



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**İKİ DEĞİŞKENLİ TEMATİK HARİTA
YAPIMINDA KOROPLET MATRİS
YÖNTEMİNİN ETKİNLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Tuğçe DEMÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKİ DEĞİŞKENLİ TEMATİK HARİTA YAPIMINDA KOROPLET MATRİS YÖNTEMİNİN ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Tuğçe DEMÜR

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
2022, 71 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU
Doç. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Bu tez çalışması iki değişkenli tematik harita yapımında koroplet matris yönteminin etkinliğinin araştırılması ile ilgilidir.

Çok değişkenli veya iki değişkenli haritalar, iki veya daha fazla değişkeni birleştirerek aynı anda görüntüleyen bir tür tematik haritalama yöntemidir. Çok değişkenli harita mekânsal objelerin farklı özelliklerini göz önünde bulundurarak birden fazla özneliğin aynı anda karşılaştırılmasına imkân verir. Çok değişkenli harita teknikleri ile haritaları karşılaştırmak ya da aynı anda iki konuyu (özneliği) tek bir haritada birleştirmek amaçlanır. İki değişkenli koroplet harita yöntemi ya da matris yöntemi (Bivariate Choropleth Map), çok değişkenli benek harita tekniği (Multivariate Dot Maps), çok değişkenli noktasal işaret yöntemi (Multivariate Point Symbol) çok değişkenli harita teknikleridir. Özneliklerin her biri için belirli renk ya da işaretlerin kullanıldığı yöntem, çok değişkenli benek haritalar, verilerin noktasal işaretle gösterildiği yöntem ise çok değişkenli nokta işaret haritalarıdır. İki değişkenli koroplet tekniği aynı anda iki farklı değişkeni tek bir haritada gösteren bir koroplet harita olarak tanımlanabilir. Sınıf sayısı harita kullanıcısı tarafından anlaşılır olmalıdır. Sınıf sayısı seçilirken kullanıcının algısı ve grafik gösterim olanaklarına dikkat etmek gerekir.

Bu çalışmada Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yayınlanan verilerden seçilen konu çiftlerinde matris yöntemiyle gösterim seçenekleri oluşturulmuştur. Matris boyutu iki konu için oluşturulan sınıfların sayısı kadardır. Örneğin ikişer sınıf için 2×2 , üçer sınıf için $3 \times 3 = 9$. Türkiye İstatistik Bölge Birimleri Sınıflandırması ikinci düzeyde (İBBS2, 26 Bölge) ve iller düzeyindedir. Türkiye idari sınırları için Harita Genel Müdürlüğü tarafından ücretsiz yayınlanan veriler kullanılmıştır. Haritalar açık kaynak kodlu QGIS yazılımında “*bivariate legend*” eklentisi kullanarak hazırlanmıştır. Anketler ücretsiz bir yazılım olan Google Formlar ile çevrim içi olarak gerçekleştirilmiştir.

Matris gösteriminin kullanıcılar tarafından doğru algılanabilmesi hem sınıflandırmaya hem de seçilen renk paletlerine bağlıdır. İki değişkenli koroplet haritaları ile hedeflenen bilgi iletişiminin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi için uygun sınıf sayıları ve renk paletleri belirlenmelidir. Bu araştırma ile hem renk paletlerinin hem de sınıf sayısının harita yoluyla bilgi iletişimine etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. İki değişkenli koroplet haritalarda matris yönteminin kullanılması hem zaman açısından hem de bilgi iletişiminin verimli olmasına olanak sağlayacaktır. İki değişkenli bir koroplet haritada değişkenleri renkler ile ifade etmek haritayı daha basit hale getirmektedir. Haritalarda kullanılan renkler Color Brewer renk paletlerinden tercih edilmiştir. QGIS yazılımında çalışan “*bivariate legend*” eklentisi ile renkleri üst üste çakıştırarak oluşturulan matris gösterimi harita kullanıcılarına kolaylık sağlamıştır. İki değişkenli koroplet haritada matris gösteriminde QGIS yazılımında çalışan bu eklentinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Harita, Kartografya, Tematik Harita, Tematik Harita Türleri, İki Değişkenli Haritalama.

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFICIENCY OF THE COROPLET MATRIX METHOD IN TWO VARIABLE THEMATIC MAPS RESEARCH

Tuğçe DEMÜR

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Map Engineering

Advisor: Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
2022, 71 Pages

Jury

Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ
Prof. Dr. İsmail Bülent GÜNDOĞDU
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

This thesis is about investigating the effectiveness of the choroplete matrix method in bivariate thematic map making.

Multivariate or bivariate maps are a type of thematic mapping method that combines two or more variables and displays them simultaneously. The multivariate map allows simultaneous comparison of more than one feature, taking into account the different properties of spatial objects. With multivariate map techniques, it is aimed to compare maps or combine two subjects (attributes) on a single map at the same time. Bivariate choropleth map method or matrix method (Bivariate Choropleth Map), multivariate dot map technique (Multivariate Dot Maps), multivariate point symbol method (Multivariate Point Symbol) are multivariate map techniques. The method in which certain colors or signs are used for each of the features is multivariate dot maps, and the method in which data is displayed with point symbol is multivariate point symbol maps. The bivariate choropleth technique can be defined as a choropleth map that simultaneously displays two different variables on a single map. The number of classes must be understandable by the map user. While choosing the number of classes, it is necessary to pay attention to the perception of the user and the graphical display possibilities.

In this study, display options were created by matrix method for selected subject pairs from the data published by the Turkish Statistical Institute (TUIK). The matrix size is the number of classes created for the two subjects. 2x2 for two classes, 3x3=9 for three classes. The Classification of Statistical Regional Units of Turkey is at the second level (NUTS2, 26 Regions) and at the provincial level. For the administrative borders of Turkey, free data published by the General Directorate of Mapping has been used. The maps were prepared using the "bivariate legend" plugin in the open source QGIS software. The surveys were conducted online with the free software Google Forms.

The correct perception of the matrix representation by users depends on both the classification and the selected color palettes. Appropriate class numbers and color palettes should be determined in order to achieve the targeted information communication with bivariate choropleth maps in a healthy way. With this research, the effect of both color palettes and the number of classes on information communication via maps has been tried to be revealed. The use of the matrix method in bivariate choropleth maps will allow efficient communication of both time and information. Expressing the variables with colors in a bivariate choroplete map makes the map simpler. The colors used in the maps were chosen from the Color Brewer color palettes. With the "bivariate legend" plug-in running in QGIS software, the matrix representation created by overlapping the colors provided convenience to the map user. It is recommended to use this plugin working in QGIS software for matrix representation in bivariate choropleth map.

Keywords: Map, Cartography, Thematic Map, Types of Thematic Maps, Bivariate Mapping.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında iki değişkenli tematik harita yapımında koroplet matris yöntemi araştırılmıştır.

Tez çalışmamın konusunun seçiminde, planlanmasında ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım danışmanım Prof. Dr. İbrahim Öztuğ Bildirici'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tuğçe DEMÜR
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Harita ve Kartografya	8
3.1.1. Harita nedir?	8
3.1.2. Kartografya nedir?	9
3.2. Tematik Harita	9
3.3. Tematik Harita Türleri	10
3.3.1. Koroplet harita	11
3.3.2. Orantılı işaret haritalama	17
3.3.3. İzoplet harita	19
3.3.4. Benek haritalama (Dot map).....	20
3.4. Veri Sınıflandırma	20
3.4.1. Eşit aralık	22
3.4.2. Kuantil yöntemi	23
3.4.3. Ortalama standart sapma.....	23
3.4.4. Maksimum kesiklik.....	23
3.4.5. Doğal kesiklik	24
3.4.6. Optimal	24
3.4.7. Sınıflandırma yöntemi seçiminde ölçütler	26
3.5. Çok Değişkenli Haritalama.....	27
3.5.1. Haritaları karşılaştırma	27
3.5.2. İki değişkenli koroplet haritalama	28
3.5.3. İki değişkenli nokta işaret harita	33
3.5.4. Çok değişkenli benek harita.....	34
3.5.5. Çok değişkenli nokta işaret harita.....	35
3.6. Kümeleme Analizi	38
3.6.1. Hiyerarşik kümeleme analizinde temel adımlar	38
3.6.2. K-ortalama yöntemi	39

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	40
4.1. Araştırma Sonuçları	40
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	49
5.1 Sonuçlar	49
5.2 Öneriler	49
KAYNAKLAR.....	51



SİMGELER VE KISALTMALAR

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

ICA : Uluslararası Kartografya Birliği

QGIS : Quantum GIS (Açık Kaynaklı Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı)



1. GİRİŞ

Bir bilgi iletişim aracı olan haritalara günümüze kadar sürekli gereksinim duyulmuştur (Bildirici, 2018).

Çevremizde bizi etkileyen bazı nesne ve olayların çok az kısmını doğrudan görebilmekteyiz. Yeryüzü gibi büyük nesnelere küçültülerek, çıplak gözle görünmeyecek kadar küçük olan nesnelere ise büyütülerek gözlemlenebilir. Bu küçültme işlemi kartografyanın alanı oluşturur. Kartografya, büyük nesnelere tamamını ya da bir kısmını küçülterek harita haline getirir (Bildirici, 2018).

Kartografyada haritalar işlenen konu bakımından genel referans ve tematik olarak ikiye ayrılır. Genel referans haritaları mekânsal olguların konumlarını vurgular. Topografik haritalar genel referans haritalarıdır. Bu haritaların kullanıcıları doğal ve yapay objelerin konumları, uzunlukları, alanları vb. konular hakkında bilgi edinirler. İstatistiksel haritalar olarak da adlandırılan tematik haritalar nüfus yoğunluğu, yıllık ortalama gelir, günlük maksimum sıcaklık gibi bir ya da birden çok konunun mekânsal dağılımını ortaya çıkarmak için kullanılır (Slocum ve ark., 2014).

Tematik haritaların aktardığı bilginin karmaşıklığını önlemek için iyi tasarlanması gereklidir. Bunun için amaca uygun tematik harita türleri vardır. Koroplet, orantılı işaret, izoplet, benek harita (dot map) gibi yaygın olarak kullanılan tematik harita türleridir. En yaygın tematik harita türü olan koroplet haritalarda standartlaştırılmış verinin gösterimi yapılmalıdır (Slocum ve ark., 2014). Tipik bir standartlaştırma yaklaşımı ayrık değişkenleri alana bölmektir. Buna örnek olarak nüfusun alana bölünerek kişi/km² biriminde oluşturulan nüfus yoğunluğudur. Bu şekilde veri toplama birimlerinin alanları dikkate alınarak, alanlar arasındaki büyüklük farklılıklarının olumsuz etkisi giderilmiş olur.

Tematik haritaların çoğu, kişi başına düşen gelir gibi bir konuyu anlatır. Bu tematik haritalar sadece bir öznitelik olduğunda uygundur. İki veya daha fazla tematik harita bazen yan yana getirilerek okuyucunun farklı veri kümelerini doğrudan karşılaştırılmasını sağlar ve çoğu zaman önemli bağlantıları görmemize yardımcı olur. Örneğin, kişi başına düşen gelir ve yaşam beklentisinin iki değişkenli bir haritası değişkenler arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koyabilir. Çok değişkenli haritalar, tek konulu harita yerine bir haritaya daha fazla konu yerleştirebildiğimiz için harita yapım maliyetinden ve haritaların kapladığı yerden tasarruf etmemize yardımcı olur.

Çok değişkenli haritalar içerdikleri konu yönünden zengindir ve konular arasında bir ilişki vardır bu yüzden çok değişkenli haritaları anlamak daha fazla çaba gerektirir.

Bu tez çalışmasında giriş ve kaynak araştırmasını takip eden materyal ve yöntem, altı bölüme ayrılarak incelenmiştir.

Birinci bölüm, harita ve kartografya kavramlarını içermektedir. Günümüze kadar harita ve kartografya terimleri ile çeşitli tanımlar yapılmıştır. Bu bölümde bu tanımlardan bahsedilmektedir. İkinci bölümde tematik harita tanımı verilmiştir.

Üçüncü bölümde tematik harita türleri hakkında bilgi verilmiştir. Koroplet, orantılı işaret, izoplet ve benek haritalama tematik harita türleridir. Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılan koroplet haritalama tekniğidir. Verileri renklerin tonları ile anlatan koroplet haritalar için renk seçimi önemlidir. Color Brewer, koroplet haritalar için renk seçiminde yardımcı olan çevrim içi araçtır. Koroplet haritalar hazırlanırken verilerin sınıflandırılıp sınıflandırılmayacağı ve hangi veri sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması gerektiğine karar verilmelidir. Koroplet haritalar için veri standartlaştırma bir diğer önemli konudur. Veri standartlaştırma işlemi, önemli ham verinin alanlara göre dengeli olmasını sağlar. Veri standartlaştırma çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Alan biriminde olmayan bir ham toplamı alana bölerek bir oran elde etmek (nüfus yoğunluğu gibi), alan bazlı verileri birbirine bölmek, alan olmayan iki ham toplamı bölmek ve ortalama bir ölçüt ile veriler standartlaştırılabilir (Slocum ve ark., 2014). Bu bölümde koroplet harita ve diğer tematik türleri QGIS programı ile oluşturulan örnek haritalar ile desteklenmiştir.

Dördüncü bölüm, veri sınıflandırması, en yaygın kullanılan veri sınıflandırma yöntemleri ve sınıflandırmada yöntemi seçimindeki ölçütler olarak ele alınmıştır. Verileri sınıflara ve gruplara ayırma işlemine veri sınıflandırma denilmektedir. Veri sınıflandırma çeşitli haritalama teknikleri ile ilgili olmasına rağmen, genellikle koroplet haritalar ile tartışılmıştır. Eşit aralık, kuantil, ortalama standart sapma, maksimum kesiklikler, doğal kesiklikler ve optimal olmak üzere altı tane yaygın kullanılan veri sınıflandırma yöntemi vardır. Veri sınıflandırmada karşılaşılabilecek yaygın bir sorun, bu yöntemlerden hangisini kullanmanız gerektiğini belirlemektir. Sınıflandırmada yardımcı olabilecek yedi tane unsur vardır. Bunlar sayı doğrusunda veri dağılımı, tasarımı anlama kolaylığı, hesaplama kolaylığı, lejantı anlama kolaylığı, lejant aralıklarının veri ile uyumu, sıralayıcı ölçme düzeyinde uygun olması ve sınıf sayısını seçmede yardımcı olmak (Slocum ve ark., 2014). Veri sınıflandırma yöntemlerine bu yedi unsur

değerlendirilip (kabul edilemez, zayıf, kabul edilebilir, iyi, çok iyi) bir çizelge yardımıyla gösterilmiştir.

Beşinci bölümde çok değişkenli haritalama konusu anlatılmıştır. Çok değişkenli haritalamada temel konu, her bir öznitelik için ayrı harita mı yoksa tüm özniteliklerin aynı harita üzerinde gösterilmesi gerektiğine karar vermektir. Koroplet haritalar, tek değişkenli haritalamada kullanıldığı gibi, iki değişkenli haritalamada yaygın olarak kullanılırlar. İki öznitelik görüntüleniyorsa süreç iki değişkenli haritalama, üç veya daha fazla özniteliği içerene çok değişkenli haritalama denir. Bu bölüm haritaları karşılaştırma, iki değişkenli koroplet harita, iki değişkenli nokta işaret harita, çok değişkenli benek harita ve çok değişkenli nokta işaret harita olarak ele alınmıştır. Çok değişkenli nokta işaret haritalamada değişkenin yüz karakterleri ile gösterildiği Chernoff yüzleri anlatılmıştır.

Altıncı bölüm, kümeleme analizi konusunu içermektedir. Kümeleme analizi verileri gruplara ayırma işlemidir. Kümeleme analizi hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan olmak üzere ikiye ayrılır (Slocum ve ark., 2014). Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinde izlenecek temel adımlardan bahsedilmiştir. Bu bölümde son olarak hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemi arasında en yaygın olan k-Ortalama yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bildirici (2018): Kitap, genel kartografya ve harita projeksiyonlarını kapsayıp iki kısımdan oluşmaktadır. Hem kartografya hem de harita projeksiyonları konularında verilen derslerde ders notu olarak ihtiyacı karşılamak üzere hazırlanmıştır.

Buğdaycı (2005): Tematik haritalarda bölgeye ait konuyu içeren işaretlerin renk, şekil, büyüklük, yön ve birbirlerine göre olan konumlarının gösterilmesinde kullanılan tematik haritalama teknikleri incelenmiştir. Uygulamada, konuyla ilgili sunumlarda ihtiyaca yönelik istatistiksel analiz yapmaya imkân veren haritalar üretilmiştir. Oluşturulan tematik haritalarda, sınıf aralıkları ve farklı sınıf bilgileri mümkün oldukça sade ve yeterli şekilde yansıtılmıştır. Aynı konuya ait farklı tematik sınıflandırma yöntemleriyle, tek bir altlık harita üzerinde farklı tematik haritalar yapılarak sonuçları gözlemlenmiştir. Tematik gösterimde, harita kullanıcılarına konuyu doğru bir şekilde yansıtmak amaçlanmıştır.

Brewer ve Harrower (2009): Çevrim içi araç olan Color Brewer, kullanıcılara haritalar ve diğer grafikler için renk paletleri oluşturmasına olanak tanır. Sıralı, farklı veya nitel olabilen 3'ten 12'ye kadar farklı veri sınıfını kullanarak haritalar oluşturmak mümkündür. Color Brewer, oluşturulan her renk düzeni için renk körlüğü dostu, renkli baskı dostu, fotokopi dostu ve dizüstü bilgisayar dostu olup olmadığını önerir.

Cabello ve ark. (2010): Orantılı işaret haritaları, harita üzerinde karşılık gelen noktaya ölçeklenmiş bir işaret yerleştirerek nokta konumuyla ilişkili sayısal verileri görselleştirir. Her işaretin alanı, konumuyla ilişkili sayısal değerle orantılıdır.

Calka (2018): Kartografik sunum yöntemi olan koroplet harita, farklı ölçme düzeylerindeki veriler için kullanılır.

Chernoff (1973): Çok değişkenli verileri temsil eden yeni bir yöntem sunmuştur. Yöntem, Chernoff yüzleri olarak bilinmektedir.

Elmer (2012): İki değişkenli haritalar coğrafi çevreyi anlamak için iyi bir araçtır ve bunlar arasında görünür mekânsal ilişkiler kurar. İki değişkenli haritalar tek değişkenli haritalara göre daha karmaşıktır. İki değişkenli harita türünü seçmek ve uygulamak için birkaç iyi uygulama vardır. Bu iki değişkenli harita çözümleri arasındaki algısal ve işlevsel farklılıkları inceleyen araştırmalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu araştırmada iki değişkenli harita türlerinin algısal özelliklerinin, harita okuyucularının farklı iki değişkenli harita türlerinden bilgi çıkarma yeteneğini etkileyip etkilemediğini incelemiştir.

Harrower ve Berewer (2003): Tematik haritalar için etkili renk paletleri seçmek zordur. Color Brewer, kullanıcıların haritalama ihtiyaçları için uygun renk paletlerini seçmelerine yardımcı olmak için tasarlanmış çevrim içi bir araçtır. Color Brewer, kullanıcılara renk paletlerini harita üzerinde test etmelerine imkân verir.

Kelly (2017): Sınıflandırılmamış koroplet haritaları verileri daha doğru temsil etmesine rağmen verilerin sınıflar halinde gruplandırılması yaygındır. Sınıflandırılmamış bir harita, her değer için ayrı bir renk oluşturur.

Kemp (2000): Coğrafi Bilgi Bilimi Ansiklopedisi, alanla ilgili önemli temalar hakkında yoğun ancak derin bilgiler içerir. Burada çok değişkenli harita iki veya daha çok değişkenin birleştirilerek tek bir haritada görüntülenmesi olarak tanımlanmıştır.

Kennelly (2010): Haritacılar, mekânsal bilgileri harita kullanıcılarına etkin bir şekilde iletecek bir ürün üretmek için çok sayıda konuyu hesaba katar ve karar verir. Sınıflandırılmış veya sınıflandırılmamış koroplet haritası yapmakta bu karar arasındadır. Sınıflandırılmamış haritalar, her birimin değerine göre benzersiz bir renk, gölge veya desen atar. Bu haritalar bilgi açısından zengindir ancak bölgelerin görsel olarak ayırt edilmesi veya bir göstergeden değerlerin belirlenmesi zor olabilir. Sınıflandırılmış haritalar ise birim değerlerine göre sınıflandırılır.

Kimerling (2009): Nokta eşlemedeki temel adımlar, nokta boyutunun seçilmesi, nokta birim değerinin belirlenmesi ve özelliklerin coğrafi dağılımını doğru bir şekilde yansıtabilecek şekilde doğru sayıda noktanın yerleştirilmesidir.

Korycka-Skorupa ve Goleblowska (2021): Çok değişkenli haritalama, çok değişkenli verilerin tek bir haritada kodlandığı bir tekniktir.

Nelson (2000): İki değişkenli harita işaretlerinin tasarımında kullanılan işaret boyutlarının oluşturduğu çeşitli grupları algı açısından değerlendirmektir.

Nelson (2018): Chernoff yüzlerinin, insanların çok küçük ifadelerden çok sayıda anlam çıkartma konusundaki yeteneğine dikkat çekti.

Novianti ve ark. (2017): Kümeleme analizi, verileri kümeler halinde gruplayan bir yöntemdir. Bu yöntemin amacı, her küme içindeki verilerin veya nesnelerin benzer olduğu en uygun gruplamayı bulmaktır. Veriler arasındaki mesafe, verilerin benzerlik düzeyini belirler. Veriler arasındaki küçük mesafe, verilerin yüksek benzerlik seviyesini gösterirken, veriler arasındaki büyük mesafe, verilerin düşük benzerlik seviyesini temsil eder.

Peterson (2020): Renk seçimi koroplet harita için önemlidir. Değişen renkler bir değişkenin değerini ifade edebilir. Rengin doygunluğu değişkenin yoğunluğunu gösterir.

Selvi ve Çağlar (2017): Çok değişkenli haritalama mekânsal objelere ait birden çok özelliğin harita kullanılarak görsel sunumudur. Çeşitli veri hazırlama ve istatistiksel sınıflandırma teknikleri kullanılarak mekânsal objelere ait birden çok özellik görsel olarak incelenebilir ve kartografik işaretlerle gösterilebilir.

Slocum ve ark. (2014): Tematik Kartografya ve Coğrafi Görselleştirme isimli kitapta verileri temsil eden işaretlerin uygun kullanımına yönelik geniş kapsamlı bilgiler içermektedir. Verilerin sınıflandırılması üzerine örneklerle birlikte nasıl uygulanacağı konusunda etkili ve verimli harita tasarımının çeşitli yönlerinden bahsedilmektedir. Tematik haritaların kullanımı, üretimi, görsel tekniklerle bilgi iletimi hakkında detaylı bilgiler mevcuttur.

Spiess ve ark. (2010): Tematik haritalar, çok çeşitli mekânsal bilimlerden gelen verilerin sunumunda önemli bir rol oynamaktadır. Tematik haritalar coğrafya veya mekânsal planlamada vazgeçilmez hale gelmiştir. Günümüzde çıkarılan veya yayınlanan haritaların büyük bir kısmı tematik içerikli olanlardır. Bu ders kitabı, tematik haritacılığın teorik temellerini ele alır ve en önemli tematik harita türlerini sunar.

Spinelli ve Zhou, (2004): Haritacılar, mekânsal bilginin yaratıcı bir ifadesi olan çok değişkenli işaret haritalarını oluşturmakla ilgilendi. 1979'da Dr. Eugene Turner, dört değişken kullanarak "Los Angeles'ta Yaşam" adlı bir harita üretti. Ödüllü harita, Los Angeles bölgesindeki yaşam koşullarını başarı bir şekilde ifade etti. Haritanın başarısı "Chernoff yüzleri" nin kullanılmasıdır.

Stevens (2015): İki değişkenli koroplet haritalarının kullanışlı ve yapımının kolay olduğunu belirtmiştir. Bunun için iki değişkenli koroplet haritaları nasıl hazırlanır adıyla bir kılavuz hazırlamıştır. Bu kılavuz QGIS yazılımı ile iki değişkenli koroplet harita hazırlama aşamasını içermektedir.

Strode ve ark. (2019): İki değişkenli koroplet tasarımı hakkındaki bazı fikirler ortaya atmıştır. Etkili harita tasarımının (renk seçimi dahil), haritanın amaçlanan hedef veya kullanımıyla doğrudan etkili olduğunu belirtmiştir.

Torguson (2016): Koroplet harita, alan tabanlı istatistiklerin büyüklüklerinin (genellikle türetilen öznitelik verileri), birim alanların sınırları içinde meydana geldiklerinde dolgu renkleri, gölgeler veya desenlerle gösterildiği yaygın bir nicel

tematik harita türüdür. Coğrafi bilgi sistemi (GIS) yazılımında oluşturulması kolaydır ve harita okuyucu tarafından kolayca anlaşılır. Öznitelik verileri, harita okuyucu için genellikle sınıflar halinde gruplandırılır ve kullanılabilir bir dizi sınıflandırma yöntemi vardır. Harita sınıflandırılmamışsa, sonuç, sınıflandırılmamış bir koroplet haritadır.

Uçar (2001): Bu yazıda ilk olarak genel gösterge bilim bağlamında işaret ve işaret türlerine değinilmektedir. Daha sonra ise harita işaretleri ile bu işaretlerin kartografik iletişimde temsil ettikleri objeler arasındaki ilişkiler analiz edilmektedir. Sonuç olarak, kartografik işaretler için yeni bir sınıflandırılma önerilmektedir.

Vogt ve Nagel (1992): Bu makalede kümeleme analizinin yararlılığı araştırılmıştır. Kümeleme analizinin kullanım alanları, k-ortalama yöntemi ile ilgili ilgi vermiştir.

Yaz (2014): Kümeleme analizi veri matrisinin hazırlanması, kümeleme yöntemi belirlenerek uygulanması, sonuçlarını değerlendirilmesi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Harita ve Kartografya

3.1.1. Harita nedir?

Harita, yeryüzüne ait bilgileri harita okuyucusuna aktaran bir bilgi iletişim aracıdır (Bildirici, 2018). Günümüze kadar harita kavramı farklı şekillerde yorumlanmıştır. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

İsviçreli E.Imhof'a göre harita, yeryüzünün veya belli bir parçasının küçültülerek, genelleştirilmiş ve bütünleştirilmiş olarak düz zemin üzerine iki boyutta gösterilme tekniğidir (Bildirici, 2018). Alman Max Eckert haritayı doğru, eksiksiz, amaca uygun, güzel ve anlaşılır olması yönüyle ele almıştır (Bildirici, 2018). Spiess ve ark. (2010)'e göre harita, yeryüzünün bir parçasının küçültülerek, ölçeklendirilmiş, basitleştirilmiş ve açıklanmış bir temsildir. Uçar (2001)'e göre harita, mekânsal bilgiyi belirli matematik ve grafik kurallarına göre tasarlanarak kullanıcıya sunan bir iletişim aracıdır. Farklı yönlerine vurgu yapılarak oluşturulan harita tanımlarından yola çıkarak harita yeryüzünün tamamını ya da belli bir bölümünü belirli kurallar eşliğinde ve iki boyutlu olarak düz bir zemin üzerine aktarma aracıdır (Bildirici, 2018).

Haritalar ile bilgi aktarımı yazılı ya da sözlü olarak anlatımdan daha etkilidir. Sözlü ve yazılı anlatım daha çok duygu ve düşünce içermektedir. Harita ile iletişim mekânsal alanlardaki ilişkileri daha iyi ifade etmektedir (Bildirici, 2018).

Harita sadece yeryüzünün küçültülmüş resmi değildir. Haritalar özenle hazırlanmış bilgi iletişim aracıdır. Haritalar mekânsal bilgi içermesi, ölçekli olması, haritası olduğu alanın gösterimi olması yönüyle diğer bilgi iletişim araçlarından ayrılmaktadır (Bildirici, 2018).

Bir haritanın eksiksiz olması için yeryüzüne ait tüm bilgileri harita üzerinde göstermesi gerekir. Harita üzerinde çok fazla bilgi olması haritanın okunurluğunu ve anlaşılabilirliğini azaltmaktadır. Bu yüzden haritalar kullanım amacına uygun bilgi içermelidir. Haritaların doğruluğu güncel olması ile ilgilidir. Güncelliği azalan bir harita eksik bilgi vermeye başlar (Bildirici, 2018). Günümüzde haritalara hızlı ve kolay ulaşılabilir olması harita kullanıcı sayısında artış meydana getirmiştir. Bu nedenle haritalar ilettiği bilginin doğruluğunu ve güvenilirliğini yüksek tutması gerekir (Uçar ve Uluğtekin, 2006).

Önemi gittikçe artan haritaların nasıl tasarlanması gerektiğini anlatan kartografya bilim dalı ortaya çıkmıştır.

3.1.2. Kartografya nedir?

Haritanın tarihinin başlamasıyla kartografya bilim dalı ortaya çıkmış ve günümüze kadar gelişme göstermiştir. Kartografya harita yapmak ve kullanmak istediğimizde bize yol gösteren bilim sanatıdır.

Uluslararası Kartografya Birliği (ICA) ‘ne göre harita yapmak ve kullanmak için gerekli bilim, sanat ve tekniktir. Kartografya, kağıt üzerine resmetme anlamına gelen “carto” ve “graphein” kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiştir (Bildirici, 2018).

Teknolojik gelişme her alanda olduğu gibi kartografya alanını da etkilemiştir. Bu gelişmenin sonucunda eskiden harita yapımı yalnızca kartografin alanı iken günümüzde bilgisayara erişimi olan herkes harita yapabilir. Çoğu kişiye harita yapma olanağı sağlaması üretilen haritaların iyi tasarlanmış ve doğru olduğuna dair kesin bir bilgi vermemektedir. Teknolojik gelişmenin kartografya alanını etkilediği diğer sonuçları klasik yöntemlerle yapılamayan ya da bu yöntemlerle yapımı zor olan haritaların yapılabilmesi ve yeryüzünün gerçekçi sunumlarını yaratabilmesidir (Slocum ve ark., 2014).

3.2. Tematik Harita

Haritalar konusuna göre topografik ve tematik olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Topografik sözcüğü Yunancada yer ve çizmek anlamına gelen kelimelerin birleşmesiyle oluşmuştur. Topografik haritalar yeryüzündeki yapay objelerin (yollar, köprüler, akarsu, durgun su vb.) çevresel ilişkisini kartografik işaretlerle aktaran haritalardır (Bildirici, 2018). Tematik haritalar, bir olgunun özellikleri, konumu, yayılımı ve dağılımı hakkında bilgi sağlar (Spiess ve ark., 2010).

Bir konunun mekânsal dokusunu görüntülemek için tematik harita kullanılır. Tematik haritalar mekânsal dokuların tamamı, belirli konumun ayırt edici özelliği hakkında bilgi vermek ve iki ya da daha fazla haritadaki dağılımları kıyaslamak için kullanılabilir (Slocum ve ark., 2014).

Tematik haritaların topografik haritalarından farklı olduğunu hatırlamak önemlidir. Topografik haritanın amacı, konum bilgisini harita kullanıcılarına iletmektir.

Tematik haritalar ise belirli bir coğrafi alana bağlı belirli bir konuyu vurgulamak için özel oluşturulan haritalardır. Tematik haritaları diğer haritalardan ayıran temel fark belli bir konuyu göstermeye çalışmasıdır (Slocum ve ark., 2014).

17. yüzyılın ortalarından sonra ilk olarak İngiliz gökbilimci Halley tarafından bulunan ve daha sonra gelişme gösteren tematik haritalar genellikle bir amaç göz önünde bulundurularak yapılır. Çoğu zaman, bu amaç bir veya iki özneliği ortaya çıkarmakla ilgilidir. Yağış, iklim bölgeleri, nüfus dağılımı gibi belirli konu hakkında bilgileri görüntülemek için tematik haritalar oluşturulabilir. Konular renk, boyut, grafik ve nokta yoğunlukları ile gösterilebilir. Tematik bir harita tasarlarırken, haritacıların harita üzerindeki verileri göstermeye dikkat etmesi gerekir. Böylece harita okuyucusunun haritaları kullanması ve anlaması kolay olacaktır (Slocum ve ark., 2014).

Tematik haritalar tasarlanırken veri ham toplam biçiminde ise belirli bir dengeleme ya da düzenleme yapılmalıdır. Bu işlem veri standartlaştırma olarak tanımlanır. Koroplet harita kullanılırken veriler standardize edilmelidir (Slocum ve ark., 2014).

Bu konunun daha açıklayıcı olması için Türkiye tahıl vb. bitkiler ekilen alan TÜİK verisi yardımı ile çalışma yapılmıştır (Şekil 3.4).

3.3. Tematik Harita Türleri

Tematik haritalar çok çeşitli haritalama teknikleri içerir. Yaygın olarak kullanılan tematik harita türü bir özneliği farklı renklerle ya da bir rengin farklı tonlarıyla ifade eden koroplet haritalardır. Bunun gibi orantılı işaret, izaritmik, benek harita (dot map) gibi çeşitli tematik harita türleri vardır (Slocum ve ark., 2014).

Her tematik teknik haritalanmış alanın farklı yönlerini vurgular ve harita okuyucuları için mesajı farklı şekilde şekillendirir. Tematik haritalar, mekânsal ilişkileri anlamak için kullanılmaktadır. Tematik harita yöntemi haritanın amacına ve ana düşünceye uygun olmalıdır.

Burada dört tematik harita yapım tekniği (koroplet, orantılı işaret, izoplet, ve benek) anlatılmıştır.

3.3.1. Koroplet harita

Koroplet harita coğrafi alanların o alana karşılık gelen bir değişkenin değerine göre renk tonları ile gösterildiği yaygın olarak kullanılan bir tematik haritalama yöntemidir (Slocum ve ark., 2014).

Calka (2018) 'e göre koroplet harita, farklı ölçme düzeyleri (oran veya aralık) veriler için kullanılan kartografik sunum yöntemlerinden biridir.

Koroplet haritalar bir değişkenin bir coğrafi alanda nasıl değiştiğini görselleştirmenin veya bir bölgedeki değişkenlik düzeyini göstermede kolaylık sağlar (Slocum ve ark., 2014).

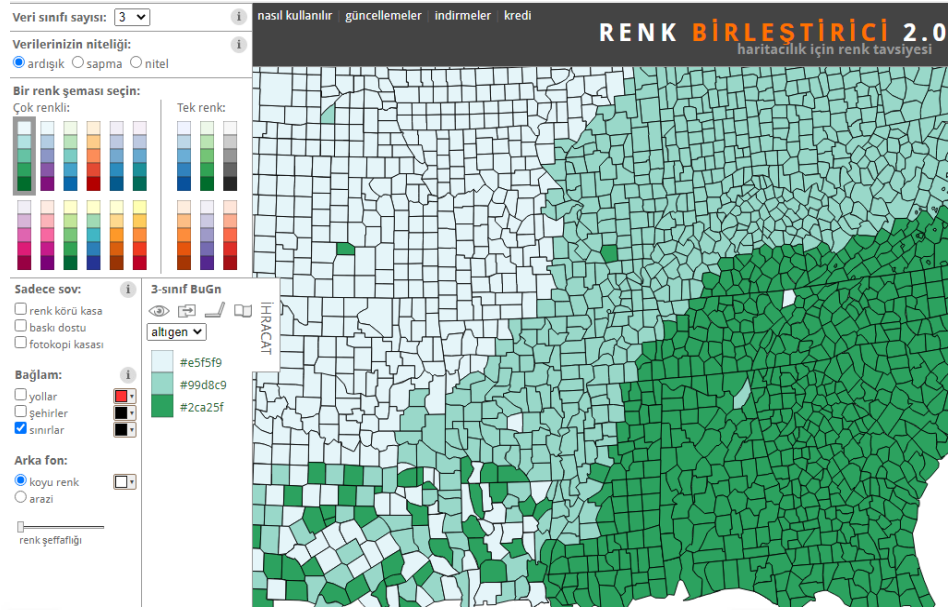
Koroplet harita, alan tabanlı istatistiklerin büyüklüklerinin, birim alanların sınırları içinde meydana geldiklerinde dolgu renkleri, gölgeler veya desenlerle gösterildiği yaygın bir tematik harita türüdür. Coğrafi bilgi sistemi (GIS) yazılımında oluşturulması kolaydır ve harita okuyucu tarafından kolayca anlaşılır. Öznitelik verileri, harita okuyucu için genellikle sınıflar halinde gruplandırılır ve kullanılabilir sınıflandırma yöntemi vardır (Torguson, 2016).

Koroplet haritalar, değişen renkler ile bir değişkenin değerini gösteren haritalardır. Koroplet haritalar rengin doygunluk yüzdesi veya tonu aracılığıyla bir değişkenin yoğunluğunu gösterir. Renk seçimini kolaylaştırmak için eşleştirmeye çalıştığımız değişken ile ilişkilendirilebilecek bir rengin olup olmadığını düşünmek gerekir. Örneğin, değişken hane halkı geliri ise, para yeşil ile ilişkilendirildiğinden değişken için açık yeşilden koyu yeşile bir renk kullanılabilir (Peterson, 2020).

Harita tasarımında renk, anlatılmak istenilen konuyu harita kullanıcılarına aktarmakta yardımcı olmaktadır. Bir haritada renk uygun şekilde kullanılması haritanın okunurluğunu pozitif yönde etkilemektedir (Harrower ve Brewer, 2003).

Mark Harrower ve Cynthia Brewer, tematik haritalar için en iyi renk paletlerini seçmede yardımcı çevrim içi bir araç tasarladılar. Color Brewer kullanıcılarına sınıf sayısını ve renk paletini seçmesine bunları harita üzerinde test etmesine imkân verir (Harrower ve Brewer, 2003).

Color Brewer, oluşturulan her renk düzeninin renk körlüğü, renkli baskı, fotokopi ve dizüstü bilgisayar için uygun olup olmadığını belirtir (Brewer ve Harrower, 2009). Şekil 3.1'de Color Brewer ekran görüntüsü verilmiştir.



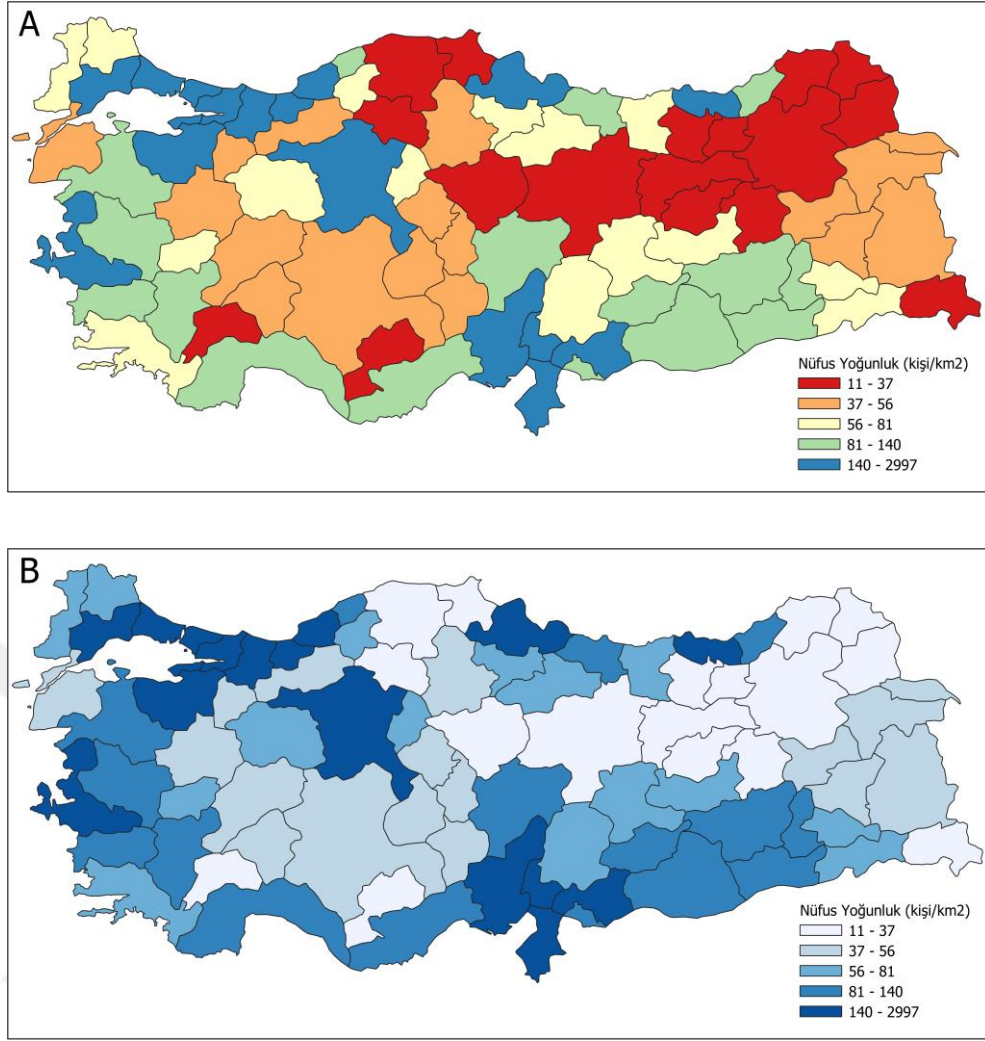
Şekil 3.1. Color Brewer ekran görüntüsü (URL1)

Veri sınıf sayısı seçmek, harita tasarımının önemli bir parçasıdır. Veri sınıfı sayısının fazla olması haritanın okunabilirliğini azaltır. Çok fazla sınıf, ayırt edilmesi gittikçe zorlaşan daha fazla renk gerektirir. Color Brewer 3'ten 12'ye kadar sınıf seçimini sağlar (Brewer ve Harrower, 2009).

Color Brewer renkleri sıralı, ayırım ve nitel olarak üç çeşit yöntemle ayırmıştır (Şekil 3.2). Sıralı yöntem, düşükten yükseğe doğru ilerleyen sıralı veriler için uygundur. Düşük veri değerleri için açık renkler ve yüksek veri değerleri için koyu renkler ile gösterilir. Farklı yöntem, veri aralığının ortasında bir kritik nokta açık renklerle vurgulanırken, düşük ve yüksek değerler zıt tonlara sahip koyu renklerle vurgulanır. Nitel yöntem ise verilerin pastel renklerle gösterildiği yöntemdir (Harrower ve Brewer, 2003).



Şekil 3.2. Color Brewer sıralı, farklı ve nitel renk yöntemleri



Şekil 3.3. Farklı renk yöntemleri ile oluşturulan koroplet haritalar

Şekil 3.3’ de gösterilen koroplet harita örneklerinde A haritası mantıksal olarak düzenlenmemiş renkler kullanılmakta, B haritası ise tek bir rengin mantıksal olarak düzenlenmiş tonlarını göstermektedir. A haritasında farklı renklere dayalı veri sınıfları ayırt edilebildiğinden hangi rengin hangi ile ait olduğu bilinmektedir. Fakat işaret tablosuna bakılmadan genel bir bilgiye ulaşmak güçtür. B haritasında mavi tonlar mantıksal bir şekilde sıralanmıştır. Hangi ilin hangi sınıfa ait olduğunu belirlemek zordur ancak nüfus yoğunluk değişiminin mekânsal dokusu nettir (Slocum ve ark., 2014).

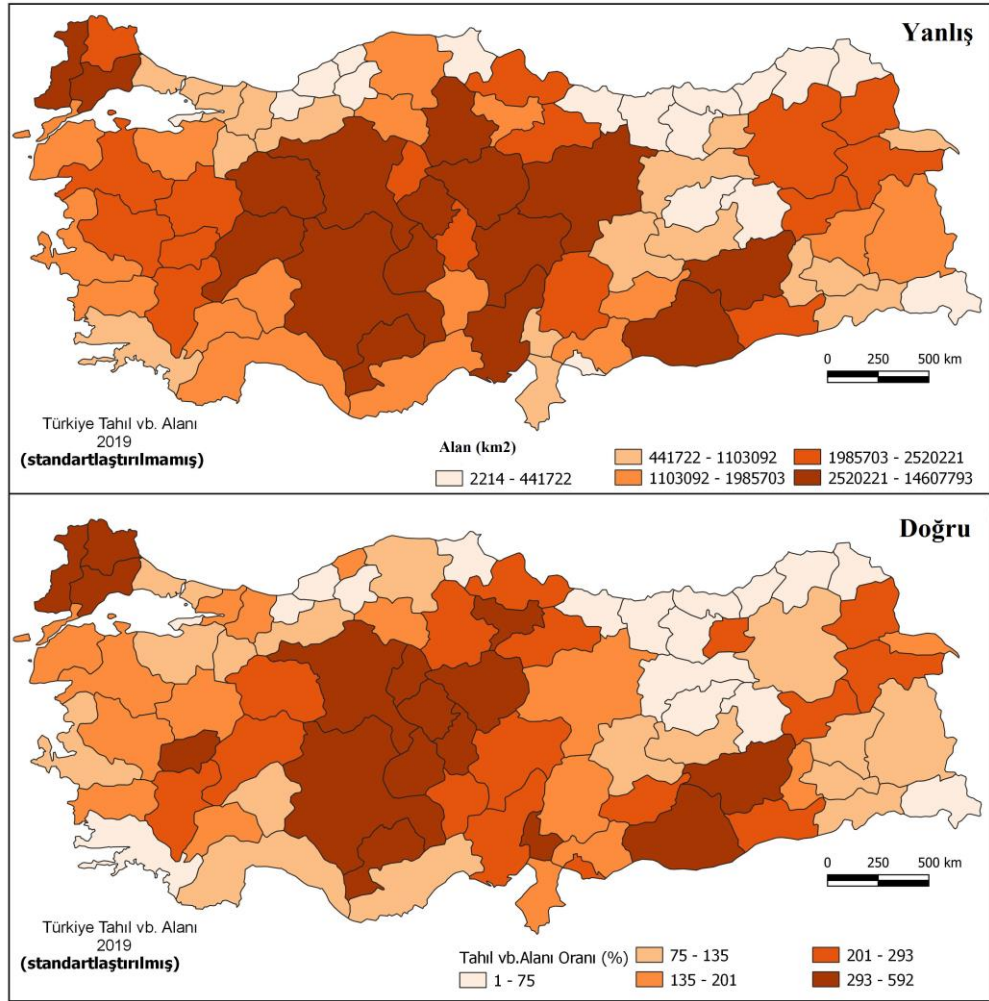
Koroplet harita verileri sınıflandırılarak gruplara ayrılması her gruba bir renk atanması ile oluşturulur. Koroplet haritalar veri değişiminin hızlı olduğu durumda kullanımı uygundur. Harita kullanıcısının bazı değerlere yoğunlaşması istenirse hızlı veri değişimi olmasa bile koroplet harita tekniğinin kullanımı en uygundur (Solcum ve ark., 2014).

Sınıflandırılmamış koroplet haritalar verileri daha doğru temsil etmesine rağmen verilerin sınıflar halinde kullanımı yaygındır. Sınıflandırılmamış bir koroplet harita her bir değer için bir renk oluşturur (Kelly, 2017).

Bir koroplet haritasının harita kullanıcılarına faydalı olması birden çok faktöre bağlıdır. Bunlar haritalanacak olgunun karmaşıklığına, verileri sınıflandırılmış veya sınıflandırılmamış olarak sunma kararına, kullanılan yöntem ve harita kullanıcısının haritayı yorumlama yeteneğine bağlıdır (Kennelly, 2010).

Bir koroplet harita yaparken verileri sınıflara ayırıp her sınıf için bir rengin tonunu kullanmak veri sınıflandırmaya örnektir. Veri sınıflandırma kullanılacak verileri bir işaretle ifade edecek sınıf veya gruplara ayırmaktır. Tam tersi durumunda ise her bir veri farklı işaretle ifade edilir. Sınıflandırma yapılmışsa sınıflandırılmış harita, yapılmamış ise sınıflandırılmamış haritadır (Slocum ve ark., 2014).

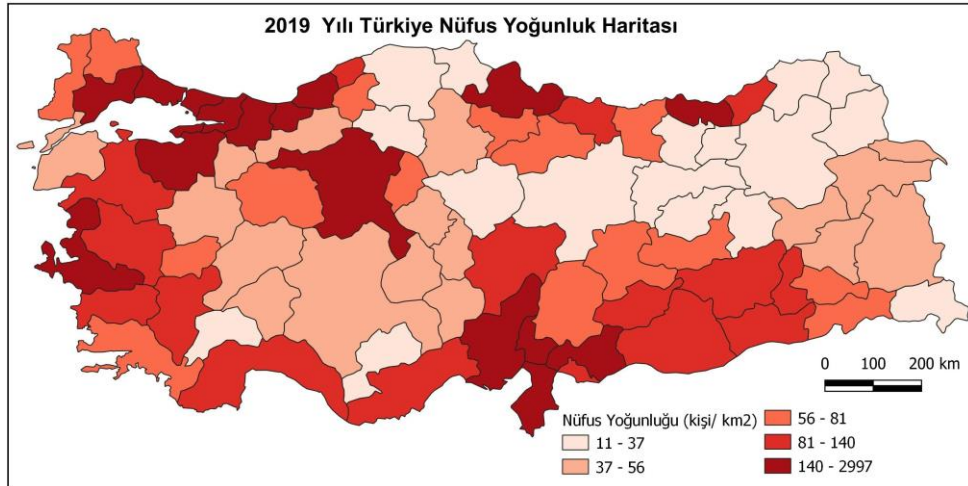
Veri standartlaştırma veriler arasındaki farklılıklardan oluşan önyargıları ve yanıltıcı mesajları kaldırmaya çalışır. Koroplet haritalarda veri standartlaştırma işlemi önemli ham verinin alanlara göre dengeli olmasını sağlar. Koroplet harita oluştururken veri standartlaştırmanın önemli olduğunu göstermek için Türkiye tahıl vb. ekilen alan verisi ile yapılmıştır (Şekil 3.4). Bu örnekte iki haritanın aktardığı bilgi farklıdır. Aynı veriler farklı sınıflarda gösterilmiştir. Standartlaştırılmamış haritanın doğruluk oranı azdır (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.4. Standartlaştırılmamış ve standartlaştırılmış koroplet harita örnekleri

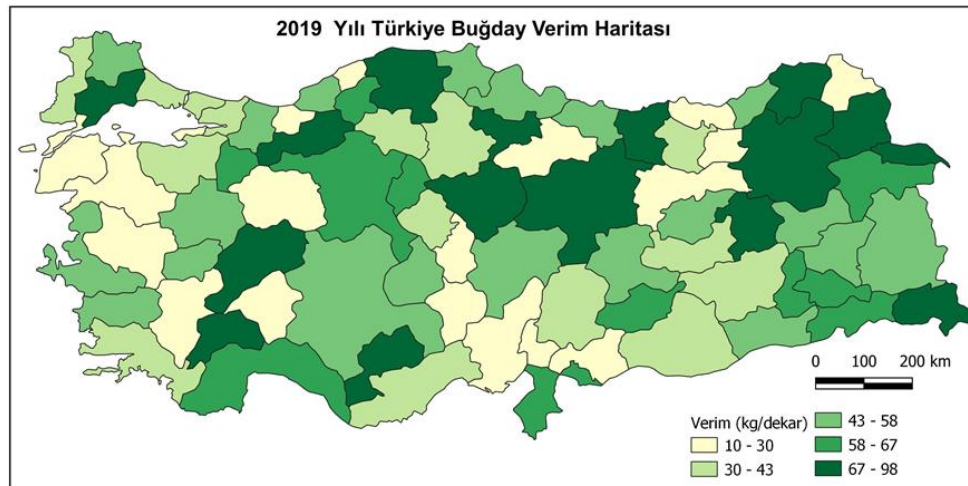
Şekil 3.4'de verilen haritalar standartlaştırılmamış (yanlış koroplet) ve standartlaştırılmış (doğru koroplet) harita örneğidir. Standartlaştırılmamış harita örneğinde ham veriler alınıp doğrudan haritaya uygulanır. Ham verilerin kullanımı, büyük alanları olduğundan farklı nitelikte gösterme gibi bir etkiye neden olur. Standartlaştırılmış harita ise standardize edilmiş verileri temel aldığından daha doğru bir dağılım göstermektedir. Bu örnekte tahıl vb. alanlarının toplamı ile tahıl alanlarının illerin alanına oranı farklı mekânsal dokulara sahiptir. Büyük alana sahip illerin tahıl oranı daha düşük olmasına rağmen daha fazla ön plana çıkmaktadır. Burada doğru mesaj ileten harita standartlaştırma yapılarak oluşturulan haritadır. Standartlaştırılmış haritaların ilettiği bilgi daha güvenilirdir (Slocum ve ark., 2014).

Verileri standartlaştırmak için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlardan ilk olarak alan biriminde olmayan ham toplamı alan biriminde bir ham toplama bölmektir. Bu şekilde bir yoğunluk haritası elde edilebilir. En iyi örneği kişi sayısını alana bölerek elde edilen nüfus yoğunluğudur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Türkiye Nüfus Yoğunluk Haritası

İkinci gerçekleştirilen veri standartlaştırma işlemi alan bazlı verileri birbirine bölerek elde edilebilir. Örneğin buğday hasat edilen alanı, ekilen alana bölerek ürün verimliliği hakkında bilgi elde edilebilir (Şekil 3.6). Üçüncü yaklaşım ikisi de alan olmayan iki ham toplam birbirine bölünerek oluşturulabilir. Daha çok para biriminde olan değerleri birbirine bölümü şeklinde olabilmektedir. Son olarak yapılan veri standartlaştırma işlemi ortalama ölçütler hesaplamaktır. Örneğin tüm evlerin alan şeklinde toplamını ev sayısına bölerek ortalama ev büyüklüğü bulunabilir. Verilen dört standartlaştırma mantığı bir oran elde etmektir (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.6. Türkiye Buğday Verim Haritası

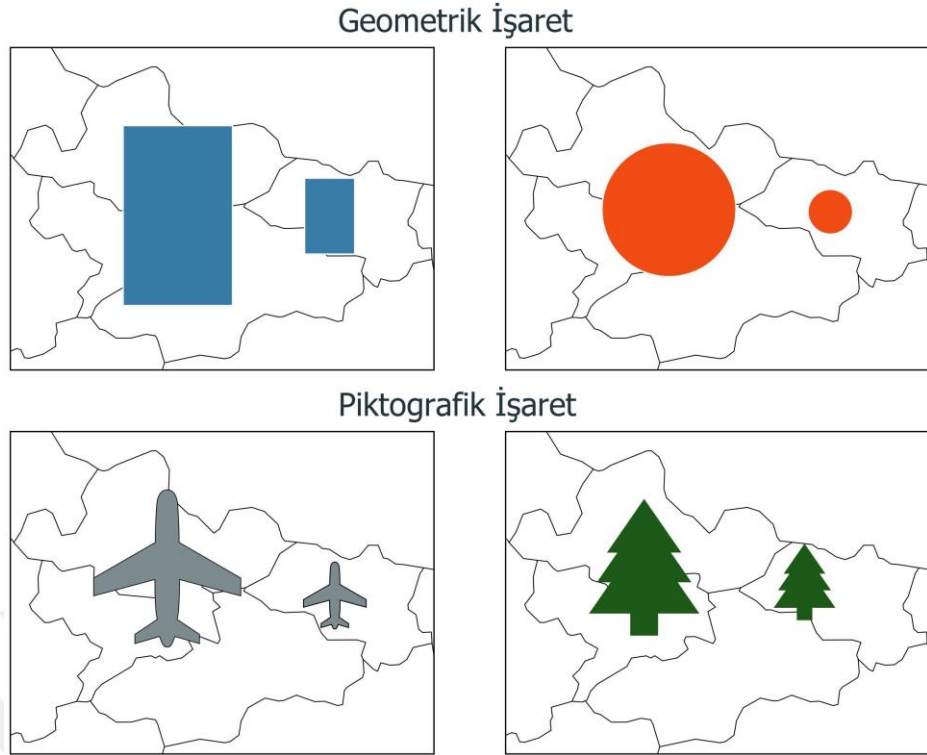
3.3.2. Orantılı işaret haritalama

Dereceli işaret haritaları olarak da bilinen orantılı işaret haritaları, nicel verileri görselleştiren iyi bir kartografik araçtır. Bir işaret, alanı bir noktayla ilişkili veri değerine karşılık gelecek şekilde ölçeklendirilir ve daha sonra bir harita üzerinde tam olarak bu noktaya yerleştirilir. Bir orantılı bir işaret haritası mesajını işaretlerin boyutları aracılığıyla iletir. (Cabello ve ark., 2010).

Orantılı işaret haritaları standartlaştırılmış bir koroplet haritayı tamamlayıcı nitelikte olabilirler. Burada ham toplamlar önemlidir çünkü yüksek bir oran yüksek ham toplam olmadıkça anlamsız olabilir (Slocum ve ark., 2014).

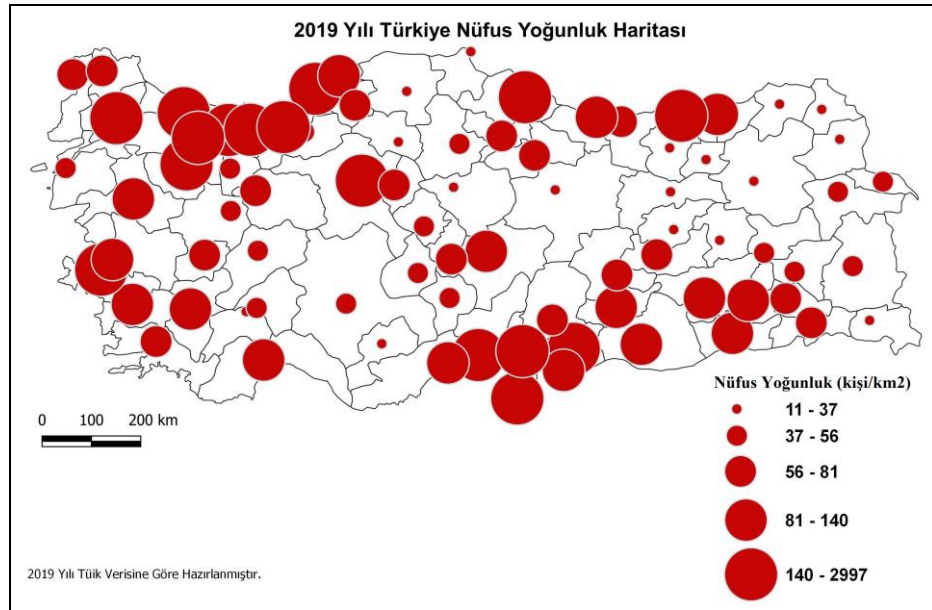
Orantılı işaretler, gerçek ve kavramsal nokta verileri için kullanılabilir. Gerçek nokta verileri nokta konumlarında ölçülür. Kavramsal nokta veriler alanlar (veya hacimler) üzerinden toplanır, ancak veriler işaretleştirme amacıyla noktalarda yer almış gibi tasarlanır. Sıcaklık gibi sürekli olayları görüntülemek için genellikle izaritmik haritalar kullanmamıza rağmen, nokta konumlarında toplandıklarında ham verilerdeki konum için orantılı işaretleri kullanabiliriz (Slocum ve ark., 2014).

Orantılı işaretler geometrik ve piktografik olmak üzere iki temel gruba ayrılabilir. (Şekil 3.7). Haritalarda genellikle geometrik işaretler (daire, kare, küre ve küp) gerçeği yansıtmazken, piktografik işaretler (buğday başları, insan karikatürleri) gerçeği daha iyi yansıtır. Daire diğer geometrik işaretlere göre en sık kullanılan geometrik işarettir. Dijital haritalamanın gelişmesinden önce, geometrik işaretler yaygındı çünkü geometrik şekiller elle oluşturulmaktaydı. Günümüzde dijital haritalamanın gelişmesiyle piktografik işaretlerin yapımı kolaylaşmıştır. Bir işaret için temel tasarımı manuel oluşturabilir, işaretli bir bilgisayar dosyasına tarayabilir ve ardından işareti çeşitli boyutlarda çoğaltmak için tasarım yazılımı kullanabilir. Ancak piktografik işaretler, üst üste geldiklerinde yorumlanmaları geometrik işaretlere göre daha zordur (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.7. Orantılı işaret haritasına farklı şekiller uygulanabilir.

Koroplet haritaları için tartışılan veri standartlaştırma kavramı, orantılı işaret haritalarına da uygulanabilir (Slocum ve ark., 2014). Şekil 3.8’de Türkiye nüfus yoğunluk haritası orantılı işaret ile gösterilmiştir.

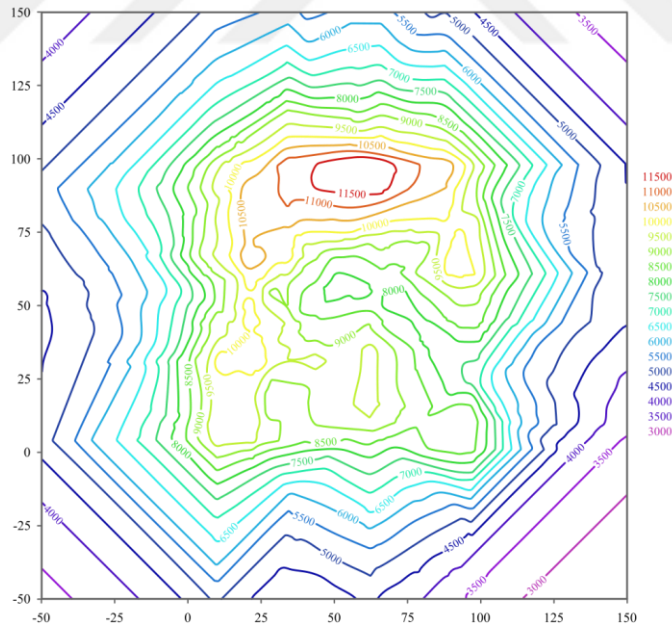


Şekil 3.8. Türkiye Nüfus Yoğunluk Haritasını Orantılı İşaret İle Gösterimi

3.3.3. İzoplet harita

İzaritmik (ya da kontur) haritalar, yumuşak ve sürekli olguları (yağış, basınç vb.) gösterir. İzaritmik harita yaparken kontrol noktalarında toplanan noktalar gerçek ve kavramsal olabilir. Gerçek veriler nokta konumlarında doğrudan ölçülür. Meteoroloji verileri buna örnek verilebilir. Kavramsal veriler ise bir alanda toplanıp nokta konumlarında oldukları düşünülür. Burada önemli olan sayım birimlerinin merkezidir. Kavramsal veri ile çalışırken verinin varsayılan sürekliliğine uymama riskine karşı dikkatli olunmalıdır (Slocum ve ark., 2014).

Nokta verileri kavramsal ise (bir alana ait ama nokta olarak temsil edilen veri) buna izoplet harita denilmektedir. İzoplet harita sabit değerli noktaları birleştiren harita üzerinde bir çizgi olarak ifade edilebilir. İzoplet haritalar, yüksekliğin, sıcaklığın, yağışın veya başka bir özelliğin aynı olduğu alanları gösterirken çizgi veya renkler kullanılabilir (Şekil 3.9). Koroplet haritada olduğu gibi izoplet haritalarda kavramsal noktaların ait olduğu alanı hesaba katmak için veri standartlaştırma gerekir (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.9. İzoplet harita örneği (URL2)

3.3.4. Benek haritalama (Dot map)

Tematik haritalarda nokta ile gösterim yaygın olarak kullanılmaktadır. Buğdaycı (2005)'e göre bir nokta belirli bir mutlak değeri ifade edebilir. Örneğin bir nokta 100 kişiyi temsil edebilir.

Benek haritaları, belirli bir miktarı temsil eden noktaları, meydana gelme olasılığı en yüksek olan yere yerleştirerek, bir olgunun coğrafi dağılımını gösterir (Kimerling, 2009).



Şekil 3.10. Türkiye nüfus verileri ile benek ile gösterilmesi

Şekil 3.10'da 2019 yılı Türkiye nüfus verileri ile oluşturulan benek haritaya bir örnektir. Burada, verileri bir harita üzerinde göstermek için benek kullanılmıştır. Bu harita, bir benek 80.000 kişiyi temsil ettiğini göstermektedir. Bu haritaya bakarak en fazla nüfus noktalarının en yoğun olduğu yer olan İstanbul ili olduğu görülmektedir. Bu tür haritalar nüfus gibi veri kümesinde çok fazla sayıya sahip verilerin görsel olarak temsili için önemlidir.

Benek haritalamada daha doğru bir sonuç elde etmek için haritalanan alanla ilgili yardımcı bilgilere ihtiyaç duyulabilir (Slocum ve ark., 2014).

3.4. Veri Sınıflandırma

Ham verileri sınıflara ve gruplara ayırma işlemine veri sınıflandırma denir. Örneğin bir koroplet harita için veri 4 sınıfa ayrılabilir ve her sınıf belli bir renk tonu ile

temsil edilebilir. Sınıflandırılmış haritalar sınıflandırma sonucunda elde edilir (Slocum ve ark., 2014).

Aşağıda 10 ile 45 arasında değişen veriler vardır. Bu verilere göre sınıf sayısı 5 ve her sınıfın sayı doğrusunda kapladığı genişlik (sınıf aralığı) 7'dir.

- 1. sınıf (10-16)
- 2. sınıf (17-23)
- 3. sınıf (24-30)
- 4. sınıf (31-37)
- 5. sınıf (38-45)

En yaygın kullanılan veri sınıflandırma yöntemleri eşit aralık, kuantil, ortalama standart sapma, maksimum kesiklik, doğal kesiklik ve optimal sınıflandırma yöntemleridir.

Çizelge 3.1: Sınıflandırma yöntemleri için kullanılan örnek veri

Veri Sayısı	Veri	Veri Sayısı	Veri	Veri Sayısı	Veri
1	0.6	23	2.2	45	5.5
2	0.8	24	2.3	46	5.8
3	0.8	25	2.4	47	5.9
4	0.8	26	2.4	48	5.9
5	0.9	27	2.7	49	6.0
6	1.0	28	3.1	50	6.1
7	1.0	29	3.4	51	6.3
8	1.0	30	3.5	52	6.3
9	1.2	31	3.5	53	6.3
10	1.2	32	3.6	54	6.3
11	1.3	33	3.6	55	6.3
12	1.3	34	3.6	56	6.8
13	1.4	35	3.7	57	7.1
14	1.5	36	4.1	58	7.1
15	1.6	37	4.3	59	7.5
16	1.6	38	4.5	60	7.6
17	1.6	39	4.6	61	8.3
18	1.7	40	4.9	62	10.1
19	1.8	41	5.2	63	10.5
20	1.9	42	5.3	64	12.2
21	2.2	43	5.4	65	14.6
22	2.2	44	5.5	66	15.8
				67	45.1

Çizelge 3.1'de veriler yaygın kullanılan sınıflandırma yöntemlerinde uygulanmıştır. Burada verilerin 5 sınıf için sınıf sınırları belirlenip sayı doğrusu üzerindeki dağılımı gösterilmiştir (Şekil 3.11).

3.4.1. Eşit aralık

Eşit aralık sınıflandırma yönteminde her sınıf sayı doğrusunda eşit bir aralığa sahiptir. Eşit aralık yöntemini hesaplama adımları şu şekildedir:

1. Sayı doğrusunda her sınıfın kapladığı alan belirlenir. Bunun için en büyük değer ile en küçük veri arasında fark sınıf sayısına bölünür. Aralık değeri hesaplanır.

2. Her sınıfın üst sınırı belirlenir. Her sınıf için üst sınır, sınıf aralığının verilerdeki en düşük değere eklenmesiyle hesaplanır.

3. Her sınıfın alt sınırını belirlenir. Her sınıftaki en yüksek değer üzerinde olacak şekilde belirlenir.

4. İşaret tablosunda sınıf sınırlarının nasıl gösterileceği belirlenir.

5. Her sınıfa hangi verinin düştüğü belirlenir (Slocum ve ark., 2014).

Eşit aralık yönteminde sınıfların oluşturulması basittir. Bu yüzden teknoloji gelişmeden öncede de tercih edilen bir yöntemdir. Eşit aralık yönteminin harita kullanıcısı tarafından okunması ve yorumlanması kolaydır (Slocum ve ark., 2014).

Çizelge 3.1’de verilen veri ile 5 sınıf oluşturmak istenirse ilk olarak en büyük veri (45.1) ile en küçük veri (0.6) sınıf sayısına bölünerek sınıf aralığı bulunur. Bu sınıf aralığı en küçük veriye eklenerek sınıf sınırları belirlenir. 5 sınıf için sınıf sınırları şu şekildedir:

1.sınıf	0.6 – 9.5
2.sınıf	9.6 – 18.4
3.sınıf	18.5 – 27.3
4.sınıf	27.4 – 36.2
5.sınıf	36.3 – 45.1

Eşit aralık yönteminin dezavantajı verinin sayı doğrusundaki dağılımını dikkate almadan oluşturmasıdır. Şekil 3.11’de eşit aralık yöntemine göre verinin sayı doğrusu üzerindeki dağılımı verilmiştir. Bu sayı doğrusu incelendiğinde üçüncü ve dördüncü sınıfa veri düşmediği görülmüştür. Bunun gibi sayı doğrusunda homojen dağılımı olmayan verilerde eşit aralık yöntemi veriyi yansıtmayan sınıflandırmaya neden olabilir (Slocum ve ark., 2014).

3.4.2. Kuantil yöntemi

Kuantil yönteminde veriler sıralanır ve her sınıfa eşit sayıda veri olacak şekilde sınıflandırılır. Bu yöntem sınıf sayısına göre farklı şekillerde ifade edilebilir. Kuartil dört sınıflı, kuintil ise beş sınıflı olana denilmektedir. Bu yöntemde her sınıftaki eleman sayısı, toplam veri sayısının sınıf sayısına bölünmesi ile bulunur. Her bir sınıfa düşen eleman sayısı kadar ilerleyerek sınıf sınırları belirlenir (Slocum ve ark., 2014).

Çizelge 3.1’de toplam veri sayısı 67, sınıf sayısı 5 ile bölünmesi elde edilen sayı (13.4) tamsayı olmadığı için ilk sınıfa 13 veri ikinci sınıfa 14 veri sonra 13 ve 14 şeklinde ilerlemektedir. Bazen aynı değer farklı sınıflarda yer alabilir. Bunun olmaması eleman sayıları eşit alınmayıp dengelemeye çalışılır (Slocum ve ark., 2014).

Kuantil yönteminde sınıf sınırları eşit aralık yöntemi gibi elle hesaplanabilmektedir. Bir başka avantajı ise her sınıfa veri eşit oranlarda dağılmaktadır. Kuantil yönteminin dezavantajı ise eşit aralık yöntemi gibi sayı doğrusunu dikkate almaması ve sayı doğrusu üzerinde boşluların oluşabilmesidir (Şekil 3.11) (Slocum ve ark., 2014).

3.4.3. Ortalama standart sapma

Verilerin sayı doğrusu üzerinde nasıl dağıldığını dikkate alan çeşitli sınıflandırma tekniklerinden biridir. Sınıflar verinin ortalamasına standart sapmanın ardışık olarak eklenmesi veya çıkartılması ile oluşturulur. Bu yöntemin avantajı sadece normal dağılım gösteren verilerle iyi sonuç vermektedir. Bu sınıflandırmanın doğru bir şekilde yorumlanması için ayrıca istatistik bilgi gerektirir (Slocum ve ark., 2014).

3.4.4. Maksimum kesiklik

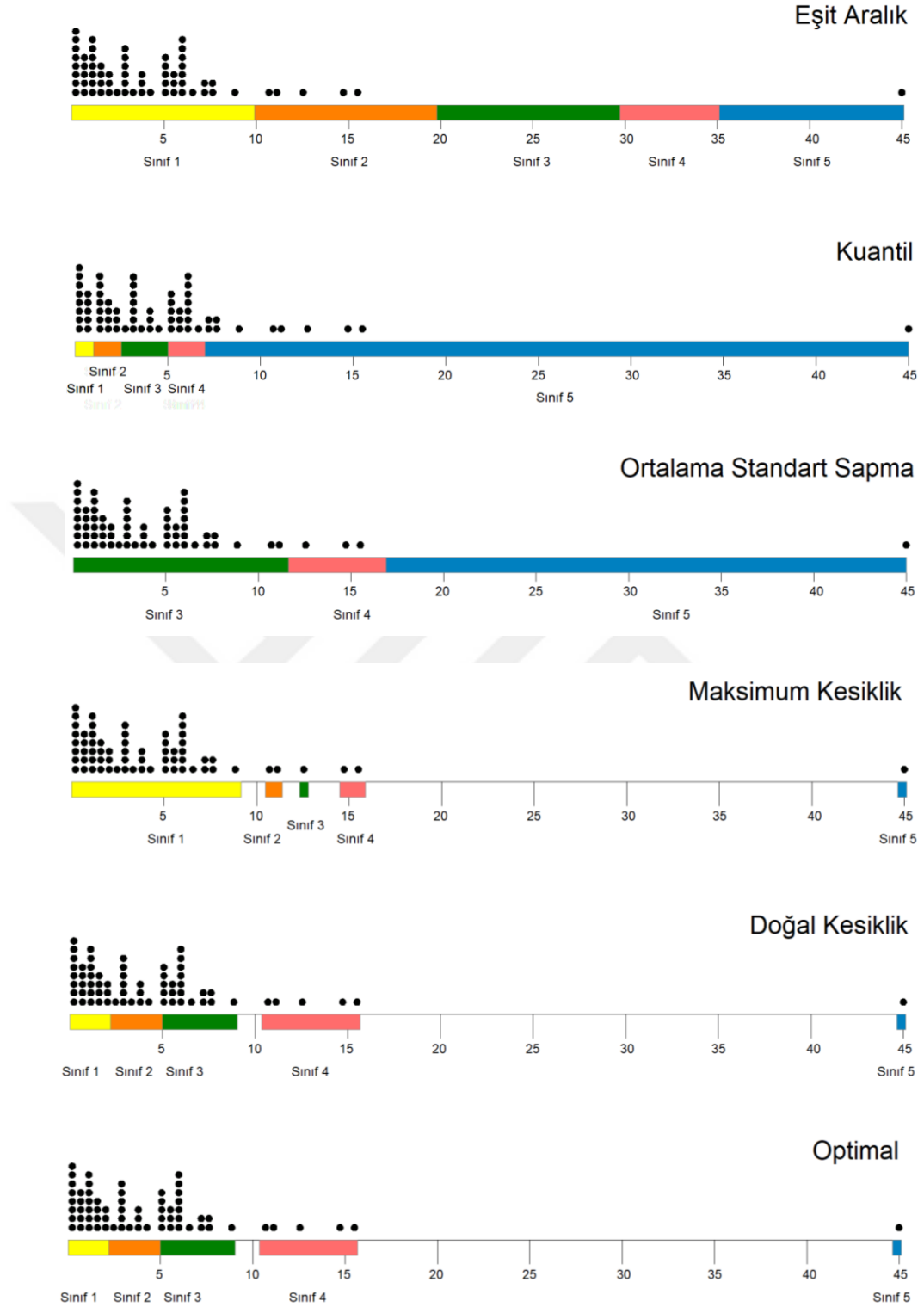
Bu yöntemde ham veriler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Ardışık değerler arasındaki farklar hesaplanır ve farkların en büyük olanı sınıf kesikliklerini oluşturur. Bu yöntem en büyük farkları dikkate aldığından doğal kümelerin oluşturulmasını gerçekleştirilmeyebilir (Slocum ve ark., 2014).

3.4.5. Doğal kesiklik

Doğal kesikliklerin amacı aynı sınıftaki veriler arasındaki farkları en aza indirmek, sınıflar arasındaki farkları en fazla olmasını sağlamaktır. Bu yöntemde sınıflandırma öznedir (Slocum ve ark., 2014).

3.4.6. Optimal

Bu yöntem, sınıflandırma hatasını en aza indirerek benzer verilerin aynı sınıfta yer almasını sağlar. Maksimum kesiklik ve doğal kesiklik yöntemlerinin kısıtlamalarına karşı çözüm üretir. Bu yöntemde sayı doğrusunda veri dağılımını dikkate alınır (Şekil 3.11) (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.11. Verilerin sınıflandırma yöntemlerine göre sayı doğrusunda gösterimi.

3.4.7. Sınıflandırma yöntemi seçiminde ölçütler

Çizelge 3.2’de sınıflandırma yöntemlerinin değişik açıdan karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırma harita kullanıcısının üniversite öğrenci düzeyinde ve uygulanan tüm sınıflandırma yöntemleri için aynı yazılıma sahip olduğu düşünülmüştür (Slocum ve ark., 2014).

Çizelge 3.2: Sınıflandırma yöntemleri için dikkat edilecek ölçütler

Yöntem	Eşit Aralık	Kuantil	Standart Sapma	Maksimum Kesiklik	Doğal Kesiklik	Optimal
Sayı doğrusunda veri dağılımı dikkate alması	2	2	4	4	5	5
Tasarımı anlama kolaylığı	5	5	5	5	4	4
Hesaplama kolaylığı	5	5	5	5	5	5
Lejantı anlama kolaylığı	5	2	4	2	2	2
Lejant aralıklarının veri ile uyumu	2	5	2	5	5	5
Sıralayıcı ölçme düzeyine uygun olması	1	3	1	1	1	1
Sınıf sayısını seçmede yardımcı	2	2	2	2	4	5

1:Kabul edilemez 2:Zayıf 3:Kabul edilebilir 4:İyi 5:Çok iyi

Çizelge 3.2’ye bakıldığında her yöntemin kabul edilemez ve zayıf yönleri olması tek bir iyi yöntem olmadığını göstermektedir. Bunun için sınıflandırma yöntemi seçerken haritanın kullanım amacı ve hedef kitleye göre tercih edilmelidir (Slocum ve ark., 2014).

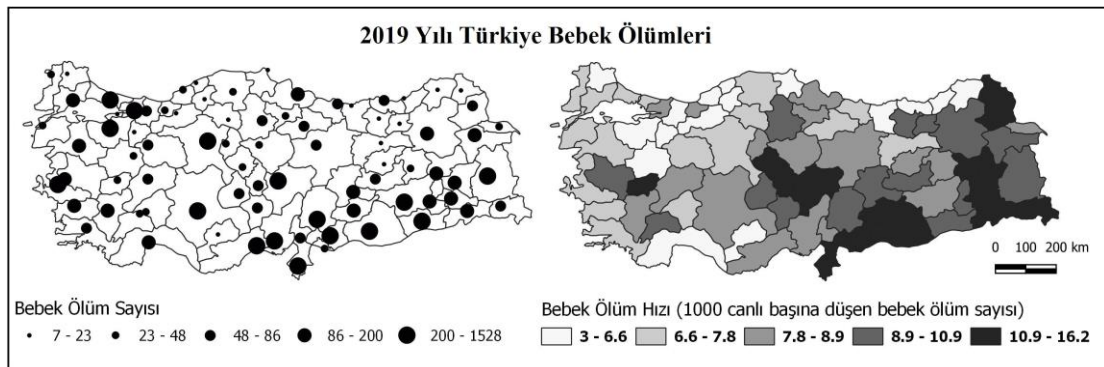
3.5. Çok Değişkenli Haritalama

Harita kullanıcıları genellikle değişkenleri aynı anda düşünmek ister. Bu gibi durumlarda, ayrı haritalarda tasvir edilen olayların karşılaştırması yaygındır (Nelson, 2000).

Çok değişkenli veya iki değişkenli haritalar, iki veya daha fazla değişkeni birleştirerek aynı anda tek bir haritada görüntüleyen bir tür tematik haritalama yöntemidir (Kemp, 2008). Korycka-Skorupa ve Goleblowska (2021)'e göre ise çok değişkenli harita birden çok değişkeninin tek bir haritaya işlendiği bir kartografik tekniktir. Çok değişkenli haritalar oluşturulurken, her bir değişkeni haritalamanın en iyi tekniğini ve bunları haritanın hedef kitlesine, ortamına ve amacına uyacak şekilde nasıl birleştirileceği düşünülmelidir. Çok değişkenli haritalar oldukça kullanışlıdır çünkü bir değişkenle anlam ifade etmeyen bilgiyi iki değişkene aynı anda bakıp bir anlam çıkarmaya olanak sağlar.

3.5.1. Haritaları karşılaştırma

Haritaları karşılaştırma için aralarında belirli bir ilişki olan tematik haritaları yan yana vererek iletmektir. Bu şekilde harita okuyucusuna iletilmek istenen mesajlar aynı anda tek bir harita verilebilmektedir. Bu şekilde değişkenler arasındaki ilişki kısa sürede anlaşılır. Özellikle bir harita ham toplamları göstermek için başka bir harita da standartlaştırılmış verileri göstermek için kullanıldığında geçerlidir. Aktarılmak istenilen bilgi genellikle iki farklı türde tematik haritayı karşılaştırarak elde edilebilir (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.12. Orantılı İşaret ve Koropleit Haritanın Karşılaştırılması

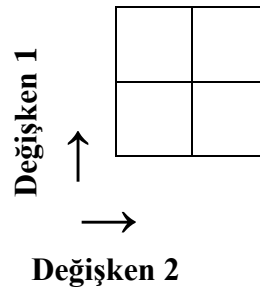
Şekil 3.12’ de verilen orantılı işaret haritası, bebek ölümlerinin ham sayısı hakkında bilgi verirken koroplet harita bebek ölüm oranına odaklanır. Bebek ölümlerinin tam dağılımını anlamak için iki harita gereklidir.

3.5.2. İki değişkenli koroplet haritalama

İki veya daha fazla özneliği (iki değişkenli ve çok değişkenli bir harita) görüntülemek, ilişkili veriler hakkında bilgi aktarmak için iyi bir yoldur, ancak iki değişkenli ya da çok değişkenli haritaları başarılı bir şekilde tasarlamak, eklenen bilgi yoğunluğu nedeniyle daha zordur (Elmer, 2012).

İki özneliğin aynı harita üzerinde birleştirildiği iki değişkenli haritalamada karşılaştırılan ya da ilişkilendirilen haritaları tek bir haritada birleştirip bize sunmaktadır. Bunun için daha çok koroplet haritalama yöntemi kullanılmaktadır (Şekil 3.16). Bu yöntem iki veya daha fazla haritayı tek bir haritada toplayarak maliyet azaltırken yorumlama konusunda biraz daha dikkatli olunması gerektirmektedir. Bu şekilde oluşturulan haritalar yapılırken anlam karmaşıklığını en az olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu haritaları anlatırken kullanılan renkler anlamlı seçilmelidir (Slocum ve ark., 2014).

İki değişkenli koroplet yöntemi aynı anda iki farklı değişkeni tek bir haritada gösteren basit bir koroplet harita olarak tanımlanabilir (Slocum ve ark., 2014).

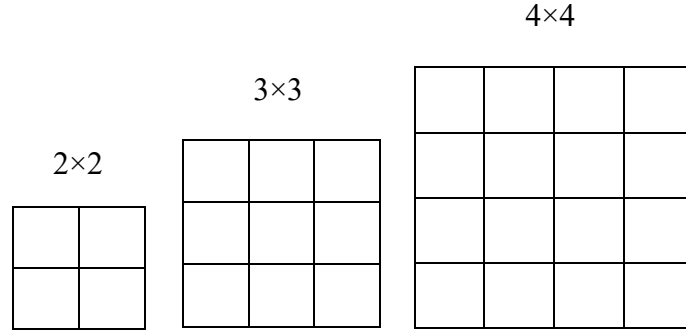


Şekil 3.13. İki değişkenli koroplet harita gösterge kutusu

İki değişkenli koroplet eşlemesinde, her iki değişken için kullanılan sınıf sayısı önemlidir. Her değişken için sınıf seçim yöntemi, dikdörtgen açıklamayı daha küçük kutulara böler, her biri değişkenlerin ilişkisini temsil eder (Şekil 3.13).

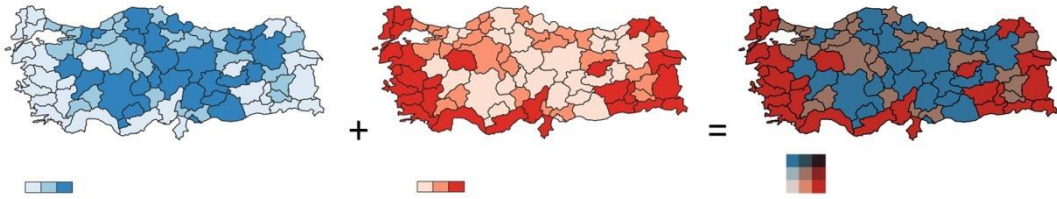
Sınıf sayısına karar verirken okuyucunun algısına ve grafik gösterim olanaklarına dikkat etmek gerekir. Tek değişkenli koroplet haritalardaki sınıf sayısı

genellikle 5 ile 7 arasında değişir. 10'dan fazla sınıf çok fazla tercih edilmemektedir. Bu nedenle, iki değişkenli haritada sınıf sayısı 4 (2x2) , 9 (3x3) veya 10'dan fazla sınıf olanlarda ise 16 (4 x4) olabilmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. İki değişkenli koroplet haritada sınıf sayısı

Genel olarak, tek değişkenlerin n sınıfı varsa, iki değişkenli koroplet harita n^2 sınıfa sahip olacaktır. İki 3 sınıflı tek değişkenli haritayı birleştirmek dokuz sınıflı iki değişkenli harita üretir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. 9 sınıflı İki Değişkenli Harita

İki değişkenli koroplet haritalarda değişkenlerin renklerini birleştirdiğimiz için renk seçimi önemlidir. İki değişkenli koroplet harita yaparken amaç, değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermektir. Bunun için değişkenleri temsil edecek bir renk paleti oluşturmak veya seçmektir. Ortaya çıkan renk paleti, okunması ve yorumlanması kolay iki değişkenli bir harita oluşturmanıza olanak sağlar. Aynı veri kümesindeki renk paletlerini değiştirerek bir haritanın anlaşılma şeklinin nasıl değiştirebileceğini görülebilmektedir (Slocum ve ark., 2014).

Renk paletleri oluşturmada dikkat edilecek unsurlardan bazıları şu şekildedir (Slocum ve ark., 2014):

1. Tüm renkler ayırt edilebilir olmalıdır.

2. Renk geçişleri düzgün bir şekilde ilerlemelidir.

3. Her değişken seçilen renkler birbirinden farklı olmalıdır. Örneğin ilk değişken için mavi, kırmızı ise ikinci değişken için seçilen renk tonları olabilir.

4. Haritada verilen renkler değişkenin düzenine uygun olmalıdır.

5. Renk paletinde değişkenin düşük değeri açık bir renk tonu ile en yüksek değeri ise seçtiğiniz renk tonunun koyu hali ile gösterilmelidir.

6. Renk paleti oluştururken renklerin mantıksal olarak sıralamadaki zorluğuna dikkat edilmelidir.

7. Kullanılacak sınıf sayısı okuyucunun anlayabileceği sayıyı geçmemelidir.

İki değişkenli koroplek haritalarda renk paleti hazırlarken Color Brewer kullanıcılara bu aşamada yardımcı olur. QGIS programında uygun renk seçimi için Color Brewer seçerek farklı renklerin tonları ve sınıf sayısı kolaylıkla harita üzerinde uygulanabilir (Slocum ve ark., 2014).

QGIS veri görüntüleme, düzenleme ve çözümleme çeşitli kolaylıklar sağlayan açık kodlu bir yazılımdır. QGIS yazılımın bize sağladığı yarar olan “*bivariate legend*” eklentisi ile kolaylıkla iki değişkenli koroplek haritalar için lejant tasarımı yapılabilir (Stevens, 2015).

Örneğin değişkenlerden biri için 3 sınıflı sıralı bir renk paleti seçilir.



açık → koyu

İkinci değişken için ilk değişkenden farklı bir renk paleti seçilir.



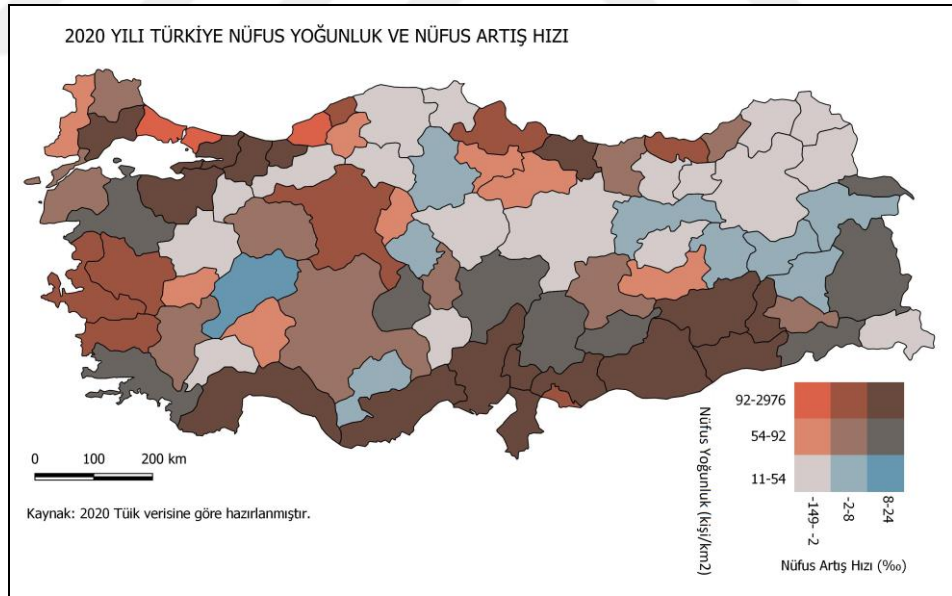
Bu iki değişken için kullanılan renk paletleri QGIS programında “*bivariate legend*” eklentisi kullanılarak iki değişkenli sıralı bir renk paleti elde edilir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. "Bivariate Legend" eklentisi ile oluşturulmuş renk paleti.

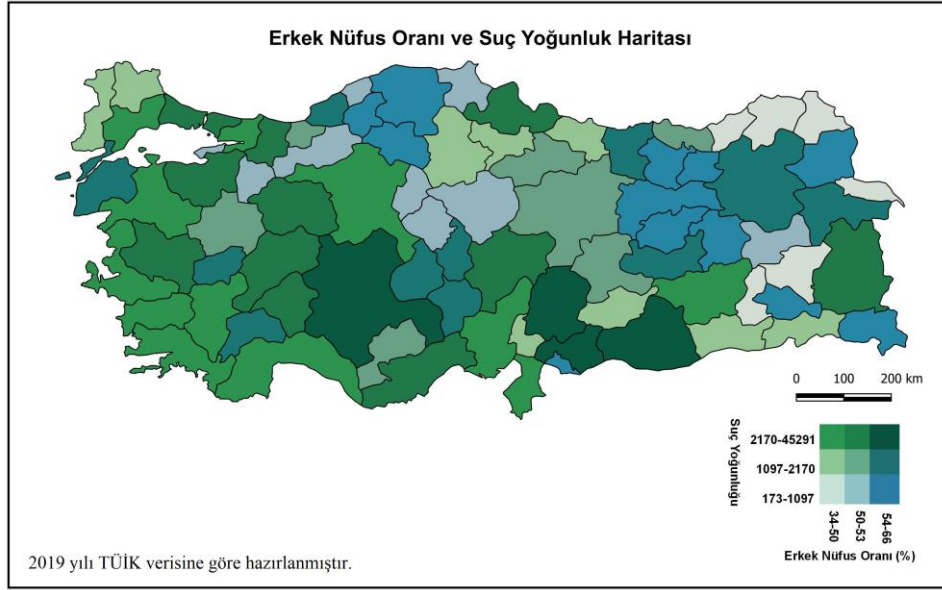
Standartlaştırma işlemi, ham sayımları oranlara dönüştürerek coğrafi alanlardaki farklılıkları hesaba katar. Nüfus yoğunluğu haritası bunun iyi bir örneğidir (Şekil 3.5). Coğrafi alan birimi başına düşen kişi sayısını temsil eder (genellikle kilometrekare). Koroplet harita oluştururken standartlaştırma işleminin önemi iki ve daha fazla değişkenli koroplet harita oluştururken de aynı öneme sahiptir. Bu konu koroplet haritalama başlığı altında ele alınmıştır.

Şekil 3.17'de verilen iki değişkenli haritada nüfus yoğunluğunu nüfus artışı ile ilişkilendirilip tek bir haritada sunulmuştur. İki değişkenli koroplet harita Çizelge 4.1'de verilen 2020 yılına ait TÜİK verileri kullanılmıştır (EK 2).



Şekil 3.17. Nüfus Yoğunluk ve Nüfus Artış Hızı

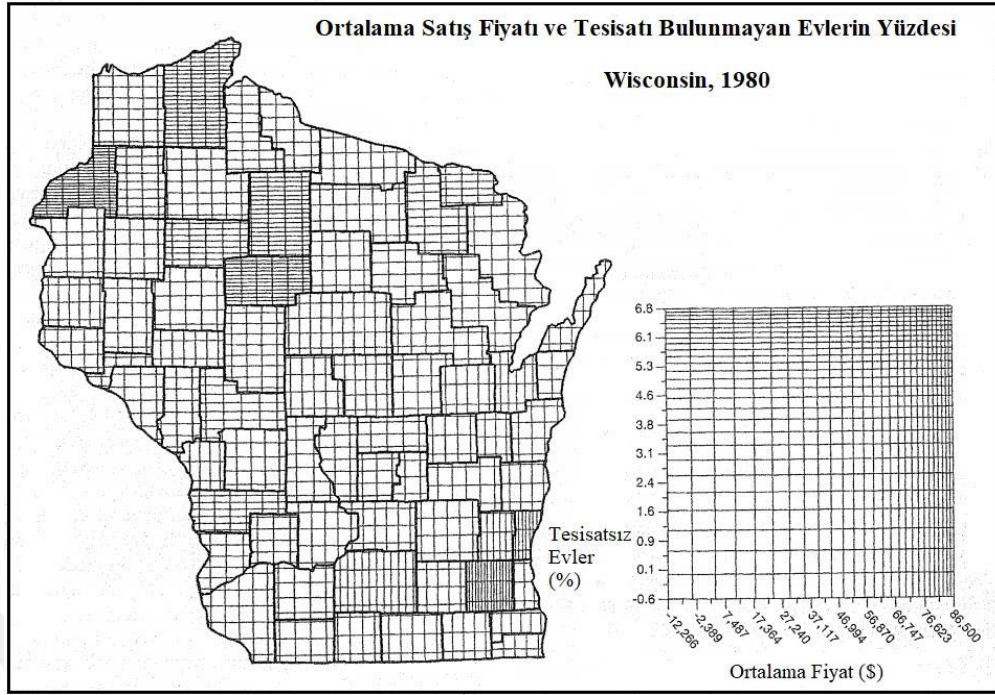
Haritaları üst üste çakıştırma yöntemiyle daha farklı haritalar oluşturulabilir. Bir farklı örnek ise Şekil 3.18'de Türkiye'nin 2019 yılına ait erkek nüfus oranıyla suç yoğunluğu arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 3.18. İki Değişkenli Koroplet Harita

Şekil 3.18 iki değişkenli bir koroplet harita örneğidir. Bu tür haritalarda analiz edilmesi gereken iki değişken vardır. İl bazında nüfus yoğunluk ile nüfus artış hızı arasında bir ilişki kurmaya çalışıldığını görmekteyiz. Bu tür haritalar son derece kullanışlıdır, çünkü tek başlarına bizlere pek bir şey anlatmayacak olan iki veri kümesine bakmayı sağlar. Bu iki veri setine birlikte bakarak, suç yoğunluk oranının yüksek olduğu yerde erkek nüfus oranının yüksek olup olmadığını görebiliriz. Bu durum bize suç yoğunluk ile erkek nüfus oranı arasında bir ilişki kurmamızı sağlar.

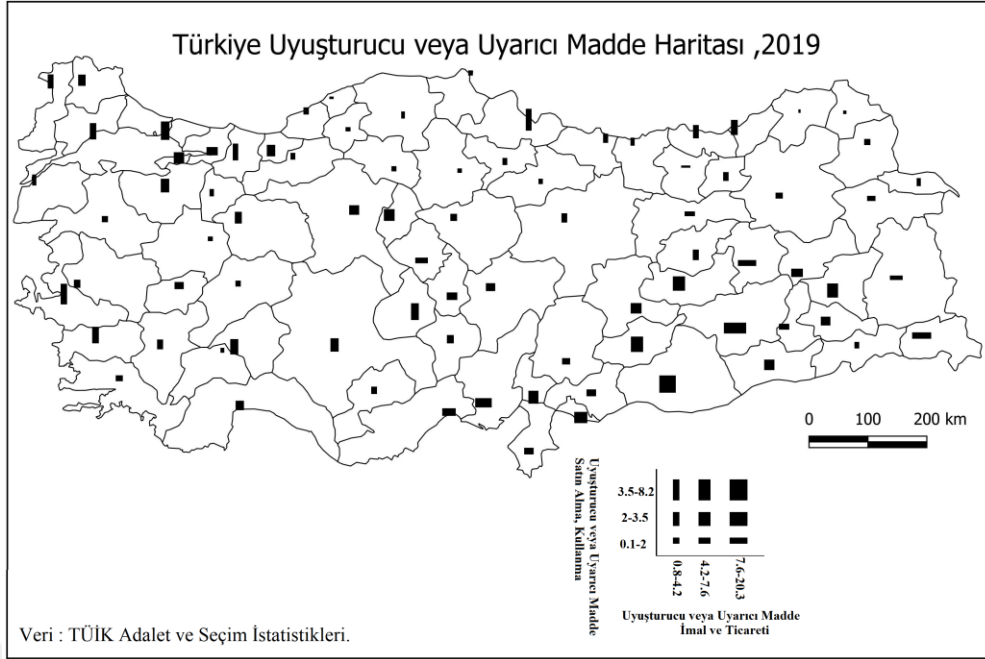
Yatay ve dikey çizgilerden oluşan çapraz tarama gölgeleme kullanarak iki değişkenli haritalar oluşturulabilir. Bu haritaları yorumlamak için çapraz hatlara odaklanmak gerekir (Şekil 3.19) (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.19. Çapraz taramaya dayalı iki değişkenli bir koroplet harita (Slocum vd., 2014, s.386)

3.5.3. İki değişkenli nokta işaret harita

İki değişkenli nokta işareti, iki değişkenli koroplet haritasına bir seçenektir. Şekil3.20’de verilen iki değişkenli nokta işareti, bir dikdörtgenin genişliği ve yüksekliğinin eşleştirilmekte olan özelliklerin her birine orantılı hale getirildiği dikdörtgen nokta işaretini gösterir.



Şekil 3.20. İki değişkenli nokta işaret harita.

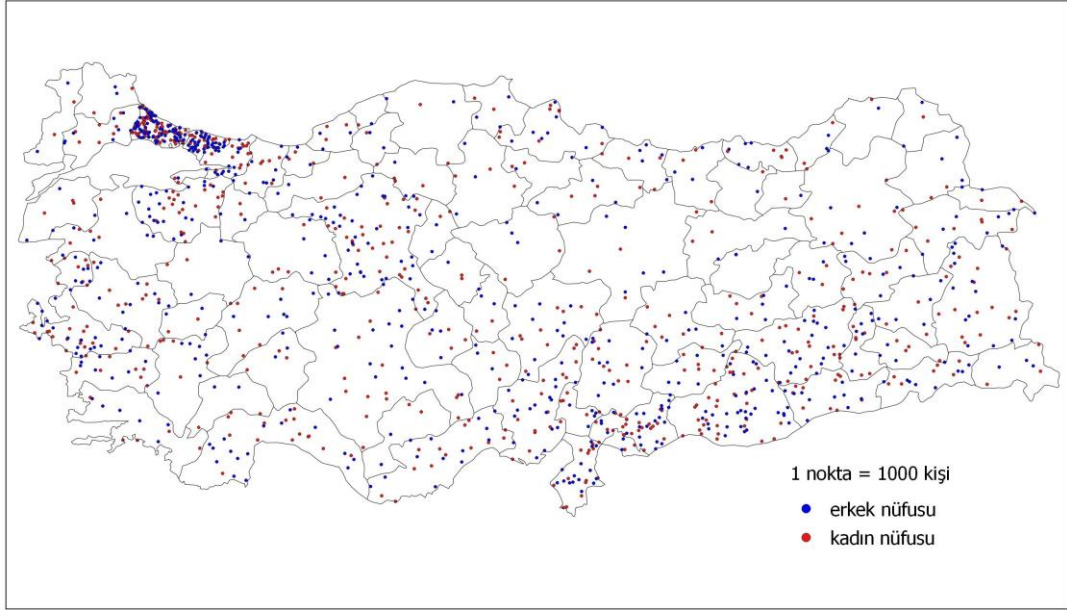
3.5.4. Çok değişkenli benek harita

Tek değişkenli benek haritalama her bir öznitelik için farklı bir şekil veya işaret kullanımı çok değişkenli bir benek haritalama oluşturmak için uygulanabilir (Slocum ve ark., 2014).

George Jenks çok değişkenli benek harita oluşturmak için iki ana harita geliştirmiştir. Ayrıca Jenks (1953) noktaların yeteri kadar büyük olması halinde, seçilen bölgelerin konumu hakkında ayrıntı sağlayabileceğini belirtmiş ve benek renkleri için bazı öneriler sağlamıştır. Bunlar;

1. Renkler, harita kullanıcılarına temsil ettikleri veriyi hatırlatmalıdır.
2. Yüksek değerli veriler düşük değerli verilerden daha yoğun renkte olmalıdır.
3. Düşük veriler orta derecede renklere sahip olmalıdır (Slocum ve ark., 2014).

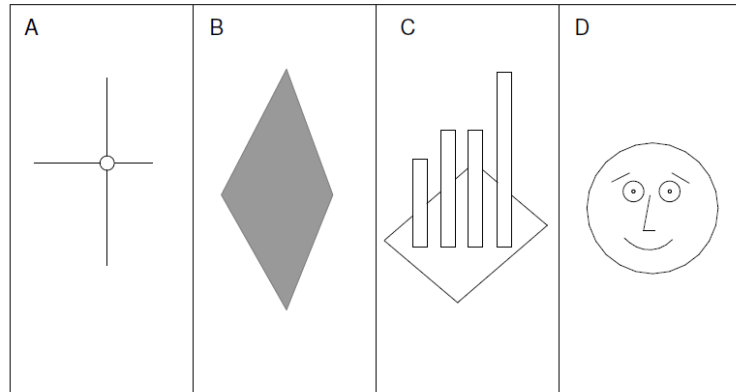
Çok değişkenli benek haritalarından önemli bilgilerin elde edilebileceği düşünülse de okuyucular renk karışım alanlarının anlamını belirlemede güçlük çekebilir (Şekil 3.21) (Slocum ve ark., 2014).



Şekil 3.21. Çok değişkenli benek harita örneği

3.5.5. Çok değişkenli nokta işaret harita

Çok değişkenli veriler bir nokta işareti kullanılarak gösterildiğinde, sonuç çok değişkenli nokta işareti olarak adlandırılır. İki farklı öznelik genellikle çok değişkenli nokta işaretleri kullanılarak eşlenir (Slocum ve ark., 2014). Şekil 3.22’de çok değişkenli nokta işaret örnekleri verilmiştir.



Şekil 3.22. A) Çok değişkenli bir ışın glifi. B) Poligonalgliif.
C) Üç Boyutlu Çubuklar. D) Chernoff Yüzleri

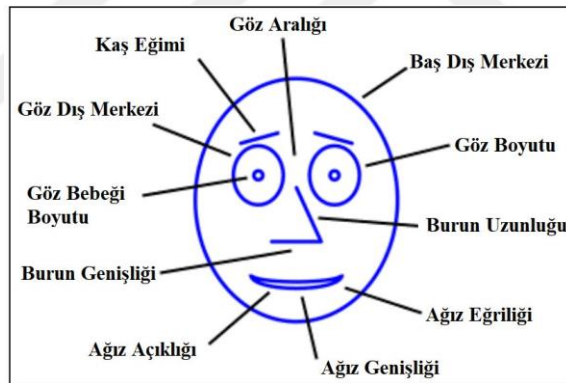
Çok değişkenli işaret haritaları için çeşitli yöntemler vardır. 1973'te istatistikçi Herman Chernoff, verileri istatistiksel görselleştirmek için yaygın olarak kullanılan

Chernoff yüzlerini oluşturmuştur. Çok değişkenli işaret haritalara Chernoff yüzlerini yerleştirilmiştir (Nelson, 2018).

Chernoff yüzleri, çok değişkenli bilgileri temsil etmek için kullanılmaktadır. Chernoff yüzleri, çok değişkenli verileri grafiksel olarak görüntülemek için kullanılabilen basitleştirilmiş, karikatür benzeri yüzlerdir. Çeşitli değişkenlerin her biri bir yüz karakteristiğine atanır ve yüzün her bir küçük parçası, bazı veri değerlerini temsil edebilir. Daha sonra her durum için bir yüz oluşturulur (Şekil 3.23) (Spinelli ve Zhou, 2004).

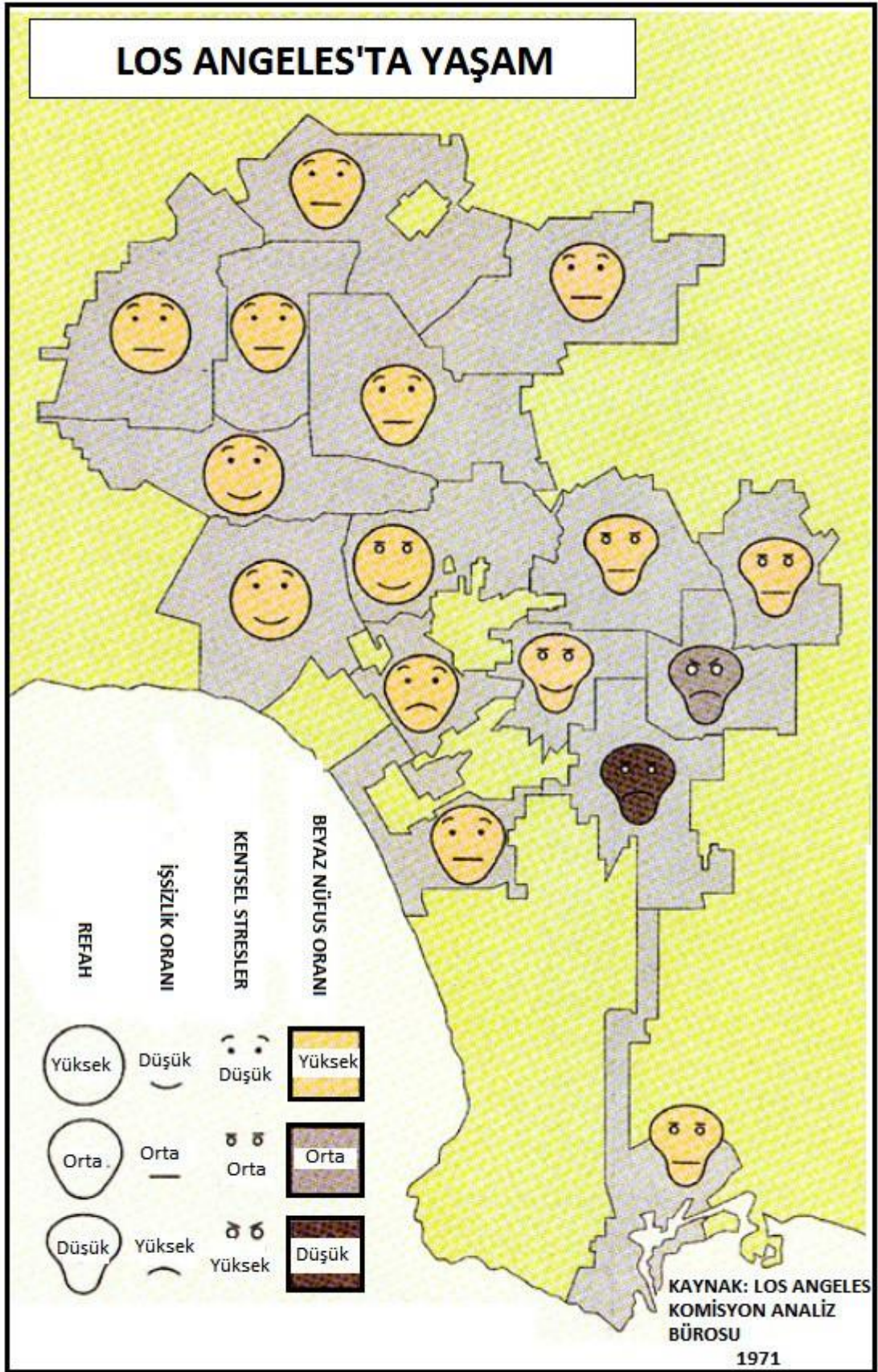
Chernoff yüzleri kullanılarak, basit ve anlaşılması kolay haritalar elde edilmektedir. Bilgisayar ve GIS teknolojisinin gelişmesiyle birlikte mevcut yazılımları kullanarak Chernoff yüzleriyle haritalar oluşturulabilir (Spinelli ve Zhou, 2004).

Chernoff yüzlerindeki amaç, çok değişkenli verileri harita kullanıcısı tarafından hızlı bir şekilde anlayabileceği ve ardından uygun istatistiksel analizleri uygulayabileceği bir şekilde temsil etmektir (Chernoff, 1973).



Şekil 3.23. Yüz varyasyonları (URL 3)

Dr. Eugene Turner değiştirilmiş Chernoff yüzleriyle Los Angeles'ta Yaşam adlı bir harita hazırladı. Bu haritada dört değişken (refah, işsizlik oranı, kentsel stres ve beyaz nüfus oranı) sırasıyla yüz öğeleri (yüz şekli, ağız eğriliği, kaş eğimi ve yüz rengi) olarak sunulmaktadır (Şekil 3.24). Harita, Los Angeles bölgesindeki yaşam koşullarını başarılı bir şekilde yansıtmıştır. Bu haritanın başarılı olması işaret olarak Chernoff yüzlerinin kullanılmasından kaynaklanmıştır (Spinelli ve Zhou, 2004).



Şekil 3.24. Dr. Eugene Turner'ın Chernoff yüzleriyle oluşturduğu haritası (URL 4).

3.6. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi çok değişkenli veri kümelerini haritalamak için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Kümeleme analizi, birden çok nicel değişkeni tek bir haritada birleştirmek için kullanılan matematiksel yöntemleri ifade eder (Slocum ve ark., 2014).

Kümeleme analizi, gözlemleri kümeler halinde gruplayan bir yöntemdir. Bu yöntemin amacı, her küme içindeki gözlemlerin veya nesnelere benzer olduğu en uygun gruplamayı bulmaktır. Veriler arasındaki mesafe, verilerin benzerlik düzeyini belirler. Veriler arasındaki küçük mesafe, verilerin yüksek benzerlik seviyesini gösterirken, veriler arasındaki büyük mesafe, verilerin düşük benzerlik seviyesini temsil etmektedir (Novianti ve ark., 2017).

Kümeleme analizi veri matrisinin hazırlanması, kümeleme yönteminin belirlenmesi ve değerlendirme aşamaları olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Yaz, 2014).

Küme analizi teknikleri hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olarak ikiye ayrılır. Hiyerarşik yöntemler, her bir gözlemin ayrı bir küme olduğunu düşünerek başlar ve ardından kümeleri aşamalı olarak birleştirir (Slocum ve ark., 2014).

Hiyerarşik olmayan yöntemler, belirli sayıda noktayı önceden belirlenmiş küme sayısına göre kümelere ayrılır. Hiyerarşik olmayan kümeleme için en yaygın kullanılan k-Ortalama yöntemidir (Selvi ve Çağlar, 2017).

3.6.1. Hiyerarşik kümeleme analizinde temel adımlar

Küme analizi sürecini özetlemek için, 1984 yılında Charles Romesburg tarafından önerilmiş olan sekiz adımlı olan süreci kullanabiliriz (Slocum ve ark., 2014).

Hiyerarşik kümeleme analizinde adımlar şunlardır;

1. Bir veri kümesini toplama işlemidir.
2. Kümeleme analizinde ikinci adım, gerekirse veri kümesini standart hale getirmektir.
3. Kümeleme analizinin üçüncü adımı, her bir gözlem çiftinin benzerliğini açıklayan bir başlangıç benzerlik katsayıları kümesini hesaplamaktır.

4.Kümeleme analizinin dördüncü adımı, verileri kümelemektir. Hiyerarşik küme analizinde, her bir gözlemi ayrı bir küme olarak ele alarak ilk benzerlik katsayılarıyla ifade edildiği gibi birbirine benzeyen bu kümeler birleştirilir. Bir kümeleme işleminin sonuçları normalde, çeşitli kümelerin birleştiği benzerlik katsayısı değerlerini gösteren ağaç benzeri bir yapı olan bir *dendrogram* biçiminde özetlenir.

5.Kümeleme analizinin önemli bir yönü, uygun sayıda küme belirlemektir.

6.Kümeleme analizinin altıncı adımı, ortaya çıkan kümeleri yorumlamaktır.

7. Kümeleme analizinin yedinci adımı uygun bir küme kümesi seçtikten sonra, sonuçları eşlemektir.

8.Herhangi bir veriyi kümelemek mümkün olduğunda küme analizinin sonuçlarını yorumlarken dikkat edilmelidir (Slocum ve ark., 2014).

3.6.2. K-ortalama yöntemi

1967 yılında J.B. MacQueen tarafından geliştirilen K-Ortalama yöntemi yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. K adet özgün küme oluşturduğu ve her kümenin merkezi, kümedeki değerlerin ortalaması olduğu için k-Ortalamlar denmektedir (Vogt ve Nagel, 1992).

K-Ortalama yöntemi oluşturma süreçleri şunlardır:

1. Küme merkezlerinin belirlenmesi
2. Merkez dışındaki örneklerin mesafelerine göre sınıflandırılması
- 3.Yapılan sınıflandırmaya göre yeni merkezlerin belirlenmesi
4. Kararlı hale gelene kadar 2. ve 3. adımların tekrarlanması (Vogt ve Nagel, 1992).

K-Ortalama yönteminin amacı, çeşitli özneliklere dayalı gözlem kümeleri tanımlamak, küme içi farklılıkları en az indirirken aynı zamanda kümeler arası farklılıkları en üst düzeye çıkartmaktır (Selvi ve Çağlar, 2017).

Kümeleme yöntemi kendi içinde geniş bir konudur burada anlatılmak istenen kümeleme analizinin çok değişkenli haritalama tekniklerine matematiksel bir seçenek sunmasıdır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

İki değişkenli veya çok değişkenli haritalar, iki ve daha çok değişkeni aynı anda görüntülemeye yardımcı olan tematik bir harita türüdür. Çok değişkenli bir haritanın amacı, değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaktır. Bu tez çalışmasında koroplet harita yöntemiyle iki değişkenli haritalar ele alındı. Seçilen konu çiftleri ile iki değişkenli koroplet haritalar hazırlanmıştır.

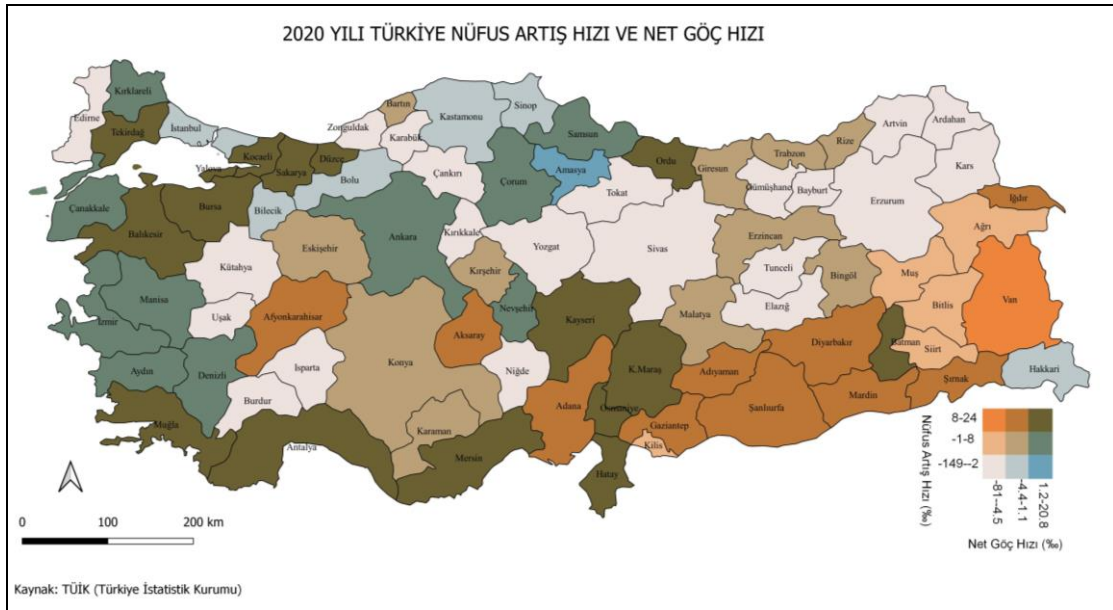
Matris boyutu iki konu için oluşturulan sınıfların sayısı, elemanları çarpımı kadardır. Örneğin ele alınan iki konu 3 sınıfa ayrılmış ise matris boyutu 3x3 olmak üzere toplam 9 sınıftır. Matris gösteriminin kullanıcılar tarafından doğru algılanabilmesi hem sınıflandırmaya hem de seçilen renk paletlerine bağlıdır. Matris yöntemi, coğrafi bilgi sistemi yazılımlarının standart araçları arasında yer almaz. Bu çalışmada QGIS yazılımında çalışan “*bivariate legend*” eklentisi kullanılmıştır. Matris yöntemi uygulamada çok yaygın değildir; harita ile bilgi iletişimi açısından etkinliği üzerine çok fazla araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmada üniversite öğrencisi ve mezunu 40 katılımcıya 7 sorudan oluşan bir anket çalışması yapılarak matris yönteminin harita ile bilgi iletişimi açısından etkinliği araştırılmıştır (Çizelge 4.2). Bu çalışmayla hem renk paletlerinin hem de sınıf sayısının harita yoluyla bilgi iletişimine etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre matris yöntemi için öneriler sunulmuştur.

İki değişkenli tematik harita yapımında koroplet matris yöntemi anket formunda yöntemin harita ile bilgi iletişimi açısından etkinliği tespit edilmesi amaçlandığı, Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü’nde, yürütülen bir yüksek lisans tezi için sorular cevaplandırılacakları söylenmiştir. Katılımcılar araştırmanın bilimsel bir nitelik taşıdığı ve anket formuna ad, soyadı veya kimliği belirten hiçbir şey yazmamaları konusunda uyarılmıştır (EK 3).

Araştırmanın bilimsel ve etik yönden değerlendirilmesi, araştırmanın tasarımı, araştırma yapılacak yerlerin yeterliliği, idari izinler konulara dikkat edilir. Etik kurul izni araştırma süresinde değerlendirme, izleme sürecini içerir. Bu anket çalışmasında talep edilen verilerin amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak kullanılmasında etik açıdan sakınca bulunmadığına dair etik kurul raporu alınmıştır (EK 1).

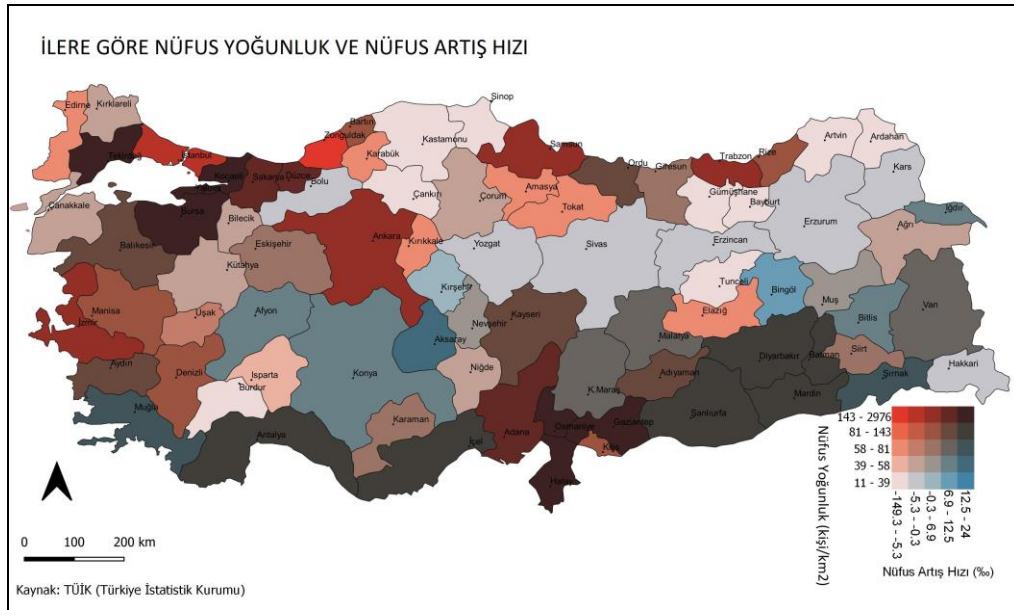
Çizelge 4.2: Anket uygulaması için hazırlanan haritalarda kullanılan yöntem ve sonuçlar

Harita	Konu	Matris boyutu	Renk paleti	Soru	Yanıt
1	2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı ve net göç hızı	3x3	Renk paleti 1 	2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı %10 ile net göç hızı %19 olan illerden bir tanesini yazınız.	%65 Doğru %35 Yanlış
2	İllere göre nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı	5x5	Renk paleti 2 	Ordu ilinin 2020 yılı nüfus yoğunluğu Niğde ilinin nüfus yoğunluğundan daha fazla mıdır?	%35 Doğru %65 Yanlış
3	Düzyey 2 bölge sınıflandırmasına göre işsiz ve iş gücüne katılma oranı	3x3	Renk paleti 3 	Kastamonu alt bölgesi işsiz oranı Kayseri alt bölgesinden daha fazla mıdır?	%30 Doğru %70 Yanlış
4	İllere göre nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı	3x3	Renk paleti 2 	Edirne ilinin 2020 yılı nüfus artış hızı Van ilinin nüfus artış hızından daha fazla mıdır?	%60 Doğru %40 Yanlış
5	İllere göre nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı	4x4	Renk paleti 2 	2020 yılı Türkiye nüfus yoğunluğu 60 ve nüfus artış hızının % -4.4 olduğu illerden bir tanesini yazınız.	%35 Doğru %65 Yanlış
6	2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı ve net göç hızı	5x5	Renk paleti 1 	2020 yılı Muş ili nüfus artış hızı Van ilinin nüfus artış hızından daha fazla mıdır?	%68 Doğru %32 Yanlış
7	2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı ve net göç hızı	4x4	Renk paleti 1 	2020 yılı Artvin ili net göç hızı Amasya ilinin net göç hızından daha fazla mıdır?	%60 Doğru %40 Yanlış



Şekil 4.1. 2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı ve net göç hızı (Renk paleti 1)

Şekil 4.1’de verilen iller düzeyinde Türkiye haritasında nüfus artış hızı ve net göç hızı konu çifti arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Haritada 9 sınıf için 3x3 matris boyutu kullanılmıştır. İki değişkenli koropleit haritaya bakılarak nüfus yoğunluğunun düşük ve yüksek olduğu yerler ile net göç hızının düşük ve yüksek olduğu yerler aynı çerçevede görülebilmektedir. Haritada kullanılan turuncu ve mavi renk tonu açıktan koyuya doğru sıralı bir şekilde ilerlemektedir. Bu haritada nüfus artış hızı oranı turuncu rengin tonu ve nüfus yoğunluğu mavi rengin tonu ile gösterilmiştir. Renk tonlarının üst üste çakıştırılmasıyla iki değişken arasındaki anlam ilişkisini renk paleti 1 olarak ifade edilen renklerin gösterimi ile sağlanmıştır. İki değişken için en açık renk tonları düşük veriyi en koyu renk tonları ise yüksek veriyi ifade etmektedir. Harita üzerinden katılımcılara “2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı %10 ile net göç hızı %19 olan illerden bir tanesini yazınız.” sorusu yöneltilmiştir. Nüfus artış hızının %10 olduğu değer turuncu renk tonunun en koyu, net göç hızı %19 olan değer ise mavi renk tonunun en koyu olduğu kısımdadır. Bu iki renk tonunun çakıştırılmasıyla elde edilen en koyu renk haritada hangi il ile gösterildiğinin belirtilmesi istenmiştir. 40 katılımcı tarafından Antalya, Amasya, Kocaeli, Mersin, Muğla, Ordu, Şırnak, gibi yanıtlar alınmıştır. Bu soru %65 oranında doğru %35 oranında yanlış yanıtlanmıştır. Nüfus artış hızı ve net göç hızı verileri ile hazırlanan bu harita için kullanılan renk paleti 1 seçimi uygun olmuştur.



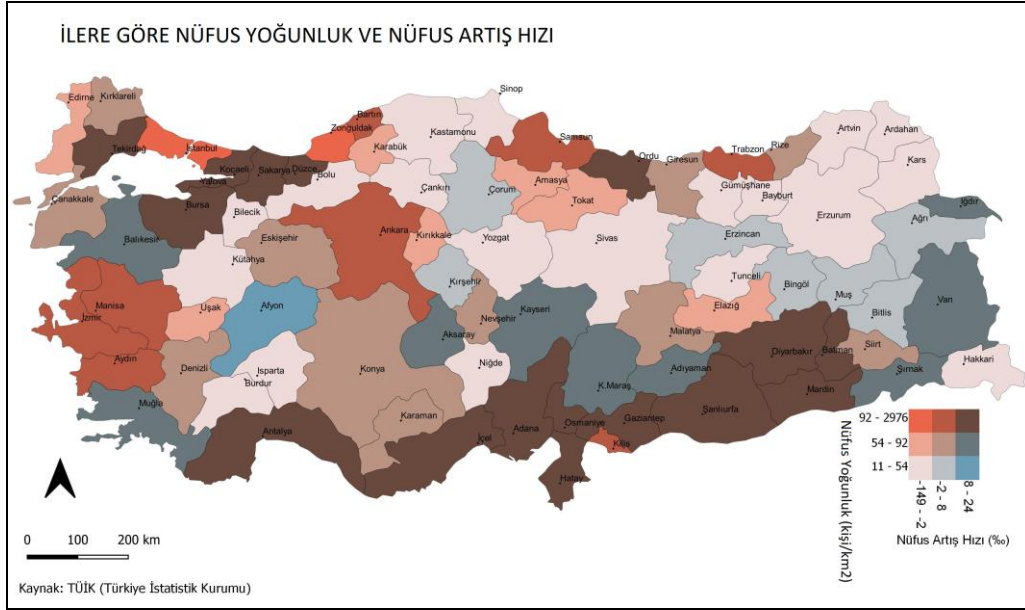
Şekil 4.2. İllere göre nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı (Renk paleti 2)

Şekil 4.2’de verilen iller düzeyinde Türkiye haritasında nüfus artış hızı oranı mavi rengin tonu ile nüfus yoğunluğu kırmızı rengin tonu kullanılarak hazırlanmıştır. Bu renklerin çakıştırılmasıyla renk paleti 2 olarak ifade edilen renk tonları elde edilmiştir. Harita $5 \times 5 = 25$ sınıflı ve her sınıf için farklı renk tonu vardır. Katılımcılara “Ordu ilinin 2020 yılı nüfus yoğunluğu Niğde ilinin nüfus yoğunluğundan daha fazla mıdır?” sorusu yöneltilmiştir. Bu soru için ilk olarak Ordu ilinin hangi renk ile gösterildiği ve renk paletinde nüfus yoğunluğunun hangi değere aralığında olduğuna bakılmalıdır. Daha sonra aynı işlem Niğde ili için yapılırsa nüfus yoğunluk oranları arasında karşılaştırma yapılabilir. Ordu ili Niğde iline göre daha koyu renk ile gösterilmiştir. Yüksek veriler daha koyu renk ile gösterildiği için bu sorunun cevabı doğru olacaktır. Katılımcılar %65 oranında yanlış %35 oranında doğru yanıt verilmiştir. Elde edilen sonuç renk paleti 2 seçimi ve matris boyutunun uygun olmadığını göstermiştir.



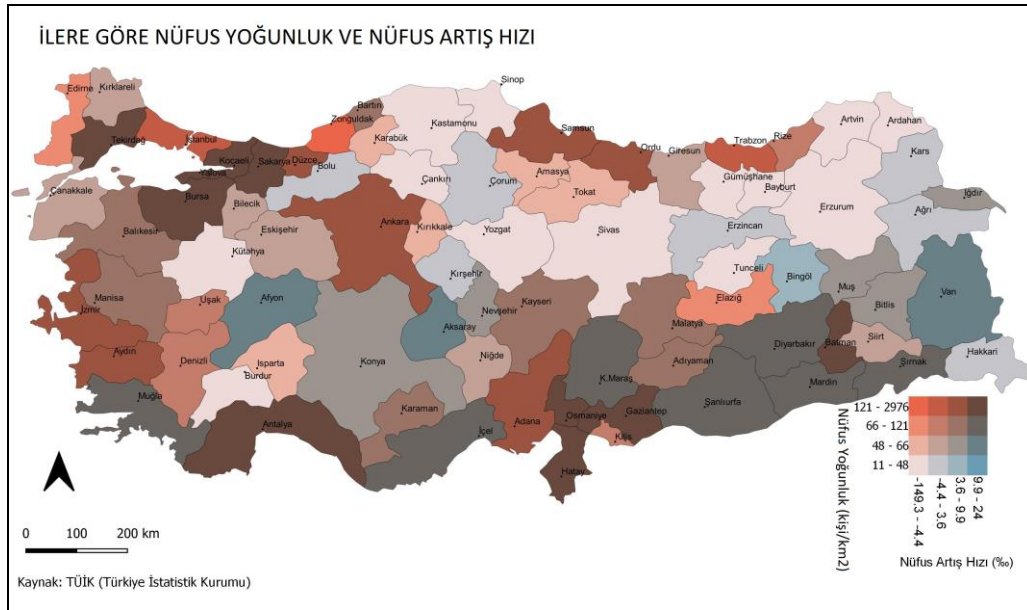
Şekil 4.3. Düzey 2 bölge sınıflandırmasına göre işsiz ve iş gücüne katılma oranı (Renk Paleti 3)

Şekil 4.3’de ikinci düzeyde hazırlanan Türkiye haritasında işsiz ve iş gücüne katılma konu çifti aktarılmıştır. Harita düzey 2 bölge sınıflandırmasına göre hazırlandı. Bu harita 9 sınıf için 3x3 matris boyutu kullanılmıştır. İşsiz oranı yeşil ve iş gücüne katılma oranı turuncu rengin tonuyla gösterilmiştir. Bu iki renk tonunun karşılaştırılmasıyla renk paleti 3 olarak ifade edilen dokuz renk elde edilmiştir. Katılımcılara “Kastamonu alt bölgesi işsiz oranı Kayseri alt bölgesinden daha fazla midir?” sorusu sorulmuştur. Burada katılımcılardan Kastamonu ve Kayseri alt bölgesindeki hangi renk tonunu ile gösterildiği ve işsiz oranına bakarak karşılaştırma yapıp değerlendirilmesi istenmiştir. %70 oranında yanlış %30 oranında doğru yanıtları alınmıştır. Bu oran renk seçiminin bu harita için uygun olmadığını göstermiştir.



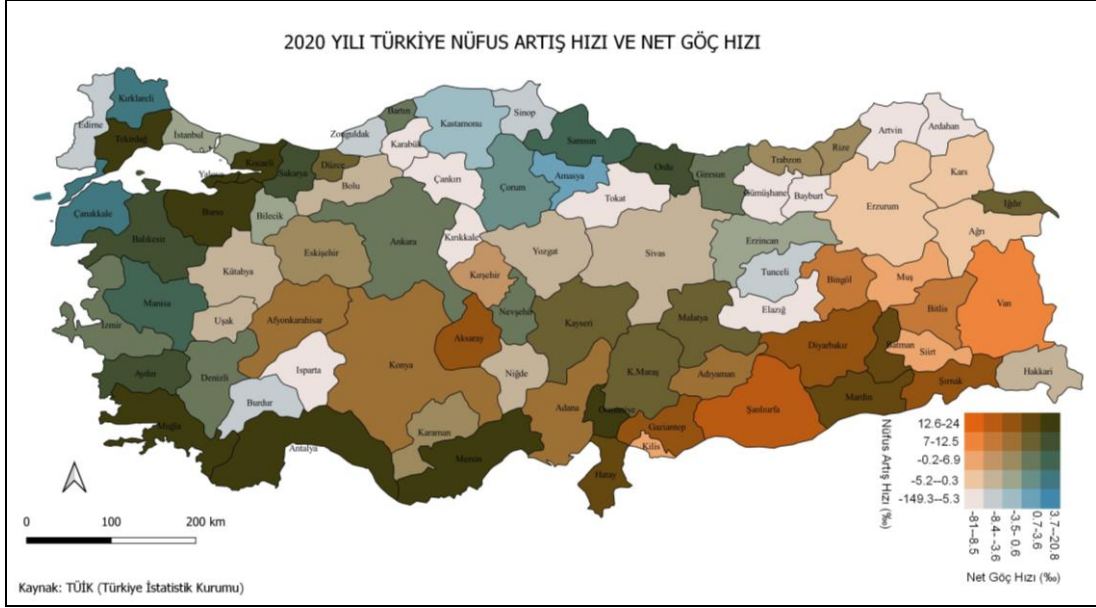
Şekil 4.4. İllere göre nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı (Renk paleti 2)

Şekil 4.4’de verilen iller düzeyinde Türkiye haritasında nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı konu çifti renk paleti 2 ve 3x3 matris boyutu kullanılarak oluşturulmuştur. Harita üzerinden ankete katılanlara “Edirne ilinin 2020 yılı nüfus artış hızı Van ilinin nüfus artış hızından daha fazla mıdır?” sorusu yöneltilmiştir. Katılımcılardan Edirne ve Van ilinde hangi renk tonunun kullanıldığı ve nüfus artış hızının matris gösterimi yardımıyla yorumlayıp soruyu yanıtlanması istenmiştir. Katılımcılar tarafından %60 oranında doğru %40 oranında yanlış yanıt alınmıştır. Bu haritada matris gösterimi anlaşılır olmuştur. Burada sınıflandırma tercihi ve renk paleti seçimi etkili olmuştur. Bu harita iki değişkenli koropleit harita için sınıf sayısı ve renk seçimi iyi sonuç vermiştir.



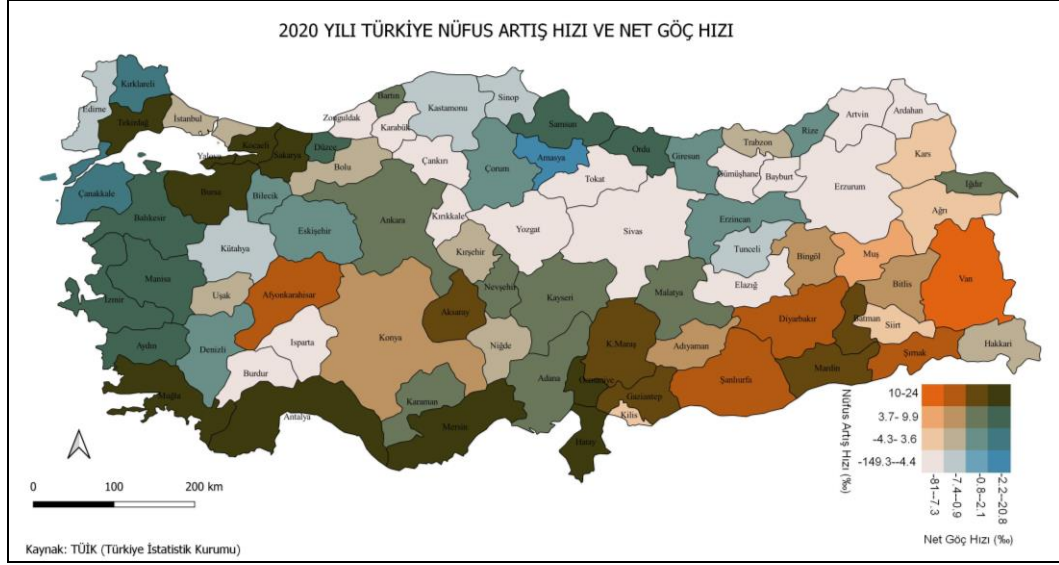
Şekil 4.5. İllere göre nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı (Renk paleti 2)

Şekil 4.5’ de verilen iller düzeyinde Türkiye haritasında Şekil 4. 4’ de kullanılan konu çifti ve renk paleti aynı olup sınıf sayısı artırılarak 16 sınıflı iki değişkenli harita oluşturulmuştur. Katılımcılara “2020 yılı Türkiye nüfus yoğunluğu 60 ve nüfus artış hızının % -4. 4 olduğu illerden bir tanesini yazınız.” sorusu yöneltilmiştir. Nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı konulu iki değişkeni aynı anda değerlendirilmelidir. Burada matris gösteriminde nüfus yoğunluğunun 60 ve nüfus artış hızının % -4. 4 olduğu yerde renk tonunun harita üzerinde hangi illerde gösterildiği bulunması istenmiştir. Katılımcılardan Muş, Sivas, Manisa, Giresun, Zonguldak, Eskişehir, Rize gibi yanıtlar alınmıştır. Verilen yanıtlarda %35 oranında doğru %65 oranında ise yanlış yanıt verilmiştir. Kullanılan matris boyutu renk seçimini iyi ifade edememiştir.



Şekil 4.6. 2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı ve net göç hızı (Renk paleti 1)

Şekil 4.6’da verilen iller düzeyinde Türkiye haritasında nüfus artış hızı ve net göç hızı konulu 5x5 matris boyutu ve renk paleti 1 kullanılarak oluşturulmuştur. Ankete katılanlara “2020 yılı Muş ili nüfus artış hızı Van ilinin nüfus artış hızından daha fazla mıdır?” sorusu yöneltilmiştir. Harita üzerinden Muş ve Van ilinin nüfus artış hızı matris gösterimiyle karşılaştırılıp sorunun yanıtlanması istenmiştir. Burada % 68 doğru % 32 yanlış yanıtları alınmıştır. Bu harita için sınıflandırma ve renk seçimi doğru sonuçlanmıştır.



Şekil 4.7. 2020 yılı Türkiye nüfus artış hızı ve net göç hızı (Renk paleti 1)

Şekil 4. 7’de verilen haritada nüfus artış hızı ve net göç hızı konu çifti arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Nüfus artış hızı turuncu rengin tonu net göç hızı ise mavinin tonu ile gösterilerek renk paleti 1 kullanılmıştır. 4x4 matris boyutlu haritada “2020 yılı Artvin ili net göç hızı Amasya ilinin net göç hızından daha fazla mıdır?” sorusu sorulmuştur. Katılımcılardan Artvin ve Amasya ili matris gösteriminden faydalanarak karşılaştırılması istenmiştir. Burada % 60 doğru %40 yanlış yanıtları alınmıştır. Bu harita için kullanılan matris boyutu ve renk seçimi anlam karmaşıklığına yol açmamıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Çok değişkenli haritalama, bir haritanın taşıdığı bilgi miktarını artırır. Bazen böyle bir harita yapım maliyetini azaltmak için yapılır, çünkü tek bir haritanın çoğaltılması birkaç ayrı haritadan daha az maliyetlidir. Değişken karşılaştırmayı kolaylaştırmak amacıyla çok değişkenli haritalama da yapılabilir. Daha fazla bilgiyi tek bir haritaya aktarmak, çevresel özellikler arasındaki ilişkileri incelerken daha az haritaya ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir. Genel olarak, tek bir haritadaki değişkenler arasındaki karşılaştırmaların ayrı haritalar arasındaki karşılaştırmalardan daha etkili olduğu düşünülmüştür (Slocum ve ark., 2014).

Bu çalışmada kullanılan nüfus artış hızı ve net göç hızı konulu haritalarda renk paleti 1, her matris boyutunda (3x3, 4x4, 5x5) olumlu sonuçlanmıştır. Nüfus artış hızı ve net göç hızı konulu iki değişkenli haritalarda renk paleti 1 kullanımı uygundur. Nüfus yoğunluk ve nüfus artış hızı konulu haritalar için renk paleti 2 sadece 3x3 matris boyutu için uygundur. Renk paleti 2, 4x4 ve 5x5 matris boyutunda kullanımı uygun değildir. İşsizlik konulu düzey 2 bölge haritada renk paleti 3 kullanımı olumlu sonuç vermemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar konu çiftleri arasında ilişkinin iki değişkenli harita yapımına karar verirken önemli olduğunu, sınıf sayısının ve renk paletinin seçiminin haritanın verdiği mesajı etkilediğini göstermiştir.

5.2 Öneriler

İki veya çok değişkenli haritalar, bir haritada aynı anda birden çok bilgi elde etmek için hazırlanan haritalardır. Haritaları renklerle ifade eden koroplet haritalar iki veya daha çok değişkenli haritalarda da yaygın kullanılmaktadır. İki değişkenli koroplet haritalarda matris yönteminin kullanılması hem zaman açısından hem de bilgi iletişiminin verimli olmasına olanak sağlayacaktır.

İki değişkenli koroplet haritalar hedeflenen amaca uygun olması için iyi tasarlanmalıdır. Bu haritalar hazırlanırken konu çiftleri arasındaki anlam güçlü olmalıdır. İki değişkenli koroplet harita için konu seçimi yapılırken değişkenler arasındaki anlam ilişkisine dikkat edilmelidir. Color Brewer renk paletleri iki değişkenli koroplet haritalar için kullanılabilir. İki değişkenli koroplet haritalarda renklerin üst üste

bindirilerek oluşturmasında QGIS yazılımında çalışan “*bivariate legend*” eklentisi kolaylık sağlamıştır. İki değişkenli koroplet haritalar oluşturulmak istenildiğinde bu eklenti kullanılabilir. Bu yöntem ile daha fazla harita tasarlanıp daha fazla kullanıcıya ulaşarak benzer çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Bildirici, İ. Ö. (2018). Kartografya: Harita Tasarımı ve Kullanımı için Gerekli Bilim, Sanat ve Teknik. Atlas Akademi Yayınevi, Konya, 2. baskı.
- Buğdaycı, İ.(2005). Koroplet Haritalarda Sınıf Sayısının Belirlenmesi ve Renk Seçimi Üzerine Bir Değerlendirme. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Brewer, C., Harrower, M., & The Pennsylvania State University (2009). *Colorbrewer 2.0* . <http://colorbrewer2.org/>
- Cabello, S., Haverkort, H., Van Kreveld, M., & Speckmann, B. (2010). Algorithmic aspects of proportional symbol maps. *Algorithmica*, 58(3), 543-565.
- Calka, B. (2018). Comparing continuity and compactness of choropleth map classes. *Geodesy and Cartography*, 67(1).
- Chernoff, H. (1973). The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *Journal of the American statistical Association*, 68(342), 361-368.
- Elmer, M. E. (2012). *Symbol considerations for bivariate thematic mapping (Doctoral dissertation)*.
- Harrower, M., & Brewer, C. A. (2003). ColorBrewer. org: an online tool for selecting colour schemes for maps. *The Cartographic Journal*, 40(1), 27-37.
- Kelly, B. (2017). Review of unclassed choropleth mapping. *Cartographic Perspectives*, (86), 30-35.
- Kemp, K. (Ed.). (2008). *Encyclopedia of geographic information science*. Sage.
- Kennelly, J. S. (2010). Illuminated choropleth maps. *Annals of the American Association of Geographers*, 100(3), 513-534.
- Kimerling, A. J. (2009). Dotting the dot map, revisited. *Cartography and Geographic Information Science*, 36(2), 165-182.
- Korycka-Skorupa, J., & Golebiowska, I. (2021). comparing extrinsic and intrinsic maps with univariate maps. *Miscellanea Geographica*, 25(4), 259-271.
- Nelson, E. (2000). The impact of bivariate symbol design on task performance in a map setting. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 37(4), 61-78.
- Nelson, J. (2018). *Multivariate dot density*. 16.04.2022 tarihinde <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/analytics/analytics/multivariate-dot-density/> adresinden alınmıştır.

- Novianti, P., Setyorini, D., & Rafflesia, U. (2017). K-Means cluster analysis in earthquake epicenter clustering. *International Journal of Advances in Intelligent Informatics*, 3(2), 81-89.
- Peterson, G. (2020). *GIS cartography: a guide to effective map design*. CRC Press.
- Selvi, H. Z., & Çağlar, B. (2017). Çok Değişkenli Haritalama İçin Kümeleme Yöntemlerinin Kullanılması. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 415-429.
- Slocum, T., McMaster, R., Kessler, F., ve Howard, H. (2014). *Thematic Cartography and Geovisualization*. Pearson, London, 3. baskı.
- Spiess, E., Hurni, L., & Werner, M. (2010). *Thematische Kartografie*. GITTA, Zürich.
- Spinelli, J. G., & Zhou, Y. (2004). Mapping quality of life with chernoff faces. In *Proceedings of Twenty-Fourth ESRI International User Conference*.
- Stevens, J., (2015). Bivariate Choropleth Maps: A How-to Guide. <https://www.joshuastevens.net/cartography/make-a-bivariate-choropleth-map/> (Erişim Tarihi: 25 Aralık 2021).
- Strode, G., Morgan, J. D., Thornton, B., Mesev, V., Rau, E., Shortes, S., & Johnson, N. (2019). Operationalizing Trumbo's principles of bivariate choropleth map design. *Cartographic Perspectives*, 94, 5-24.
- Torguson, J. S. (2016). Choropleth map. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology: People, the Earth, Environment and Technology*, 1-9.
- Uçar, D.,(2001) "Semiotik Bakış Açısıyla Kartografik İşaretler", HGK Harita Dergisi, Sayı: 126.
- Vogt, W., & Nagel, D. (1992). Cluster analysis in diagnosis. *Clinical Chemistry*, 38(2),182-198.
- Yaz, H. F. (2014). Çok değişkenli istatistiksel tekniklerden kümeleme analizi; spss ile bir uygulama.
- URL1:<http://colorbrewer2.org/>
- URL2:https://en.wikipedia.org/wiki/Contour_line
- URL3:https://wiki.ead.pucv.cl/images/a/ad/04_ejemplo_evaluacionjuecesUS_chernoff.png
- URL4:<https://mapdesign.icaci.org/2014/12/mapcarte-353365-life-in-los-angeles-by-eugene-turner-1977/>
- URL 5: www.tuik.gov.tr