

AKÜ FEMÜBİD 21 (2021) 055501 (1108-1124)

AKU J. Sci. Eng. 21 (2021) 055501 (1108-1124)

DOI: 10.35414/akufemubid.977251

Araştırma Makalesi / Research Article

Kartogram Haritaların Nüfus Analizinde Kullanımı

Muhammed Hüseyin KAYA¹, İbrahim YILMAZ¹¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.Sorumlu yazar e-posta: huseyinkaya3403@gmail.com ORCID ID: 0000-0003-3179-7094
iyilmaz@aku.edu.tr ORCID ID: 0000-0003-0510-9446

Geliş Tarihi: 01.08.2021

Kabul Tarihi: 12.10.2021

Öz

Bu çalışmada kartogramların nüfus analizinde ne derece etkili bir görselleştirme sağladığı incelenmiştir. Kartogramların nüfusa ait verileri görselleştirmedeki etkisinin incelenmesi için kartogramlar, performans ve doğruluk (coğrafi, istatistiksel, topolojik) ölçütlerine göre analiz edilmiştir. Performans ölçütüne göre analiz edilen kartogram türlerinin tamamında yüksek performans sağlanmıştır. Kartogramlar nüfus verileri için güçlü görselleştirme oluşturarak verileri iyi derece temsil etmişlerdir. Bu bakımdan nüfusa ilişkin verilerin analiz edilmesinde kartogramlar kullanılabilir. Nüfus verisi kullanılarak doğruluk (coğrafi, istatistiksel, topolojik) ölçütlerine göre analiz edilen kartogram türlerinden hiçbiri tüm ölçütleri tek başına sağlayamamıştır. Çalışma amacına ve kartogramdan beklenen performansa göre bu ölçütler arasında tercih yapılmalıdır. Coğrafi doğruluğun önem taşıdığı çalışmalarda bitişik olmayan kartogramlar, topolojik doğruluğun önem taşıdığı çalışmalarda bitişik kartogramlar, istatistiksel doğruluğun önem taşıdığı çalışmalarda ise dorling kartogramları kullanılabilir.

Anahtar kelimeler

Kartografya; Harita;
Kartogram; Analiz

The Use Of Cartogram Maps in Population Analysis

Abstract

In this study, it was examined what extend effective the visualization of cartograms in population analysis. In order to examine the impact of cartograms on visualizing population data, the cartograms were analyzed based on the performance and accuracy (geographical, statistical, topological) criteria. The high achievement has been obtained in all cartogram types analyzed based on the performance criteria. The cartograms are representing the data well by generating powerful visualizations for the population data. In this respect, cartograms can be applied to analyze data regarding population. None of the cartogram types examined using population data based on accuracy (geographic, topological, statistical) satisfied all criteria alone. A selection should be made between these criteria, depending on the purpose of the study and the performance expected from the cartogram. Non-contiguous cartograms in studies where geographical accuracy is important, contiguous cartograms in studies where topological accuracy is important, and dorling cartograms in studies where statistical accuracy is important can be employed.

Keywords

Cartography; Map;
Cartogram; Analysis

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1.Giriş

Günümüzde tematik haritalama da dahil olmak üzere tüm haritacılık hızlı bir gelişim ve değişim içerisindedir. Bilgisayar donanımı ve yazılım teknolojisindeki gelişmeler, artan internet erişimi ve birçok türde harita oluşturabilen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımının yaygınlığı, haritaların oluşturulma ve kullanılma şeklini önemli ölçüde değiştirmiştir. Günümüzde çevrimiçi harita kullanımı

oldukça yaygınlaşarak harita verilerine erişilebilirliği artırmıştır. Haritalar günümüzün vazgeçilmez bir parçası haline gelmiş ve birçok alanda hayatımızı kolaylaştırmıştır (Dent vd. 2009).

Geleneksel haritalarda veriler görselleştirilirken ülke, eyalet, il, ilçe vb. birimler yüzölçümlerine göre boyutlandırılır. Kartogramlarda ise veriler harita kullanıcılarına aktarılacak istenen veri büyüklüğüne göre boyutlandırılmaktadır. Bu durum kartogramlar

ile diğer tematik haritalar arasındaki en temel farklılıktır. Tematik haritalar oluştururken, haritacı mekânsal ilişkileri bozmaktan kaçınmaya çalışır. Yüzölçümü büyüklüğünün gösterilen mekânsal verinin dağılışına bakılmaksızın alınması haritanın kullanıcıya aktarmak istediği asıl bilginin önüne geçmesine ve harita okuyucusunun görsel algısının yanlış etkilenmesine neden olacaktır. Bu anlamda yapılacak çalışma, harita kullanıcıya aktarılacak istenen asıl bilginin öne çıkarılması, harita kullanıcısının haritayı kolay, anlaşılır ve doğru bir şekilde yorumlaması açısından önemlidir. Ayrıca bu çalışmanın bir diğer önemli noktası kartogram haritaların nüfus analizinde kullanımınıdır. Çünkü oldukça dinamik bir yapıya sahip olan nüfus; siyasi, sosyal ve ekonomik durumlar üzerinde etkili olmakta ve ülke, şehir vb. birimlerin gelişimlerinde en temel unsurların başında gelmektedir.

Bir ülkenin nüfusu ve nüfus yapısı; kalkınma-kamu planlamalarının tespit edilmesi, askeri-siyasal güç başta olmak üzere pek çok noktada önemli bir yere sahiptir. Onun için nüfus miktarı, nüfus dağılışı ve nüfusun sosyoekonomik yapısının iyi analiz edilmesi gerekmektedir (Kalafatçılar 2019). Bu bakımdan kartogramların nüfus analizinde ne denli önemli bir veri gösterim aracı olduğunun ortaya konulması noktasında bu çalışma önem taşımaktadır. Ayrıca kartogramları değerlendiren çalışmalar genel olarak sınırlıdır. Özellikle kartogramlarla ilgili 'Türkçe' bilimsel çalışmaların neredeyse yok denecek kadar az olması bu çalışmayı daha da önemli kılmaktadır.

Bir tematik harita çeşidi olan kartogramlar çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı kartogramların, nüfus ve nüfusa ait sosyoekonomik verilerin gösteriminde önemli bir veri gösterim aracı olduğunu ortaya koymaktır. Ayrıca bu çalışma, haritanın kullanım amacına göre en ideal kartogram türünün seçilmesi noktasında bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Kartogramları değerlendiren çalışmalar sınırlı olmakla birlikte bu tür çalışmalarda çoğunlukla anket uygulaması yapılarak kartogramlar değerlendirilmektedir. Bu çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak kartogramlar CBS araçları ile analiz edilmiştir.

2. Literatür Taraması

2.1 Kartogram Harita

Verilerin büyüklüğüne bağlı olarak haritanın alanını bozarak bu alanın boyutunu ilgili verinin büyüklüğüyle orantılı olacak şekilde gösteren veya mesafe ve zamanın öne çıktığı durumlarda veri değerini mesafeye göre gösteren haritalara "Kartogram Harita" denir (McHaffie vd. 2019, Indrayan ve Malhotra 2018, Sun ve Li 2010).

Haritacılar tematik harita oluştururken, mekânsal ilişkileri bozulmamasına özen gösterirler (Slocum vd. 2005). Bir kartogramın esas amacı ise bazı değişkenlere göre bölgeleri yeniden ölçeklendirerek bir haritayı bozmaktır (Heilmann vd. 2004). Bu bozulma, ilgili veri değerine göre şekillenir. İlgili birimlerin alanına bağlı olarak bozulma gerçekleşirse "alan kartogramları" adını alır. Seçilen bir nokta ile referans nokta arasındaki mesafeye göre bozulma gerçekleşirse "mesafe (çizgisel) kartogramları" adını alır (Markowska ve Korycka-Skorupa 2015).

Çoğu geleneksel harita ile kartogram arasındaki temel fark, alanların boyutunu belirleyen değişkendir. Birçok geleneksel haritada bu değişken, ilgili birimin coğrafi alanıdır oysa kartogramlarda herhangi bir değişken coğrafi referans olarak alınabilir (Henriques 2010). Örneğin bir nüfus kartogramında, her birimin boyutu orada yaşayan insan sayısı ile orantılıdır. Nüfus en sık kullanılan değişken olsa da, kartogram oluşturmak için herhangi bir sosyal, ekonomik veya coğrafi değişken kullanılabilir (Henriques 2005).

2.2 Kartogramın Tarihçesi

Tobler'e göre "kartogram" terimine yapılan ilk atıf, Émile Levasseur'un ekonomik coğrafya ders kullandığı 1870 yılına kadar uzanır. Fabrikant'a göre Alman seçim sonuçlarını göstermek için 1903 yılında kartogramlar kullanıldı (Nusrat ve Kobourov 2016). İlk kartogramlar, nüfusun coğrafi dağılımının dengesizliğini göstermede alternatif bir yol olarak oluşturuldu. İlerleyen süreçte insan coğrafyasını göstermek için kartogramlar bir temel olarak kullanılmaya başlandı (Dorling 1995).

2.3 Kartogram Haritaların Sınıflandırılması

Tüm kartogram yaklaşımlarının ortak hedefi kartogram çıktısının genel olarak anlaşılma ve okunabilirlik problemlerini çözmeye çalışırken aynı zamanda temelinde yer alan nicel bilginin yeterli düzeyde temsildir (Hennig 2017).

Kartogram türleri çizgisel kartogramlar ve alan kartogramları olmak üzere iki ana kartogram türü altında sınıflandırılabilir (Tang 2013, Sun ve Li 2010).

2.3.1 Çizgisel (Linear) Kartogramlar

Çizgisel kartogramlar, doğrusal kartogramlar veya mesafe kartogramları olarak da bilinir (Tyner 2010). Hareketleri çizgi halinde şematize ederek konuma ve zamana dayalı soruları yanıtlamak için çizgileri zaman-mesafe gibi birimlere göre çarpıtan bir harita türüdür (Shimizu ve Inoue 2009, Kraak vd. 2014)

Çizgisel kartogramlar, haritadaki başlangıç noktası ile diğer konumlar arasındaki uzaklığı seyahat süresine göre değiştirir (Hong vd. 2017). Böylece kullanıcıya zaman, mekân, mesafe gibi unsurları ilk bakışta okuyabilme ve ön değerlendirme imkânı sağlar (Kraak vd. 2014).

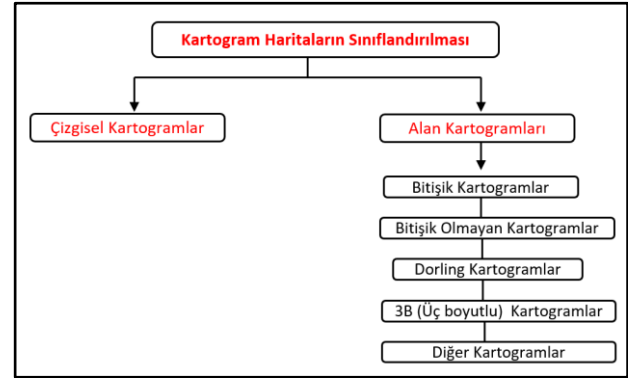
2.3.2 Alan (Area) Kartogramları

İlgili birime karşılık gelen veri değerleriyle orantılı olarak alanların bozulduğu veya yeniden boyutlandırıldığı haritalardır (Sun ve Li 2010). Bu boyutların gerçek fiziki dünya ile alakası yoktur (Henriques 2010, Ren ve Zhao 2016). Çünkü alan kartogramlarında birimlerin boyutları ilgili öznitelik değerlerini yansıtacak şekilde ölçeklendiği için birimler öznitelik değeriyle orantılıdır. Bu anlamda alan kartogramı bir değişkenin temsildir (Slocum vd. 2005, Henriques 2010).

Alan kartogramlarında harita oluşturucusu iletmek istediği mesaja bağlı olarak alanı genişletir, küçültür veya coğrafyayı çarpıtabilir. Bu boyutlandırmada mesafeler ve yönler bozulabilir, bitişiklik korunabilir veya korunmayabilir (Getis vd. 2018, Tobler 2017). Böylece alan kartogramları bölgelerin şekli deformasyonu ile temsil edilen veri dağılımlarının algılanmasına yardımcı olur. Özellikle istatistiksel

verilerin görsel temsili için sıklıkla kullanılmaktadır (Inoue 2011, Şahin ve Şahin 2019).

Alan kartogramları kendi içinde bitişik kartogramlar, bitişik olmayan kartogramlar, dorling kartogramları ve üç boyutlu (3B) kartogramlar olarak sınıflandırılabilir (Krevelde ve Speckmann 2007, Berg vd. 2006, Henriques 2005). Belirtilen kartogramlar küresel ölçekte temel alan kartogram türleri olarak tanımlayabileceğimiz kartogramlardır. Bunlar dışında da coğrafi doğruluk ve istatistiksel doğruluk gibi farklı kartogram boyutlarını optimize etmek için tasarlanmış çok çeşitli kartogram türleri bulunmaktadır. Yine bu kartogram türlerinin de kendi içinde bazı varyantları vardır (Nusrat ve Kobourov 2016, Barreto vd. 2018). Her bir kartogram harita türünün farklı özellikleri olmakla beraber kullanım amacına göre avantajları ve dezavantajları vardır (Dent vd. 2009).



Şekil 1. Kartogram haritaların sınıflandırılması

2.3.2.1 Bitişik Kartogramlar

Bir öznitelik değerine göre birimler boyutlandırılırken şekillerin bitişik tutularak haritanın istenen boyutlara deforme edildiği kartogram türüdür (Sagar 2014).

2.3.2.2 Bitişik Olmayan Kartogramlar

İstatistiksel veriye göre her alanın bağımsız olarak ölçeklendirildiği kartogram türüdür. Bitişik nesnelere birbirinden uzaklaşmakta veya yakınlaşmakta serbesttir (Barreto vd. 2018, Bhatt 2006, Nusrat vd. 2016).

2.3.2.3 Dorling Kartogramları

Coğrafi bir birimi simgelemek için dairelerin kullanıldığı ardından dairelerin nicel bir değışkene göre boyutlandırıldığı kartogram türüdür (Hennig 2013, Kirk vd. 2016).

2.3.2.4 Sözde Kartogramlar

Sözde kartogram yöntemi, kartogram oluşturma öncesi haritayı ön işlemden geçirmek için tasarlanmıştır (Nusrat ve Kobourov 2016).

2.3.2.5 Üç Boyutlu (3B) Kartogram

Temel değişken değerinin nesnenin yüksekliği ile temsil edildiği haritalardır. Yükseklik ise ilgili birime karşılık gelen veriye göre hesaplanır (Reveiu ve Dardala 2011, Boos 2013).

3. Materyal ve Metot

3.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye'nin tamamı olarak seçilmiştir. Türkiye il düzeyinde oluşturulan nüfus kartogram haritaları analiz edilmiştir. Çalışma alanının 'Türkiye' seçilmesinin nedeni nüfus verilerinin ve yüzölçümünün iller arasında oldukça düzensiz dağılmasından dolayı bu parametrelerin etkisinin kartogram haritada daha net görülebilmesidir.

3.2 Araştırmanın Veri Kaynakları

Kartogram haritaların oluşturulmasında Türkiye'nin 2020 yılına ait nüfus verileri esas alınmıştır. TÜİK'ten Türkiye'nin 2020 yılına ait nüfus ve nüfusa ilişkin verileri 'Microsoft Excel' (.xlsx) formatında indirilmiştir. Kartogramların oluşturulacağı altlık harita (Türkiye illere ait mülki idare sınırları) ve illere ait noktasal konum verileri Harita Genel Komutanlığının resmî sitesinden 'Şekil dosyası' (.shp) formatında indirilmiştir.

3.3 Verilerin düzenlenmesi ve CBS ortamına Aktarılması

- Veriler iki sütun halinde iller ve bunlara karşılık gelen nüfus şeklinde oluşturulmuştur.
- Çizgi formatında indirilen Türkiye illere ait mülki

idare sınırları ArcMap ortamına aktarılarak poligon formatına çevrilmiştir.

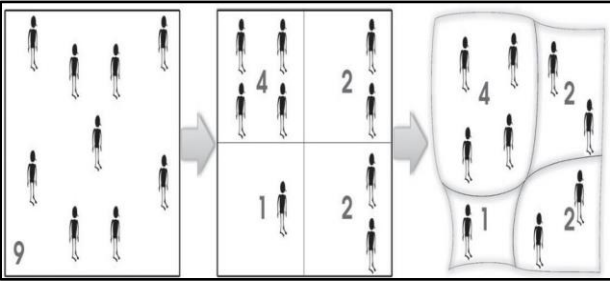
- Türkiye'nin 2020 yılına ait nüfus verileri ArcMap ortamına aktarılmıştır.
- Nüfus verileri Türkiye il sınırları haritası verisine entegre edilmiştir.
- Oluşturulan harita şekil dosyası (.shp) formatında kaydedilerek altlık harita kartogram oluşturmaya hazır hale getirilmiştir.

3.4 Kartogramların Oluşturulması

Bitişik kartogramların oluşturulması için ArcMap 10.5 (AKÜ CBS Laboratuvarı), Bitişik olmayan kartogramlar, dorling kartogramlar ve 3B kartogramların oluşturulması için MapViewer 8, verilerin düzenlenmesi ve matematiksel hesaplamalar için Microsoft Excel programından yararlanılmıştır.

3.5 Yöntem

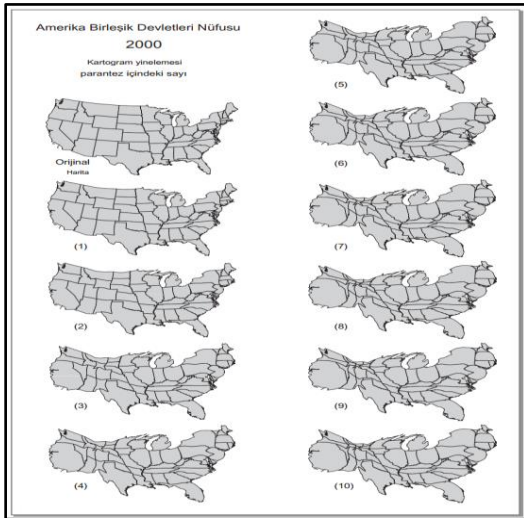
Bitişik kartogram oluşturmanın birçok yöntemi olmasına karşın Gastner ve Newman difüzyon yöntemi görünüşe göre son yıllarda en popüler olanı olmuştur (Nusrat ve Kobourov 2016). Dorling tarafından 'iki adam için küçük bir adım, haritalama için dev bir adım' olarak nitelendirilen Gastner ve Newman'ın yaklaşımı, fizikteki difüzyon modelleme ilkesine dayanmaktadır. Difüzyon modelleme ilkesi yoğunluğun dengelenmesini sağlamak için nesnelerin dağılımına izin verir (Hennig 2019). Bu dengelenme süreci miktarların bir ızgara hücrelerinden diğerine aktığı yinelemeli bir difüzyon işlemiyle sağlanır (Nusrat vd. 2016). Bir bitişik kartogram haritadaki dönüşümde aynı ilkeye dayanmaktadır. Bir sınının yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa aktığında olacak değişimleri taklit eder. Örneğin bir bölgede yaşayan insan nüfusuna göre coğrafi alanların şeklini değiştirir (Şekil 2). Ortaya çıkan haritada ise ülkelerin orijinal coğrafi şekli ve yakınlığı mümkün olduğunca korunur. Bu yaklaşım tutarlı bir veri kümesi var olduğu sürece farklı coğrafi birimlerde ve ölçeklerde çalışabilir (Nusrat vd. 2016, Hennig 2019).



Şekil 2. Difüzyon modellemesine göre bitişik kartogram oluşumu (Hennig 2019).

ESRI'nin ArcGIS yazılımında Gastner ve Newman algoritması bulunur. Bunun dışında bazı yazılımlarda da bu algoritma mevcuttur (Yalçın 2020).

Birçok kartogram algoritması yapısı gereği yinelemelidir. Her yinelemede alanlar öznelik değerleriyle orantılı olmaya yaklaşır. Yaklaşık sekiz ila on yinelemeden sonraki yinelemelerde şekil pek değişmez (Şekil 3) (Dent vd. 2009).



Şekil 3. Yineleme sayılarına göre bitişik kartogramlar (ABD'nin 2000 yılı nüfusunu göstermektedir.) (Dent vd. 2009).

Kartogramlar istatistiksel doğruluk, coğrafi doğruluk ve topolojik olmak üzere üç temel tasarım boyutuna göre değişiklik göstermektedir (Nusrat vd. 2016). Kartogramlarda performans analizi ise kartogramın sağladığı değişim oranı ve istenilen değişim oranıyla elde edilebilir (Alam, vd. 2015). Bu çalışmada oluşturulan nüfus kartogramları coğrafi doğruluk, topolojik doğruluk, istatistiksel doğruluk ve performans analizine göre incelenmiştir. Kartogram türleri elde edilen verilere göre karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. Kartogramlarda tasarım boyutları

3.5.1 Coğrafi Doğruluk Ölçütü

Coğrafi doğruluk, kartogramdaki alana ait şekil ve konumların temel (asıl) haritadakiyle ne derece iyi eşleştiğini gösteren bir ölçüttür. Bu ölçüt şekil ve göreceli konum koruması eğri benzerliği ve ikili mesafeler gibi çeşitli yöntemlerle değerlendirilebilir. Coğrafi doğruluğun sağlanması, birçok kartogram oluşturma algoritmasının doğrudan veya dolaylı amaçları arasındadır (Nusrat ve Kobourov 2016).

3.5.1.1 Konum Hatası

Şeklin kartogram haritadaki konumu ile temel haritadaki konumu arasındaki değişim miktarını ifade eder. Şekillerdeki değişim miktarının tespit edilebilmesi için temel ve kartogram haritadaki şekillerin ağırlık merkezi referans alınmıştır Türkiye temel haritası ile Türkiye nüfus kartogramındaki illerin ağırlık merkezine ait konumları ArcMap programında 'geometri hesapla' aracı yardımıyla belirlenmiştir. Bu veriler yardımıyla ArcMap ortamında her ilin kartogram ve temel haritadaki konumu arasındaki mesafe (konum hatası) kilometre (km) biriminde hesaplanmıştır.

3.5.1.2 Göreceli Konum Hatası

Göreceli konum bir alanın diğer alanlara göre tanımlanmasını ifade eder (Int Kyn. 1). Kartogramlarda göreceli konum doğruluğu, komşu alanlar ve asıl haritadaki alanlar arasındaki yön ilişkilerinin karşılaştırılmasıyla belirlenebilir (Nusrat ve Kobourov 2016, Alam vd. 2015). Yön doğruluğunun harita üzerinde daha net görülebilmesi için 'Afyonkarahisar' ili esas alınarak komşu illerle olan yön doğruluğu incelenmiştir.

3.5.1.3 Şeklin Tanınabilirliği

Kartogramlar alanı nüfusa göre boyutlandırdıkları için alanda meydana gelen bozulma harita kullanıcılarının ilgili birimi tanıyabilmelerini

zorlaştırabilmektedir. Bu bakımdan kartogramlar orijinal harita ile karşılaştırılarak alanların şekilsel olarak bozulmalarını incelenmiştir.

3.5.2 Topolojik Doğruluk Ölçütü

Topolojik doğruluk, komşu alanlar arasındaki bitişiklik ilişkilerinin orijinal haritaya kıyasla kartogramda ne ölçüde değiştiğini belirtir. Kartogramda komşu iller arasındaki sınır ilişkileri ve komşuluklar orijinal haritadakine ne kadar yakınsa topolojik doğruluk o derece yüksektir (Nusrat ve Kobourov 2016, Alam vd. 2015).

Topolojik doğruluk bitişiklik hatası ile ifade edilir ve kartogramın koruyamadığı bitişikliklerin oranıyla ölçülür.

Bitişiklik hatası;

$$T = 1 - \frac{|Ec \cap Em|}{|Ec \cup Em|} \quad (1)$$

Bağıntısıyla elde edilir. T: Bitişiklik hatası, Ec ve Em sırasıyla kartogramdaki ve temel haritadaki alanlar arasındaki bitişik noktalar (Alam vd. 2015, Nusrat ve Kobourov 2016).

Kartogram harita ve temel Türkiye haritasına ait komşular ve sınır uzunlukları ArcMap programındaki "Alan Komşuları" aracı kullanılarak belirlenmiştir. Bu veriler yardımıyla (1) formülü kullanılarak illerin sınır komşularıyla olan bitişiklik hatası hesaplanmıştır. İllere ait bitişiklik hatasının ortalaması alınarak Türkiye geneli için bitişiklik hatası hesaplanmıştır.

3.5.3 İstatistiksel Doğruluk Ölçütü

İstatistiksel doğruluk, kartogramla oluşturulan alanların veriyi ne derece tutarlı temsil ettiğini ifade eder. İstatistiksel doğruluk "kartografik hata" olarak ölçülür (Nusrat vd. 2016).

Kartografik hatanın düşük olması için kartogram boyutu veri değerine yakın olmalıdır (Nickel vd. 2019).

Kartogramlar alanları ilgili veriye göre boyutlandırırken her bölge için yoğunluk (veri değerinin coğrafi alana bölünmesi) hesaplanarak en

yüksek yoğunluklu bölge dayanak noktası olarak seçilir (alanı olabildiğince korunur). Diğer bölgeler istatistiksel verilerle orantılı olarak küçülür. Eğer en yüksek yoğunluklu bölge coğrafi olarak küçükse bu durumda düşük yoğunluklu alanların boyutu çok fazla küçülerek haritada görülmesi güçleşecektir. Bitişik olmayan kartogramlarda ise bu durumla beraber haritada büyük boşluklar oluşacaktır. Bu durumda yöntem dayanak olarak makul boyutta yüksek yoğunluklu başka bir bölge arar. Böylece daha yüksek yoğunluklu küçük bölgeler küçültülmek yerine büyütülür (Nusrat vd. 2016, Olson 1976).

Oluşturulan kartogramların dayanak noktasının belirlenebilmesi için Arcmap ortamında öznelik tablosunda alan sütunu oluşturularak geometrik hesap modülünden Türkiye haritası ve Türkiye nüfus kartogram haritasına ait il alanları kilometrekare (km^2) biriminde hesaplandı. Temel (asıl) haritadaki ve kartogram haritadaki il alanlarının farkı alınarak dayanak noktası (alanı en az değişen il) belirlendi. Dayanak noktası olarak seçilen ilin nüfusuna düşen kartogram alanı miktarına göre oran-orantı uygulanarak diğer iller için alanlar hesaplanmıştır. Bu alan 'istenen alan' olarak ifade edilmiştir. (2) ve (3) bağıntıları kullanılarak her il için kartografik hata ve kartografik hata oranları hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerin ortalaması alınarak Türkiye geneli için kartografik hata ve kartografik hata oranı hesaplanmıştır.

$$Kartografik\ Hata = |o(v) - w(v)| \quad (2)$$

$$Kartografik\ Hata\ Oranı = \frac{|o(v) - w(v)|}{\max\{o(v), w(v)\}} \quad (3)$$

Bu bağıntılarda bir 'v' alanı için ; $o(v)$: Kartogramdaki alan, $w(v)$: İstenen alanı, $\max\{o(v) - w(v)\}$: Kartogramdaki alan ve istenen alan değerleri arasından daha yüksek olan değeri ifade eder (Alam vd. 2015, Nusrat ve Kobourov 2016).

3.5.4 Kartogramlarda Performans Ölçütü

Kartogram performansı, kartogram oluşturmak için yararlanılan programın istenilen değişimi sağlamak için ne derece etki gösterdiğini ortaya koyar. İstenilen değişim oranı elde edilen değişim oranına ne kadar yakınsa başarı oranı o kadar yüksektir (Alam vd. 2015).

$$\text{Değişim Oranı} = \frac{o(v) - a(v)}{w(v) - a(v)} \quad (4)$$

Bu bağtıda bir 'v' alanı için; $o(v)$: Kartogramdaki alan, $a(v)$: Temel (asıl) haritadaki alan, $w(v)$: İstenen alanı ifade eder. Buna göre $o(v) - a(v)$: Elde edilen değişim miktarını, $w(v) - a(v)$: İstenilen değişim miktarını ifade eder (Alam vd. 2015).

Kartogramlarda değişim oranının '1' olması istenen değer miktarında bir değişimin sağlandığını ve kartogramın başarılı bir performans oluşturduğunu gösterir. Değişim oranı '1' değerinden uzaklaştıkça başarı oranı düşmekte ve hata oranı artmaktadır. Buna göre kartogramlarda başarı kriteri hata oranı olarak '1' değerinden uzaklığa göre ifade edilebilir (Alam vd. 2015). Bunu matematiksel olarak;

$$\text{Hata oranı} = |1 - \text{Değişim Oranı}| \quad (5)$$

bağıntısıyla ifade edebiliriz (Alam vd. 2015).

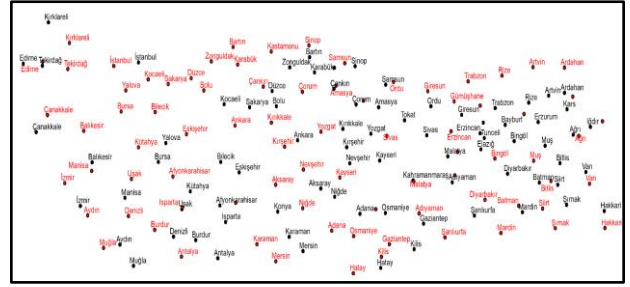
Hata oranı istenilen değişim miktarından kaç kat daha fazla bir değişim sağlandığını gösterir. Hata oranının düşük olması kartogramın başarılı bir performans sağladığını gösterirken, hata oranının yüksek olması kartogramın başarısız bir performans oluşturduğunu gösterir.

4. Bulgular

4.1 Kartogramlarda Coğrafi Doğruluk Analizi

4.1.1 Konum Hatası

Türkiye geneli için bitişik nüfus kartogramının ortalama konum hatası 112.34 km olarak hesaplanmıştır.

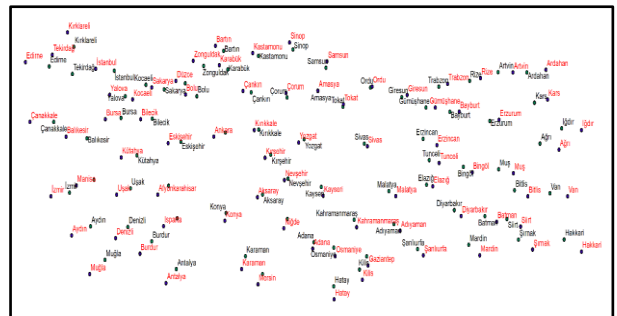


Şekil 5. Türkiye bitişik nüfus kartogramı (siyah) ve temel haritasına (kırmızı) ait ağırlık merkezlerinin noktasal konumları

Çizelge 1. Türkiye bitişik nüfus kartogramının il düzeyinde konum hataları

Sıra	İl	Konum Hatası (km)	Sıra	İl	Konum Hatası (km)
1	Sakarya	222,24	43	Antalya	100,42
2	Bilecik	215,73	44	Trabzon	98,33
3	Düzce	214,54	45	Rize	98,22
4	Kocaeli	209,34	46	Şanlıurfa	97,66
5	Zonguldak	204,74	47	Elazığ	96,49
6	Karabük	201,35	48	Muğla	94,81
7	Bartın	199,92	49	Gümüşhane	94,10
8	Bolu	195,20	50	Kilis	92,16
9	Kırıkkale	190,85	51	Niğde	91,54
10	Çankırı	185,70	52	Karaman	90,78
11	Kütahya	178,64	53	Diyarbakır	89,76
12	Eskişehir	171,15	54	Adana	88,52
13	Ankara	170,94	55	Artvin	82,81
14	Yalova	170,12	56	Bayburt	82,46
15	Kastamonu	169,25	57	Balıkesir	82,45
16	Kırşehir	166,30	58	Batman	81,47
17	Bursa	162,05	59	Mersin	80,06
18	Uşak	157,20	60	Tunceli	79,33
19	Afyonkarahisar	146,78	61	Mardin	79,08
20	Çorum	144,93	62	Erzincan	77,85
21	Denizli	133,96	63	Hatay	77,19
22	Yozgat	132,93	64	Kırklareli	75,45
23	Sinop	130,98	65	Siirt	73,12
24	Nevşehir	125,82	66	Izmir	71,53
25	Amasya	124,85	67	Bingöl	67,74
26	Kahramanmaraş	124,56	68	Şırnak	67,25
27	Isparta	123,96	69	Tekirdağ	66,66
28	Aksaray	122,87	70	İstanbul	65,10
29	Samsun	119,75	71	Ardahan	63,94
30	Tokat	119,54	72	Çanakkale	52,43
31	Adıyaman	119,50	73	Bitlis	51,17
32	Konya	116,54	74	Edirne	50,41
33	Ordu	116,04	75	Muş	49,09
34	Burdur	115,99	76	Hakkari	43,36
35	Kayseri	115,87	77	Erzurum	42,75
36	Aydın	115,43	78	Kars	35,31
37	Manisa	113,28	79	Iğdır	34,83
38	Malatya	111,95	80	Van	31,57
39	Gaziantep	107,56	81	Ağrı	15,11
40	Giresun	107,38			
41	Sivas	106,31			
42	Osmaniye	105,16			

Türkiye geneli için bitişik olmayan nüfus kartogramının ortalama konum hatası ise 34.32 km olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. Türkiye bitişik olmayan nüfus kartogramı (siyah) ve temel haritasına (kırmızı) ait ağırlık merkezlerinin noktasal konumları

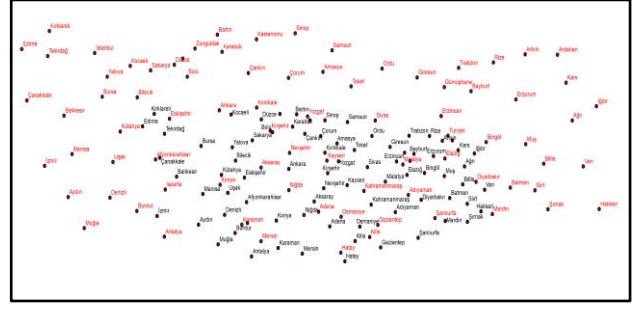
Çizelge 2. Türkiye bitişik olmayan nüfus kartogramı il düzeyinde konum hataları

Sıra	İl	Konum Hatası (km)	Sıra	İl	Konum Hatası (km)
1	Tekirdağ	73,49	44	Tunceli	29,81
2	Çanakkale	68,73	45	Bingöl	29,56
3	Edirne	68,44	46	Mersin	28,75
4	Balıkesir	60,94	47	Düzce	27,38
5	Aydın	60,68	48	Bayburt	27,16
6	Hakkari	60,00	49	Gümüşhane	26,75
7	Muğla	57,89	50	Erzurum	26,52
8	Iğdır	57,47	51	Bartın	26,33
9	Ağrı	57,04	52	Kilis	26,23
10	İzmir	55,90	53	Trabzon	25,86
11	Ardahan	54,51	54	Karabük	25,80
12	Manisa	53,89	55	Niğde	25,39
13	Van	52,97	56	Diyarbakır	25,10
14	İstanbul	52,83	57	Adıyaman	24,53
15	Kocaeli	52,20	58	Çankırı	23,73
16	Şırnak	48,80	59	Malatya	23,46
17	Kütahya	46,71	60	Şanlıurfa	22,64
18	Burdur	46,49	61	Gaziantep	22,55
19	Antalya	46,24	62	Kayseri	22,21
20	Denizli	45,84	63	Osmaniye	20,83
21	Bursa	45,38	64	Kahramanmaraş	19,47
22	Yalova	45,26	65	Sinop	19,23
23	Isparta	44,80	66	Konya	19,12
24	Silivri	44,59	67	Elazığ	18,97
25	Muş	44,51	68	Kırşehir	18,52
26	Uşak	43,56	69	Kastamonu	17,49
27	Erzincan	42,98	70	Yozgat	17,48
28	Mardin	42,10	71	Adana	16,46
29	Artvin	41,97	72	Aksaray	16,45
30	Bitlis	41,90	73	Giresun	16,09
31	Kırklareli	39,28	74	Samsun	15,76
32	Afyonkarahisar	38,67	75	Kırıkkale	12,81
33	Kars	38,33	76	Çorum	11,54
34	Batman	37,54	77	Sivas	11,24
35	Eskişehir	37,29	78	Neveşehir	11,02
36	Sakarya	36,12	79	Tokat	6,43
37	Ankara	35,24	80	Ordu	5,29
38	Bilecik	33,32	81	Amasya	1,29
39	Karaman	33,25			
40	Bolu	32,65			
41	Zonguldak	32,25			
42	Rize	31,54			
43	Hatay	31,37			

Türkiye için dorling nüfus kartogramının ortalama konum hatası 220.49 km olarak hesaplanmıştır.

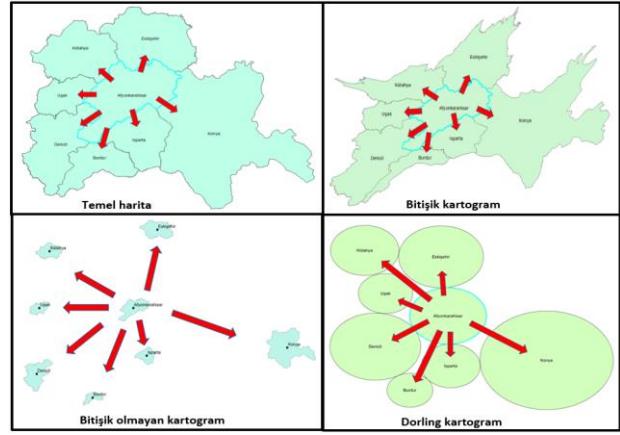
Çizelge 3. Türkiye dorling nüfus kartogramı il düzeyinde konum hataları

Sıra	İl	Konum Hatası (km)	Sıra	İl	Konum Hatası (km)
1	Çanakkale	377,99	43	Bitlis	220,84
2	Yalova	373,71	44	Trabzon	219,93
3	Edirne	371,05	45	Şırnak	218,41
4	Tekirdağ	363,96	46	Çankırı	216,67
5	Muğla	363,59	47	Kırıkkale	214,08
6	Manisa	361,43	48	Gümüşhane	200,91
7	Aydın	356,67	49	Giresun	195,97
8	Ardahan	352,68	50	Samsun	192,55
9	Kırklareli	345,52	51	Amasya	191,77
10	Iğdır	341,75	52	Kırşehir	187,55
11	Balıkesir	335,69	53	Siirt	184,19
12	Kars	331,48	54	Bingöl	181,09
13	İzmir	327,08	55	Ordu	178,92
14	Sakarya	320,59	56	Konya	178,23
15	Hakkari	316,31	57	Çorum	174,14
16	Uşak	314,83	58	Tokat	167,51
17	Artvin	312,03	59	Aksaray	167,36
18	Denizli	309,81	60	Erzincan	166,63
19	Ağrı	306,57	61	Batman	163,46
20	Bilecik	305,01	62	Diyarbakır	153,02
21	Bartın	291,44	63	Yozgat	143,24
22	Kütahya	289,45	64	Neveşehir	129,73
23	Kocaeli	289,11	65	Mardin	127,38
24	Bursa	287,18	66	Sivas	124,37
25	Zonguldak	277,12	67	Tunceli	119,16
26	Burdur	270,40	68	Mersin	116,39
27	Van	268,58	69	Karaman	115,42
28	Karabük	267,77	70	Elazığ	109,01
29	Düzce	266,02	71	Kayseri	83,93
30	Afyonkarahisar	265,99	72	Niğde	77,02
31	Bolu	264,51	73	Şanlıurfa	68,73
32	Erzurum	261,32	74	Malatya	64,63
33	Rize	253,84	75	Gaziantep	60,13
34	Kastamonu	253,80	76	Adıyaman	56,89
35	Eskişehir	250,20	77	Osmaniye	56,48
36	Antalya	241,51	78	Adana	49,06
37	Sinop	241,35	79	Kahramanmaraş	40,84
38	Ankara	238,43	80	Kilis	40,60
39	Isparta	236,64	81	Hatay	25,18
40	Muş	230,33			
41	İstanbul	224,22			
42	Bayburt	222,05			

**Şekil 7.** Türkiye dorling nüfus kartogramı (siyah) ve temel haritasına (kırmızı) ait ağırlık merkezlerinin noktasal konumları

4.1.2 Göreceli Konum Hatası

Afyonkarahisar referanslı komşu illerin yönlerini belirten harita ile buna ilişkin nüfus kartogramını gösteren harita karşılaştırıldığında yönlerin aynı olduğu görülmektedir. Tüm kartogram türlerinde göreceli konum doğruluğu sağlanmıştır.

**Şekil 8.** Afyonkarahisar referanslı komşu illerin yönlerini gösteren kartogram harita türleri

4.1.3 Şeklin Tanınabilirliği

Bitişik kartogram algoritması alanı nüfusa göre ölçeklendirir. Şekiller mümkün olduğunca korunmaya çalışılsada özellikle nüfusun yoğun olduğu alanlarda şekilde büyük bozulmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Bitişik olmayan kartogramlarda alanlar oldukları yerde boyut olarak değişmeye uğrasada şekiller temel haritadaki şekilleriyle aynıdır. Alanların bitişiklik ilişkilerinden bağımsız olarak boyutlandırılması şekillerde bozulmaları önlemiştir. Temsil edilen bölgeler, boyut olarak büyüyebilir veya küçülebilir yine de şekillerini koruyabilirler.

Şekillerin korunması ilgili birimin tanınmasını kolaylaştırabilir.

Dorling kartogramlarda temsil edilen alanlar bölge şeklinden tamamen bağımsızdır. Çünkü dorling kartogramı veriyi temsil etmek için daire sembolünü kullanır. Daireler veri büyüklüğüne göre boyutlandırılır. Bu nedenle dorling kartogramlarında şekiller tanınabilir değildir.

4.2 Kartogramlarda Topolojik Doğruluk Analizi

Bitişik kartogramlarda tüm illerde komşulukların korunduğu görülmüştür. İllerin komşuluk ilişkileri korunmakla beraber sınır uzunluklarında ise değişimler mevcuttur.

Bitişik olmayan kartogramlarda istatistiksel veriye göre her alan bağımsız olarak ölçeklendirilir. Bitişik olmayan kartogramda, şekli korumak için topolojiden (nesnelere arasındaki bağlantı) ödün verilmiştir. Topoloji korunmamıştır, iller arasında büyük boşluklar vardır.

Çizelge 4. İllerin Türkiye haritası ve bitişik nüfus kartogramındaki komşulukları

Türkiye Haritası			Türkiye Bitişik Nüfus Kartogramı		
İl	Komşu İl	Sınır Uzunluğu (km)	İl	Komşu İl	Sınır Uzunluğu (km)
Adana	Hatay	15,91	Adana	Hatay	28,77
Adana	Kahramanmaraş	78,57	Adana	Kahramanmaraş	84,39
Adana	Kayseri	193,50	Adana	Kayseri	223,76
Adana	Mersin	142,55	Adana	Mersin	167,88
Adana	Niğde	66,95	Adana	Niğde	78,69
Adana	Osmaniye	122,09	Adana	Osmaniye	168,85
Adıyaman	Diyarbakır	38,11	Adıyaman	Diyarbakır	37,86
Adıyaman	Gaziantep	55,63	Adıyaman	Gaziantep	68,94
Adıyaman	Kahramanmaraş	79,04	Adıyaman	Kahramanmaraş	75,45
Adıyaman	Malatya	190,25	Adıyaman	Malatya	156,89
Adıyaman	Şanlıurfa	166,04	Adıyaman	Şanlıurfa	154,77
Afyonkarahisar	Burdur	18,39	Afyonkarahisar	Burdur	14,99
Afyonkarahisar	Denizli	140,69	Afyonkarahisar	Denizli	116,82
Afyonkarahisar	Eskişehir	156,75	Afyonkarahisar	Eskişehir	114,89
Afyonkarahisar	Isparta	145,73	Afyonkarahisar	Isparta	116,03
Afyonkarahisar	Konya	110,63	Afyonkarahisar	Konya	82,36
Afyonkarahisar	Kütahya	68,46	Afyonkarahisar	Kütahya	51,76
Afyonkarahisar	Uşak	50,12	Afyonkarahisar	Uşak	37,86
Ağrı	Bitlis	35,24	Ağrı	Bitlis	23,37
Ağrı	Erzurum	75,81	Ağrı	Erzurum	46,77
Ağrı	İğdir	135,88	Ağrı	İğdir	110,27
Ağrı	Kars	64,47	Ağrı	Kars	36,07
Ağrı	Muş	72,76	Ağrı	Muş	55,56
Ağrı	Van	155,48	Ağrı	Van	109,66
Aksaray	Ankara	82,05	Aksaray	Ankara	136,99
Aksaray	Kırşehir	50,77	Aksaray	Kırşehir	43,58
Aksaray	Konya	174,03	Aksaray	Konya	140,41
Aksaray	Neveşehir	69,08	Aksaray	Neveşehir	60,92
Aksaray	Niğde	59,80	Aksaray	Niğde	63,45

Bitişik kartogramlar için Türkiye geneli ortalama bitişiklik hatası %24.81 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5. Türkiye bitişik nüfus kartogramı bitişiklik hataları

Sıra	İl	Bitişiklik Hatası (%)	Sıra	İl	Bitişiklik Hatası (%)
1	İstanbul	79,41	48	Bartın	20,15
2	Yalova	55,92	49	Eskişehir	19,46
3	Kocaeli	55,21	50	Amasya	18,91
4	Ardahan	51,47	51	Kırkkale	18,73
5	Kars	44,22	52	Karabük	18,53
6	Tekirdağ	44,03	53	Aydın	18,37
7	Bursa	42,44	54	Aksaray	18,23
8	Sakarya	42,27	55	Neveşehir	17,94
9	İzmir	40,35	56	Edirne	17,77
10	Artvin	39,53	57	Manisa	17,30
11	Hatay	38,98	58	Bolu	17,09
12	Tunceli	38,28	59	Uşak	17,03
13	Kilis	37,31	60	Bilecik	16,81
14	Kastamonu	36,51	61	Malatya	16,55
15	Erzurum	36,41	62	Niğde	16,21
16	Yozgat	34,59	63	Trabzon	15,70
17	Gaziantep	33,37	64	Tokat	15,47
18	Gümüşhane	32,21	65	Kayseri	13,92
19	Hakkari	31,67	66	Kahramanmaraş	13,90
20	Ağrı	31,33	67	Burdur	13,79
21	Balıkesir	30,99	68	Antalya	12,89
22	Kırklareli	30,94	69	Mersin	12,64
23	Muş	29,40	70	Şanlıurfa	12,01
24	Erzincan	29,11	71	Batman	11,73
25	Bitlis	28,05	72	Mardin	11,13
26	İğdir	27,77	73	Rize	10,56
27	Bingöl	27,28	74	Zonguldak	10,39
28	Sivas	26,80	75	Muğla	10,23
29	Sinop	26,42	76	Adıyaman	9,76
30	Osmaniye	26,33	77	Denizli	8,51
31	Van	26,27	78	Diyarbakır	7,49
32	Elazığ	25,74	79	Ordu	7,34
33	Karaman	25,68	80	Çanakkale	6,83
34	Ankara	25,50	81	Samsun	5,48
35	Çorum	25,31			
36	Çankırı	24,64			
37	Kırşehir	24,42			
38	Bayburt	24,31			
39	Isparta	23,69			
40	Siirt	23,49			
41	Konya	23,48			
42	Afyonkarahisar	22,43			
43	Düzce	22,15			
44	Kütahya	22,08			
45	Giresun	21,75			
46	Şirnak	21,06			
47	Adana	20,47			

Dorling kartogramda bitişiklik ilişkilerinde çok yüksek hatalar vardır. Sınır illerle olan bitişiklik ya hiç sağlanmamıştır ya da bitişikliğin çok az bir miktarı sağlanmıştır. Nitekim Türkiye geneli için ortalama bitişiklik hatası %92.77 olarak hesaplanmıştır. Gerçekte komşu olan illerin birçoğu kartogramda komşu değildir veya bunun tersi de geçerlidir.

Çizelge 6. İllerin Türkiye haritası ve dorling nüfus kartogramındaki komşulukları

Türkiye Haritası			Türkiye Nüfus Kartogramı		
İl	Komşu İl	Sınır Uzunluğu (Km)	İl	Komşu İl	Sınır Uzunluğu (Km)
Adana	Hatay	15,91	Adana	Hatay	13,87
Adana	Kahramanmaraş	78,57	Adana	Kahramanmaraş	0,00
Adana	Kayseri	193,50	Adana	Kayseri	0,00
Adana	Mersin	142,55	Adana	Mersin	10,84
Adana	Niğde	66,95	Adana	Niğde	8,55
Adana	Osmaniye	122,09	Adana	Osmaniye	18,45
Adıyaman	Diyarbakır	38,11	Adıyaman	Diyarbakır	11,87
Adıyaman	Gaziantep	55,63	Adıyaman	Gaziantep	0,00
Adıyaman	Kahramanmaraş	79,04	Adıyaman	Kahramanmaraş	11,45
Adıyaman	Malatya	190,25	Adıyaman	Malatya	0,00
Adıyaman	Şanlıurfa	166,04	Adıyaman	Şanlıurfa	0,00
Afyonkarahisar	Burdur	18,39	Afyonkarahisar	Burdur	0,00
Afyonkarahisar	Denizli	140,69	Afyonkarahisar	Denizli	5,77
Afyonkarahisar	Eskişehir	156,75	Afyonkarahisar	Eskişehir	11,45
Afyonkarahisar	Isparta	145,73	Afyonkarahisar	Isparta	9,06
Afyonkarahisar	Konya	110,63	Afyonkarahisar	Konya	0,00
Afyonkarahisar	Kütahya	68,46	Afyonkarahisar	Kütahya	0,00
Afyonkarahisar	Uşak	50,12	Afyonkarahisar	Uşak	0,00
Ağrı	Bitlis	35,24	Ağrı	Bitlis	0,00
Ağrı	Erzurum	75,81	Ağrı	Erzurum	0,00
Ağrı	İğdir	135,88	Ağrı	İğdir	2,73
Ağrı	Kars	64,47	Ağrı	Kars	0,00
Ağrı	Muş	72,76	Ağrı	Muş	0,00
Ağrı	Van	155,48	Ağrı	Van	0,00
Aksaray	Ankara	82,05	Aksaray	Ankara	15,64
Aksaray	Kırşehir	50,77	Aksaray	Kırşehir	0,00
Aksaray	Konya	174,03	Aksaray	Konya	0,00
Aksaray	Neveşehir	69,08	Aksaray	Neveşehir	7,64
Aksaray	Niğde	59,80	Aksaray	Niğde	10,41
Amasya	Çorum	145,49	Amasya	Çorum	7,73
Amasya	Samsun	157,50	Amasya	Samsun	9,18
Amasya	Tokat	155,44	Amasya	Tokat	9,71
Amasya	Yozgat	6,58	Amasya	Yozgat	0,00

Çizelge 7. Türkiye dorling nüfus kartogramı bitişiklik hataları

Sıra	İl	Bitişiklik Hatası (%)	Sıra	İl	Bitişiklik Hatası (%)
1	Bayburt	100,00	48	Dişarbakır	92,15
2	Muş	100,00	49	Kayseri	92,02
3	Kilis	100,00	50	Denizli	91,97
4	Ağrı	99,66	51	Ankara	91,81
5	Erzurum	99,08	52	İzmir	91,71
6	Artvin	98,94	53	Balıkesir	91,68
7	Ardahan	98,94	54	Çanakkale	91,54
8	Sivas	98,68	55	Şırnak	91,48
9	Uşak	98,53	56	Batman	91,28
10	Tunceli	98,42	57	Kırıkkale	91,27
11	Rize	98,34	58	Sakarya	91,25
12	Bilecik	98,32	59	Gaziantep	91,02
13	Karabük	98,31	60	Adıyaman	90,87
14	Samsun	98,11	61	İstanbul	90,71
15	Mersin	97,82	62	Kahramanmaraş	90,62
16	Afyonkarahisar	97,48	63	Aksaray	90,49
17	Çankırı	97,18	64	Şanlıurfa	90,48
18	Trabzon	97,16	65	Tekirdağ	89,97
19	Bingöl	97,05	66	Bartın	89,82
20	Gümüşhane	97,02	67	Karaman	89,53
21	Kars	96,75	68	Kocaeli	89,25
22	Kırşehir	96,38	69	Giresun	88,16
23	Konya	96,04	70	Aydın	87,68
24	Kastamonu	95,94	71	Hakkari	86,64
25	Malatya	95,83	72	Bursa	86,41
26	Amasya	95,65	73	Düzce	86,15
27	Kütahya	95,58	74	Manisa	85,76
28	Antalya	95,47	75	Yalova	85,02
29	Ordu	95,33	76	Zonguldak	84,59
30	Eskişehir	95,18	77	Erzincan	83,25
31	Bolu	95,06	78	Osmaniye	83,16
32	Bitlis	95,03	79	Adana	79,55
33	Nevşehir	94,88	80	Elazığ	76,81
34	Çorum	94,64	81	Hatay	70,94
35	Tokat	94,41			
36	Yozgat	94,26			
37	Muğla	94,04			
38	Kırıkkale	93,39			
39	Mardin	93,33			
40	Van	93,23			
41	Edirne	93,13			
42	Siirt	93,08			
43	Sinop	92,93			
44	Niğde	92,83			
45	Isparta	92,81			
46	Burdur	92,50			
47	İğdir	92,48			

4.3 Kartogramlarda İstatistiksel Doğruluk Analizi

Dayanak noktası belirlenerek buraya düşen kartogram alanı miktarına göre oran-orantı uygulanarak diğer iller için 'istenilen alan' hesaplanmıştır. (2) bağıntısından yararlanılarak Türkiye iller düzeyinde kartografik hatalar hesaplanmıştır. Türkiye geneli için ortalama kartografik hatalar; bitişik kartogramlar için 828.57 km², bitişik olmayan kartogramlar için 1.09 km² ve dorling kartogramları için 0.45 km² olarak hesaplanmıştır. Elde edilen kartografik hata miktarları ve (3) bağıntısı yardımıyla Türkiye iller düzeyinde kartografik hata oranları hesaplanmıştır Türkiye geneli için ortalama kartografik hata oranları; bitişik kartogramlar için %8.80, bitişik olmayan kartogramlar için %0.13 ve dorling kartogramları için %0.02 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 8. Türkiye bitişik nüfus kartogramı kartografik hata oranları

Sıra	İl	Kartogram Alan (km ²)	İstenen Alan (km ²)	Kartografik Hata Oranı (%)
1	Kilis	2089	1312,53	37,17
2	Gümüşhane	1986	1302,51	34,42
3	Ardahan	1302	883,90	32,11
4	Bolu	4195	2893,64	31,02
5	Tekirdağ	14112	9937,07	29,58
6	Bilecik	2685	2010,43	25,12
7	Sinop	2590	1989,68	23,18
8	Bayburt	974	752,91	22,70

Çizelge 8. (Devam) Türkiye bitişik nüfus kartogramı kartografik hata oranları

Sıra	İl	Kartogram Alan (km ²)	İstenen Alan (km ²)	Kartografik Hata Oranı (%)
9	Tunceli	992	767,00	22,68
10	Karaman	2962	2343,20	20,89
11	Artvin	1923	1558,04	18,98
12	İstanbul	119005	142129,70	16,27
13	Çankırı	2107	1768,78	16,05
14	Hakkari	3054	2578,46	15,57
15	Burdur	2882	2455,09	14,81
16	Kırıkkale	3883	3325,06	14,37
17	Yalova	2197	2537,43	13,42
18	Çanakkale	5742	4977,87	13,31
19	Kars	2986	2618,99	12,29
20	Sivas	6656	5845,04	12,18
21	Kastamonu	3936	3459,63	12,10
22	Eskişehir	9211	8170,04	11,30
23	Edirne	4222	3748,13	11,22
24	Kütahya	5961	5300,87	11,07
25	Amasya	3463	3083,84	10,95
26	İğdir	2068	1850,46	10,52
27	İzmir	36153	40395,70	10,50
28	Balıkesir	12718	11400,61	10,36
29	Gaziantep	17556	19313,68	9,10
30	Niğde	3644	3328,13	8,67
31	Kırıkkale	2780	2561,82	7,85
32	Trabzon	6886	7462,93	7,73
33	Hatay	14074	15252,34	7,73
34	Batman	5268	5701,55	7,60
35	Kırşehir	2416	2234,02	7,53
36	Muğla	9906	9199,03	7,14
37	Zonguldak	5070	5434,30	6,70
38	Aksaray	4165	3888,29	6,64
39	Konya	22097	20682,01	6,40
40	Aydın	10986	10286,54	6,37
41	Ankara	48829	52056,83	6,20
42	Yozgat	4101	3852,29	6,06
43	Kocaeli	19541	18358,65	6,05
44	Bingöl	2751	2589,99	5,85
45	Manisa	14126	13333,95	5,61
46	Tokat	5761	5495,49	4,61
47	Kahramanmaraş	11245	10737,67	4,51
48	Bitlis	3371	3226,31	4,29
49	Ordu	6733	6998,73	3,80
50	Samsun	11992	12464,98	3,79
51	Elazığ	5213	5404,48	3,54
52	Antalya	22616	23423,86	3,45
53	Van	10942	10564,67	3,45
54	Bursa	27592	28511,82	3,23
55	Siirt	3136	3043,17	2,96
56	Erzincan	2220	2154,87	2,93
57	Rize	3073	3165,32	2,92
58	Düzce	3531	3637,05	2,92
59	Mardin	8091	7856,49	2,90
60	Adıyaman	5973	5813,52	2,67
61	Isparta	4150	4047,24	2,48
62	Afyonkarahisar	6945	6773,64	2,47
63	Çorum	4996	4872,88	2,46
64	Giresun	4219	4124,61	2,24
65	Adana	20307	20761,97	2,19
66	Ağrı	5028	4921,68	2,11
67	Erzurum	7102	6970,04	1,86
68	Mersin	16861	17177,47	1,84
69	Şanlıurfa	19799	19443,27	1,80
70	Denizli	9402	9568,01	1,74
71	Uşak	3449	3395,80	1,54
72	Dişarbakır	16144	16393,16	1,52
73	Kayseri	12909	13065,91	1,20
74	Malatya	7362	7410,13	0,65
75	Şırnak	4965	4943,07	0,44
76	Sakarya	9611	9583,95	0,28
77	Karabük	2245	2239,28	0,25
78	Muş	3771	3778,96	0,21
79	Nevşehir	2808	2803,19	0,17
80	Osmaniye	5039	5042,29	0,07
81	Bartın	1829	1829,00	0,00

Çizelge 9. Türkiye bitişik olmayan nüfus kartogramı kartografik hata oranları

Sıra	İl	Kartogram Alan (km ²)	Nüfus	İstenen Alan (km ²)	Kartografik Hata Oranı (%)
1	Çanakkale	501	541548	506,14	1,02
2	Bayburt	76	81910	76,55	0,72
3	Kilis	133	142792	133,46	0,34
4	Gümüşhane	132	141702	132,44	0,33
5	Karabük	227	243614	227,68	0,30
6	Artvin	158	169501	158,42	0,26
7	Burdur	249	267092	249,63	0,25
8	Düzce	369	395679	369,81	0,22
9	Kastamonu	351	376377	351,77	0,22
10	Bilecik	204	218717	204,42	0,20
11	Kırıkkale	260	278703	260,48	0,18
12	Kütahya	538	576688	538,98	0,18
13	Amasya	313	335494	313,56	0,18
14	Yozgat	391	419095	391,69	0,18
15	Sinop	202	216460	202,31	0,15
16	Sakarya	973	1042649	974,47	0,15
17	Muğla	934	1000773	935,34	0,14

Çizelge 9. (Devam) Türkiye bitişik olmayan nüfus kartogramı kartografik hata oranları

Sıra	İl	Kartogram Alan (km ²)	Nüfus	İstenen Alan (km ²)	Kartografik Hata Oranı (%)
18	Ardahan	90	96161	89,87	0,14
19	Tokat	558	597861	558,77	0,14
20	Siirt	309	331070	309,42	0,14
21	Tekirdağ	1009	1081065	1010,38	0,14
22	Osmaniye	512	548556	512,69	0,13
23	Bingöl	263	281768	263,34	0,13
24	Manisa	1354	1450616	1355,76	0,13
25	Isparta	411	440304	411,51	0,12
26	Batman	579	620278	579,72	0,12
27	Şırnak	502	537762	502,60	0,12
28	Hatay	1549	1659320	1550,82	0,12
29	Niğde	338	362071	338,40	0,12
30	Kayseri	1327	1421455	1328,51	0,11
31	İstanbul	14435	15462452	14451,41	0,11
32	Antalya	2379	2548308	2381,68	0,11
33	Samsun	1266	1356079	1267,41	0,11
34	Van	1073	1149342	1074,19	0,11
35	Kars	266	284923	266,29	0,11
36	Diyarbakır	1665	1783431	1666,82	0,11
37	Trabzon	758	811901	758,81	0,11
38	Afyonkarahisar	688	736912	688,73	0,11
39	İzmir	4103	4394694	4107,34	0,11
40	Karaman	238	254919	238,25	0,11
41	Bursa	2896	3101833	2899,01	0,10
42	Mardin	798	854716	798,83	0,10
43	Balıkesir	1158	1240285	1159,19	0,10
44	Zonguldak	552	591204	552,55	0,10
45	Şanlıurfa	1975	2115256	1976,95	0,10
46	Erzurum	708	758279	708,70	0,10
47	Adana	2109	2258718	2111,03	0,10
48	Ankara	5288	5663322	5293,02	0,09
49	Elazığ	549	587960	549,52	0,09
50	Çorum	495	530126	495,46	0,09
51	Giresun	419	448721	419,38	0,09
52	Konya	2101	2250020	2102,90	0,09
53	Gaziantep	1962	2101157	1963,77	0,09
54	Mersin	1745	1868757	1746,57	0,09
55	Kocaeli	1865	1997258	1866,66	0,09
56	Aksaray	395	423011	395,35	0,09
57	Denizli	972	1040915	972,85	0,09
58	Aydın	1045	1119084	1045,91	0,09
59	Ordu	711	761400	711,61	0,09
60	Çankırı	180	192428	179,85	0,09
61	Eskişehir	830	888828	830,71	0,09
62	Ağrı	500	535435	500,42	0,08
63	Uşak	345	369433	345,28	0,08
64	İğdir	188	201314	188,15	0,08
65	Bolu	294	314802	294,22	0,07
66	Kahramanmaraş	1091	1168163	1091,78	0,07
67	Kırşehir	227	243042	227,15	0,07
68	Hakkari	262	280514	262,17	0,07
69	Muş	384	411117	384,24	0,06
70	Malatya	753	806156	753,44	0,06
71	Sivas	594	635889	594,31	0,05
72	Rize	322	344359	321,84	0,05
73	Erzincan	219	234431	219,10	0,05
74	Edirne	381	407763	381,10	0,03
75	Kırklareli	338	361737	338,08	0,02
76	Adıyaman	591	632459	591,10	0,02
77	Bartın	186	198979	185,97	0,02
78	Tunceli	78	83443	77,99	0,02
79	Bitlis	328	350994	328,04	0,01
80	Nevşehir	285	304962	285,02	0,01
81	Yalova	258	276050	258,00	0,00

Çizelge 10. Türkiye dorling nüfus kartogramı kartografik hata oranları

Sıra	İl	Kartogram Alan (km ²)	İstenen Alan (km ²)	Kartografik Hata Oranı (%)
1	Bayburt	331	331,44	0,132
2	Tunceli	338	337,64	0,106
3	Gümüşhane	573	573,38	0,066
4	İğdir	815	814,59	0,050
5	Karaman	1031	1031,50	0,048
6	Çankırı	779	778,63	0,047
7	Kırşehir	983	983,44	0,044
8	Erzincan	949	948,59	0,043
9	Amasya	1357	1357,53	0,039
10	Aksaray	1711	1711,66	0,038
11	Kilis	578	577,79	0,036
12	Isparta	1781	1781,63	0,035
13	Muş	1663	1663,53	0,032
14	Osmaniye	2219	2219,66	0,030
15	Rize	1393	1393,40	0,029
16	Siirt	1340	1339,63	0,028
17	Ardahan	389	389,10	0,026
18	Ağrı	2166	2166,57	0,026
19	Karabük	986	985,75	0,025
20	Kırıkkale	1128	1127,74	0,023
21	Burdur	1081	1080,75	0,023
22	Kütahya	2333	2333,49	0,021
23	Artvin	686	685,86	0,020
24	Kırklareli	1464	1463,72	0,019
25	Bartın	805	805,14	0,018
26	Bitlis	1420	1420,25	0,018

Çizelge 10. (Devam) Türkiye dorling nüfus kartogramı kartografik hata oranları

Sıra	İl	Kartogram Alan (km ²)	İstenen Alan (km ²)	Kartografik Hata Oranı (%)
27	Kahramanmaraş	4726	4726,82	0,017
28	Giresun	1816	1815,69	0,017
29	Bolu	1274	1273,80	0,015
30	Eskişehir	3596	3596,53	0,015
31	Mardin	3458	3458,50	0,014
32	Van	4650	4650,66	0,014
33	Sinop	876	875,88	0,014
34	Çanakkale	2191	2191,30	0,014
35	Antalya	10310	10311,39	0,014
36	Balıkesir	5018	5018,65	0,013
37	Şanlıurfa	8558	8559,11	0,013
38	Kayseri	5751	5751,73	0,013
39	Gaziantep	8501	8502,06	0,012
40	Manisa	5869	5869,73	0,012
41	Muğla	4049	4049,50	0,012
42	Bingöl	1140	1140,14	0,012
43	Yozgat	1696	1695,81	0,011
44	Zonguldak	2392	2392,23	0,010
45	Bursa	12550	12551,16	0,009
46	İstanbul	62561	62566,78	0,009
47	Uşak	1495	1494,86	0,009
48	Erzurum	3068	3068,28	0,009
49	Mersin	7561	7561,68	0,009
50	Tekirdağ	4374	4374,39	0,009
51	İzmir	17781	17782,55	0,009
52	Kars	1153	1152,90	0,008
53	Ankara	22914	22915,89	0,008
54	Kocaeli	8081	8081,64	0,008
55	Trabzon	3285	3285,25	0,008
56	Tokat	2419	2419,17	0,007
57	Adana	9139	9139,61	0,007
58	Adıyaman	2559	2559,16	0,006
59	Afyonkarahisar	2982	2981,82	0,006
60	Diyarbakır	7216	7216,42	0,006
61	Hakkari	1135	1135,06	0,006
62	Batman	2510	2509,87	0,005
63	Aydın	4528	4528,23	0,005
64	Niğde	1465	1465,07	0,005
65	Konya	9104	9104,41	0,005
66	Elazığ	2379	2379,10	0,004
67	Çorum	2145	2145,09	0,004
68	Düzce	1601	1601,06	0,004
69	Samsun	5487	5487,20	0,004
70	Hatay	6714	6714,22	0,003
71	Ordu	3081	3080,90	0,003
72	Kastamonu	1523	1522,96	0,003
73	Edirne	1650	1649,96	0,002
74	Denizli	4212	4211,93	0,002
75	Sivas	2573	2573,04	0,002
76	Sakarya	4219	4218,94	0,001
77	Bilecik	885	885,01	0,001
78	Nevşehir	1234	1233,99	0,001
79	Şırnak	2176	2175,98	0,001
80	Malatya	3262	3262,00	0,000
81	Yalova	1117	1117,00	0,000

4.4 Kartogramlarda Performans Analizi

(4) bağıntısı kullanılarak kartogramlar için Türkiye il düzeyinde değişim oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan değişim oranları kullanılarak (5) bağıntısı yardımıyla Türkiye iller düzeyinde hata oranları hesaplanmıştır.

Türkiye geneli için ortalama hata oranları; bitişik kartogramlar için 0.56, bitişik olmayan kartogramlar için 0.0001 ve dorling kartogramları için 0.000096 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 11. Türkiye bitişik nüfus kartogramı il düzeyinde hata oranları

Sıra	İl	Hata Oranı	Sıra	İl	Hata Oranı
1	Manisa	26,443	42	Burdur	0,091
2	Kilis	8,133	43	Niğde	0,081
3	Şanlıurfa	1,383	44	Kocaeli	0,079
4	Tekirdağ	1,121	45	Bayburt	0,074
5	Balikesir	0,445	46	Aksaray	0,074
6	Batman	0,354	47	Konya	0,071
7	Aydın	0,319	48	Adana	0,066
8	Bilecik	0,312	49	Denizli	0,065
9	Mersin	0,263	50	Artvin	0,062
10	Mardin	0,260	51	Tokat	0,059
11	Antalya	0,245	52	Çankırı	0,059
12	Ordu	0,244	53	Bursa	0,052
13	Bolu	0,240	54	Kastamonu	0,050
14	Muğla	0,209	55	Elazığ	0,049
15	Trabzon	0,204	56	Kars	0,048
16	Edirne	0,197	57	Kırşehir	0,042
17	Yalova	0,196	58	Kayseri	0,041
18	Diyarbakır	0,185	59	Van	0,037
19	Eskişehir	0,181	60	Sivas	0,036
20	Kırklareli	0,179	61	Siirt	0,035
21	Zonguldak	0,174	62	Giresun	0,033
22	Samsun	0,173	63	Tunceli	0,033
23	İstanbul	0,169	64	Bingöl	0,030
24	Sinop	0,161	65	Bitlis	0,029
25	Çanakkale	0,160	66	Yozgat	0,025
26	Amasya	0,149	67	Uşak	0,025
27	İzmir	0,148	68	Afyonkarahisar	0,024
28	Gaziantep	0,140	69	Isparta	0,021
29	Rize	0,139	70	Ağrı	0,017
30	Kahramanmaraş	0,135	71	Çorum	0,016
31	Gümüşhane	0,128	72	Şırnak	0,010
32	Ankara	0,122	73	Malatya	0,010
33	Hatay	0,121	74	Erzurum	0,007
34	İğdir	0,121	75	Erzincan	0,007
35	Hakkari	0,106	76	Sakarya	0,006
36	Adıyaman	0,105	77	Karabük	0,003
37	Kütahya	0,105	78	Osmaniye	0,002
38	Ardahan	0,103	79	Neveşehir	0,002
39	Kırkkale	0,098	80	Muş	0,002
40	Karaman	0,098	81	Bartın	0,000
41	Düzce	0,093			

Çizelge 12. Türkiye bitişik olmayan nüfus kartogramı il düzeyinde hata oranları

Sıra	İl	Hata Oranı	Sıra	İl	Hata Oranı
1	İstanbul	0,001824	41	Gümüşhane	0,000067
2	Kocaeli	0,001088	42	Isparta	0,000060
3	İzmir	0,000563	43	Kastamonu	0,000060
4	Çanakkale	0,000555	44	Van	0,000060
5	Hatay	0,000459	45	Elazığ	0,000059
6	Sakarya	0,000383	46	Kahramanmaraş	0,000058
7	Bursa	0,000382	47	Giresun	0,000058
8	Düzce	0,000380	48	Artvin	0,000058
9	Gaziantep	0,000367	49	Niğde	0,000058
10	Kilis	0,000357	50	Sinop	0,000055
11	Tekirdağ	0,000265	51	Afyonkarahisar	0,000055
12	Ankara	0,000247	52	Eskişehir	0,000054
13	Osmaniye	0,000246	53	Uşak	0,000053
14	Trabzon	0,000210	54	Yozgat	0,000052
15	Zonguldak	0,000196	55	Konya	0,000049
16	Batman	0,000185	56	Aksaray	0,000049
17	Karabük	0,000175	57	Rize	0,000045
18	Adana	0,000173	58	Bingöl	0,000045
19	Samsun	0,000167	59	İğdir	0,000044
20	Bayburt	0,000151	60	Ağrı	0,000040
21	Antalya	0,000151	61	Çorum	0,000039
22	Manisa	0,000148	62	Malatya	0,000039
23	Diyarbakır	0,000136	63	Karaman	0,000030
24	Aydın	0,000129	64	Kars	0,000030
25	Ordu	0,000118	65	Erzurum	0,000029
26	Muğla	0,000115	66	Muş	0,000028
27	Şanlıurfa	0,000113	67	Bolu	0,000027
28	Mersin	0,000110	68	Ardahan	0,000026
29	Kırkkale	0,000106	69	Hakkari	0,000025
30	Bilecik	0,000105	70	Kırşehir	0,000024
31	Amasya	0,000105	71	Çankırı	0,000021
32	Mardin	0,000104	72	Edirne	0,000017
33	Kayseri	0,000097	73	Adıyaman	0,000016
34	Şırnak	0,000091	74	Bartın	0,000015
35	Burdur	0,000091	75	Kırklareli	0,000014
36	Balikesir	0,000090	76	Sivas	0,000011
37	Kütahya	0,000089	77	Erzincan	0,000009
38	Tokat	0,000081	78	Bitlis	0,000005
39	Siirt	0,000078	79	Neveşehir	0,000004
40	Denizli	0,000077	80	Tunceli	0,000002
			81	Yalova	0,000000

Çizelge 13. Türkiye dorling nüfus kartogramı il düzeyinde hata oranları

Sıra	İl	Hata Oranı	Sıra	İl	Hata Oranı
1	Ankara	0,00070	43	Kırklareli	0,00006
2	Bursa	0,00066	44	Çankırı	0,00005
3	Gaziantep	0,00062	45	Diyarbakır	0,00005
4	Osmaniye	0,00061	46	Kütahya	0,00005
5	İzmir	0,00026	47	Eskişehir	0,00005
6	Kilis	0,00025	48	Tunceli	0,00005
7	Zonguldak	0,00024	49	Samsun	0,00005
8	Tekirdağ	0,00021	50	Van	0,00004
9	Trabzon	0,00019	51	Burdur	0,00004
10	Hatay	0,00018	52	Çanakkale	0,00004
11	Rize	0,00017	53	Erzincan	0,00004
12	İğdir	0,00014	54	Bitlis	0,00004
13	Antalya	0,00014	55	Uşak	0,00003
14	Kocaeli	0,00014	56	Adıyaman	0,00003
15	Adana	0,00013	57	Ordu	0,00003
16	Bayburt	0,00013	58	Bolu	0,00003
17	Amasya	0,00012	59	Sinop	0,00003
18	Aksaray	0,00011	60	Ardahan	0,00002
19	Şanlıurfa	0,00010	61	Tokat	0,00002
20	İstanbul	0,00010	62	Artvin	0,00002
21	Manisa	0,00010	63	Bingöl	0,00002
22	Sakarya	0,00010	64	Afyonkarahisar	0,00002
23	Mardin	0,00009	65	Yozgat	0,00002
24	Bartın	0,00009	66	Elazığ	0,00001
25	Isparta	0,00009	67	Konya	0,00001
26	Siirt	0,00008	68	Niğde	0,00001
27	Kahramanmaraş	0,00008	69	Erzurum	0,00001
28	Mersin	0,00008	70	Kars	0,00001
29	Karabük	0,00008	71	Hakkari	0,00001
30	Kırşehir	0,00008	72	Denizli	0,00001
31	Muş	0,00008	73	Edirne	0,00001
32	Kırkkale	0,00007	74	Çorum	0,00001
33	Düzce	0,00007	75	Kastamonu	0,00000
34	Balikesir	0,00007	76	Şırnak	0,00000
35	Kayseri	0,00007	77	Bilecik	0,00000
36	Karaman	0,00007	78	Neveşehir	0,00000
37	Batman	0,00006	79	Sivas	0,00000
38	Ağrı	0,00006	80	Malatya	0,00000
39	Aydın	0,00006	81	Yalova	0,00000
40	Gümüşhane	0,00006			
41	Giresun	0,00006			
42	Muğla	0,00006			

4.5 Verilerin Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi

Coğrafi doğruluk, topolojik doğruluk, istatistiksel doğruluk ve performans ölçütlerine göre analiz edilen kartogram türleri elde edilen verilere göre karşılaştırılmıştır. İlgili ölçütler için kartogramlar birbirlerine kıyasla doğruluk derecesine göre yüksek doğruluktan düşük doğruluğa doğru sıralanmıştır (Çizelge 14, Çizelge 15, Çizelge 16). Bununla beraber kartogram türleri performans analizi bakımından birbirlerine kıyasla başarılı olma ölçütüne (düşük hata oranından yüksek hata oranına) göre sıralanmıştır (Çizelge 17). Bu veriler ışığında kartogram türleri değerlendirilmiştir (Kaya 2021).

Çizelge 14. Kartogram türlerinin coğrafi doğrulukları

Kartogram Türü	Coğrafi Doğruluk		
	Konum Hatası (km)	Göreceli Konum Hatası	Şekil Korunması
Bitişik Olmayan Kartogram	34,32	Hatasız	Korunur
Bitişik Kartogram	112,34	Hatasız	Kısmen
Dorling Kartogram	220,49	Hatasız	Korunmaz

Çizelge 15. Kartogram türlerinin topolojik doğrulukları

Topolojik Doğruluk		
Sıra	Kartogram Türü	Bitişiklik Hatası (%)
1	Bitişik Kartogram	24,81
2	Dorling Kartogram	92,77
3	Bitişik Olmayan Kartogram	100

Çizelge 16. Kartogram türlerinin istatistiksel doğrulukları

İstatistiksel Doğruluk		
Sıra	Kartogram Türü	Kartografik Hata Oranı (%)
1	Dorling Kartogram	0,02
2	Bitişik Olmayan Kartogram	0,13
3	Bitişik Kartogram	8,8

Çizelge 17. Kartogram türlerinin performans analizleri

Performans Analizi		
Sıra	Kartogram Türü	Hata Oranı
1	Dorling Kartogram	0,000096
2	Bitişik Olmayan Kartogram	0,0001
3	Bitişik Kartogram	0,5596

4.5.1 Bitişik Kartogramların Değerlendirilmesi

Bitişik kartogramlar, bitişik olmayan kartogramlara göre daha yüksek bir konum hatasına sahipken dorling kartogramlarından ise daha düşük bir konum hatası sağlamıştır. Şekil koruması ise kısmen sağlanmıştır. Genel anlamda şekillerde büyük bozulmalar mevcuttur. Bu nitelikleriyle diğer kartogramlara göre orta düzeyde bir coğrafi doğruluğa sahip olmuştur. Bitişik kartogramların diğer kartogram türlerine göre bitişiklik hatası (%24.81) oldukça düşüktür. Temel (asıl) haritada komşu olan iller gerçekte de komşudur bunun tersi de geçerlidir. Komşu iller ve bunlara ait sınır uzunlukları diğer kartogram türlerinden çok daha iyi şekilde korunmuştur. Bu nitelikleriyle diğer kartogram türleri arasında topolojik doğruluğu en yüksek kartogram türü olmuştur. Ancak istatistiksel doğruluğu diğer kartogram türlerinden düşüktür. Kartografik hata oranı en yüksek (%8.8) kartogram türü olmuştur. Bu durum diğer kartogramlara nispeten kartogram alanının istenen alanı yeterince sağlayamadığını göstermektedir. Bitişik kartogram performans analizinde diğer kartogramların gerisinde kalsa da aralarındaki fark oldukça azdır. Bitişik kartogramlar performans analizinde düşük hata oranı (0.5596) sağlamış ve diğer kartogramlar

kadar olmasa da başarılı bir performans ortaya koymuştur. Bu durum kartogramın istenilen değişim miktarını sağlamak için gerçek alan üzerinde iyi derece de etki oluşturduğunu göstermektedir. Bitişik kartogramlarda istatistiksel doğruluğun düşük buna nispeten performans analizinin ise başarılı sayılabilecek bir oranda olması, kartogram algoritmasının, alanı istenen düzeye ulaştırmasa da bunu sağlamak için iyi derecede mesafe kat ettiğini gösterir. Kartogram gerçek alanın boyutunu istenilen alan boyutuna ulaştırmak için iyi derece de değişim sağlamış ancak bu değişime rağmen kartogram istenilen alan boyutunu sağlayamamıştır. Bitişik kartogramlar topolojik doğruluğu sağlamak için büyük ölçüde istatistiksel doğruluk ve coğrafi doğruluktan ödün vermiştir.

4.5.2 Bitişik Olmayan Kartogramların Değerlendirilmesi

Diğer kartogram türlerine göre konum hatası en düşük (34.32 km) kartogram türü olmuştur. Bitişik kartogramlardan farklı olarak topolojiye bağlı kalmadığından alanlar arasında büyük boşluklar vardır. Böylece alanların boyutlanırken bozulmaları engellenmiş ve şekiller korunmuştur. Bu özellikleriyle diğer kartogramlardan daha yüksek bir coğrafi doğruluk sağlamıştır. Ancak alanlar arasında boşlukların olması topolojinin sağlanamamasına neden olmuştur. Temel haritada birbiriyle sınırı bulunan iller arasında boşluklar vardır. Bu nedenle komşu iller ve bunlara ait sınır ilişkileri harita üzerinden okunamamaktır. Bitişik olmayan kartogramlarda topolojik doğruluk sağlanamamıştır. Bitişik olmayan kartogramlarda istatistiksel doğruluk iyi derece de korunmuştur. Dorling kartogramların çok az bir miktar gerisinde kalsa da %0.13 'lük bir kartografik hata oranıyla istatistiksel doğruluk iyi derecede sağlamıştır. Bu anlamda kartogram haritadaki alan istenen alanı iyi derece temsil etmiştir. Performans analizinde ise neredeyse hatasız sayılabilecek bir hata oranı (0.0001) sağlamıştır. Kartogram istenilen değişimi sağlamak için orijinal harita üzerinde oldukça etkili olmuştur ve sağladığı düşük kartografik hata oranıyla oldukça başarılı bir sonuç oluşturmuştur. Bitişik olmayan kartogramlar istatistiksel ve coğrafi doğruluğu sağlamak için topolojiden ödün vermiştir.

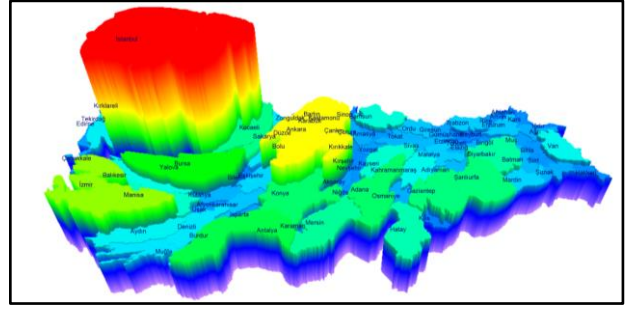
4.5.3 Dorling Kartogramlarının Değerlendirilmesi

Dorling kartogramları yüksek konum hatası (220.49 km) ve şekilleri korumamaları nedeniyle coğrafi doğruluğun en düşük olduğu kartogram türü olarak tespit edilmiştir. Dairelerin sadece birbirlerine temas eden noktalarıyla bitişiklik sağlanmaya çalışıldığından sınır iller arasında oldukça fazla bitişiklik hataları vardır. Birimlerin gerçekte sahip olduğu komşular kartogramdakiyle büyük ölçüde farklıdır. Temel (asıl) harita da sınır olan birimler kartogram haritada sınır olmamakta veya bunun tersi gerçekleşmektedir. Topoloji %92.77 gibi yüksek bir bitişiklik hatası oranıyla korunamamıştır. Buna karşın dorling kartogramları istatistiksel doğruluğun en iyi derecede sağlandığı kartogram türüdür. %0.02 gibi düşük bir kartografik hata oranıyla kartogramla oluşturulan alan ile neredeyse istenen alan miktarı sağlanmıştır. Daireler veriye göre sağladıkları boyut açısından birbirleriyle oldukça uyum içerisindedir. Veriyi en iyi şekilde temsil eden kartogram türü olmuştur. Performans analizinde ise neredeyse hatasız sayılabilecek bir hata oranı (0.000096) sağlamıştır. Kartogram istenilen değişimi sağlamak için orijinal harita üzerinde oldukça etkili olmuştur ve sağladığı düşük kartografik hata oranıyla oldukça başarılı bir sonuç oluşturmuştur. Dorling kartogramları istatistiksel doğruluğu sağlamak için coğrafi doğruluktan ve topolojiden ödün vermiştir.

4.5.4 Üç Boyutlu (3B) Kartogramların Değerlendirilmesi

Diğer kartogramlar boyutlandırmayı yatay düzlem üzerinde gerçekleştirirken üç boyutlu kartogramlar boyutlandırmayı düşey düzlem üzerinde sağlaması nedeniyle diğer kartogram türlerinden ayrılmaktadır. 3B kartogramlar alanları oldukları konumda sabit tutarak ilgili birimin sahip olduğu veri büyüklüğüne göre alana yükseklik kazandırır. Bundan dolayı 3B kartogramlarda alanların coğrafi konumu, bitişiklik ilişkileri ve şekli değişmemektedir. 3B kartogramlarda coğrafi doğruluk ve topolojik doğruluk sağlanmaktadır. Alanlar yatay düzlem üzerinde boyutlandırma sağlayan kartogram türleri ile boyutlandırıldıktan sonra bu haritanın 3B kartogramı oluşturulabilir. Bu şekilde alanların hem yatay hem de düşey düzlem üzerinde

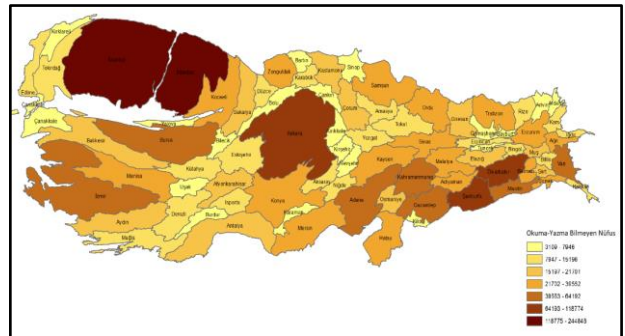
boyutlandırılmasıyla veriler için daha etkili bir görselleştirme sağlanabilir (Şekil 9).



Şekil 9. Türkiye bitişik nüfus kartogramının 3B kartogram ile görselleştirilmesi

4.5.5 Kartogramlarda İki Değişkenli Veri Gösteriminin Değerlendirilmesi

Bir temel harita üzerinde verinin gösterilmesi için kartogram harita oluşturulduktan sonra bu harita da temel harita olarak kullanılabilir. Bir başka ifadeyle kartogram harita üzerinde farklı değişkenler gösterilebilir. Bu şekilde tek bir harita üzerinde birden fazla değişkenin gösterilmesi sağlanarak aynı görsel üzerinde değişkenler arasındaki ilişkinin ve farklılıkların daha kolay anlaşılması sağlanabilir. Örneğin aşağıdaki haritada (Şekil 10) 65 yaş üstü nüfus, kartogram harita ile boyutlandırılmış ardından bu harita temel harita olarak kullanılarak okuma yazma bilmeyen nüfusa göre renklendirilmiştir. Böylece aynı harita üzerinde hem 65 yaş üstü nüfusun hem de okuma yazma bilmeyen nüfusun gösterilmesi sağlanmıştır.



Şekil 10. Kartogramlarda iki değişkenli veri gösterimi

5. Tartışma ve Sonuç

Geleneksel haritalarda veriler görselleştirilirken alanlar yüzölçümü büyüklüğüne göre boyutlandırılmaktadır. Yüzölçümü büyüklüğünün mekânsal verinin dağılımına bakılmaksızın alınması

harita kullanıcısına aktarılmak istenen mesajın etkili iletilmemesine veya kullanıcının haritayı yanlış yorumlayabilmesine neden olabilmektedir. Kartogram haritalarda ise alanlar kendilerine karşılık gelen veri büyüklüğüyle orantılı olarak ölçeklendirilmektedir. Böylece haritalar, kullanıcılarına aktarılmak istenen bilgi doğrultusunda boyutlandırılarak harita okuyucusunun ilk bakışta harita üzerindeki veri dağılımlarını kolayca algılayabilmesi sağlanmaktadır.

Kartogram haritalar, nüfus ve nüfusa ilişkin verilerin görselleştirilmesinde oldukça etkilidir. Nitekim performans ölçütüne göre analiz edilen kartogram türlerinin tamamı başarılı bir performans göstermiştir. Kartogram, gerçek alanın boyutunu veriyle orantılı olarak 'istenen alan' düzeyine ulaştırmak için oldukça iyi derecede bir değişim sağlamıştır. Performans analizinde dorling kartogramları en başarılı kartogram türü olmuştur. Dorling kartogramlarını sırasıyla bitişik olmayan kartogram ve bitişik kartogram türleri izlemektedir.

Alanların ilgili nüfus verilerine göre boyutlandırılmasında kartogram türünün seçimi önemlidir. Çünkü seçilecek kartogram türüne göre haritalarda çeşitli kriterler üzerinde farklı miktarda bozulmalar meydana gelmektedir. Bu kriterleri ise coğrafi doğruluk, topolojik doğruluk ve istatistiksel doğruluk olmak üzere üç ana tasarım boyutu oluşturmaktadır.

Coğrafi doğruluk ölçütüne göre analiz edilen kartogram türleri arasından bitişik olmayan kartogramlar diğerlerine kıyasla daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Bitişik olmayan kartogramları sırasıyla bitişik kartogram ve dorling kartogramları izlemektedir. Dorling kartogramları en düşük coğrafi doğruluğa sahip kartogram türü olmuştur. Genel olarak kartogram türleri yüksek konum hatasına sahip olmakla beraber bitişik olmayan kartogramlar diğer kartogram türlerine göre daha düşük konum hatası sağlamıştır. Bitişik olmayan kartogramlar haritayı olduğu yerde boyutlandırdıkları için şekiller korunmuştur. Bitişik kartogramlar kısmen şekil koruması sağlarken dorling kartogramlarında şekiller korunmamıştır. Göreceli konum doğruluğu ise tüm kartogram türlerinde sağlanmıştır.

Topolojik doğruluk ölçütüne göre analiz edilen kartogram türleri arasından bitişik kartogram diğer kartogram türlerine göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Bitişik kartogramları sırasıyla dorling kartogram ve bitişik olmayan kartogramlar izlemektedir. Dorling kartogramlarında oldukça yüksek topolojik hatalar mevcuttur. Bitişik olmayan kartogramlarda ise topolojik doğruluk sağlanamamıştır. Bitişik olmayan kartogramların tamamında, dorling kartogramlarının ise büyük bir kısmında temel haritada komşu olan alanlar kartogramda komşu değildir veya bunun tersi de geçerlidir.

İstatistiksel doğruluk ölçütüne göre analiz edilen kartogram türleri arasından dorling kartogram diğer kartogram türlerine göre daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Dorling kartogramını sırasıyla bitişik olmayan kartogram ve bitişik kartogram izlemektedir. Özellikle dorling kartogram ve bitişik olmayan kartogramlarda kartografik hata oranları oldukça düşüktür. Bu kartogram türlerinde neredeyse istenen miktarda alanların oluşturulması sağlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki öneriler ve değerlendirmeler yapılabilir.

1. Kartogramlar nüfusa ilişkin verileri oldukça etkili bir şekilde görselleştirme imkânı sunmaktadır. Bu nedenle nüfus ve nüfusa ilişkin verilerin analiz edilmesinde kartogramlar kullanılabilir.
2. Nüfus analizinde kullanılan kartogram türlerinden hiçbiri coğrafi doğruluk, topolojik doğruluk ve istatistiksel doğruluk kriterlerinin tamamını tek başına sağlayamamıştır. Her kartogram türü farklı bir doğruluk ölçütünde başarılı olmuştur. Bu nedenle çalışma amacına ve kartogramdan beklenen performansa göre bu kriterler arasında seçim yapılmalıdır. Coğrafi doğruluğun ön plana çıktığı durumlarda bitişik olmayan kartogram haritalar, topolojik doğruluğun ön plana çıktığı durumlarda bitişik kartogramlar, istatistiksel doğruluğun ön plana çıktığı durumlarda ise dorling kartogramları kullanılabilir.

3. Kartogramlar alanları ilgili veri değişkenine göre bozduklarından alanlar gerçekte olduklarından oldukça farklı olabilmektedir. Bu durum harita okuyucusunun alışık olmadığı bu harita ile temel (asıl) harita arasındaki ilişkiyi kuramamasına ve alanlardaki değişimin ne boyutta gerçekleştiğini algılayamamasına neden olmaktadır. Bu tür bir durumda mevzu edilen olumsuzluğun giderilmesi için kartogram haritalarla birlikte referans harita kullanılabilir ve harita üzerinde yer alan birimler adlarına göre etiketlenilebilir.
4. Nüfus verileri kullanılarak oluşturulan kartogram haritalar da temel harita olarak kullanılabilir. Böylece temel haritanın bir başka değişkene göre renklendirilmesi sağlanarak harita üzerinde farklı değişkenlerin gösterilmesi sağlanabilir. Bununla beraber farklı değişkenlerin tek bir harita üzerinde gösterilmesiyle bu değişkenler arasındaki ilişki veya farklılıklar daha kolay anlaşılabilir.
5. Alanlar veri büyüklüğüne göre yatay düzlem üzerinde boyutlandırma sağlayan diğer kartogram türleri ile ölçeklendirildikten sonra bu harita, üç boyutlu kartogramlar için temel harita olarak kullanılabilir. Böylece alanların hem yatay hem de düşey düzlem üzerinde boyutlandırılmasıyla veriler için daha güçlü bir görselleştirme sağlanabilir.

6. Kaynaklar

- Alam, M.J., Kobourov, S. ve Sankar, V., 2015, Quantitative Measures for Cartogram Generation Techniques, *Computer Graphics Forum*, **34**, 351-60.
- Barreto, M.C., Kosminsky, D. ve Esperança, C., 2018, Hexagonal hierarchical cartogram: Towards a thematic map of Brazil, *InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação*, **15**, 45-62.
- Berg, M., Mumford E. ve Speckmann B., 2006, Optimal BSPs and Rectilinear Cartograms, *Proceedings of the 14th Annual ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, **20**, 19-26.
- Bhatt, M., 2006, Investigating The Appropriateness Of Gastner-Newman's Cartogram Versus Conventional

Maps In Visual Representation And Modeling Of Health Data, Yüksek Lisans Tezi, Coğrafya ve Çevre Kaynakları Bölümü, ABD: Southern Illinois Üniversitesi, 24.

- Boos, G.J., 2013, The usability of 3D techniques for multivariate thematic mapping, Yüksek Lisans Tezi, Hollanda: Wageningen Üniversitesi, 48.
- Dent, B.D., Torguson, J.S. ve Hodler, T.W., 2009, Cartography: thematic map design, 6, New York: McGraw-Hill Higher Education, 1-187.
- Dorling, D., 1995, The Visualization of Local Urban Change across Britain, *Environment and Planning B: Planning and Design*, **22**, 269-290.
- Getis, A., Bjelland M.D. ve Getis, V., 2018, Introduction to geography, 15, New York: McGraw-Hill Education, 30-33.
- Henriques, R., 2005, Carto-SOM: Cartogram Creation Using Self-organizing Maps, Yüksek Lisans Tezi, Portekiz: Lizbon Yeni Üniversitesi, 144.
- Heilmann, R., Keim, D.A., Panse, C. ve Sips, M., 2004, RecMap: Rectangular Map Approximations, *IEEE Symposium on Information Visualization*, 33-40.
- Hennig, B.D., 2013, Rediscovering the World: Map Transformations of Human and Physical Space, Doktora Tezi, Sheffield Üniversitesi, 266.
- Hennig, B.D, 2017, Mapping geographical worlds using cartograms, The bulletin of the Society of University Cartographers, *Society of University Cartographers* **50**, 13-20.
- Henning, B.D, 2019, Remapping Geography: Using Cartograms to Change Our View of the World, *Geography*, Sheffield, England, **104**, 71-80.
- Henriques, R., 2010, Artificial Intelligence in Geospatial Analysis: applications of Self Organizing Maps in the context of Geographic Information Science, Doktora Tezi, Lizbon-Portekiz, 181.
- Hong, S., Kocielnik, R., Yoo, M.J., Battersby S., Kim, J. ve Aragon, C., 2017, Designing interactive distance cartograms to support urban travelers, *IEEE Pacific Visualization Symposium*, **17**, 81-90.

- Indrayan, A. ve Malhotra, R., 2018, Medical biostatistics, 4, CRC Press-Taylor & Francis Group, 153-156.
- Inoue, R., 2011, A New Construction Method for Circle Cartograms, *Cartography and Geographic Information Science* **38**, 146-52.
- Kalafatçılar, M.K., 2019, Demografik gelişmeler ve makroekonomik etkileri, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası İdare Merkezi, Yapısal Ekonomik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 5-17.
- Kaya, M.H., 2021. Kartogram Haritaların Nüfus Analizinde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-Afyonkarahisar, 177.
- Kirk, A., Timms, S., Rininsland, A. ve Teller, S., 2016, Data Visualization: Representing Information on Modern Web, 1, Packt Publishing, 199-202.
- Kraak, M.J., Köbben B. ve Tong Y., 2014, Integrated Time and Distance Line Cartogram: a Schematic Approach to Understand the Narrative of Movements, *Cartographic Perspectives*, **77**, 7-16.
- Kreveld, M.V. ve Speckmann, B., 2007, On Rectangular Cartograms, *Computational Geometry*, **37**, 175-87.
- Markowska, A. ve Skorupa J.K., 2015, An evaluation of GIS tools for generating area cartograms, *Polish Cartographical Review*, **47**, 19-29.
- McHaffie, P., Hwang, S. ve Follett, C., 2019, GIS: An Introduction to Mapping Technologies, 1, ABD: CRC Press-Taylor & Francis Group, 40-280.
- Nickel, S., Sondag M., Meulemans W., Chimani M., Kobourov S., Peltonen J. ve Nöllenburg M., 2019, Computing Stable Demers Cartograms, *Graph Drawing and Network Visualization*, 46-60.
- Nusrat, S. ve Kobourov, S., 2016, The State of the Art in Cartograms, *Computer Graphics Forum*, **35**, 619-42.
- Nusrat, S., Alam, M.J. ve Kobourov, S., 2016, Evaluating Cartogram Effectiveness, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, **24**, 1077-90.
- Olson, J.M., 1976, Noncontiguous Area Cartograms, *The Professional Geographer*, **28**, 371-80.
- Ren, L. ve Zhao, Z., 2016, Demographic Data Visualization on Continuous Area Cartograms, *International Conference on Computer Engineering*, 190-193.
- Reveiu, A. ve Dardala, M., 2011, Techniques for Statistical Data Visualization in GIS, *Informatica Economica* **15**, 72-79.
- Sagar, B.S.D, 2014, Cartograms via mathematical morphology, *Sage*, **13**, 42-58.
- Shimizu, E. ve Inoue, R., 2009, A New Algorithm for Distance Cartogram Construction, *International Journal of Geographical Information Science*, **23**, 1453-70.
- Slocum, T.A., McMaster R.B., Kessler, FC. ve Howard, H.H., 2005, Thematic cartography and geographic visualization, 2, ABD: Pearson/Prentice Hall, 361-373.
- Sun, H. ve Li, Z., 2010, Effectiveness of Cartogram for the Representation of Spatial Data, *The Cartographic Journal*, **47**, 12-21.
- Şahin, B. ve Şahin, S., 2019, Coğrafyada Alternatif Bir Tematik Haritalama Tekniği, *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, **23**, 477-500.
- Tang, W., 2013, Parallel Construction of Large Circular Cartograms Using Graphics Processing, *International Journal of Geographical Information Science*, **27**, 2182-2206.
- Tobler, W., 2017, Cartograms as Map Projections, Choosing a Map Projection, *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 149-159.
- Tyner, J.A, 2010, Principles of map design, New York: Guilford Press, 194-198.
- Yalçın, M., 2020, Mapping the global spatio-temporal dynamics of COVID-19 outbreak using cartograms during the first 150 days of the pandemic, *Geocarto International*, 1-10.

İnternet Kaynakları

1-<https://www.fikir.gen.tr>, (13.07.2021)