

COVID-19 hastalarının izlenmesinde çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin karşılaştırmalı analizi

Batuhan Kılıç^{1*}, Fatih Gülgen¹, Ali Kocataş², Mert Gürtürk¹, Perihan Abay³
Yalçın Yılmaz¹, Gülden Anatacı⁴

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, Türkiye.

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

³Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

⁴Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

Öz: Adres ve konum bilgisi, hareketliliği kolaylaştıran temel unsurlardır. Sağlık, lojistik ve ulaşım yönetimi gibi alanlarda hizmet veren konum temelli uygulamalar, coğrafi referanslı konumu işaret eden adres bilgisini kullanır. ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps gibi küresel harita platformları sağladıkları coğrafi kodlama servisi sayesinde adres ve coğrafi konum arasında bir köprü kurar. Dünya genelinde COVID-19 gibi bulaşıcı hastalıkların mekânsal analizinde salgın bilgilerinin hızlı görüntülenmesi, bildirilen vakaların mekânsal olarak takibi ve kontrol işlemleri için coğrafi kodlama servisleri hayati bir rol oynar. Bu çalışma, COVID-19 hastalarının izlenmesi için kullanılacak beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi sağlayıcıları tarafından sunulan sonuç ürünlerin kalitesini ortaya koymaktadır. Servislerin karşılaştırılması, servislerin sunduğu eşleşme oranına, konum doğruluklarına ve hata kaynaklarına bağlı olarak deneysel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, Yandex Maps çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin diğer servislere göre daha başarılı sonuçlar verdiğini ve halk sağlığı konularında güvenilir bir kaynak olduğunu göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Adres, COVID-19, Coğrafi kodlama, Konum doğruluğu

Comparative analysis of online geocoding services in monitoring COVID-19 patients

Abstract: Address and location information are the fundamental elements that facilitate mobility. Location-based applications serving in areas such as health, logistics and transportation management employ address information that points to a geographic referenced location. Global map platforms such as ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps and Yandex Maps serve users by performing the geocoding process, which is the between addresses and geographic locations. Geocoding services play a vital role in the rapid display of epidemic information, spatial tracking of reported cases and control processes in the spatial analysis of infectious diseases such as COVID-19 around the world. Therefore, the objective of this study is to reveal the quality of outcome products offered by online geocoding service providers that can be used for monitoring COVID-19 patients. The comparison of the services was carried out using experimental methods, depending on the match rate, positional accuracy and error sources offered by the services. The results revealed that Yandex Maps online geocoding service was more successful than other services and was a reliable source for public health issues.

Keywords: Address, COVID-19, Geocoding, Positional accuracy

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 383 5326

Geliş Tarihi/Received: 26.06.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 10.09.2021

0000-0002-0529-8569, batuhank@yildiz.edu.tr (Kılıç B.)*
0000-0002-8754-9017, fgulgen@yildiz.edu.tr (Gülgen F.)
0000-0003-2424-8900, ali.kocatas@saglik.gov.tr (Kocataş A.)
0000-0003-4690-9976, mgurturk@yildiz.edu.tr (Gürtürk M.)
0000-0002-7493-7723, perihan.abay@saglik.gov.tr (Abay P.)
0000-0003-3195-2533, yilmazy@yildiz.edu.tr (Yılmaz Y.)
0000-0002-2999-4462, gulden.anataca@saglik.gov.tr (Anatacı G.)



1. Giriş

Tarih boyunca, insanoğlu birçok bulaşıcı hastalık türü ile savaşmak zorunda kalmış ve hayatını devam ettirebilmek adına çözüm yolları aramıştır. Eski Yunan ve Mısır topluluklarında, çiçek hastalığı, tüberküloz, difteri, cüzzam türündeki belgelenmiş bulaşıcı hastalıklar dönemin çevresel ve ekonomik gelişmelerini derinden şekillendirmiştir (Nelson & Williams, 2014; Watts, 1999). Ortaya çıkan ve tekrarlayan bulaşıcı hastalık türleri günümüzde ise beklenmedik bir hızda ilerlemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, dünya son yirmi yıllık süreçte birçok farklı salgına tanık olmuştur (URL-1).

Yirminci yüzyılın başlarında tarihteki grip salgınlarının en büyüğü olarak bilinen İspanyol gribi (1918-1920), milyonlarca insanın ölümüne neden olmuştur (URL-2). Gribin farklı türleri arasında sayılan Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) ve Middle East Respiratory Syndrome (MERS) gibi hastalıkların yakın geçmişte ortaya çıkması, halk sağlığı sistemlerine küresel çapta zorluklar yaşatmıştır. Bu virüs ailesinin en yenisi olarak ifade edilen Koronavirüs (COVID-19) hastalığı ilk olarak Aralık 2019'un sonuna doğru Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkmıştır. DSÖ, COVID-19 hastalığını (SARS-CoV-2) 30 Ocak 2020'de uluslararası bir öneme sahip halk sağlığı acil durumu ve 11 Mart 2020'de ise pandemi olarak ilan etmiştir (WHO 2020a; 2020b). Günümüze kadar, 210 ülke ve bölgede 219 milyondan fazla COVID-19 vakası rapor edilmiştir. Bu vakaların 4.5 milyondan fazlası ölümle sonuçlanmıştır (JHU CSSE, 2021).

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojisi, coğrafi referanslı verilerin hızlı bir şekilde toplanması, sorgulanması, analizi ve transferini sağlar. COVID-19 ile mücadelede salgın verilerinin haritalar üzerinde görüntülenmesi, teyit edilen vakaların mekânsal olarak takibi, salgının yayılım hızının izlenmesi, kaynakların mekânsal tahsisi ve sosyal duyarlılığın tespiti gibi birçok hususta CBS önemli bir rol oynamaktadır (Zhou vd., 2020). Ayrıca, CBS COVID-19 ile mücadele ve bakım kalitesini iyileştirme sürecine yardımcı olabilecek ve bulaşıcı hastalıkların (Mollalo, Mao, Rashidi, & Glass, 2019) mekânsal dağılımını sunabilecek oldukça önemli bir araçtır (Clarke, McLafferty, & Tempalski, 1996; Doğru vd., 2017; Franch-Pardo, Napoletano, Rosete-Verges, & Billa, 2020; Uluğtekin, Alkoy, Şeker, & Göksel, 2006). Epidemiyolojik çalışmalarda mekânsal analizlerin haritalar ile görselleştirilmesi ve ilişkilerin kurulması, tıbbi coğrafya adı verilen bir disiplinin çalışma alanıdır. Örneğin, 1832 yılında Fransız coğrafyacı Charles Picquet, kolera kaynaklı ölümlerin sayısını temsil etmek için Paris haritasında çeşitli renk grafik değişkenleri kullanmıştır. İngiliz Doktor John Snow, 1854 yılında Londra'da kolera nedeniyle artan ölümlerin ardından, hastaların kümелendiği yerleri gösterebilmek için bölgenin nokta yoğunluk haritasını oluşturmuştur (Koch, 2004; McLeod, 2000).

CBS'nin çatı terimlerinden biri olan "coğrafi referanslama" kavramının altında yer alan coğrafi kodlama, coğrafi referanslı metin girdisini dünya yüzeyindeki uygun konumla ilişkilendirme süreci olarak kabul edilir (Kılıç & Gülgen, 2020a). Kamu güvenliği ve suç analizi (Bichler & Balchak, 2007; Hart & Zandbergen, 2013; Ratcliffe, 2004), ilgi noktalarının (point of interests, POIs) doğruluk analizi (Kılıç & Gülgen, 2020b), karayolu trafik kazalarının tespiti (Levine & Kim, 1998; Qin, Parker, Liu, Graettinger, & Forde, 2013) ve epidemiyoloji (Dearwent, Jacobs, & Halbert, 2001; Goldberg & Cockburn, 2012; Howe, 1986; Krieger vd., 2002; McElroy, Remington, Trentham-Dietz, Robert, & Newcomb, 2003; Rushton vd., 2006; Ward vd., 2005) gibi farklı uygulama alanlarında coğrafi kodlama kritik bir rol oynamaktadır.

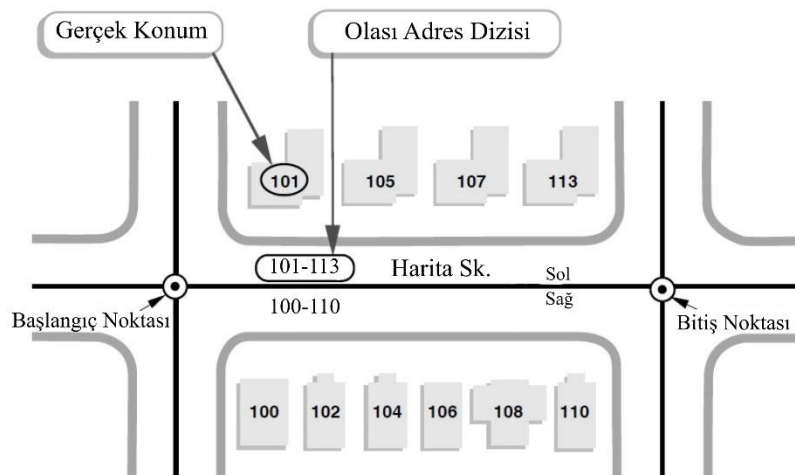
COVID-19 gibi bulaşıcı hastalık türlerinde, sosyal izolasyon prensibinin uygulanabilir olması ve salgın yayılımının sınırlanabilmesi için dünyanın farklı ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de kısmi veya tam kapanma gibi farklı düzeylere sahip önlemler alınmaktadır. Bu noktada hedef, insanların mecbur kalmadıkça evlerinden dışarı çıkışlarını sınırlandırmak ve temasa odaklı kalabalık ortamlardan uzak durmalarını sağlamaktır. Hastalığa yakalanan kişilerin ikamet adreslerinden takibinin gerçekleştirilmesi önemli bir iş kalemidir. Bu süreci sağlıklı bir şekilde yürütebilmek adına kişilerin doğru ikamet

adreslerine ve buna bağlı konum bilgilerine ihtiyaç duyulur. Buna karşın, veri tabanlarında tutulan hasta kayıtları genellikle mekânsal referanslı değildir. Metin şeklinde depolanan adres bilgileri, doğrudan haritalar üzerinde gösterilemediğinden, hastalığa ait mekânsal dağılımın ve yayılımın incelenmesi için bu bilgileri coğrafi koordinatlara dönüştürmek gerekir. Bu sürecin doğruluğu, mekânsal analiz sonuçlarını etkileyen kritik konulardan biridir.

Bu çalışmada, COVID-19 hastalığından dolayı izolasyon sürecinde bulunan hastaların beyan ettikleri adresler kullanılarak coğrafi kodlama ile konum tespiti yapılması ve bu hizmeti sağlayan global coğrafi kodlama servislerinin doğrulukları ölçülerek en başarılı coğrafi kodlama servisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu sayede, çalışma olay vakalarının doğru ve zamanında tespiti, temaslı olan kişilerin en hızlı şekilde belirlenmesi ve salgının kontrol altına alınabilmesi açısından kritik öneme sahip olacaktır. Analizlerde ilk olarak, hastaların izolasyon adresleri beş farklı coğrafi kodlama servisinden elde edilen sonuçlara göre haritalar üzerinde gösterilmiştir. Ardından, elde edilen sonuçlar istatistiksel analizler kullanılarak eşleşme oranı ve konum doğrulukları açısından birbirleriyle karşılaştırılmış, ortaya çıkan hata kaynakları metin benzerlik yöntemi kullanılarak incelenmiş ve çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin başarısı belirlenmiştir.

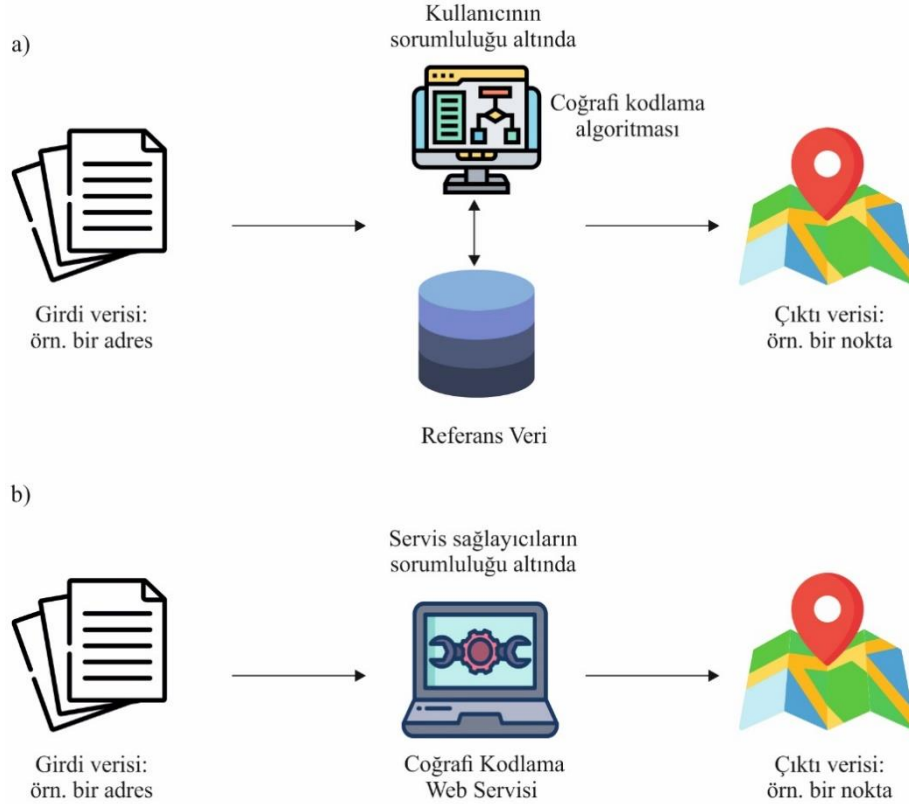
2. Coğrafi Kodlama ve Türkiye Adres Sistemine Genel Bir Bakış

Genel bir ifade ile coğrafi kodlama, konuma özgü tanımlayıcı öğelerin referans veriler ile karşılaştırılarak enlem ve boylam değerleri ile ifade edilen coğrafi koordinatlara dönüştürülmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Kılıç & Gülgen, 2017; Roongpiboonsopit & Karimi, 2010; Zandbergen, 2008). Coğrafi kodlama işleminin genel süreçleri; ayrıştırma, normalizasyon ve eşleştirme (enterpolasyon) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Kılıç, 2017). Ayrıştırma işlemi, bütün bir adresi tanımlayıcı bileşenlerine ayırma işlemidir (Li, 2018). Bu işlemin ardından, normalizasyon işlemi ile birlikte düzensiz veya kısaltılmış olan adres bileşenleri eşleştirme için kullanılabilir standart bir format haline getirilmektedir. Kullanılan servisin referans veri tabanından bu bileşenlere en yakın değer tespit edilerek, standart adres formatı oluşturulur. Eşleştirme işleminde, bir girdi adresini referans veri kümesindeki bir kayıtlarla eşleştirmek için bu adresin bileşenleri kullanılmaktadır. Örneğin, bir girdi adresindeki tüm bileşenler, başlangıç ve bitiş noktaları belirli bir isimli yol boyunca referans veri tabanındaki detaylardan biri ile eşleşirse doğru konum belirlenmektedir (Şekil 1). Aksi takdirde, bileşenlerin yalnızca bir kısmı eşleştirilebiliyorsa doğru konum tam olarak belirlenememekte ve gerçekleştirilen coğrafi kodlamanın doğruluğu düşmektedir.



Şekil 1: Adres eşleştirme örneği

Posta adresi gibi bir metin bilgisini yorumlayan ve mekânsal analizler için bir altyapı oluşturan coğrafi kodlama süreci, çevrimdışı ve çevrimiçi olmak üzere iki grupta ele alınır (Şekil 2). Çevrimdışı coğrafi kodlama CBS yazılım paketlerine gömülü coğrafi kodlama araçları ile gerçekleştirilirken, çevrimiçi coğrafi kodlama internet tabanlı harita servisleri tarafından sağlanır. Çevrimiçi coğrafi kodlama işlemlerinde referans veri tabanı servis sağlayıcı tarafından güncellenmektedir. Aynı servis sağlayıcı, referans veri tabanının yönetiminin yanında coğrafi kodlama yazılımının geliştirilmesinden de sorumludur. Kullanıcı, veri tabanının oluşturulmasıyla ilgilenmediği için coğrafi kodlamayı çok daha kolay olarak gerçekleştirmektedir (Roongpiboonsopit & Karimi, 2010).



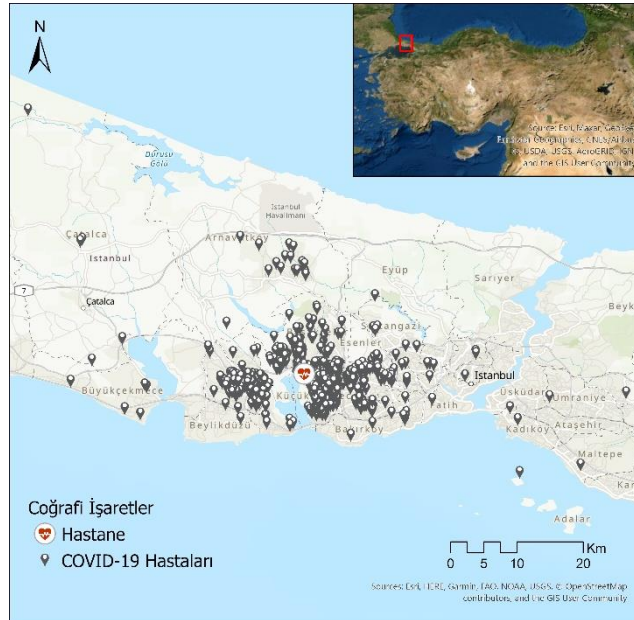
Şekil 2: (a) Çevrimdışı ve (b) çevrimiçi coğrafi kodlama süreci

Coğrafi kodlama işleminin temel girdisi olan adres bilgisi, 5490 sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu'nun 3. Maddesinin (a) bendinde, bir toprak parçasının veya binanın coğrafi konumu ve işlevi açısından tanımlanması olarak ifade edilmektedir. Adres sistemi, sokak, cadde veya bulvar, mahalle, kapı numarası, posta kodu, ilçe ve il (Adres Kayıt Sistemi, 2007) ve yerleşik kısaltmalar (PTT, 2013) gibi çeşitli bileşenlerden oluşur. Kamu kurum ve kuruluşları tarafından farklı adres formatlarının kullanılması, değişen cadde, sokak, bulvar ve meydan isimlerinin güncellenme sıklığının yetersizliği, kısaltma kullanımlarındaki farklılıklar, vatandaşların sokak isimlerinde veya numarataj bilgilerinde yapılan değişikliklerin farkında olmaması gibi nedenlerden ötürü ülkemizde coğrafi kodlama sonuçlarının doğruluğunun düştüğü bölgeler mevcuttur. Yıldırım, Yomralioğlu, Nişancı ve İnan (2014), coğrafi kodlama işlemiyle ortaya çıkan uyumsuz adreslerin hata kaynaklarının yaklaşık %63'ünün dış kapı numarası ve sokak isimleri olduğunu ifade etmiştir. Matcı ve Avdan (2018) Türkiye'de kullanılan posta adreslerinde yazım hataları ve farklı formatlardan kaynaklanan çeşitli sorunlar tespit etmiş ve bu hataları doğal dil işleme, eşleşme oranı yaklaşımı ve Levenshtein mesafe algoritması kullanarak elimine etmeye çalışmıştır. Kılıç ve Gülgen (2019), 5 farklı web portalı ve 4 farklı coğrafi kodlama servisinden elde edilen posta adreslerinin bileşen odaklı uyumluluklarını Damerau-Levenshtein algoritmasını kullanarak incelemiştir. Hesaplanan ortalama uyum değerlerinin, servisler tarafından sağlanan adres bilgilerinin portal bilgilerine göre Adres Kayıt Sistemi (AKS) ile daha

uyumlu olduğunu tespit etmiştir. Kılıç ve Gülgen (2020b) Türkiye'nin İstanbul iline bağlı Fatih ilçesi ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Florida eyaletine bağlı Miami Beach şehrinin sınırları içinde yer alan konaklama tesislerinin Google ve Bing harita servisleri tarafından sağlanan çevrimiçi coğrafi kodlama performanslarını incelemiştir. Onlar, ABD'de her iki servisin birbirine yakın sonuçlar verdiğini, Türkiye'de ise sonuçların birbirinden oldukça farklı olduğunu tespit etmiştir.

3. Çalışma Alanı ve Yöntem

T.C. Sağlık Bakanlığı'nın paylaştığı bilgiler doğrultusunda Türkiye'deki hasta vaka sayılarının neredeyse %40'nı oluşturan İstanbul, test işlemlerinin gerçekleştirilmesi için çalışma bölgesi olarak seçilmiştir (URL-3). İstanbul, yaklaşık 15.5 milyonluk nüfusuyla Avrupa'nın en kalabalık metropol şehirlerinden biridir. İstanbul'da nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu ilçelerden biri olan Küçükçekmece (TÜİK, 2020) sınırları içinde yer alan Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 1952 yılından beri faaliyetlerini sürdürmekte ve ülke genelinde hasta vaka sayılarının artmasıyla birlikte pandemi hastanesi olarak hizmet vermeye devam etmektedir. Çalışma bölgesine ait deneysel veriler, hastanenin COVID-19 Servisleri ve Poliklinik Birimi'ne 11 Mart 2020 ile 11 Ağustos 2020 tarihleri arasında başvuru yapan 925 hastaya ait adres bilgilerini içermektedir (Şekil 3).



Şekil 3: Çalışma bölgesi

6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) uyarınca, hastaların kimlik bilgileri ve diğer detaylar kullanılmamış sadece adres bilgilerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın T.C. Sağlık Bakanlığı Bilimsel Araştırma Platformu'na yapılan başvurusu 23 Mayıs 2020 tarihinde onay almıştır. Ayrıca, çalışmanın T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2020.06.80 sayı ve 18 Haziran 2020 tarihi (KA EK/2020.06.80) onayı ile etik kurul kabulü alınmıştır. Beş farklı harita servisinin (ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps) çevrimiçi coğrafi kodlama servisleri kullanılarak konum bilgileri elde edilmiş, hastalara ilişkin coğrafi koordinatlar ve standart formlarından oluşan posta adres bilgileri türetilmiştir. Ancak, her çevrimiçi coğrafi kodlama servisi lisanslama ve ücretsiz sınıfların kullanımı konusunda farklı kısıtlamalara ve sınırlamalara sahiptir. Ağ üzerinden erişilebilir bir sistem üzerinde çalışan servisler, bir Web Uygulama Programlama Arayüzü (API) ile kullanılmaktadır (Kılıç & Gülgen, 2020a; Kounadi, Lampoltshammer, Leitner, & Heistracher, 2013). Hiper metin işaretleme dili (HTML), JavaScript nesne gösterimi (JSON) ve genişletilebilir işaretleme dili (XML) gibi üç türde çıktı döndürürler ve

standart özelliklerini kullanıcılara sunarlar (Tablo 1). Hasta takibinin incelenmesi ve konum doğruluklarının tespiti için referans koordinatlar, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Şehir Haritası'ndan temin edilmiştir (URL-4). Kalite değerlendirme sürecinde üç tür araştırma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, beş farklı servisin coğrafi kodlama işlemi sonrasında elde ettikleri kabul edilebilir eşleşme oranları incelenmiştir. İkinci olarak, çevrimiçi coğrafi kodlama servisleri ile referans veriler arasındaki konum doğrulukları karşılaştırılmıştır. Ardından, elde edilen sonuçlar üzerinden doğru eşleşmeyen noktalara ait hata kaynaklarının nedenleri, bir metin benzerlik algoritması olan Levenshtein benzerlik algoritması kullanılarak irdelenmiş ve servisler açısından, tanımlayıcı adres bileşenleri (mahalle, yol ve numarataj bilgileri) arasındaki uyum yüzdeleri hesaplanmıştır.

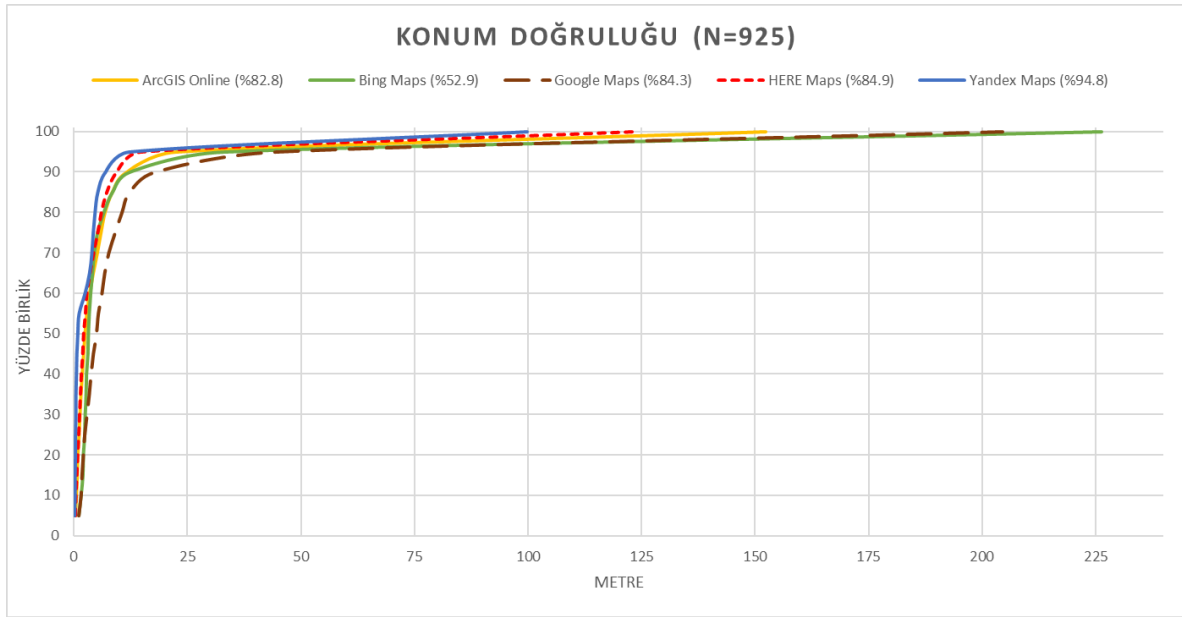
Tablo 1: Çalışmada kullanılan çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin listesi

Platform	Şirket	Servis	Sınırlamalar	Çıktı Formatı
ArcGIS Online	ESRI	Geocoding Service	Lisanslama işlemine bağlıdır (Yıllık 50 milyon istek ile sınırsız aramaya kadar)	HTML/JSON
Bing Maps	Microsoft	Locations API	Yıllık 1 milyon isteğe kadar	XML/JSON
Google Maps	Google	Geocoding API	Günlük 2500 isteğe kadar	XML/JSON
HERE Maps	HERE Technologies	HERE Geocoder API	Aylık 100 000 isteğe kadar	XML/JSON
Yandex Maps	Yandex	Provider	Günlük 25 000 isteğe kadar	XML/JSON

4. Bulgular ve Tartışma

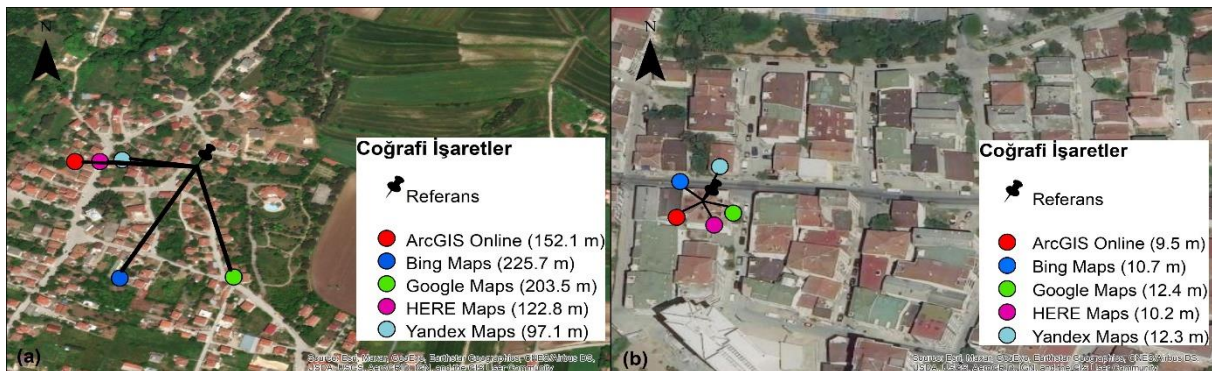
4.1 Eşleşme Oranı

Coğrafi kodlama işleminin kalitesinin en basit ölçüsü, güvenilir olarak eşleşen adres sayısının yüzdesi şeklinde ifade edilen eşleşme oranıdır (diğer bir ifadeyle tamlık). Bir başka ifadeyle, coğrafi kodlama servisleri tarafından doğru olarak kodlanan adres sayılarının toplam girdi adres sayısına olan oranıdır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kabul edilebilir bir eşleşme oranının ne olduğunun ortaya konulmasıdır. Şaşırtıcı bir şekilde, bu tür bir problem literatür çalışmalarında sınırlı ilgi görmüştür. Ayrıca kabul edilebilir bir eşleşme oranı için evrensel bir standart üzerinde fikir birliği bulunmamaktadır (Roongpiboonsopit & Karimi, 2010; Zandbergen, 2008). Konuyla ilgili olarak, Ratcliffe (2004), suç olayları üzerinde güvenilir bir model elde etmek için minimum eşleşme oranının ne olması gerektiğini belirleyebilme adına coğrafi kodlanmış suç olayları üzerinden Monte Carlo simülasyonunu kullanmıştır. Elde ettiği sonuçlarda, istatistiksel güvenilir bir model üretmek için yaklaşık olarak %85'lik bir eşleşme oranının olması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca coğrafi kodlama çalışmalarına yönelik literatür çalışmalarında, "eğer coğrafi kodlama işleminin doğruluğu 100 metre ve altında ise, gerçek konuma çok yakın olduğu kabul edilmektedir" şeklinde bir kabul de yer almaktadır (Bonner vd., 2003; Kounadi vd., 2013; Roongpiboonsopit & Karimi, 2010; Strickland, Siffel, Gardner, Berzen, & Correa, 2007; Ward vd., 2005). Bu durumlar ele alınarak, ilk olarak beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisinden eşleşme oranları elde edilmiştir ve doğruluklarına ilişkin incelemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Servislerin eşleşme oranına göre konum doğrulukları

Eşleşme oranı sonuçları incelendiğinde, ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps servisleri sırasıyla %82.8, %52.9, %84.3, %84.9 ve %94.8 oranında bir başarı elde etmişlerdir. Başarı oranları göz önüne alındığında Yandex Maps servisinin diğer servislerle oranla en iyi sonucu sağladığı görülmektedir. Diğer üç servisin ise (ArcGIS Online, Google Maps ve HERE Maps) yaklaşık %85'e yakın sonuçlar ürettiği ve kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir. Şekil 4'teki bir diğer analiz servislerin konum doğruluklarının yüzde birlik değerleridir. Yüzde birlik ifadesi, istatistiksel olarak toplam sıklığı yüz eşit parçaya bölen değerlerden her biri olarak ifade edilmektedir. Bir veri aralığı arasında k. sırasındaki yüzde birlik değerini vermektedir. Örneğin; k değeri 75 olarak seçildiğinde elde edilecek sonuç çıktısı, verilerin %75'inin o değer ve altında kaldığını ifade etmektedir. Şekil 4'te yer alan verilerin %100'ünün hangi değer ve altında olduğu incelendiğinde, servislerle ait (ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps) konum doğrulukları sırasıyla 152.3, 226.3, 204.3, 123.1 ve 99.8 metre olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, servisler arasından Yandex Maps'in belirtilen doğruluk kriterine (100 m ve altında) uyum sağlayan tek servis olduğunu göstermektedir. HERE Maps servisinin bu kriterle en yakın sonucu ürettiği söylenebilir (123.1 m). Diğer üç servisin sonuçlarında ise, 100 m'nin üzerinde doğru eşleşen noktaların olduğu görülmektedir. Doğru bir eşleşme olmasına rağmen sonuçların yüksek çıkmasının nedeni incelendiğinde, ilgili noktaların kırsal alan içerisinde yer aldığı görülmüştür (Şekil 5). Bu tip durumlar, kentsel ve kırsal alanlar üzerinde gerçekleştirilen coğrafi kodlama sonuçlarının farklı olduğu literatür çalışmalarını desteklemektedir (Bonner vd., 2003; Cayo & Talbot 2003; Ward vd., 2005).



Şekil 5: (a) Kırsal ve (b) kentsel alanlara ait örnek servis sonuçları

4.2 Konum Doğruluğu Analizleri

Tüm noktalar için ($n = 925$), beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi ile referans veri arasındaki konum doğrulukları hesaplanmıştır. Her bir servis için konum doğrulukları incelendiğinde kaba hatalı sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Servislerin kalitesinin belirlenebilmesi için konum doğruluklarının karesel ortalama hata (RMS) değerleri ile ilişkilendirilmesi işleminden önce uyumsuz ölçülerin veri kümesinden çıkarılması gerekmektedir. RMS değerlerinin hesaplanmasından önce uyumsuz ölçüler; klasik yöntemlerden ziyade %50 kırılma düzeyi ile en güvenilir robust yöntemlerinden biri olan Medyan yöntemi ile analiz edilmiştir (Hampel, Ronchetti, Rousseeuw, & Stahel, 2011; Sezer, Doğan, & Erdoğan, 2021). Medyan yöntemi Eşitlik 1 ile ifade edilmektedir.

$$mad = \begin{cases} 1.2533 \times \frac{1}{n} \times \Sigma |X - medyan(X)|, & medyan(X - medyan(X)) = 0 \\ 1.4826 \times medyan(X - medyan(X)), & medyan(X - medyan(X)) \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

burada, X ; konum fark vektörü, n ise ölçü sayısını göstermektedir. Kullanılan yöntemde $|X - medyan(X)|$ düzeltme değerleri $3 \times mad$ sınır değeri ile karşılaştırılır. Sınır değerden büyük olarak tespit edilen konum doğrulukları, ölçü serilerinden çıkarılır. Bu işlem sonrasında kalan noktalar için RMS değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 2). Ayrıca, konum doğruluklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar hesaplanmış ve her bir servise ait elde edilen başarılar Tablo 2’de gösterilmiştir.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_R)^2}{n}} \quad (2)$$

burada; X_i i. coğrafi koordinat değerini, X_R referans coğrafi koordinatı, n ise ölçü sayısını ifade etmektedir.

Tablo 2: Çevrimiçi coğrafi kodlama istatistiksel servis sonuçları

Servisler	Veri Sayısı (n)	Veri Kaybı (%)	Konum Doğruluğu (m)						
			Min	Ortalama	Mak	RMS	Yüzde Birlik (k.)		
							75.	90.	95.
ArcGIS Online	719	22.3	0.0	3.5	15.6	4.8	5.3	8.2	10.5
Bing Maps	507	45.2	0.1	8.2	89.9	17.2	5.6	15.9	39.6
Google Maps	731	20.9	0.2	5.8	23.3	7.4	7.7	11.9	16.6
HERE Maps	734	20.6	0.0	3.0	12.3	4.0	4.4	7.0	8.5
Yandex Maps	698	24.5	0.0	1.4	4.6	2.0	2.5	4.1	4.3

Tablo 2’deki genel değerlendirme sonuçları incelendiğinde; Yandex Maps, Bing Maps servisinden sonra en fazla veri kaybına sahip (yaklaşık %25) servis olsa da, 2 metre RMS değeri ve verilerin %75’i ile %95’i arasında 1.8 metrelik fark üretmesiyle diğer tüm servislere oranla konum doğrulukları en yüksek sonuçları elde etmiştir. HERE Maps ve ArcGIS Online, Yandex Maps servisinden sonra en başarılı sonuçları üreten servisler olup, birbirlerine yakın konum doğrulukları üretmişlerdir. Bing Maps servisi, hem veri kaybının en fazla (%45.2) olduğu hem de servisler arasından konum doğruluklarının en başarısız çıktığı servis konumundadır. Verilerin %95’inin yaklaşık 40 metre ve altında olması ve RMS değerlerinin diğer servislere oranla çok kötü çıkması Şekil 4’teki sonuçları desteklemektedir. Servisler arasından Google Maps’in sonuçları incelendiğinde, veri kaybının en az olduğu (%20.9) servislerden biri olmasına rağmen en kötü ikincil sonuçları üreten servis olmaktadır (RMS \cong 7.4 m ve verilerin %95’inin 16.6 m ve altında olması). Bu durumlar, Yandex Maps servisinin COVID-19 hastalarının adres takibinin sağlanmasında kabul edilebilir bir tercih olacağını göstermektedir. Bunlara ek olarak, diğer iki servis (HERE Maps ve ArcGIS Online) ise birbirine yakın sonuçlar veren coğrafi kodlama servisleri olmuşlardır ve Yandex Maps servisinden sonra tercih edilebilecek düzeyde oldukları söylenebilir.

4.3 Hata Kaynaklarının İrdelenmesi

Beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi tarafından elde edilen hatalı sonuçların (eşleşme oranı dışında kalanlar) analizi için referans ve servislerin standart adres formatları kullanılmış ve adres bileşenleri arasındaki uyum, Levenshtein metin benzerlik algoritması kullanarak incelenmiştir (Levenshtein, 1966). Levenshtein algoritması internet arama motorlarının yazım denetimi yaparken kullandığı en temel algoritmadır. Bu algoritma, benzerliği ölçmek için bir mesafe değeri hesaplar. İki diziyi, metni ya da cümleyi karakter odaklı olarak karşılaştırır ve birinin diğerine dönüşebilmesi için gereken minimum işlem sayısını hesaplar (Eşitlik 3).

$$lev_{xy}(i,j) = \begin{cases} mak(i,j) & , \min(i,j) = 0 \\ \min \begin{cases} lev_{xy}(i-1,j) + 1 \\ lev_{xy}(i,j-1) + 1 \\ lev_{xy}(i-1,j-1) + 1_{(x_i \neq y_i)} \end{cases} & , \text{diğer} \end{cases} \quad (3)$$

Burada sonuç değeri $lev_{xy}(i,j)$, “0” değerine yaklaştıkça benzerliğin azaldığını, “1” değerine yaklaştığında ise arttığını göstermektedir.

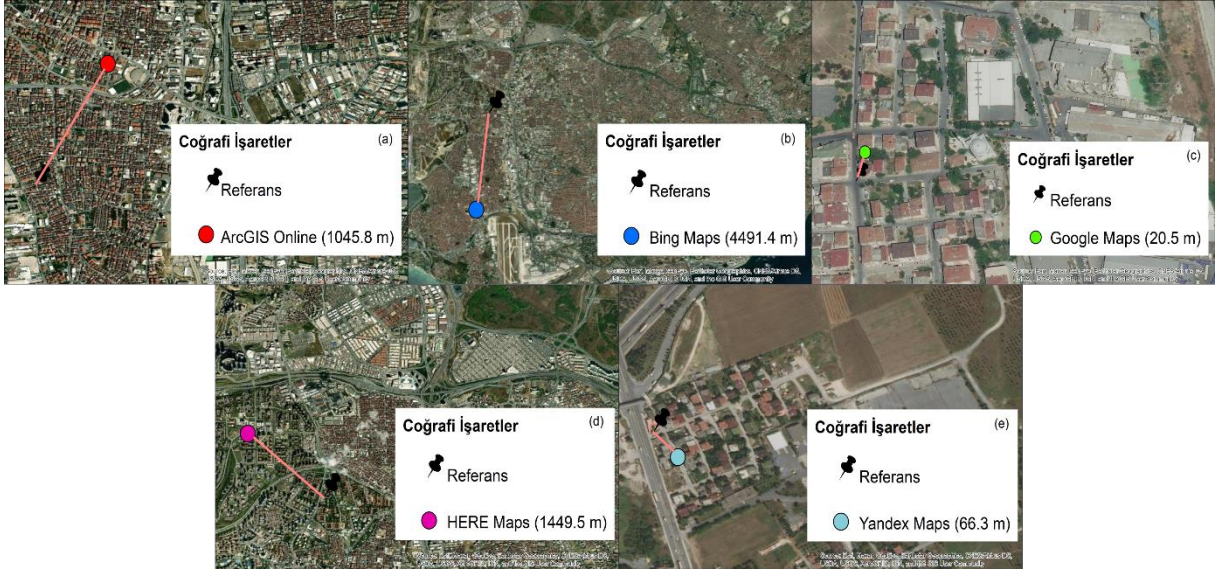
Servislere ait mahalle, yol (cadde-sokak veya bulvar bilgileri) ve numarataj benzerlik sonuçları Tablo 3’te gösterilmektedir.

Tablo 3: Servislerin hata kaynaklarının incelenmesi

Servisler	Nokta Sayısı	Referans		
		Levenshtein Mesafesi (%)		
		Mahalle	Yol	Numarataj
ArcGIS Online	159	59.2	55.5	41.2
Bing Maps	436	24.7	51.1	44.7
Google Maps	145	69.2	80.6	41.1
HERE Maps	140	62.3	58.1	35.9
Yandex Maps	48	71.1	63.8	61.1

Tablo 3 incelendiğinde, ArcGIS Online servisinin hatalı sonuç verilerinin yaklaşık %40’ında mahalle bilgilerini gerçek verilerden farklı olarak konumlandığı görülmektedir. Bu türde yanlış bir eşleştirmenin sonucu olarak, verilerin konum doğruluklarının da azaldığı tespit edilmiştir. Yol bilgilerinde ise her ne kadar %55’e yakın doğru eşleştirilen tespitler olsa da bu sonuçların büyük bir çoğunluğunu farklı mahallerde yer alan aynı isimlere sahip yol bilgilerinin ve bir yol türünün (bulvar gibi) iki farklı mahalle sınırından da geçmesinin oluşturduğu görülmüştür (Şekil 6a). Bing Maps servisi için, mahalle bilgilerindeki kötü eşleştirmeler (yaklaşık %25 tutarlılık) sonucunda, eşleştirilen noktanın referans noktadan uzaklaştığı ve buna bağlı olarak konum doğruluk sonuçlarının kötü çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 6b ve Tablo 2). Ayrıca, ArcGIS Online servisinde olduğu gibi yol bilgilerindeki hataların aynı türde olduğu görülmüştür. Google Maps servisinin hatalı sonuçların yer aldığı mahalle ve yol bilgilerinin büyük çoğunluğunda diğer servislere oranla daha iyi bir eşleştirme yaptığı görülmektedir. Bu durum, Google Maps servisinin numarataj bilgilerinde referans noktalarını doğru yakalayamadığını ve sonuçların diğer üç servise oranla daha kötü çıktığını göstermektedir (Şekil 6c ve Tablo 2). HERE Maps servisine ait sonuçlar incelendiğinde, mahalle ve yol bilgilerinin yaklaşık %40’a yakın bir bölümünün hatalı döndürüldüğü görülmektedir. Hatalı noktaların birçoğunda konum doğruluklarının kötü çıkmasının nedeni olarak, servisin sadece mahalle bilgilerini döndürmüş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6d). Üç çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin (ArcGIS Online, Bing Maps ve HERE Maps) düşük numarataj eşleştirme sonuçlarına sahip olması, servislerin genel olarak numarataj bilgilerini döndürmemesinden kaynaklanmaktadır. Yandex Maps servisinin ise, diğer dört servise oranla tanımlayıcı adres bileşenleri eşleştirmelerinde en

optimum sonuçları ürettiği görülmektedir. Bu sonuçlar, konum doğruluklarının kabul edilebilir düzeyde (Şekil 4 ve Tablo 2’deki göstergeler) çıkmasının nedeni olarak söylenebilir. Hatalı eşleştirmelerde ise, bazı noktalara ait numarataj bilgilerinin servis tarafından döndürülmemiş olması referans veri ile olan mesafesini arttırdığını ve kaba hatalı sonuçlar ürettiğini göstermektedir (Şekil 6e ve Tablo 2).



Şekil 6: (a) ArcGIS Online, (b) Bing Maps, (c) Google Maps, (d) HERE Maps ve (e) Yandex Maps servislerine ait hatalı eşleşme örnekleri

5. Sonuçlar

Coğrafi kodlama işleminin CBS’de temel bir analiz niteliği taşıdığı bilinmesiyle birlikte, geliştiriciler ve araştırmacılar için uygulamalarında veya projelerinde bir coğrafi kodlama servisini kullanmadan önce coğrafi kodlama sonuçlarının kalitesini fark etmeleri önemli bir konu olmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada COVID-19 hastalarının izlenmesinde ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps gibi beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin başarı kaliteleri araştırılmıştır. Coğrafi kodlama işleminin kalitesi için deneysel karşılaştırmalar, eşleşme oranlarına ait analizler, konum doğruluk analizleri ve ortaya çıkan hata kaynakları incelenerek gerçekleştirilmiştir.

Eşleşme oranı analizinde, çevrimiçi coğrafi kodlama servislerine ait farklı sonuçlar elde edilmiştir. Servisler arasında Yandex Maps servisi en başarılı sonuçları üretirken, Bing Maps servisinin ise başarısız kaldığı görülmüştür. Literatür çalışmalarında belirtilen güvenilir eşleşme oranı ve konum doğruluğu değerleri açısından tek uyum gösteren servis Yandex Maps olmuştur. Bu durum, COVID-19 hastalarının adres takibi ve izlenmesinde tercih edilmesi gereken çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin Yandex Maps olduğunu göstermektedir. Diğer üç servisin ise (ArcGIS Online, Google Maps ve HERE Maps) her ne kadar bazı noktalar için konum doğruluk değerleri 100 metre ve üzerinde çıktığı görülse de eşleşme oranlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

Konum doğruluk analizlerinde, her bir çevrimiçi coğrafi kodlama servisi için uyumsuz ölçüler medyan yöntemine göre belirlenmiş ve ölçü kümesinden çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Bing Maps servisi haricindeki diğer tüm servislerin (ArcGIS Online, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps) birbirlerine yakın sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Ancak, bu servisler arasında Bing Maps servisinin ürettiği sonuçlar, COVID-19 hasta takip sistemleri için tercih edilmemesi gereken bir çevrimiçi coğrafi kodlama servisi olduğunu kanıtlamaktadır. Öte yandan, Yandex Maps ise yaklaşık olarak 2 metre RMS değeriyle en başarılı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi olmuştur. Yandex Maps’in COVID-19 hastalarının adres takibi ve

izlenmesi için referans olarak kullanılabilir bir sonuç ürettiği söylenebilir.

Hata kaynaklarının incelenmesi konusunda, çalışmada kullanılan çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin mahalle adı, yol adı ve numarataj gibi tanımlayıcı adres bileşenlerinin uyumlarında sırasıyla yaklaşık olarak %57.3, %61.8 ve %44.8 gibi doğruluklar elde edilmiştir. Çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin adres bileşenlerinin eşleştirilmesinde kullanılan referans veri tabanları, kullanıcıdan bağımsız bir şekilde tamamen servis sağlayıcılarının sorumluluğu altında olduğu için sonuçların kalitesinin artırılması tamamen servis altyapılarının güncel olmasına ve adres sistemlerine bağlıdır. Ülkemizde özellikle adresi tanımlayan bileşenler arasında tutarsızlıkların olması, kısaltma kullanımlarındaki farklılıklar, değişen cadde, sokak, bulvar ve meydan isimlerinin güncellenme sıklığı, numarataj altyapısındaki eksiklikler, yol başlangıç ve bitişlerinin yanlış tespitleri, iki farklı mahalle sınırı içerisinde aynı cadde, sokak, bulvar ve meydan isimlerinin yer alıyor olması gibi birçok faktör çevrimiçi coğrafi kodlama işleminin kalitesini düşürmektedir. Standart bir sistemin oluşturulması ve devamlılığı, birçok çalışmaya altlık oluşturan adres bilgilerinin kalitesini artıracaktır. Gelecek çalışmalarda, konum doğruluk analizlerinin yanında adres karşılaştırmalarına yönelik bir hassasiyet düzeyi oluşturularak çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin kalitesi artırılmaya çalışılacaktır.

Teşekkür

Yazarlar, T.C. Sağlık Bakanlığı, İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesinde çalışan ve bu çalışmaya dolaylı olarak katkı sunan tüm sağlık çalışanlarına ve yönetim kadrosunda bulunan çalışma arkadaşlarına teşekkür eder.

Yazar Katkısı

Batuhan Kılıç: Fikir, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Fatih Gülsen:** Tasarım, Analiz ve yorumlama, Denetleme, Makale değerlendirme. **Ali Kocataş:** Veri toplama, Finansman. **Mert Gürtürk:** Literatür taraması, Veri işleme. **Perihan Abay:** Veri Toplama, Finansman. **Yalçın Yılmaz:** Veri İşleme. **Gülden Anataca:** Veri İşleme.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- Adres Kayıt Sistemi (2007). Adres Kayıt Sistemi Uygulama Yönergesi. <https://www.nvi.gov.tr/kurumlar/nvi.gov.tr/mevzuat/nufusmevzuat/yonerge/AdresKayitSistemiUygulamaYonergesi.pdf>, (Erişim Tarihi: 21 Mart 2021).
- Bichler, G., & Balchak, S. (2007). Address matching bias: Ignorance is not bliss. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 30(1), 32-60.
- Bonner, M. R., Han, D., Nie, J., Rogerson, P., Vena, J. E., & Freudenheim, J. L. (2003). Positional accuracy of geocoded addresses in epidemiologic research. *Epidemiology*, 14(4), 408-412.
- Cayo, M. R., & Talbot, T. O. (2003). Positional error in automated geocoding of residential addresses. *International journal of health geographics*, 2(1), 1-12.
- Clarke, K. C., McLafferty, S. L., & Tempalski, B. J. (1996). On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Emerging infectious diseases*, 2(2), 85.
- Dearwent, S. M., Jacobs, R. R., & Halbert, J. B. (2001). Locational uncertainty in georeferencing public health datasets. *Journal of*

- Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 11(4), 329-334.
- Doğru, A. Ö., David, R. M., Uluğtekin, N., Göksel, C., Şeker, D. Z., & Sözen, S. (2017). GIS based spatial pattern analysis: Children with Hepatitis A in Turkey. *Environmental research*, 156, 349-357.
- Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Verges, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. *Science of The Total Environment*, 739, 140033.
- Goldberg, D. W., & Cockburn, M. G. (2012). The effect of administrative boundaries and geocoding error on cancer rates in California. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 3(1), 39-54.
- Hampel, F. R., Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J., & Stahel, W. A. (2011). *Robust statistics: the approach based on influence functions*. John Wiley & Sons.
- Hart, T. C., & Zandbergen, P. A. (2013). Reference data and geocoding quality: Examining completeness and positional accuracy of street geocoded crime incidents. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 36(2), 263-294.
- Howe, H. L. (1986). Geocoding NY State Cancer Registry. *American journal of public health*, 76(12), 1459-1460.
- JHU CSSE (2021). Johns Hopkins University Center for Systems Science and Engineering. COVID-19 Dashboard. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>, (Erişim Tarihi: 25 Haziran 2021).
- Kılıç, B., & Gülgen F. (2017). Coğrafi Kodlama için Adres Standardizasyonu. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Kılıç, B. (2017). *Adrese Dayalı Coğrafi Kodlama İşleminde Kalite Araştırması* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kılıç, B., & Gülgen, F. (2019). Türkiye’de Kullanılan Posta Adres Bilgilerinde Uyum Düzeylerinin Belirlenmesi. *Harita Dergisi*, 161, 26-34.
- Kılıç, B., & Gülgen, F. (2020a). Investigating the quality of reverse geocoding services using text similarity techniques and logistic regression analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, 47(4), 336-349.
- Kılıç, B., & Gülgen, F. (2020b). Accuracy and similarity aspects in online geocoding services: A comparative evaluation for Google and Bing maps. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(2), 109-119.
- Koch, T. (2004). The map as intent: variations on the theme of John Snow. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 39(4), 1-14.
- Kounadi, O., Lampoltshammer, T. J., Leitner, M., & Heistracher, T. (2013). Accuracy and privacy aspects in free online reverse geocoding services. *Cartography and Geographic Information Science*, 40(2), 140-153.
- Krieger, N., Chen, J. T., Waterman, P. D., Soobader, M. J., Subramanian, S. V., & Carson, R. (2002). Geocoding and monitoring of US socioeconomic inequalities in mortality and cancer incidence: does the choice of area-based measure and geographic level matter? the Public Health Disparities Geocoding Project. *American journal of epidemiology*, 156(5), 471-482.
- Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet physics doklady* 10(8), 707-710.
- Levine, N., & Kim, K. E. (1998). The location of motor vehicle crashes in Honolulu: a methodology for geocoding intersections. *Computers, environment and urban systems*, 22(6), 557-576.
- Li, D. (2018). *Geocoding and reverse geocoding*. Huang, B. (Ed). *Comprehensive geographic information systems – 1st edition: GIS methods and techniques*, Oxford: Elsevier.
- Matçı, D. K., & Avdan, U. (2018). Address standardization using the natural language process for improving geocoding results. *Computers, environment and urban systems*, 70, 1-8.
- McElroy, J. A., Remington, P. L., Trentham-Dietz, A., Robert, S. A., & Newcomb, P. A. (2003). Geocoding addresses from a large population-based study: lessons learned. *Epidemiology*, 399-407.
- McLeod, K. S. (2000). Our sense of Snow: the myth of John Snow in medical geography. *Social science & medicine*, 50(7-8), 923-935.
- Mollalo, A., Mao, L., Rashidi, P., & Glass, G. E. (2019). A GIS-based artificial neural network model for spatial distribution of tuberculosis across the continental United States. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), 157.
- Nelson, K. E., & Williams, C. M. (Eds.). (2014). *Infectious disease epidemiology: theory and practice*. Jones & Bartlett Publishers.
- PTT (2013). Adres Yazım Standartları. <http://postakodu.ptt.gov.tr/Dosyalar/adres.pdf>, (Erişim Tarihi: 21 Mart 2021).
- Qin, X., Parker, S., Liu, Y., Graettinger, A. J., & Forde, S. (2013). Intelligent geocoding system to locate traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1034-1041.

- Ratcliffe, J. H. (2004). Geocoding crime and a first estimate of a minimum acceptable hit rate. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(1), 61-72.
- Roongpiboonsopit, D., & Karimi, H. A. (2010). Comparative evaluation and analysis of online geocoding services. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(7), 1081-1100.
- Rushton, G., Armstrong, M. P., Gittler, J., Greene, B. R., Pavlik, C. E., West, M. M., & Zimmerman, D. L. (2006). Geocoding in cancer research: a review. *American journal of preventive medicine*, 30(2), S16-S24.
- Sezer, G., Doğan, A. H., & Erdoğan, B. (2021). Çoklu-GNSS çözümlerinin performansının internet tabanlı Trimble RTX servisi ile incelenmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 8(1), 30-40.
- Strickland, M. J., Siffel, C., Gardner, B. R., Berzen, A. K., & Correa, A. (2007). Quantifying geocode location error using GIS methods. *Environmental Health*, 6(1), 1-8.
- TÜİK (2020). Türkiye İstatistik Kurumu Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210>, (Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2021).
- Uluğtekin, N., Alkoy, S., Şeker, D. Z., & Göksel, C. (2006). Use of GIS in epidemiology: a case study in Istanbul. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 41(9), 2013-2026.
- Ward, M. H., Nuckols, J. R., Giglierano, J., Bonner, M. R., Wolter, C., Airola, M., Mix, W., Colt, J. S., & Hartge, P. (2005). Positional accuracy of two methods of geocoding. *Epidemiology*, 542-547.
- Watts, S. (1999). *Epidemics and history: Disease, power and imperialism*. New Haven, CT: Yale University Press.
- WHO (2020a). World Health Organization. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- WHO (2020b). World Health Organization. Rolling Updates on Coronavirus Disease (COVID-19). <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- Yıldırım, V., Yomraloğlu, T., Nişancı, R., & İnan, H. (2014). Turkish street addressing system and geocoding challenges. *Proceedings of the institution of civil engineers-municipal engineer* 167(2), 99-107.
- Zandbergen, P. A. (2008). A comparison of address point, parcel and street geocoding techniques. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(3), 214-232.
- Zhou, C., Su, F., Pei, T., Zhang, A., Du, Y., Luo, B., Cao, Z., Wang, J., Yuan, W., Zhu, Y., Song, C., Chen, J., Xu, J., Li, F., Ma, T., Jiang, L., Yan, F., Yi, J., Hu, Y., Liao, Y., & Xiao, H. (2020). COVID-19: challenges to GIS with big data. *Geography and sustainability*, 1(1), 77-87.
- URL-1: World Health Organization. <https://www.who.int/>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- URL-2: World Health Organization. Influenza. <https://www.who.int/teams/health-product-and-policy-standards/standards-and-specifications/vaccines-quality/influenza>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- URL-3: T.C. Sağlık Bakanlığı COVID-19 Bilgilendirme Platformu, <https://covid19.saglik.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2021).
- URL-4: İstanbul Şehir Haritası. <https://sehirharitasi.ibb.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).