



İTALYA'DA COVID-19'UN BÖLGELER ARASI YAYILIMI: KEŞFEDİCİ MEKANSAL VERİ ANALİZİ

COVID-19 SPREAD IN REGIONS OF ITALY: EXPOLATORY SPATIAL DATA ANALYSIS

Fatma ZEREN¹ - Veli YILANCI² - Hüseyin İŞLEK³

Öz

Bu çalışmada COVID-19'un İtalya'da birbirine komşu olan bölgeler arasında yayılma durumu mekansal bağımlılık istatistiği Moran I ile araştırılmıştır. Bu amaçla, İtalyanın 20 bölgesine ait veriler kullanılarak tek değişkenli ve iki değişkenli Global ve Local Moran I istatistikleri hesaplanmıştır. Tek değişkenli Moran I istatistiğinin sonucuna göre, bölgeler arasında sınır geçişleri yasaklanmadan önce COVID-19 bulaşıcı hastalığının komşular arasında yayıldığı sonucuna ulaşılmıştır. İki değişkenli Moran I istatistiği ile mekansal yayılmanın gecikmeli etkisi araştırılmıştır. İki değişkenli Moran I istatistiğinin sonucuna göre ise ilk 14 günde komşu bölgelerde ortaya çıkan toplam vaka sayısının ikinci 14 gündeki toplam vaka sayısının nedenlerinden biri olduğu söylenebilir. Bu bulgular neticesinde iller veya bölgeler arası geçişlerin daha erken durdurulması ile COVID-19 gibi bulaşıcı hastalıkların çok hızlı yayılmasının engellenebileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Mekansal Ekonometri, İtalya

JEL Sınıflandırması: C21, I18

Abstract

In this study, the spreading status of COVID-19 infectious disease among neighboring regions was investigated with the spatial dependency statistic Moran I. For this purpose, using data from 20 regions of Italy, univariate and bivariate Global and Local Moran I statistics were calculated. According to the result of the univariate Moran I statistic, it was concluded that COVID-19 infectious disease spread among neighbors before border crossings between regions were banned. The lagged effect of spatial propagation was investigated with the bivariate Moran I statistic. According to the result of the bivariate Moran I statistic, it can be said that the total number of cases occurring in neighboring regions in the first 14 days is one of the reasons for the total number of cases in the second 14 days. As a result of these findings, it can be said that by stopping the transits between provinces or regions earlier, the rapid spread of infectious diseases such as COVID-19 can be prevented.

Keywords: COVID-19, Spatial Econometrics, Italy

JEL Classification: C21, I18

¹ Doç. Dr., İnönü Üniversitesi, İİBF, Ekonometri, fatma.zeren@inonu.edu.tr, Orcid: 0000-0002-3817-6349

² Doç. Dr., Sakarya Üniversitesi, SBF, Ekonometri, yilanci@sakarya.edu.tr, Orcid: 0000-0001-5738-690X

³ Araş. Gör. Muş Alparslan Üniversitesi, İİBF, İktisat, h.islek@alparslan.edu.tr, Orcid: 0000-0001-7848-6299

1. GİRİŞ

Koronavirüsler insan ve çeşitli hayvan türlerinde merkezi sinir sistemide dahil olmak üzere çeşitli rahatsızlıklara neden olan patojenlerdir. Şu ana kadar koronavirüslerin alfacoronavirus, betacoronavirus, gammacoronavirus ve deltacoronavirus şeklinde tespit edilen dört türü bulunmaktadır. Bunlardan sadece alfacoronavirus ve betacoronavirus memeliler üzerinde etkilidir. Diğerlerinin de bazen memelileri enfekte edebilirken genelde kuşları enfekte ettiği bilinmektedir (Cui et al., 2019). İnsanlar üzerinde etkili olduğu bilinen ise altı koronavirüs çeşidi vardır. Bunlardan HCoV-229E ve HCoV-NL63 alfakoronavirüs türüne bağlı iken HCoV-OC43, HCoV-HKU1, The Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus (SARS-CoV) ve The Middle East Respiratory Failure Syndrome Coronavirus (MERS-CoV) ise betacoronavirus türüne aittir (Fung and Liu, 2019).

SARS-CoV virüsü Kasım 2002'de Çin'in Guangdong eyaletinde ortaya çıkmıştır. İnsandan insana yayılabilen bu virüs kısa sürede Güneydoğu Asya, Kuzey Amerika ve Avrupada salgınlara yol açarak 21. yüzyılın ilk pandemisine neden olmuştur. Temmuz 2003'e kadar devam eden bu pandemi sonucunda Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 8437 vaka tesbit etmiştir. Bu vakaların 813'ü ölümlerle sonuçlanmıştır (Zhong et al., 2003). SARS-CoV virüsünden sonra ortaya çıkan ve büyük bir küresel halk sağlığı sorununa yol açan MERS-CoV virüsü ise ilk olarak 2012 yılında Suudi Arabistanda ortaya çıkmış ve 27 ülke bu virüsten etkilenmiştir. 2012 Eylül ayından bu yana MERS-CoV virüsünden dolayı 2494 kişi enfekte olmuş ve 858 kişi ise yaşamını yitirmiştir (Peeri et al. 2020; World Health Organization, 2020).

Günümüzde hala etkisini devam ettirmekte olan koronavirüs ailesine bağlı yeni tip bir koronavirüs ise Çin'in Wuhan eyaletinde Aralık 2019 da ortaya çıkmıştır. Devam eden haftalarda Çin'de ve diğer ülkelerde çok hızlı bir şekilde yayılım gösteren yeni tip koronavirüsün viral gen dizisi Çin halk sağlığı tarafından erken tanı amacıyla bütün dünya ile paylaşılmıştır (Zu et al., 2020). 11 Şubat 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından yeni tip koronavirüsün neden olduğu salgın hastalık koronavirüs rahatsızlığı 2019 (COVID-19) olarak isimlendirdi. 11 Mart 2020 tarihinde DSÖ tarafından COVID-19 pandemi olarak ilan edildi. COVID-19 nedeniyle ilk ölüm vakası 9 Ocak 2020 tarihinde kayıtlara geçmiştir (World Health Organization, 2020).

COVID-19, Çin'de ortaya çıkmış olmasına rağmen küresel bir salgın haline gelmiş bulunmaktadır. Dünya genelinde günümüze kadar ortaya çıkan vaka sayısı 43.023.518 iken yaşamını yitirenlerin sayısı 1.155.938'e ulaşmıştır. Virüsün ortaya çıktığı Çin'de ise günümüze kadar ortaya çıkan vaka sayısı 91.507 iken yaşamını yitirenlerin sayısı 4746 olmuştur (World Health Organization, 2020; Erişim Tarihi 20.10.2020). DSÖ tarafından 11 Mart 2020'de salgının merkez üssünün Avrupa olduğu açıklanmıştır. Avrupa, günümüze kadar onaylanmış 8.027.954 vaka sayısı ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Avrupa'da özellikle İngiltere, İtalya, Fransa ve İspanya yüksek ölüm oranlarıyla öne çıkmaktadır. Bu ülkelerdeki ölüm sayıları; İngiltere'de 43.646, İtalya'da 36.543, Fransa'da 33.204 ve İspanya'da ise 33.775 olarak gerçekleşmiştir (World Health Organization, 2020; Erişim Tarihi 20.10.2020).

Bu çalışmada incelenecek olan İtalya'da ilk vaka 31 Ocak tarihinde Roma'da iki Çinli turistin testlerinin pozitif çıkmasıyla gerçekleşmiştir. Bir hafta sonra ise Çin'in Wuhan kentinden İtalyaya dönen bir italyan hastaneye kaldırılarak üçüncü vaka da gerçekleşmiş oldu. Daha sonra 21 şubat tarihinde Lombardiya'da 16 onaylanmış vaka gerçekleşti. İtalya da ilk ölüm vakası 22 şubatta görülmüştür. Mart ayının başında ise virüs bütün İtalyaya yayılmıştır.

COVID-19 salgınının ortaya çıkması bir çok ülkeyi çeşitli önlemler almak zorunda bırakmıştır. Bu önlemler virüsün yayılma hızının azaltılması, enfekte olan hasta sayısını

azaltmak ve sağlık çalışanları üzerindeki baskıyı hafifletmek gibi temel amaçlara hizmet etmektedir. Bu önlemler, toplu etkinliklerin iptal edilmesi, gerekli olmadıkça insanların evde çalışması, okulların ve ticari faaliyetlerin sınırlandırılması ve dışarı çıkma özgürlüklerinin kısıtlanması gibi önlemlerdir (Briscese et al., 2020).

İtalya hükümeti de salgınla mücadelede çeşitli önlemlere başvurmuştur. Öncelikle, 30 Ocak tarihinde Çin ile bütün uçuşları askıya alınmıştır. 31 Ocakta ise bütün ülkede olağanüstü hal ilan edilmiştir. 23 Şubatta 11 kasabaya giriş-çıkış yasağı, lig maçlarının ertelenmesi, okulların kapatılması ve karnaval kutlamalarının durdurulması kararları yürürlüğe sokulurken, 2 mart tarihinde ailelere, çalışanlara ve işletmelere acil destek paketi çıkarılmıştır. 7 Mart gecesi karantina önlemlerinin sınırları genişletilerek Lombardiya bölgesinin tamamı ile 14 vilayete daha uygulanmaya başlanmış, 10 Mart tarihinde ise Kuzey bölgesi için uygulanan önlemler bütün ülkeye uygulanmaya başlanmıştır.

İtalya Sağlık Bakanlığının 20 Mart tarihinde hareket serbestisinin daha da kısıtlamasını istemesi üzerine, 21 Martta zorunlu olmayan üretim, sanayi ve işletmelerin faaliyetleri askıya alınarak kısıtlamanın düzeyi arttırılmıştır. 1 Nisan da kısıtlama süresinin 13 Nisana kadar devam edeceği açıklanırken, 10 Nisan'da söz konusu 3 Mayıs'a kadar uzatıldığı açıklanmıştır. 26 Nisan tarihinde, 4 Mayıs'ta yürürlüğe girecek ikinci aşama planları açıklanmış ve bu süreçten sonra aşamalı bir şekilde kısıtlamaların kaldırılmasına yönelik bir takım kararlar alınmıştır.

Bu çalışmada İtalya'nın 20 bölgesi için COVID-19 verileri kullanılarak komşu bölgeler arasında COVID-19 hastalığının yayılma durumu araştırılmıştır. Bu amaçla COVID-19 vakalarının ortaya çıktığı ilk 14 gün ile sonraki 14 gün vaka sayıları kullanılmıştır. Bunun nedeni İtalya'da bütün ülke için alınan önlemlerden önce mekansal yayılımın gerçekleşip gerçekleşmediğinin belirlenmesidir. Mekansal yayılımın varlığını araştırmak için önemli bir analiz aracı keşfedici mekansal veri analizidir. Literatürde SARS, MERS, H1N1 vb. gibi salgın hastalıkların mekansal özelliklerinin ortaya çıkartılması amacıyla birçok çalışmada keşfedici mekansal veri analizi kullanılmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada komşu bölgeler arasındaki COVID-19 yayılımının araştırılması amacıyla keşfedici mekansal veri analiz araçlarından olan tek değişkenli ve iki değişkenli Moran I istatistikleri ve Lokal Mekansal Etkileşim Göstergesi (local indicator of spatial association -LISA) kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonraki bölümünde literatür özeti verilecek olup üçüncü bölümde ekonometrik yöntem tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde ise veri ve analiz sonuçlarına yer verilecek, son bölümde ise çalışmanın sonuç kısmı yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Tarihin çeşitli dönemlerinde virüs kaynaklı salgın hastalıklar insanoğlunu etkilemiştir. Bu virüsler bireysel ve toplumsal açıdan birçok olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzlukları azaltmak için salgın hastalıkların yayılmasını etkileyen faktörleri belirlemek oldukça önemlidir. Bu nedenle literatürde salgın hastalıkların yayılımını inceleyen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Salgın hastalıkların mekansal yayılımını inceleyen çalışmalar mekansal etkileri ortaya çıkarması bakımından ayrıca önemlidir. Salgın hastalıkları mekansal açıdan inceleyen bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Meng vd (2005) çalışmalarında Çin'in başkenti Beijing'de SARS virüsünün yayılımını etkileyen faktörleri ve mekansal özelliklerini ortaya koymak için mekansal analiz yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın bulguları bulaşıcılık döneminde doktor sayısının hastane sayısından daha önemli olduğunu ayrıca nüfus yoğunluğunun da SARS virüsünün yayılmasında önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Fang vd. (2009) Çin’de SARS virüsünün bölgesel yayılımını araştırmışlardır. Yapmış oldukları çalışmada Kasım 2002 ve Mayıs 2003 arasında ortaya çıkan SARS vaka sayılarını mekansal analiz yöntemleri ile incelemiş ve SARS salgınının Guangdong ve Beijing bölgelerinde kümelendiği sonucunu elde etmiştir.

Lee ve Wong (2011) Hong Kong’da 2009 yılında H1N1 salgınının mekansal ve zamansal dinamiklerini incelemişlerdir. Bu amaçla Global ve Lokal Moran I istatistiklerini kullanmışlardır. H1N1 virüsünün Hong Kong’da mekansal ve zamansal kümelenmesinin homojen olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Malcolm (2014)’un ABD kıtasında 1968-2008 yılları arasında grip salgınının yayılımını ortaya koymak yapmış olduğu çalışmada, mekansal otokorelasyon ve basit korelasyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın bulguları mekansal olarak yakın eyaletlerin salgının bütün aşamalarında yüksek korelasyona sahip olduğunu göstermektedir.

Olugasa vd. (2014), çalışmalarında Liberya’da Lassa Humması’nın mekansal davranışlarını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu amaçla 2008-2012 yılları arasındaki verileri kullanarak mekansal regresyon modelleri tahmin etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Lassa Humması ile mekansal özellikler arasında önemli bir mekansal otokorelasyon ilişkisi bulunmuştur.

Hafeez vd. (2017) Lahor’da Dang humması salgınının mekansal otokorelasyonunu ve zaman dinamiklerini ortaya koymak için Local Index of Spatial Autocorrelation (LISA) yöntemi kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre Lahor’un Dang Humması riski altında olduğu bulgularına ulaşmıştır.

Dhewantara vd. (2019) çalışmalarında Endonezya’nın Bali adalarında Dang Humması’nın mekansal ve zamansal özelliklerini araştırmışlardır. Bu amaçla Moran I ve LISA yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın bulguları Bali’de Dang Humması’nın mekansal olarak kümelenmediğini göstermektedir.

Al-Ahmadi vd. (2020) çalışmalarında Suudi Arabistan için 2012-2019 yıllarına ilişkin hem hasta özellikleri hem de bölgesel özellikleri dikkate alarak Mers Koronavirüsün (MERS-COV) mekansal değişimini incelemişlerdir. Çalışmanın bulguları Suudi Arabistanda MERS-COV etkisinin önemli mekansal kümelere sahip olduğunu göstermektedir.

Kang vd. (2020) çalışmalarında Çin’de COVID-19’un mekansal özelliklerini Moran I istatistiğini kullanarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda Çin’de COVID-19’un mekansal bir yayılım gösterdiğini bulmuşlardır.

Kim ve Castro (2020) Güney Kore’de COVID-19’un mekansal yayılımını incelemişlerdir. Bu amaçla 20 Ocak-31 Mayıs tarihleri arasında illere ait COVID-19 verileri kullanarak Moran I istatistiği ile mekansal korelasyon analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda güçlü bir mekansal korelasyon ilişkisi bulunmuştur.

3. YÖNTEM

Mekansal korelasyon bir harita üzerindeki birbirine yakın konumlara ait değerler arasındaki pozitif yada negatif ilişkidir (Griffith ve Chun, 2014). Bu korelasyonu ortaya çıkaran etmen, konumların birbirlerine yakınlığıdır. Bu yakınlık nedeniyle komşu bölgeler arasında etkileşim veya bilgi yayılması daha fazladır. Komşu bölgeler arasında mekansal kümelenmenin düzeyi ve yapısı bu korelasyon ile ölçülmektedir. Mekansal korelasyonu ölçmek için çok sık kullanılan istatistiklerden biri de Moran I indeksidir. Tek bir değişken için bu indeks aşağıdaki gibidir (Anselin et al. 2002).

$$I_U = \frac{Y'WY}{n} \quad (1)$$

Y , mekansal korelasyonu araştırılan değişkeni göstermektedir. n , çalışma alanındaki toplam gözlem sayısını göstermektedir. W , $(n \times n)$ boyutlu mekansal etkileşimi ölçen mekansal ağırlık matrisidir. w_{ij} , ağırlık matrisinin her bir elemanını göstermektedir. Bu çalışmada en yakın k ağırlık matrisi kullanılmıştır. Bu ağırlık matrisine göre her bir konumun merkezine en yakın k merkez komşu olarak atanır ve bu komşu gözlemleri temsilen ağırlık matrisinde 1 değeri kullanılır. Komşu olmayan gözlemler ise 0 ile belirtilir.

Burada W , satır-düzeyinde standartlaştırılmış ($\sum w_{ij} = 1$) mekansal ağırlık matrisidir. Bu ağırlık matrisi her gözlemin diğer gözlemlerle yakınlığını (komşuluğunu) ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu matrisin elemanları komşu olan gözlemler için 1 değerini, komşu olmayan gözlemler için ise 0 değerini almaktadır.

Tek bir değişken için ölçülebilen böyle bir mekansal bağımlılık ilişkisi iki farklı değişken için de ölçülebilmektedir. Bu korelasyona ise iki değişkenli mekansal korelasyon adı verilmektedir. x_i değişkeni ile $\sum_j w_{ij}y_j$ değişkenleri arasındaki iki değişkenli mekansal korelasyondur. Moran I saçılım diyagramında x ekseninde x_i değişkeni yer alırken y ekseninde ise mekansal gecikmeli y_i değişkeni yer almaktadır. İki değişkenli Moran I istatistiği şöyledir:

$$I_B = \frac{x'WY}{n} \quad (2)$$

Buradaki x_i ve y_i değişkenleri standartlaştırılmış değişkenlerdir, yani ortalamaları 0 ve varyansları ise 1'dir. İki değişkenli mekansal korelasyonun özel bir durumu ise zamanın iki farklı noktasındaki aynı değişkenleri kıyaslamak amacıyla kullanılan bir istatistiktir. t zaman periyodundaki bir değişkenin değeri $z_{i,t}$ olsun. Bu değişkenin bir önceki zaman periyodundaki komşu bölgelerdeki değeri $\sum_j w_{ij} z_{i,t-1}$ olarak gösterilsin. Bu kavramın doğal yorumu $z_{i,t}$ ile $\sum_j w_{ij} z_{i,t-1}$ arasındaki korelasyondur. Bu korelasyona space-time (uzay-zaman) korelasyon adı verilmektedir ve bu korelasyonu ölçen Moran I indeksi ise şöyledir:

$$I_T = \frac{z_t'Wz_{t-1}}{n} \quad (3)$$

Bu istatistik, çalışma uzayında kümelenmenin olup olmadığı hususunda herhangi bir bilgi vermemektedir. Lokal Mekansal Etkileşim Göstergesi (local indicator of spatial association -LISA) her bir mekansal birim (bölge) için mekansal etkileşimi ölçmektedir ve bu etkileşimin türü hakkında bilgi vermektedir. Yukarıdaki denklemi bireysel gözlemlerin katkıları yönünde ayrıştırabiliriz. İki değişkenli LISA indeksi şöyledir

$$I_{t,t-1} = z_t^i \sum_j w_{ij} z_{t-1}^j \quad (4)$$

Mekansal etkileşimi lokal düzeyde ele alan bu istatistik ile, yüksek ve düşük değerlere sahip bölgelerin kümelenip kümelenmediği bilgisine ulaşılmaktadır. Bu indeks ile dört ayrı ilişkinin varlığı ortaya çıkarılabilir. Pozitif korelasyonun iki kategorisi ve negatif otokorelasyonun iki kategorisi sözkonusudur. Pozitif korelasyonda *hot spot alanlar* (*High-High, HH*) ve *cold spot alanlar* (*Low-Low, LL*) mevcuttur. Benzer değerli bölgelerin birarada kümelenme gösterdiği bu korelasyon türünde hot spot alanlarda ilgili değişkenin yüksek değerli bölgeleri birarada kümelenmiştir. Cold spot alanlarda ise ilgili değişkenin düşük değerli bölgeleri birarada kümelenmiştir. Negatif korelasyon durumunda da iki kategori sözkonusudur; yüksek değerli bir bölgeyi düşük değerli komşuların çevrelemesi veya düşük

değerli bölgelerin yüksek değerli bölgeler ile çevrili olması. Bu korelasyon türü ile mekansal olarak sapan alanlar tespit edilebilmektedir.

Hem tek değişkenli hem de iki değişkenli Global Moran I ve Lokal Moran I istatistiklerinin anlamlığı rasgele sıralama yaklaşımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımda ilgili değişkenlerin gözlenen değerleri rassal olarak konumlara yeniden dağıtılır ve her dağılım sonrasında istatistikler tekrar hesaplanır. Böylece ilgili istatistiğin referans dağılımı elde edilir.

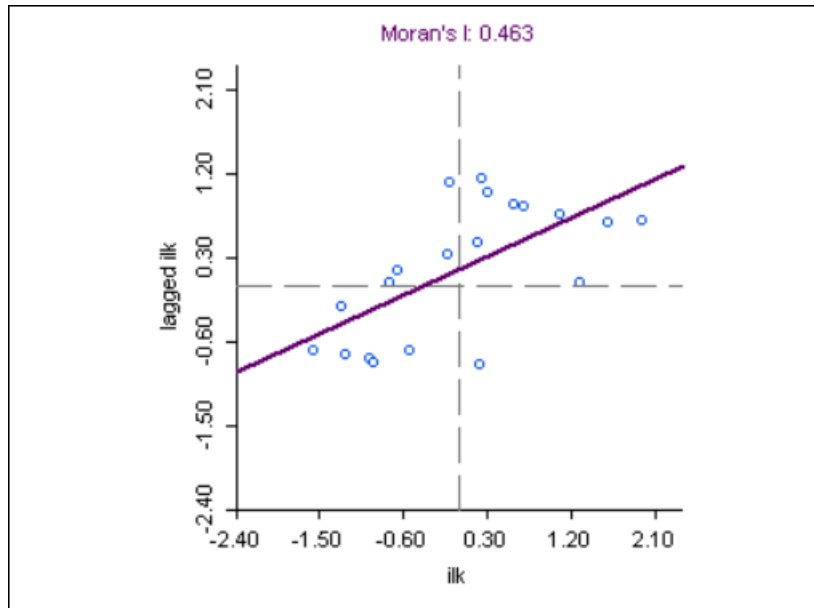
4. VERİ VE AMPİRİK BULGULAR

Komşu iller yada bölgeler arasında COVID-19 bulaşıcı hastalığın yayılma durumunu araştırmak amacıyla İtalya'nın 20 bölgesi için COVID-19 hastalığına ait veriler kullanılmıştır. Bu çalışmanın iller bazında yapılması daha etkili olacaktır. Çünkü iller bazında yapılacak olan çalışmada hem gözlem sayısının daha fazla olması nedeniyle etkin tahminler elde edilecektir, hem de mekânsal etkileşimin daha yoğun olacağı beklentisi söz konusudur. Ancak iller bazında sağlıklı veri sağlanamadığından bölgeler bağlamında bu çalışma yapılmıştır.

Her bir bölge için ilk 14 gün boyunca ortaya çıkan toplam vaka sayılarının nüfusa oranı (İLK) ve ikinci 14 gün boyunca ortaya çıkan vaka sayılarının nüfusa oranları (İKİNCİ) analiz amacıyla kullanılmıştır. Analiz bulguları GeoDa programı yardımıyla elde edilmiştir.

Çalışmanın amacı komşu bölgeler arasındaki hastalığın yayılma durumunu araştırmak olduğundan keşfedici mekansal analiz ampirik araştırma için tercih edilmiştir. Öncelikle İtalya'nın bölgeleri arasında COVID-19 vakalarının ortaya çıktığı ilk 14 günde (28 Şubat-8 Mart) komşu bölgeler arasında yayılmanın var olup olmadığı tek değişkenli Moran I ve Local Moran I istatistikleri aracılığı ile incelenmiştir. (1) nolu denklemdeki Y değişkeni için İLK verisi kullanılarak test istatistiği hesaplanmıştır. Bu test istatistiği aynı zamanda WY değişkeni ile Y değişkeni arasındaki regresyonun tahmin edilmesi sonucu elde edilen doğrunun eğimidir. Bu regresyon ilişkisi serpilme diyagramı ile de gösterilebilir. Komşuluğu ölçen ağırlık matrisi olarak en yakın 5 komşuya göre ağırlık matrisi oluşturulmuştur.

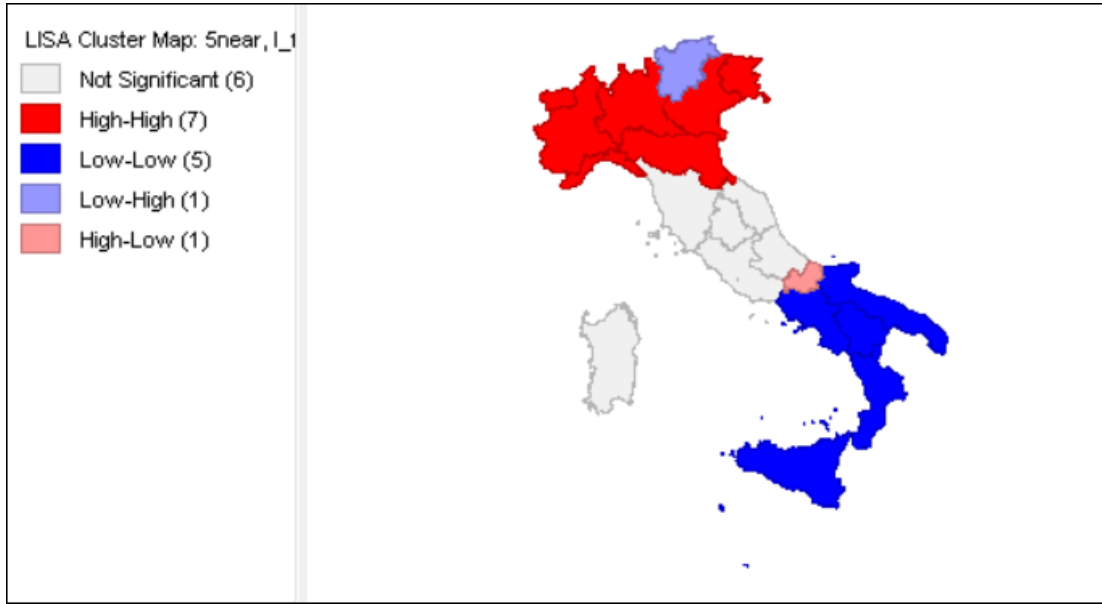
Tek değişkenli Moran I istatistiğine ait serpilme diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Tek Değişkenli Moran I Serpilme Diyagramı

Moran I katsayısı % 1'e göre anlamlıdır ve tahmin edilen katsayı 0.463'tür. Bu katsayı 0.5'e çok yakındır. Komşu bölgeler arasında hastalığın yayılma düzeyinin orta düzeyde olduğu söylenebilir. İtalya bölgeler ve iller arasındaki geçiş yasağını tüm ülke için 10 Mart tarihinde uygulamıştır. Bu nedenle bu tarihe kadar mekânsal olarak hastalık yayılmıştır ve bu yayılmanın önemli derecede olduğu görülmektedir.

Mekânsal yayılımın bireysel olarak bölgeler bağlamında ele alan Local Moran I ya da LISA istatistiğine ait kümeleme haritası (Şekil 2) GeoDa programı ile elde edilmiştir.

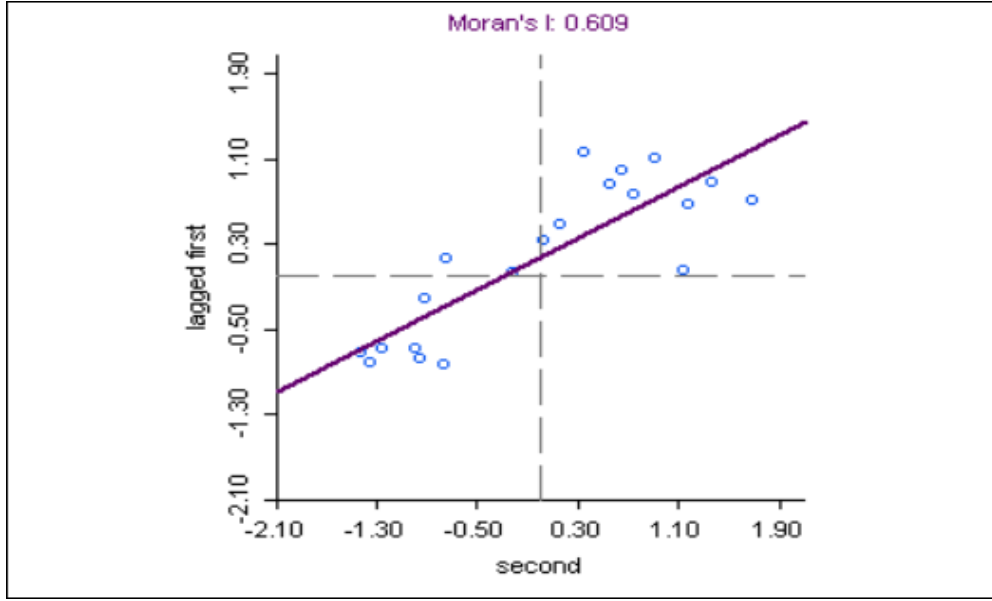


Şekil 2: Lokal Moran I (LISA) Kümeleme Haritası

Haritadan görüldüğü üzere, ilk 14 gün içerisinde ortaya çıkan vaka sayısının en yüksek olduğu bölgeler, İtalya'nın kuzey batısında yer alan bölgelerdir ve bu bölgeler *hot spot* bölgelerdir. Yani komşularının da vaka sayılarının yüksek olduğu bölgelerdir. Bu bölgeler arasında yayılım daha fazla meydana gelmiştir. *Hot spot* bölgeleri kırmızı renkle gösterilen bölgeler olup sırasıyla şöyledir: Piemonte, Valle d' Aosta, Lombardia, Veneto, Liguria, Friuli Venezia Giulia ve Emilia-Romagna'dır.

Cold spot bölgeler ise vaka sayılarının düşük olduğu ve çevreleyen komşularda da vaka sayılarının da düşük olduğu bölgelerdir. Bu bölgelerde düşük düzeyde de olsa COVID-19 vaka sayılarında mekânsal yayılma söz konusudur. *Cold spot* bölgeler ise Puglia, Campania, Calabria, Sicilia ve Basilicata'dır.

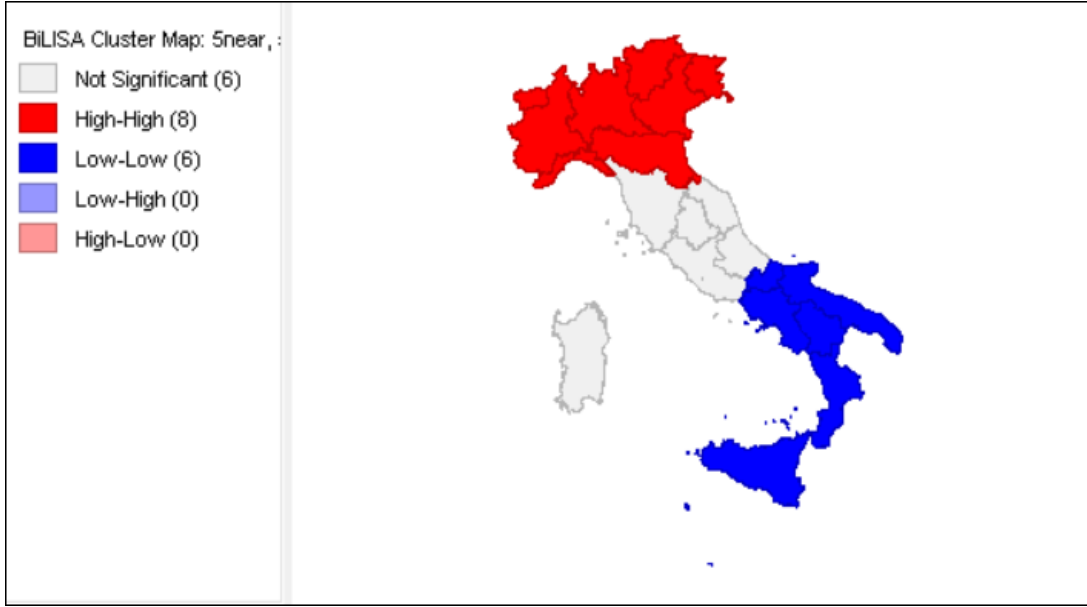
Keşfedici mekânsal analizlerden bir diğeri ise *iki değişkenli Moran I* istatistiğidir. Bu istatistik mekânsal gecikmeli *ilk* değişkeni ile *ikinci* değişkeni arasındaki korelasyonu ölçmektedir. Diğer bir ifadeyle, ikinci 14 günde ortaya çıkan toplam vaka sayılarına, komşu bölgelerdeki ilk 14 gündeki toplam vaka sayılarının etkisini araştırmaktadır. Bu etki (3) nolu denklem kullanılarak hesaplanır ve bu denklemdeki z_{t-1} için İLK verisi ve z_t değişkeni için ise İKİNCİ verisi kullanılmıştır. Bu aynı zamanda Wz_{t-1} 'in z_t üzerine regresyonun eğimidir. Bu regresyon ilişkisini gösteren Moran I serpilme diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: İki Değişkenli Moran I Serpilme Diyagramı

Görüldüğü üzere Moran I katsayısı ortalama düzeyin üzerindedir ve bu katsayı tahmini % 1 düzeyinde anlamlıdır. Sınırların geç kapatılmış olması nedeniyle komşu bölgelerdeki ilk 14 gündeki toplam vaka sayılarının, ikinci 14 günde ortaya çıkan toplam vaka sayılarına etki ettiği görülmektedir. *İlk* ve *ikinci* değişken arasındaki mekânsal korelasyon 0.60'dır. Bu değer 1'e daha yakın olduğundan gecikmeli mekânsal yayılımın da önemli düzeyde ortaya çıktığı söylenebilir. Yayılmanın bu kadar güçlü olmasının nedenlerinden birisi de COVID-19'un bulaşıcı etkisinin çok hızlı olmasıdır.

Gecikmeli mekânsal etkiyi her bir bölge bağlamında ele alan Lokal Moran I katsayısına ait kümelenme haritası Şekil 4'teki gibidir. Bu şekil iki tür korelasyon türünü ortaya çıkarmaktadır: Pozitif mekânsal korelasyon (H-H ve L-L) ve negatif mekânsal korelasyon (H-L ve L-H). Pozitif mekânsal korelasyon, mekânsal yayılmanın göstergesi olarak kullanılırken, negatif korelasyon ise mekânsal sapan değerleri temsil etmektedir. Bu nedenle yalnızca pozitif mekânsal korelasyon, mekânsal etkileşim açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle yalnızca pozitif mekânsal korelasyon burada açıklanacaktır.



Şekil 4: İki Değişkenli Lokal Moran I (LISA) Saçılım Diyagramı

H-H bölgelerinde ikinci hafta vaka sayısı yüksek bölgeleri çevreleyen komşu bölgelerinde de ilk haftadaki vaka sayısı yüksektir. H-H bölgelerine genellikle *hot spot bölgeler* adı verilmektedir. Bu bölgeler Piemonte, Valle d' Aosta, Lombardia, Veneto, Trentino–Alto Adige, Liguria, Friuli Venezia Giulia ve Emilia-Romagna'dır.

L-L bölgelerinde ise ikinci hafta vaka sayısı düşük bölgeleri çevreleyen komşu bölgelerinde ilk haftadaki vaka sayısı düşüktür. L-L bölgelerine ise *cold spot* adı verilmektedir. Cold spot bölgeler ise Molise, Puglia, Campania, Calabria, Sicilia ve Basilicata'dır. COVID-19 bulaşıcı hastalığının komşular arasında yayılımının gecikmeli etkisi yine İtalya'nın kuzey batısında daha yoğun olarak ortaya çıkmıştır.

5. SONUÇ

COVID-19 dünya genelinde çok sayıda ülkeyi olumsuz bir şekilde etkileyen bir virüstür. Bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir. COVID-19 ile mücadelede ülkelerin almış oldukları ve ileride alacakları önlemler önem arz etmektedir. Erken alınan önlemler virüsün bulaşıcılığını azaltabilirken geç alınmış önlemler ise virüs yönetimini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışma ile İtalya'da COVID-19'un mekânsal yayılımı incelenmiştir. Bu tür salgın hastalıkların mekânsal yayılımının incelenmesi daha fazla bulaşıcılığa neden olmaması ve salgın hastalıkları yönetebilmek için oldukça önemlidir. Bu amaçla COVID-19 bulaşıcı hastalığının İtalya'nın bölgeleri arasındaki yayılımı tek değişkenli Moran I ve iki değişkenli Moran I istatistikleri kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen katsayı tahminleri istatistiksel olarak anlamlıdır. Tek değişkenli Moran I katsayı tahmini ilk 14 gün içerisinde bölgeler arasındaki hareketlilik nedeniyle COVID-19'un bölgeler arasında yayıldığı göstermektedir. İtalya illeri arasındaki geçişler ilk 16 günün sonunda kapatılmıştır. İlk 14 günde komşu bölgelerdeki ortaya çıkan vaka sayılarının ikinci 14 günde ortaya çıkan toplam vakaya etkisi de iki değişkenli Moran I ile araştırılmıştır. Bu etkinin anlamlı olduğu ve güçlü olduğu görülmektedir. Çünkü sınırlar geç kapatıldığından komşu bölgeler arasında hastalık yayılmış ve bu yayılmanın etkisi ikinci 14 günde gecikmeli olarak ortaya çıkmıştır.

KAYNAKÇA

- Al-Ahmadi KH, Alahmadi MH, Al-Zahrani AS, Hemida MG. 2020. Spatial variability of Middle East respiratory syndrome coronavirus survival rates and mortality hazard in Saudi Arabia, 2012–2019. *PeerJ* 8:e9783 <https://doi.org/10.7717/peerj.9783>
- Anselin L, Syabri I, Smirnov O (2002). Visualising multivariate spatial correlation with dynamically linked windows. In Anselin L, Rey S (eds.), *New tools for spatial data analysis: proceedings of the specialist meeting*, Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS), University of California, Santa Barbara, CD-ROM.
- Boots, Barry N. and Getis, Arthur, "Point Pattern Analysis" (2020). *Web Book of Regional Science*. 13.
- Briscese, G., Lacetera, N., Macis, M., & Tonin, M. (2020). *Compliance with covid-19 social-distancing measures in italy: the role of expectations and duration* (No. w26916). National Bureau of Economic Research.
- Cliff AC, Ord JK (1973). *Spatial Autocorrelation*. London: Pion Limited.
- Cui, J., Li, F., & Shi, Z. L. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature Reviews Microbiology*, 17(3), 181-192.
- Dhewantara, P. W., Marina, R., Puspita, T., Ariati, Y., Purwanto, E., Hananto, M., ... & Magalhaes, R. J. S. (2019). Spatial and temporal variation of dengue incidence in the island of Bali, Indonesia: An ecological study. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 32, 101437.
- Fang, L. Q., De Vlas, S. J., Feng, D., Liang, S., Xu, Y. F., Zhou, J. P., ... & Cao, W. C. (2009). Geographical spread of SARS in mainland China. *Tropical Medicine & International Health*, 14, 14-20.
- Fung, T. S., & Liu, D. X. (2019). Human coronavirus: host-pathogen interaction. *Annual review of microbiology*, 73, 529-557.
- Griffith DA, Chun Y (2014). Spatial autocorrelation and spatial _ltering. In: Fischer MM, Nijkamp P (eds), *Handbook of Regional Science*. Springer, Berlin Heidelberg, 1477-1508.
- Hafeez, S., Amin, M., & Munir, B. A. (2017). Spatial mapping of temporal risk to improve prevention measures: a case study of dengue epidemic in Lahore. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 21, 77-85.
- Kang, D., Choi, H., Kim, J. H., & Choi, J. (2020). Spatial epidemic dynamics of the COVID-19 outbreak in China. *International Journal of Infectious Diseases*, 94, 96-102.
- Lee, S. S., & Wong, N. S. (2011). The clustering and transmission dynamics of pandemic influenza A (H1N1) 2009 cases in Hong Kong. *Journal of Infection*, 63(4), 274-280.
- Malcolm, B. L. (2014). The spread process of epidemic influenza in the continental United States, 1968–2008. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 8, 35-45.
- Meng, B., Wang, J., Liu, J., Wu, J., & Zhong, E. (2005). Understanding the spatial diffusion process of severe acute respiratory syndrome in Beijing. *Public Health*, 119(12), 1080-1087.
- Olugasa, B. O., Dogba, J. B., Ogunro, B., Odigie, E. A., Nykoi, J., Ojo, J. F., ... & Fasunla, A. J. (2014). The rubber plantation environment and Lassa fever epidemics in Liberia,

- 2008–2012: A spatial regression. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 11, 163-174.
- Peeri, N. C., Shrestha, N., Rahman, M. S., Zaki, R., Tan, Z., Bibi, S., ... & Haque, U. (2020). The SARS, MERS and novel coronavirus (COVID-19) epidemics, the newest and biggest global health threats: what lessons have we learned?. *International journal of epidemiology*.
- Zhong, N. S., Zheng, B. J., Li, Y. M., Poon, L. L. M., Xie, Z. H., Chan, K. H., ... & Liu, X. Q. (2003). Epidemiology and cause of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangdong, People's Republic of China, in February, 2003. *The Lancet*, 362(9393), 1353-1358.
- Zu, Z. Y., Jiang, M. D., Xu, P. P., Chen, W., Ni, Q. Q., Lu, G. M., & Zhang, L. J. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a perspective from China. *Radiology*, 200490.
- Kim, S., & Castro, M. C. (2020). Spatiotemporal pattern of COVID-19 and government response in South Korea (as of May 31, 2020). *International Journal of Infectious Diseases*, 98, 328-333.