.0158	160.436		75.93
1.04.2020	15679	2148	0.0177	185.904		75.93
2.04.2020	18135	2456	0.0196	215.025		75.93
3.04.2020	20921	2786	0.0203	248.058	0.162	75.93
4.04.2020	23934	3013	0.0209	283.783	0.156	75.93
5.04.2020	27069	3135	0.0212	320.954	0.154	75.93

6.04.2020	30217	3148	0.0215	358.28	0.154	75.93
7.04.2020	34109	3892	0.0213	404.427	0.158	75.93
8.04.2020	38226	4117	0.0212	453.242	0.16	75.93
9.04.2020	42282	4056	0.0215	501.334	0.16	75.93
10.04.2020	47029	4747	0.0214	557.618	0.158	75.93
11.04.2020	52167	5138	0.0211	618.539	0.158	77.78
12.04.2020	56956	4789	0.021	675.322	0.154	77.78
13.04.2020	61049	4093	0.0212	723.852	0.148	75.93
14.04.2020	65111	4062	0.0215	772.015	0.14	75.93
15.04.2020	69392	4281	0.0219	822.774	0.136	75.93
16.04.2020	74193	4801	0.0221	879.699	0.132	75.93
17.04.2020	78546	4353	0.0225	931.312	0.125	75.93
18.04.2020	82329	3783	0.023	976.167	0.117	77.78
19.04.2020	86306	3977	0.0234	1023.32	0.114	77.78
20.04.2020	90980	4674	0.0235	1078.74	0.114	75.93
21.04.2020	95591	4611	0.0236	1133.41	0.113	75.93
22.04.2020	98674	3083	0.0241	1169.97	0.107	75.93
23.04.2020	101790	3116	0.0245	1206.91	0.101	75.93
24.04.2020	104912	3122	0.0248	1243.93	0.097	75.93
25.04.2020	107773	2861	0.0251	1277.85	0.094	75.93
26.04.2020	110130	2357	0.0255	1305.8	0.09	75.93
27.04.2020	112261	2131	0.0258	1331.07	0.087	75.93
28.04.2020	114653	2392	0.0261	1359.43	0.081	75.93
29.04.2020	117589	2936	0.0262	1394.24	0.079	75.93
30.04.2020	120204	2615	0.0264	1425.25	0.076	75.93
1.05.2020	122392	2188	0.0266	1451.19	0.071	75.93
2.05.2020	124375	1983	0.0268	1474.7	0.068	75.93
3.05.2020	126045	1670	0.027	1494.5	0.067	75.93
4.05.2020	127659	1614	0.0271	1513.64	0.061	75.93
5.05.2020	129491	1832	0.0272	1535.36	0.058	75.93
6.05.2020	131744	2253	0.0272	1562.08	0.058	75.93
7.05.2020	133721	1977	0.0272	1585.52	0.058	75.93
8.05.2020	135569	1848	0.0272	1607.43	0.059	75.93
9.05.2020	137115	1546	0.0273	1625.76	0.057	75.93
10.05.2020	138657	1542	0.0273	1644.04	0.054	75.93
11.05.2020	139771	1114	0.0275	1657.25	0.052	75.93
12.05.2020	141475	1704	0.0275	1677.46	0.051	75.93
13.05.2020	143114	1639	0.0276	1696.89	0.048	75.93
14.05.2020	144749	1635	0.0277	1716.28	0.045	75.93
15.05.2020	146457	1708	0.0277	1736.53	0.044	75.93
16.05.2020	148067	1610	0.0277	1755.62	0.043	75.93
17.05.2020	149435	1368	0.0277	1771.84	0.042	75.93
18.05.2020	150593	1158	0.0277	1785.57	0.044	75.93
19.05.2020	151615	1022	0.0277	1797.68	0.043	75.93

20.05.2020	152587	972	0.0277	1809.21	0.043	75.93
21.05.2020	153548	961	0.0277	1820.6	0.04	75.93
22.05.2020	154500	952	0.0277	1831.89	0.037	75.93
23.05.2020	155686	1186	0.0277	1845.95	0.035	75.93
24.05.2020	156827	1141	0.0277	1859.48	0.036	75.93
25.05.2020	157814	987	0.0277	1871.19	0.035	75.93
26.05.2020	158762	948	0.0277	1882.43	0.036	75.93
27.05.2020	159797	1035	0.0277	1894.7	0.036	75.93
28.05.2020	160979	1182	0.0277	1908.71	0.037	75.93
29.05.2020	162120	1141	0.0277	1922.24	0.039	75.93
30.05.2020	163103	983	0.0277	1933.9	0.038	75.93
31.05.2020	163942	839	0.0277	1943.84	0.034	75.93
1.06.2020	164769	827	0.0277	1953.65	0.032	63.89
2.06.2020	165555	786	0.0277	1962.97	0.03	63.89
3.06.2020	166422	867	0.0277	1973.25	0.025	63.89
4.06.2020	167410	988	0.0277	1984.96	0.023	63.89
5.06.2020	168340	930	0.0276	1995.99	0.021	63.89
6.06.2020	169218	878	0.0276	2006.4	0.02	63.89
7.06.2020	170132	914	0.0276	2017.24	0.021	63.89
8.06.2020	171121	989	0.0275	2028.965	0.021	63.89
9.06.2020	172114	993	0.0275	2040.739	0.021	63.89
10.06.2020	173036	922	0.0274	2051.671	0.022	63.89
11.06.2020	174023	987	0.0274	2063.374	0.023	63.89
12.06.2020	175218	1195	0.0273	2077.543	0.025	63.89
13.06.2020	176677	1459	0.0271	2094.842	0.026	63.89
14.06.2020	178239	1562	0.027	2113.362	0.028	63.89
15.06.2020	179831	1592	0.0268	2132.238	0.029	63.89
16.06.2020	181298	1467	0.0267	2149.633	0.03	63.89
17.06.2020	182727	1429	0.0266	2166.576	0.03	63.89
18.06.2020	184031	1304	0.0265	2182.037	0.031	63.89
19.06.2020	185245	1214	0.0265	2196.432	0.031	63.89
20.06.2020	186493	1248	0.0264	2211.229	0.031	63.89
21.06.2020	187685	1192	0.0264	2225.363	0.03	63.89
22.06.2020	188897	1212	0.0263	2239.733	0.029	63.89
23.06.2020	190165	1268	0.0263	2254.768	0.029	63.89
24.06.2020	191657	1492	0.0262	2272.458	0.029	63.89
25.06.2020	193115	1458	0.0261	2289.746	0.029	63.89
26.06.2020	194511	1396	0.026	2306.298	0.029	63.89
27.06.2020	195883	1372	0.0259	2322.565	0.029	63.89
28.06.2020	197239	1356	0.0258	2338.643	0.029	63.89
29.06.2020	198613	1374	0.0258	2354.935	0.028	63.89
30.06.2020	199906	1293	0.0257	2370.266	0.028	63.89
1.07.2020	201098	1192	0.0256	2384.399	0.027	63.89
2.07.2020	202284	1186	0.0255	2398.461	0.026	63.89

3.07.2020	203456	1172	0.0255	2412.358	0.026	63.89
4.07.2020	204610	1154	0.0254	2426.041	0.025	63.89
5.07.2020	205758	1148	0.0254	2439.652	0.024	63.89
6.07.2020	206844	1086	0.0253	2452.529	0.023	63.89
7.07.2020	207897	1053	0.0253	2465.014	0.023	63.89
8.07.2020	208938	1041	0.0253	2477.357	0.022	63.89
9.07.2020	209962	1024	0.0252	2489.499	0.022	63.89
10.07.2020	210965	1003	0.0252	2501.391	0.022	63.89
11.07.2020	211981	1016	0.0252	2513.438	0.021	63.89
12.07.2020	212993	1012	0.0252	2525.437	0.021	63.89
13.07.2020	214001	1008	0.0251	2537.389	0.021	63.89
14.07.2020	214993	992	0.0251	2549.151	0.021	63.89
15.07.2020	215940	947	0.0251	2560.379	0.022	63.89
16.07.2020	216873	933	0.0251	2571.442	0.022	63.89
17.07.2020	217799	926	0.0251	2582.421	0.022	63.89
18.07.2020	218717	918	0.025	2593.306	0.022	63.89
19.07.2020	219641	924	0.025	2604.262	0.022	63.89
20.07.2020	220572	931	0.025	2615.3	0.022	63.89
21.07.2020	221500	928	0.0249	2626.304	0.022	63.89
22.07.2020	222402	902	0.0249	2636.999	0.022	42.59
23.07.2020	223315	913	0.0249	2647.824	0.022	42.59
24.07.2020	224252	937	0.0249	2658.934	0.022	42.59
25.07.2020	225173	921	0.0249	2669.854	0.021	42.59
26.07.2020	226100	927	0.0248	2680.845	0.022	42.59
27.07.2020	227019	919	0.0248	2691.742	0.021	42.59
28.07.2020	227982	963	0.0248	2703.16	0.021	42.59
29.07.2020	228924	942	0.0247	2714.329	0.021	42.59
30.07.2020	229891	967	0.0247	2725.795	0.021	42.59
31.07.2020	230873	982	0.0246	2737.438	0.021	42.59
1.08.2020	231869	996	0.0246	2749.248	0.021	42.59
2.08.2020	232856	987	0.0246	2760.951	0.022	42.59
3.08.2020	233851	995	0.0246	2772.748	0.022	42.59
4.08.2020	234934	1083	0.0245	2785.589	0.023	42.59
5.08.2020	236112	1178	0.0245	2799.557	0.023	48.15
6.08.2020	237265	1153	0.0244	2813.228	0.023	48.15
7.08.2020	238450	1185	0.0244	2827.278	0.022	48.15
8.08.2020	239622	1172	0.0243	2841.174	0.022	48.15
9.08.2020	240804	1182	0.0243	2855.189	0.021	48.15
10.08.2020	241997	1193	0.0242	2869.335	0.02	48.15
11.08.2020	243180	1183	0.0242	2883.361	0.02	48.15
12.08.2020	244392	1212	0.0241	2897.732	0.019	48.15
13.08.2020	245635	1243	0.0241	2912.47	0.019	48.15
14.08.2020	246861	1226	0.024	2927.007	0.019	48.15
15.08.2020	248117	1256	0.024	2941.899	0.019	48.15

16.08.2020	249309	1192	0.024	2956.032	0.018	48.15
17.08.2020	250542	1233	0.0239	2970.652	0.018	48.15
18.08.2020	251805	1263	0.0239	2985.627	0.017	48.15
19.08.2020	253108	1303	0.0239	3001.077	0.017	48.15
20.08.2020	254520	1412	0.0238	3017.819	0.016	48.15
21.08.2020	255723	1203	0.0238	3032.082	0.016	48.15
22.08.2020	257032	1309	0.0237	3047.603	0.015	48.15
23.08.2020	258249	1217	0.0237	3062.033	0.015	48.15
24.08.2020	259692	1443	0.0236	3079.142	0.015	48.15
25.08.2020	261194	1502	0.0236	3096.951	0.015	48.15
26.08.2020	262507	1313	0.0236	3112.52	0.014	48.15
27.08.2020	263998	1491	0.0235	3130.198	0.014	48.15
28.08.2020	265515	1517	0.0235	3148.185	0.014	48.15
29.08.2020	267064	1549	0.0235	3166.552	0.015	48.15
30.08.2020	268546	1482	0.0236	3184.123	0.015	48.15
31.08.2020	270133	1587	0.0236	3202.94	0.015	48.15
1.09.2020	271705	1572	0.0236	3221.579	0.014	44.44
2.09.2020	273301	1596	0.0236	3240.503	0.015	44.44
3.09.2020	274943	1642	0.0237	3259.972	0.015	44.44
4.09.2020	276555	1612	0.0237	3279.085	0.015	47.22
5.09.2020	278228	1673	0.0238	3298.922	0.015	47.22
6.09.2020	279806	1578	0.0238	3317.632	0.015	47.22
7.09.2020	281509	1703	0.0239	3337.824	0.015	47.22
8.09.2020	283270	1761	0.0239	3358.704	0.016	47.22
9.09.2020	284943	1673	0.024	3378.541	0.016	52.78
10.09.2020	286455	1512	0.0241	3396.469	0.015	63.89
11.09.2020	288126	1671	0.0241	3416.282	0.016	63.89
12.09.2020	289635	1509	0.0242	3434.174	0.015	73.61
13.09.2020	291162	1527	0.0242	3452.279	0.015	73.61
14.09.2020	292878	1716	0.0243	3472.626	0.015	73.61
15.09.2020	294620	1742	0.0244	3493.28	0.015	73.61
16.09.2020	296391	1771	0.0245	3514.279	0.015	73.61
17.09.2020	298039	1648	0.0245	3533.819	0.015	73.61
18.09.2020	299810	1771	0.0246	3554.818	0.016	73.61
19.09.2020	301348	1538	0.0247	3573.054	0.016	73.61
20.09.2020	302867	1519	0.0248	3591.064	0.016	73.61
21.09.2020	304610	1743	0.0249	3611.731	0.016	69.91
22.09.2020	306302	1692	0.0249	3631.793	0.015	69.91
23.09.2020	308069	1767	0.025	3652.744	0.016	69.91
24.09.2020	309790	1721	0.0251	3673.149	0.016	69.91
25.09.2020	311455	1665	0.0252	3692.891	0.015	69.91
26.09.2020	312966	1511	0.0253	3710.807	0.015	69.91
27.09.2020	314433	1467	0.0254	3728.201	0.015	69.91
28.09.2020	315845	1412	0.0255	3744.943	0.015	69.91

29.09.2020	317272	1427	0.0256	3761.863	0.014	69.91
30.09.2020	318663	1391	0.0257	3778.356	0.014	69.91
1.10.2020	320070	1407	0.0258	3795.038	0.013	69.91
2.10.2020	321512	1442	0.0259	3812.136	0.013	69.91
3.10.2020	323014	1502	0.026	3829.945	0.013	69.91
4.10.2020	324443	1429	0.026	3846.889	0.013	69.91
5.10.2020	326046	1603	0.0261	3865.895	0.013	69.91
6.10.2020	327557	1511	0.0261	3883.811	0.013	71.76
7.10.2020	329138	1581	0.0262	3902.557	0.013	71.76
8.10.2020	330753	1615	0.0262	3921.706	0.014	71.76
9.10.2020	332382	1629	0.0262	3941.021	0.014	71.76
10.10.2020	334031	1649	0.0263	3960.573	0.014	71.76
11.10.2020	335533	1502	0.0263	3978.382	0.014	71.76
12.10.2020	337147	1614	0.0264	3997.519	0.014	71.76
13.10.2020	338779	1632	0.0264	4016.869	0.014	71.76
14.10.2020	340450	1671	0.0265	4036.682	0.014	71.76
15.10.2020	342143	1693	0.0265	4056.756	0.014	71.76
16.10.2020	343955	1812	0.0266	4078.241	0.014	69.91
17.10.2020	345678	1723	0.0267	4098.67	0.015	69.91
18.10.2020	347493	1815	0.0268	4120.19	0.015	69.91
19.10.2020	349519	2026	0.0268	4144.212	0.016	69.91
20.10.2020	351413	1894	0.0269	4166.669	0.016	69.91
21.10.2020	353426	2013	0.0269	4190.537	0.016	69.91
22.10.2020	355528	2102	0.027	4215.46	0.017	69.91
23.10.2020	357693	2165	0.027	4241.131	0.017	69.91
24.10.2020	359784	2091	0.027	4265.923	0.018	69.91
25.10.2020	361801	2017	0.0271	4289.839	0.018	69.91
26.10.2020	363999	2198	0.0271	4315.9	0.018	69.91
27.10.2020	366208	2209	0.0272	4342.092	0.018	69.91
28.10.2020	368513	2305	0.0272	4369.422	0.018	69.91
29.10.2020	370832	2319	0.0272	4396.918	0.018	62.5
30.10.2020	373154	2322	0.0273	4424.45	0.017	62.5
31.10.2020	375367	2213	0.0273	4450.69	0.017	62.5
1.11.2020	377473	2106	0.0274	4475.66	0.017	62.5
2.11.2020	379775	2302	0.0274	4502.955	0.017	62.5
3.11.2020	382118	2343	0.0274	4530.735	0.017	62.5
4.11.2020	384509	2391	0.0275	4559.085	0.017	62.5
5.11.2020	386820	2311	0.0275	4586.487	0.017	62.5
6.11.2020	389256	2436	0.0275	4615.37	0.017	62.5
7.11.2020	391739	2483	0.0276	4644.811	0.017	62.5
8.11.2020	394255	2516	0.0276	4674.643	0.017	62.5
9.11.2020	396831	2576	0.0276	4705.186	0.017	62.5
10.11.2020	399360	2529	0.0277	4735.172	0.017	62.5
11.11.2020	402053	2693	0.0277	4767.103	0.017	62.5

12.11.2020	404894	2841	0.0277	4800.788	0.018	62.5
13.11.2020	407939	3045	0.0278	4836.892	0.018	62.5
14.11.2020	411055	3116	0.0278	4873.839	0.019	62.5
15.11.2020	414278	3223	0.0278	4912.053	0.019	62.5
16.11.2020	417594	3316	0.0278	4951.371	0.02	62.5
17.11.2020	421413	3819	0.0278	4996.652	0.021	62.5
18.11.2020	425628	4215	0.0278	5046.629	0.022	62.5
19.11.2020	430170	4542	0.0278	5100.483	0.024	62.5
20.11.2020	435273	5103	0.0278	5160.989	0.025	66.2
21.11.2020	440805	5532	0.0277	5226.581	0.028	66.2
22.11.2020	446822	6017	0.0277	5297.924	0.03	66.2
23.11.2020	453535	6713	0.0276	5377.52	0.033	66.2
24.11.2020	460916	7381	0.0275	5465.036	0.036	66.2
25.11.2020	467730	6814	0.0275	5545.828	0.038	66.2
26.11.2020	503738	36008	0.0258	5972.772	0.066	66.2
27.11.2020	548244	44506	0.0241	6500.475	0.1	66.2
28.11.2020	578347	30103	0.0231	6857.403	0.119	66.2
29.11.2020	607628	29281	0.0223	7204.585	0.137	66.2
30.11.2020	638847	31219	0.0215	7574.746	0.156	66.2
1.12.2020	668957	30110	0.0208	7931.757	0.173	66.2
2.12.2020	700880	31923	0.0202	8310.265	0.191	66.2
3.12.2020	733261	32381	0.0195	8694.203	0.185	66.2
4.12.2020	765997	32736	0.0189	9082.351	0.172	66.2
5.12.2020	797893	31896	0.0184	9460.539	0.173	66.2
6.12.2020	828295	30402	0.018	9821.012	0.173	66.2
7.12.2020	860432	32137	0.0176	10202.06	0.171	62.5
8.12.2020	893630	33198	0.0171	10595.68	0.171	62.5
9.12.2020	925342	31712	0.0168	10971.69	0.168	62.5
10.12.2020	1748567	823225	0.009	20732.59	0.142	62.5
11.12.2020	1780673	32106	0.009	21113.26	0.14	62.5
12.12.2020	1809809	29136	0.009	21458.73	0.137	62.5
13.12.2020	1836728	26919	0.0089	21777.9	0.133	62.5
14.12.2020	1866345	29617	0.0089	22129.07	0.131	62.5
15.12.2020	1898447	32102	0.0089	22509.7	0.13	62.5
16.12.2020	1928165	29718	0.0089	22862.06	0.128	62.5
17.12.2020	1955680	27515	0.0089	23188.31	0.148	62.5
18.12.2020	1982090	26410	0.0089	23501.45	0.144	62.5
19.12.2020	2004285	22195	0.0089	23764.61	0.141	62.5
20.12.2020	2024601	20316	0.0089	24005.49	0.138	62.5
21.12.2020	2043704	19103	0.009	24232	0.131	62.5
22.12.2020	2062960	19256	0.009	24460.31	0.123	62.5
23.12.2020	2082610	19650	0.0091	24693.3	0.116	62.5
24.12.2020	2100712	18102	0.0091	24907.94	0.11	62.5
25.12.2020	2118255	17543	0.0091	25115.94	0.103	62.5

26.12.2020	2133373	15118	0.0092	25295.19	0.097	62.5
27.12.2020	2147578	14205	0.0093	25463.62	0.092	62.5
28.12.2020	2162775	15197	0.0093	25643.81	0.09	62.5
29.12.2020	2178580	15805	0.0094	25831.21	0.088	62.5
30.12.2020	2194272	15692	0.0094	26017.27	0.086	65.28
31.12.2020	2208652	14380	0.0095	26187.77	0.084	80.09
1.01.2021	2220855	12203	0.0095	26332.46	0.083	80.09
2.01.2021	2232035	11180	0.0095	26465.02	0.082	80.09
3.01.2021	2241912	9877	0.0096	26582.13	0.08	80.09
4.01.2021	2255607	13695	0.0096	26744.51	0.079	80.09
5.01.2021	2270101	14494	0.0096	26916.36	0.078	80.09
6.01.2021	2283931	13830	0.0097	27080.35	0.077	65.28
7.01.2021	2296102	12171	0.0097	27224.66	0.074	65.28
8.01.2021	2307581	11479	0.0097	27360.76	0.072	65.28
9.01.2021	2317118	9537	0.0098	27473.84	0.07	65.28
10.01.2021	2326256	9138	0.0098	27582.19	0.068	65.28
11.01.2021	2336476	10220	0.0098	27703.37	0.065	65.28
12.01.2021	2346285	9809	0.0099	27819.67	0.061	65.28
13.01.2021	2355839	9554	0.0099	27932.95	0.058	65.28
14.01.2021	2364801	8962	0.0099	28039.21	0.056	65.28
15.01.2021	2373115	8314	0.01	28137.79	0.055	73.61
16.01.2021	2380665	7550	0.01	28227.31	0.053	73.61
17.01.2021	2387101	6436	0.0101	28303.62	0.052	73.61
18.01.2021	2392963	5862	0.0101	28373.13	0.049	73.61
19.01.2021	2399781	6818	0.0101	28453.97	0.047	73.61
20.01.2021	2406216	6435	0.0102	28530.27	0.044	73.61
21.01.2021	2412505	6289	0.0102	28604.83	0.042	73.61
22.01.2021	2418472	5967	0.0102	28675.58	0.04	73.61
23.01.2021	2424328	5856	0.0103	28745.02	0.039	73.61
24.01.2021	2429605	5277	0.0103	28807.59	0.038	73.61
25.01.2021	2435247	5642	0.0104	28874.48	0.038	64.35
26.01.2021	2442350	7103	0.0104	28958.7	0.038	69.91
27.01.2021	2449839	7489	0.0104	29047.5	0.038	69.91
28.01.2021	2457118	7279	0.0104	29133.81	0.039	69.91
29.01.2021	2464030	6912	0.0104	29215.76	0.04	69.91
30.01.2021	2470901	6871	0.0105	29297.23	0.041	73.61
31.01.2021	2477463	6562	0.0105	29375.03	0.042	73.61
1.02.2021	2485182	7719	0.0105	29466.56	0.044	68.06
2.02.2021	2492977	7795	0.0105	29558.98	0.047	68.06
3.02.2021	2501079	8102	0.0105	29655.05	0.049	68.06
4.02.2021	2508988	7909	0.0105	29748.82	0.051	68.06
5.02.2021	2516889	7901	0.0106	29842.51	0.053	68.06
6.02.2021	2524786	7897	0.0106	29936.14	0.054	68.06
7.02.2021	2531456	6670	0.0106	30015.22	0.055	68.06

8.02.2021	2539559	8103	0.0106	30111.3	0.055	69.44
9.02.2021	2548195	8636	0.0106	30213.7	0.056	69.44
10.02.2021	2556837	8642	0.0106	30316.16	0.058	69.44
11.02.2021	2564427	7590	0.0106	30406.16	0.058	69.44
12.02.2021	2572190	7763	0.0106	30498.2	0.059	69.44
13.02.2021	2579896	7706	0.0106	30589.57	0.06	69.44
14.02.2021	2586183	6287	0.0106	30664.12	0.061	69.44
15.02.2021	2594128	7945	0.0106	30758.32	0.062	72.22
16.02.2021	2602034	7906	0.0106	30852.06	0.063	72.22
17.02.2021	2609359	7325	0.0106	30938.91	0.063	72.22
18.02.2021	2616600	7241	0.0106	31024.77	0.063	72.22
19.02.2021	2624019	7419	0.0106	31112.74	0.064	72.22
20.02.2021	2631876	7857	0.0106	31205.89	0.065	72.22
21.02.2021	2638422	6546	0.0106	31283.51	0.065	72.22
22.02.2021	2646526	8104	0.0106	31379.6	0.065	72.22
23.02.2021	2655633	9107	0.0106	31487.58	0.066	72.22
24.02.2021	2665194	9561	0.0106	31600.94	0.068	72.22
25.02.2021	2674766	9572	0.0106	31714.44	0.07	72.22
26.02.2021	2683971	9205	0.0106	31823.58	0.071	72.22
27.02.2021	2693164	9193	0.0106	31932.58	0.072	72.22
28.02.2021	2701588	8424	0.0106	32032.46	0.074	72.22
1.03.2021	2711479	9891	0.0106	32149.74	0.075	66.67
2.03.2021	2723316	11837	0.0105	32290.09	0.077	64.81
3.03.2021	2734836	11520	0.0105	32426.68	0.078	64.81
4.03.2021	2746158	11322	0.0105	32560.93	0.079	64.81
5.03.2021	2757460	11302	0.0105	32694.93	0.08	64.81
6.03.2021	2769230	11770	0.0105	32834.49	0.082	64.81
7.03.2021	2780417	11187	0.0104	32967.13	0.083	64.81
8.03.2021	2793632	13215	0.0104	33123.82	0.086	64.81
9.03.2021	2807387	13755	0.0104	33286.91	0.087	72.22
10.03.2021	2821943	14556	0.0104	33459.5	0.09	72.22
11.03.2021	2835989	14046	0.0103	33626.04	0.092	72.22
12.03.2021	2850930	14941	0.0103	33803.2	0.095	72.22
13.03.2021	2866012	15082	0.0103	33982.02	0.097	72.22
14.03.2021	2879390	13378	0.0102	34140.64	0.099	72.22
15.03.2021	2894893	15503	0.0102	34324.46	0.1	72.22
16.03.2021	2911642	16749	0.0102	34523.05	0.101	72.22
17.03.2021	2930554	18912	0.0101	34747.29	0.103	72.22
18.03.2021	2950603	20049	0.0101	34985.01	0.105	72.22
19.03.2021	2971633	21030	0.01	35234.36	0.107	72.22
20.03.2021	2992694	21061	0.01	35484.08	0.108	72.22
21.03.2021	3013122	20428	0.01	35726.29	0.109	72.22
22.03.2021	3035338	22216	0.0099	35989.7	0.11	72.22
23.03.2021	3061520	26182	0.0099	36300.14	0.112	72.22

24.03.2021	3091282	29762	0.0099	36653.03	0.116	72.22
25.03.2021	3120013	28731	0.0098	36993.69	0.119	72.22
26.03.2021	3149094	29081	0.0098	37338.5	0.122	72.22
27.03.2021	3179115	30021	0.0097	37694.45	0.125	72.22
28.03.2021	3208173	29058	0.0097	38038.99	0.128	72.22
29.03.2021	3240577	32404	0.0096	38423.2	0.133	72.22
30.03.2021	3277880	37303	0.0096	38865.5	0.138	72.22
31.03.2021	3317182	39302	0.0095	39331.5	0.142	72.22
1.04.2021	3357988	40806	0.0094	39815.33	0.148	72.22
2.04.2021	3400296	42308	0.0094	40316.97	0.153	72.22
3.04.2021	3445052	44756	0.0093	40847.64	0.16	72.22
4.04.2021	3487050	41998	0.0093	41345.61	0.165	72.22
5.04.2021	3529601	42551	0.0092	41850.13	0.169	72.22
6.04.2021	3579185	49584	0.0091	42438.04	0.173	72.22
7.04.2021	3633925	54740	0.0091	43087.09	0.175	72.22
8.04.2021	3689866	55941	0.009	43750.38	0.178	72.22
9.04.2021	3745657	55791	0.0089	44411.89	0.179	72.22
10.04.2021	3798333	52676	0.0089	45036.46	0.179	72.22
11.04.2021	3849011	50678	0.0088	45637.34	0.179	72.22
12.04.2021	3903573	54562	0.0088	46284.28	0.18	72.22
13.04.2021	3962760	59187	0.0087	46986.06	0.181	83.33
14.04.2021	4025557	62797	0.0086	47730.63	0.184	83.33
15.04.2021	4086957	61400	0.0086	48458.65	0.186	83.33
16.04.2021	4150039	63082	0.0085	49206.6	0.188	83.33
17.04.2021	4212645	62606	0.0085	49948.92	0.191	83.33
18.04.2021	4268447	55802	0.0084	50610.56	0.193	83.33
19.04.2021	4323596	55149	0.0084	51264.45	0.191	83.33
20.04.2021	4384624	61028	0.0084	51988.05	0.191	83.33
21.04.2021	4446591	61967	0.0083	52722.79	0.19	83.33