

ANALYSIS OF AIRPORTS USING CLUSTERING METHODS: CASE STUDY IN TURKEY

DOI: 10.17261/Pressacademia.2018.963

JMML- V.5-ISS.3-2018(4)-p.194-205

Selin Yalcin¹, Ertugrul Ayyildiz²

¹Beykent University, Istanbul, Turkey.

selinyalcin@beykent.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9926-2099

²Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey.

eyildiz@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6358-7860

Date Received: June 8, 2018

Date Accepted: September 2, 2018

To cite this document

Yalcin, S., Ayyildiz, E. (2018). Analysis of airports using clustering methods: case study in Turkey. Journal of Management, Marketing and Logistics (JMML), V.5(3), p.194-205.

Permament link to this document: <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2018.963>

Copyright: Published by PressAcademia and limited licenced re-use rights only.

ABSTRACT

Purpose- Airports in Turkey can be grouped using by various methods. One of these methods is clustering. In this study, 55 airports operating in Turkey, were analyzed by clustering methods.

Methodology- The airports are clustered according to similar features by the K-means method. The number of clusters was determined by using the elbow method. The clusters were verified by Ward's method. While clustering was being carried out, basic features such as passengers using airports, cargo carried by airports, and number of flights were used.

Findings- In this study, it has been seen that the airports have been divided into six clusters, two of which have just one element. It is also understood that five major airports(Istanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gokcen, Ankara Esenboga, İzmir Adnan Menderes, Antalya) are quite different from other airports.

Conclusion- As a result, in this study, airports were clustered and similar airports were identified and a resource was prepared to assist managers in thinking that the solutions to common problems would be effective at similar airports.

Keywords: Airport, clustering, K-means, Elbow, Ward's.

JEL Classification: C380, C400, R40

HAVALİMANLARININ KÜMELEME YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

ÖZET

Amaç: Türkiye'deki havaalanları çeşitli yöntemlerle gruplandırılabilir. Bu yöntemlerden biri de kümelemedir. Bu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren 55 havalimanı kümeleme metodu ile analiz edilmiştir.

Yöntem: Bu çalışma kapsamında havalimanları K-Ortalamalar yöntemiyle benzer özelliklerine göre kümelendi. Küme sayısı, dirsek yöntemi (elbow method) ile belirlenmiştir. Oluşturulan kümeler Ward's yöntemi ile doğrulanmıştır. Kümeler oluşturulurken, havalimanlarını kullanan yolcu, havalimanlarından taşınan yük, uçuş sayısı gibi temel özellikler kullanılmıştır.

Bulgular: Bu çalışmada, havalimanlarının olan altı kümeye ayrıldığı görülmüştür. Bu kümelerin iki tanesinin yalnızca bir elemanı vardır. Ayrıca beş büyük havalimanının (İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes, Antalya) diğer havalimanlarından oldukça farklı olduğu anlaşılmıştır.

Sonuç: Havalimanları kümelenecek benzer havalimanları tespit edilmiş, ortak sorunlara getirilen çözümlerin benzer havalimanlarında etkin olacağı düşünülerek yöneticilere yardımcı olacak bir kaynak hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Havalimanı, Kümeleme, K-ortalamlar, Dirsek, Ward's.

JEL Classification: C380, C400, R40

1. GİRİŞ

Günümüzde ekonominin hızla büyümesi ile birlikte havaalanlarının önemi giderek artmaktadır. İnsanların hayatlarında da zaman ve hız kavramı oldukça önemli bir hale gelmiştir. Aynı zamanda Türkiye’de yüksek hızlı tren alt yapısının zayıf olması ve bazı yol bağlantılarının yetersiz kalmasına bağlı olarak hava yolu taşımacılığının önemi son on yılda giderek arttırmıştır. Hava yolu taşımacılığı, uzun mesafeli şehirlerarası yolcu taşımacılığında, en iyi seçeneklerden biri olduğunu kanıtlamıştır (Tanyaş ve Düzgün, 2015). Bu sebeple, yolcuların ulaşım aracı olarak havalimanlarını tercih etmeleri kaçınılmaz olmuştur. Ayrıca, havacılık sektörü ülkelerin ekonomisi açısından oldukça stratejik bir öneme sahiptir. Gayri safi milli hasıla, büyümekte olan bir hava ulaşım sistemi ile doğrudan ilişkilidir. Havaalanları; ulusal ve uluslararası ekonomi göz önüne alındığında, insan ve mal taşımada kilit öneme sahip ulusal kaynaklardır (Alıcı, 2017). Ekonominin büyümesine bağlı olarak artan talebin karşılanabilmesi için havalimanlarının sayısının artırılması, var olan havalimanlarının daha etkin ve verimli çalışmasını sağlanması şart olmuştur. Rekabetin artmasıyla birlikte hava yollarında bulunan işletmeler ayakta kalabilmeleri için farklı stratejiler geliştirmek zorunda kalmışlardır. Düşük fiyatlı biletlerin satışa sunulması, işletmenin istediği rotalara uçuş yapabilmesi olanağının sağlanması gibi stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır. Aynı zamanda ihracat edilen ürünler içinde havayollarının kullanımı oldukça önemlidir. Havalimanları, illerin ve ilçelerin gelişmesini de önemli ölçüde desteklemektedir. Havalimanlarına sadece ulaşım amacıyla bakılmamalıdır. Havalimanları artık ülkelerin dış dünyaya açılan bir kapısı olarak görülmektedir. Farklı coğrafyaları yakınlaştırarak turizm, ticaret ve farklı kültürlerin kaynaşmasına sebep olmuştur. Ülkeye gelen turistlerin ilk gördüğü yer ülkenin havalimanları olmaktadır. Ülkenin tanıtımı açısından havalimanlarının ne kadar önemli olduğu görülmektedir.

Değişen hedefler çerçevesinde, daha ileriye ve iyiye gitmek, diğer havaalanları ile rekabet edebilmek, havaalanlarının işletilmesinde hem kendi iç performanslarının değerlendirilmesi hem de diğer havaalanları ile performansların karşılaştırılarak belli göstergeler doğrultusunda hareket edilmesi gerekmektedir (Gökdalay ve Evren, 2009). 2008-2017 yılları arasında Türkiye geneli havalimanları yolcu, uçak ve yük trafiği incelendiğinde, 2016 yılı hariç artışın düzenli olarak devam ettiği görülmektedir. Devlet Hava Meydanları İşletmesi’nin (DHMI) 2018-2020 yılları arasında uçak, yolcu ve yük trafiği sayısı için yaptıkları tahminler bu artışın devam edeceği yönündedir (URL-1). Aynı zamanda, Türkiye hava ulaşımında stratejik bir konumda yer almaktadır. Ülkemiz, 1,5 milyar insanın yaşadığı, 35 milyar ABD doları GSMH ve 7 milyar ABD doları ticaret hacmine sahip ülkelere sadece 4 saat uçuş mesafesi uzaklığındadır (URL -2). Bu sebeple, bu çalışmada konu olarak ülkeler için büyük bir öneme sahip olan havalimanları ele alınmıştır. Havalimanları ve veri madenciliğinin birlikte çalışıldığı sınırlı sayıda çalışma olduğu dikkate alınarak, Türkiye’deki 55 havalimanı, DHMI tarafından paylaşılan veriler doğrultusunda K-Ortalamalar kümeleme yöntemi ve oluşturulan yöntemin doğrulanması için Ward’s kümeleme yöntemi ile benzer özellikleri değerlendirilerek gruplandırılmıştır. Yapılan bu çalışmadan beklenen fayda, birbirlerine benzer veya tamamlayıcı şekilde çalışan işletmelerin birbirine yakın olmasını sağlayarak maliyetlerin en aza indirilmesi, benzer problemler üzerinde getirilebilecek çözümler açısından işbirliğinin oluşmasını sağlanması şeklinde özetlenebilir.

Kümeleme yöntemi dünya ile birlikte ülkemizde de yapılan çalışmalarda çok farklı konularda kullanılmaktadır (Tanyaş, 2014). Geleneksel ticaret yöntemlerinin geride kaldığı bu dönemlerde taşıma faaliyetleri içerisinde yer alan havayolu taşımacılığının önemi de giderek artmaktadır. Değişimin en fazla yaşandığı sektörlerden bir tanesi de havayolu taşımacılığıdır. İnsanlar hizmetlerini pahalıya alırken, niteliğinin de yüksek olmasına oldukça önem vermektedirler (URL-3). Bu sebeple, birbirlerine benzeyen havalimanlarının kümelenmesi ile yaşanacak herhangi bir sorunda kümeler içerisinde yer alan havalimanlarının birbirleri ile entegre olarak çalışmasını sağlamak, lojistik faaliyetleri açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma ile birlikte, maliyetlerin azaltılması, önlemlerin alınması, havalimanlarının entegre olarak çalışmasını sağlanması amaçlanmaktadır. Birinci bölümün (giriş) ardından, ikinci bölümde havalimanları, K-Ortalamalar kümeleme yöntemi ve hiyerarşik kümeleme yöntemleri ile ilgili literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılan K-Ortalamalar kümeleme yöntemi ve karşılaştırma yapılabilmesi açısından kullanılan Ward’s kümeleme yöntemi anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, çalışmada kullanılan veriler ve bu verilerle elde edilen sonuçlara yer verilirken, çalışmanın son bölümlerinde uygulama sonucunda elde edilen bulgular hakkında değerlendirmeler yapılarak önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Rekabetin artmasıyla havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesi ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde, Ar (2012) tarafından 2007-2011 yılları arasında Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) tarafından işletilen havalimanlarının etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla; personel sayısı, pist/apron başına uçak kapasiteleri, alan başına yolcu, kapasiteleri, pist/apron başına gerçekleşen uçak trafiği, alan başına gerçekleşen yolcu trafiği, yük trafiği değişkenleri girdi ve çıktı olarak alınmış, çıkan sonuçlara göre etkinlik değerleri incelenmiştir. Ömürbek, Demirgubuz ve Tunca (2013) tarafından havalimanlarının performansları, uçuş trafiği, ticari uçuş trafiği, kargo trafiği, yolcu trafiği, satış gelirleri, giderler, hizmet verilen alan, yolcu kapasitesi, otopark kapasitesi, taşıt parkı, apron kapasitesi, uçak kapasitesi, bilgi işlem cihaz sayısı, kurtarma cihaz sayısı, personel sayısı gibi değişkenleri dikkate alarak Veri Zarflama Analizi yöntemiyle incelenmiştir. Türkiye’de faaliyet gösteren havalimanlarının 2013-2014 yılları arasındaki dönem bazında performanslarının incelenmesi personel sayısı, terminal alanı, yolcu sayısı, yük trafiği, toplam uçak trafiği değişkenleri girdi ve çıktı olarak alınarak Avcı ve

Aktaş (2015) tarafından yapılmıştır. Tanyaş ve Düzgün (2015) DHMİ tarafından paylaşılan verileri; uçak sayısı, koltuk kapasitesi, yurtiçi taşınan yük miktarı, yurt dışı taşınan yük miktarı, toplam taşınan yük miktarı, yurtiçi taşınan kargo miktarı, yurtdışı taşınan kargo miktarı, havayoluyla taşınan toplam kargo miktarı, yurtiçi hava trafiği, yurtdışı hava trafiği, toplam hava trafiği, yurtiçi toplam yolcu sayısı, yurtdışı toplam yolcu sayısı, toplam yolcu sayısı gibi kriterleri inceleyerek İstanbul'daki havalimanlarının artan talebi karşılamadığını yeni havalimanının yapılmasının gerekliliği sonucuna ulaşmıştır. Avrupa'daki en büyük havalimanlarının Altın, Karaatlı ve Budak (2017) tarafından yolcu sayısı, terminal sayısı, otopark kapasitesi, pist sayısı, havalimanının şehir merkezine uzaklığı, çıkış kapı sayısı ve uçak stand sayısı kriterleri kullanılarak veri zarflama ve çok kriterli karar verme teknikleri ile performansları incelenmiştir.

Teknolojinin hızla artmasıyla büyük verilerin saklanabilmesi sağlanmıştır. Saklanan tüm bu verilerin anlamlandırılabilmesi için veri madenciliği kullanılmaktadır. Veri madenciliği ile verilerin ortak özellikleri yardımıyla gruplandırma yapmak mümkündür. Çalışmalar incelendiğinde, eğitim alanındaki veriler kullanılarak öğrencilerin üniversite giriş sınavı sonuçları ile başarıları arasındaki ilişki kümeleme analizi ve K-Ortalamlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir (Erdoğan ve Timor, 2005). Türkiye'de 1997-2006 yıllarında meydana gelen trafik kazaları sonucunda her ilde meydana gelen ölüm ve yaralanma oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu oranlar yardımı ile K-Ortalamlar ve bulanık K-Ortalamlar yöntemi kullanılarak kümeleme yapılmış, en yüksek ölüm ve yaralanma yaşanan iller tespit edilmiştir (Atalay ve Tortum, 2010). Sarıman tarafından (2011) yılında yapılan çalışmada K-Ortalamlar ve K-Medoids kümeleme algoritması ile ülkeler özelliklerine göre gruplandırma yapılmıştır. Fosil kökenli yakıtların çevreye verdiği zarardan dolayı yeni enerji kaynakları arayışları ortaya çıkmıştır. Biyogaz, diğer yakıtlara göre daha temiz ve yüksek enerji kaynağı olmasından dolayı hayvansal atıklarından biyogaz potansiyelini daha sağlıklı hesaplamak için tesisleri K-Ortalamlar kümeleme ile konularına göre ayırma yapılmıştır (Yürük ve Erdoğan, 2015). Ormanların sağlık kalitesi ve süreklilik göstergelerinden biri olağanüstü hasılat etası olduğu üzerinde durulmuştur. Orman Genel Müdürlüğü'nün verileri kullanılarak K-Ortalamlar yöntemi ile kümeler ayrıştırılmıştır. Kümeler, her olağanüstü kesim grubu için ele alınmıştır (Çatal ve Carus, 2017). Türkiye'deki endüstriyel sektörlerin banka kredilerine göre kümelenebilmesi K-Ortalamlar yöntemi ve bulanık K-Ortalamlar yöntemi ile yapılmıştır (Dönme vd, 2017).

Literatür incelendiğinde havalimanları ve veri madenciliğinin birlikte çalışıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Çalış vd., 2018). Sarkis ve Talluri (2004) Havayolları ve hava taşıyıcılarının performans değerlendirme ve süreç iyileştirme hizmet faaliyetlerini yönetmek açısından önemlidir. Çok kriterli parametrik olmayan modeller kullanarak 5 tanesi büyük çaplı olmak üzere 44 havalimanının operasyonel verimliliği değerlendirilmiştir. Bu verimlilik puanları, kötü performans gösteren havaalanlarını iyileştirmek için kriterlerin belirlenmesinde, kümeleme yöntemi için kullanılmıştır. Suzuki (2007) yolcularının "iki adımlı" karar sürecini içeren havaalanı-havayolu seçimi için iç içe geçmiş bir model geliştirilmiş ve kararlar tahmin edilmiştir. Wang vd. (2009) havalimanlarının altyapı, bakım çizelgeleme gibi konularda önemli rol oynayan altyapı performanslarını baz alan ve kesin olmayan veriler kullanarak gri kümeleme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Fan vd. (2011) veri madenciliği ile havaalanı buz çözme faaliyetlerinin havaalanı çevresindeki alıcı suların kimyasal oksijen talebi ve çözülmüş oksijen üzerindeki etkilerini değerlendirmek için istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Karar ağacı modelleri havaalanı su yollarındaki kimyasal oksijen talebi ve çözülmüş oksijen düzeylerini tahmin etmek için kullanılmıştır Liou vd. (2011) havalimanının hizmet düzeyinin, yolcu açısından gelecekteki turizm ve iş faaliyetlerini teşvik etme veya cesaret kırma konusunda önemli bir etkiye sahip olabileceği vurgusu geleneksel istatistiksel analizin aksine, yeni bir yöntem ile anket uygulanarak model karar kuralları gerçekleştirilmiştir Wang ve Xu (2011) havalimanlarının kapasitelerinin ne derece etkin kullanıldığı konusunda belirleyici olan zemin tutma politikalarını değerlendirmek için kümeleme yöntemlerinden yararlanmışlardır. Günün farklı saatleri için farklı değerler kullanıldığı çalışma ele alınan havalimanında israfları azaltmıştır. Wang vd. (2011) yeni bir havalimanı kümeleme algoritması sundukları çalışmalarında havalimanlarını uçak trafiğine göre kümelemişlerdir. Wu vd. (2013) çoklu havalimanı sistemlerinde uçuş süresi ve sıklığının optimizasyon modelinde K-Ortalamlar yönteminden yararlanmışlardır. Grabbe vd. (2014) benzer hava yolu trafiğine ve benzer hava koşullarına sahip havalimanlarını aktif gün ve saatlere odaklanarak kümelemişlerdir. Xia vd. (2014) havaalanı gürültü tahmini konulu çalışmalarında K-Ortalamlar yönteminden de yararlanmışlardır. Zhu vd. (2014) uçuş sıklığı ve zaman çizelgesi optimizasyonu konulu çalışmalarında K-Ortalamlar kümeleme yöntemine dayalı bir algoritma tasarlamışlardır. Magalhaes vd. (2015) ana planlara dayalı geleneksel havaalanı geliştirme yaklaşımları artık yeterli olmamaktadır. Esneklik olası bir çözüm olarak ileri olmuştur. Literatürde konu ile ilgili yeterli çalışma olmaması sebebiyle, Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'daki 140 havalimanına kümeleme analizi uygulanmış ve bu havalimanlarının 20'si esnek olarak tanımlanmıştır. Meng ve Peng (2015) uçuşların gecikmeleri üzerine çalışarak K-Ortalamlar yöntemi ile bütünleşik yöntem kullanmışlar ve bunun yardımıyla rötar uyarıları için önemli bir referans sağlamışlardır. Mayer (2016) 114 havalimanı kargo özelliklerine göre hiyerarşik kümeleme yöntemi ile gruplandırmıştır. Cui vd. (2017) Çin'de 2010-2014 yılları arasında faaliyet gösteren 45 havalimanlarını K-Ortalamlar yöntemiyle kümeleyerek oluşturulan kümelerde yer alan havalimanlarının farklarını araştırmışlardır. Han vd. (2017) gecikmeden kaynaklanan uçuş problemlerinin çözümüne yönelik geliştirilen modelde 20 havalimanını hiyerarşik kümeleme yöntemiyle kümelemiştir. Yılmaz vd. (2017) Eskişehir'de potansiyel yolcu talebinin ölçülmesi, çapraz havayolu uçuşların gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan veriler karar ağaçları yardımıyla elde edilmiştir. Çalış vd. (2018) uçak seferlerindeki rötarları etkileyen faktörler veri madenciliği yöntemlerinden biri olan karar ağaçları yardımıyla analiz edilmiştir. Fuellhart ve O'Connor (2018) 2015 yılından itibaren havalimanı şehirleri ve

bölgelerindeki faaliyetleri incelemişlerdir. Hiyerarşik kümelendirme yöntemi kullanılarak, 53 havalimanı bölgesindeki 131 havalimanını, rekabet yönleri, güzergâhlar gibi değişkenler kullanılarak analiz etmişlerdir. Sonuç olarak incelenen havalimanlarının altı ana gruba ayrılabilceğini göstermişlerdir.

Yapılan bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, Türkiye’de yer alan havalimanlarına odaklanılmış ve bu havalimanları K-Ortalamlar yöntemi kümelendirilmiştir. Daha sonra Ward’s yöntemi ile de oluşturulan kümelerin doğruluğu gösterilmiştir. Böylece Türkiye’de havacılık sektöründe yer alan yöneticilere yardımcı bir kaynak hazırlanması amaçlanmıştır.

3. YÖNTEM

3.1 Veri Madenciliği

Teknolojinin hızla ilerlemesiyle büyük miktardaki verilerin işlenmesi, saklı kalmış bilgilerin açığa çıkmasını sağlayan en önemli yöntemlerden biri veri madenciliğidir. Veri madenciliği, çok büyük miktardaki verilerin depolandığı veri tabanlarından, hedeflerimize ulaşabilmeyi sağlayacak anlamlı verilerin bulunması ve verilerin hedeflerimiz doğrultusunda gelecek hakkında tahmin yapmamamızı sağlayarak kullanılmaktadır. Karar verme alanında kullanılan en sık uygulamalardan biri de veri madenciliğidir. Örneğin; pazarlama, bankacılık, sağlık, bilim ve mühendislik gibi birçok alanda uygulamaları mevcuttur (Savaş vd., 2012). Veri madenciliğinde kullanılan modeller, tahmin edici ve tanımlayıcı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tahmin edici modellerde, sonuçları bilinen veriler doğrultusunda bir modelin geliştirilmesi, geliştirilen modele sonucu bilinmeyen veri setlerinin aktarılması ile sonuç değerlerinin tahmin edilmesi gerçekleştirilir. Tanımlayıcı modeller, var olan modellerde örüntülerin tanımlanmasıdır. Veri madenciliği modelleri sınıflama, kümeleme ve birliktelik kuralları olmak üzere üç ana gruptan oluşmaktadır (Özkes, 2003). Sınıflandırma, belli veri setlerinin hangi sınıf veya gruba dâhil olacağını belirlemesidir. Kümeleme, veri setlerinin aralarındaki benzerliklere göre bir araya getirilerek küme oluşturulmasıdır. Birliktelik kuralları ise, veri setindeki potansiyel ilişkilerin ortaya çıkması olarak tanımlanmaktadır (Taşdelen, 2014). Bu çalışmada kullanılan veri madenciliği bir kümeleme uygulamasıdır.

Kümeleme, veri setlerinin aralarındaki benzerliklere göre bir araya getirilerek küme oluşturulmasıdır. Küme içerisinde üst düzey homojenlik, kümeler arasında ise üst düzey heterojenlik bulunmaktadır (Taşdelen, 2014). Kümeleme için kullanılan yöntemler, birimler arasındaki uzaklıklara dayanan benzerlik veya benzersizlik matrisine göre işlem yapmaktadırlar. Bu nedenle, farklı kümelendirme yöntemleri farklı uzaklık ölçülerine göre farklı sonuçlar verebilmektedir. Ayırmaya dayanan kümelendirme yöntemleri her veri setinin her bir birimini bir ve yalnızca bir kümeye ayırmaktadır. Böylelikle aşamalı ya da aşamalı olmayan kümelendirme yöntemleri her bir birim için kesin karar almakta ve bir kümeye atamaktadır. Sonuçları itibarıyla yaklaşık aynı sonuçları veren kümelendirme yöntemlerinde bazı birimlerin farklı kümelere yer aldığı gözlemlenmektedir (Murat ve Şekerler, 2009). Kümelemede kullanılan yöntemler, hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hiyerarşik yöntemlerde küme sayısı önceden bilinmemektedir. Başlangıç olarak her birinde bir birim veya değişken olan tek küme ile başlanmaktadır. Daha sonra benzer kümeler birleştirilerek ve çeşitli yöntemler kullanılarak kümeleme işlemine devam edilmektedir. Hiyerarşik olmayan yöntemlerde ise, başlangıç olarak küme sayısı yaklaşık olarak bilinmektedir. Her bir birim veya değişken en yakın olan kümeye dâhil edilmektedir. Bu sayede, n adet veri nesnesinin k sayıda kümeye ayrılması sağlanmaktadır (Çakır vd., 2016). Hiyerarşik yöntem ve hiyerarşik olmayan yöntemler ardışık olarak kullanılabilirlerdir.

3.1.1. K-Ortalamlar Kümeleme Yöntemi

Bu çalışmada, kümeleme yöntemlerinden biri olan K-Ortalamlar yöntemi kullanılmıştır. Bunun nedeni K-Ortalamlar yönteminin az sayıda küme oluşturulacak olan durumlarda hiyerarşik kümelemeye nazaran oldukça hızlı sonuç vermesi ve yöntemin, en çok bilinen kümeleme yöntemlerinden biri olmasıdır. K-Ortalamlar yöntemi, hiyerarşik olmayan bir yapıya sahiptir. Yöntem, 50 yıldan fazladır en çok kullanılan kümeleme yöntemlerinden biri olmuştur. Nesne sınıflandırma, görüntü bölümlendirme, makine öğrenmesi, veri madenciliği gibi uygulamaların dışında, iktisat, pazarlama, müşteri yönetimi, mühendislik araştırmaları gibi birçok alanda çok sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında bulunmaktadır (Pekin vd., 2017).

K-Ortalamlar yöntemi, bir X veri setine n adet veri nesnesinden k adet kümeye ayırma özelliğine sahiptir. Sınıflandırmada k adet kümenin merkezleri bulunmaktadır (Pekin vd., 2017). Özellik vektörleri kendine en yakın olan merkezlerde kümelendirilmektedir. İlk olarak k adet nesne seçilmektedir. Bu nesnelerin her biri, bir kümenin merkezini veya orta noktasını temsil etmektedir. Geriye kalan nesnelere her biri kendisine en yakın olan küme merkezine göre kümelere dağılmaktadır. Ardından her küme için ortalama hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değer o kümenin yeni merkezini oluşturmaktadır. Bu işlem tüm veri nesnelerin kümelere yerleşmesi tamamlanıncaya kadar (kümesi belli olmayan nesne kalmayıncaya kadar) devam etmektedir (Murat ve Şekerler, 2009). K-ortalamlar yönteminde nesnelere kümelere ayrılırken denklem 1 ile gösterilen öklid uzaklığı formülü dikkate alınarak kümeleme yapılır.

$$d(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{p=1}^m (X_i^p - X_j^p)^2} \quad (1)$$

Denklem 1’de X_1, X_2, \dots, X_n nesnelere, m özellik sayısını, X_i^p ise i nesnesinin p özelliğine ait değerini ifade etmektedir. K-Ortalamalar yönteminin adımları aşağıda gösterilmiştir (Demiralay ve Çamurcu, 2005).

K-Ortalamalar Yönteminin Adımları:

1. Küme merkezlerini belirlemek için n adet nesne arasından rastgele k adet nesne seçilir. Bu nesnelere küme merkezi olur.
2. Her nesnenin seçilen merkez noktalarla olan uzaklığı Denklem 1’e göre hesaplanır. Elde edilen sonuçlara göre her nesne k adet kümeden kendisine en yakın olan kümeyle atanır.
3. Kümelerin yeni merkez noktaları o kümedeki tüm nesnelere ortalama değeri olarak güncellenir.
4. Küme merkezleri sabit kalıncaya kadar adım 2 ve 3 tekrarlanır.

3.1.2. Ward’s Kümeleme Yöntemi

Bu çalışmada, K-Ortalamalar yöntemine ek olarak hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan Ward’s yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, en küçük varyans yöntemi olarak da bilinmektedir. Kümeler içi varyansı en küçük yapmayı hedeflemektedir (Çelik vd., 2005). Eş zamanlı olarak optimum kümeler elde etmeyi ve kümeleme yayılımının küçülmesini sağlamaktadır (Çelik ve Kahyaoğlu, 2007). Bir kümenin içerisinde bulunan gözlemin, aynı kümenin içerisinde yer alan diğer gözlemlerden ortalama uzaklığını dikkate almakta ve toplam sapma karelerinden yararlanmaktadır (Uysal vd., 2017). Yöntemde, küme sayılarının belirlenmesi ve kümelerin nasıl gruplandıkları genellikle dendrogram (ağaç grafiği) yardımı ile yapılır. Dendrogram, Ward’s yöntemi ile elde edilen sonuçların grafiksel olarak gösterimidir. Dikey eksen küme oluşturulacak nesnelere, yatay eksen ise kümeler arasındaki uzaklıkları göstermektedir. Dendrogram, 0-25 birim arasında birbirine eşit birim olarak ölçeklendirilmektedir. Ölçek üzerinde kümelerin birleşme noktaları, hangi grupların nasıl oluştuğunu ve aralarındaki mesafeleri göstermektedir. Mesafe arttıkça, birbirine benzeyen nesnelere kümeyle dâhil olmaya başlarlar. En uzak mesafede olan nesnelere birbirlerine en az benzeyen nesnelere (Tekin, 2015).

4. UYGULAMA

4.1. Kullanılan Kriterler

Literatür incelenerek ve uzmanlarla görüşülerek çalışmada kullanılan kriterler belirlenmiştir. Kriterler, havalimanlarını kullanan yolcu, havalimanlarından taşınan yük, uçuş sayısı olarak belirlenmiştir. Tablo 1’de DHMİ tarafından paylaşılan 2017 Aralık sonu verileri kullanılmıştır. Verilerin analizinde “SPSS 25.0 for Windows” istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

Tablo 1: DHMİ 2017 Aralık Sonu Veriler (URL-1)

| Havalimanları | Tüm Uçak Trafiği | | Yolcu Trafiği (Gelen-) | | Ticari Uçak Trafiği | | Yük Trafiği | |
|------------------------|------------------|--------|------------------------|------------|---------------------|---------|-------------|-----------|
| | İç Hat | Dış | İç Hat | Dış Hat | İç Hat | Dış Hat | İç Hat | Dış Hat |
| İstanbul Atatürk | 142.886 | 317.89 | 19.450.34 | 44.277.101 | 134.735 | 314.713 | 203.058 | 1.899.039 |
| İstanbul Sabiha Gökçen | 139.311 | 80.345 | 21.056.76 | 10.329.074 | 134.572 | 76.353 | 137.171 | 193.698 |
| Ankara Esenboğa | 99.682 | 18.138 | 13.853.89 | 1.991.979 | 91.509 | 15.237 | 95.829 | 33.620 |
| İzmir Adnan Menderes | 72.343 | 17.578 | 10.469.07 | 2.354.622 | 66.095 | 16.758 | 87.200 | 48.481 |
| Antalva | 51.928 | 107.41 | 7.459.241 | 18.472.418 | 49.233 | 105.935 | 67.336 | 228.808 |
| Gazipaşa Alanva | 4.140 | 2.244 | 475.775 | 347.463 | 3.482 | 2.180 | 4.624 | 4.047 |
| Muğla Dalaman | 14.479 | 13.774 | 1.436.326 | 2.274.607 | 10.067 | 12.741 | 12.276 | 29.434 |
| Muğla Milas-Bodrum | 20.522 | 7.997 | 2.573.498 | 935.849 | 17.186 | 6.074 | 20.746 | 11.865 |
| Adana | 38.585 | 6.351 | 4.963.594 | 647.406 | 32.538 | 5.180 | 38.035 | 9.627 |
| Trabzon | 26.187 | 2.911 | 3.952.764 | 200.768 | 25.329 | 1.561 | 32.246 | 4.079 |
| Erzurum | 9.838 | 197 | 1.366.495 | 10.420 | 8.437 | 82 | 9.647 | 354 |
| Gaziantep | 16.923 | 1.863 | 2.633.359 | 289.062 | 15.689 | 1.793 | 22.107 | 4.744 |
| Adivaman | 2.005 | 17 | 256.207 | 1.990 | 1.838 | 16 | 1.882 | 40 |
| Ağrı Ahmed-i Hani | 2.145 | 8 | 284.004 | 451 | 1.860 | 4 | 2.600 | 0 |
| Amasva Merzifon | 1.554 | 82 | 215.351 | 8.905 | 1.447 | 71 | 1.631 | 200 |
| Aydın Cıldır | 20.081 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Balıkesir Koca Sevit | 22.829 | 120 | 431.088 | 9.177 | 3.176 | 119 | 2.961 | 177 |
| Balıkesir Merkez | 134 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Batman | 3.559 | 25 | 516.541 | 2.800 | 3.254 | 23 | 4.872 | 65 |
| Bingöl | 1.480 | 19 | 163.220 | 1.270 | 1.223 | 18 | 1.524 | 15 |
| Bursa Yenisehir | 7.715 | 382 | 227.228 | 24.051 | 1.722 | 260 | 2.070 | 647 |
| Canakkale | 5.994 | 100 | 206.766 | 12.994 | 1.429 | 77 | 937 | 135 |
| Canakkale Gökceada | 196 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 32 | 0 |

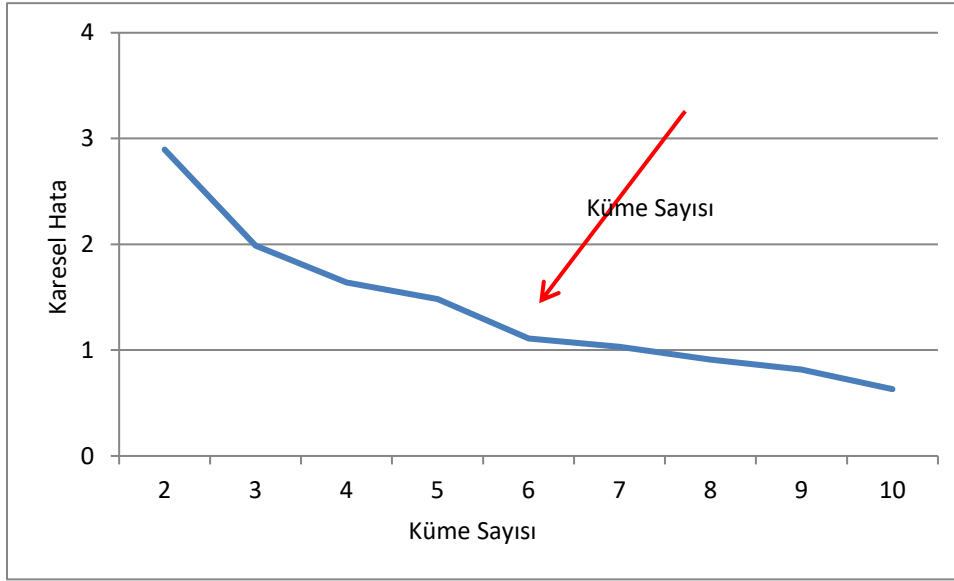
| | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|-------|-----------|---------|--------|-------|--------|-------|
| Denizli Cardak | 11.030 | 618 | 592.167 | 91.845 | 4.050 | 559 | 4.666 | 1.557 |
| Divarbakır | 12.763 | 628 | 1.982.048 | 72.999 | 12.455 | 621 | 14.253 | 971 |
| Elazığ | 6.908 | 227 | 999.070 | 28.000 | 6.532 | 218 | 8.337 | 701 |
| Erzincan | 3.376 | 21 | 439.611 | 1.175 | 2.924 | 17 | 3.613 | 28.54 |
| Eskisehir Hasan Polatkan | 4.444 | 668 | 2.479 | 77.462 | 29 | 554 | 128 | 1.611 |
| Hakkari Yüksekova S.E. | 1.251 | 0 | 154.795 | 0 | 1.189 | 0 | 1.438 | 0 |
| Hatay | 7.263 | 2.303 | 1.002.715 | 277.449 | 6.744 | 2.259 | 8.926 | 4.557 |
| Iğdır Sehit Bülent Aydın | 1.778 | 0 | 247.516 | 0 | 1.582 | 0 | 2.605 | 0 |
| Isarta Sülevman Demirel | 24.104 | 606 | 86.401 | 103.108 | 674 | 606 | 675 | 1.553 |
| Kahramanmaraş | 2.578 | 38 | 297.848 | 2.615 | 2.157 | 17 | 2.516 | 61 |
| Kars Harakani | 4.104 | 6 | 572.891 | 0 | 3.622 | 0 | 5.290 | 0 |
| Kastamonu | 891 | 19 | 89.576 | 1.754 | 759 | 19 | 612 | 43 |
| Kavseri | 13.238 | 2.101 | 1.886.729 | 260.967 | 12.404 | 1.996 | 16.119 | 5.973 |
| Kocaeli Cengiz Topel | 1.456 | 37 | 46.445 | 2.730 | 302 | 19 | 421 | 57 |
| Konva | 8.531 | 878 | 1.099.942 | 105.764 | 8.134 | 840 | 8.935 | 2.355 |
| Malatva | 7.084 | 108 | 880.299 | 7.168 | 5.574 | 61 | 6.975 | 157 |
| Mardin | 4.226 | 37 | 677.734 | 3.276 | 4.320 | 26 | 6.188 | 12 |
| Mus | 2.992 | 12 | 439.767 | 1.528 | 2.801 | 12 | 3.756 | 21 |
| Kapadokva | 2.677 | 24 | 127.158 | 425 | 958 | 5 | 990 | 11 |
| Ordu-Giresun | 8.119 | 667 | 1.109.268 | 83.857 | 7.106 | 663 | 8.496 | 1.560 |
| Samsun Carsamba | 11.073 | 523 | 1.111.627 | 40.526 | 7.789 | 337 | 7.353 | 1.107 |
| Siirt | 386 | 0 | 22.684 | 0 | 300 | 0 | 181 | 0 |
| Sinop | 1.374 | 106 | 152.230 | 1.766 | 1.159 | 8 | 1.363 | 26 |
| Sivas Nuri Demirağ | 4.077 | 80 | 571.692 | 6.535 | 3.698 | 77 | 4.846 | 142 |
| Sanlıurfa Gao | 6.131 | 168 | 814.025 | 18.943 | 5.510 | 167 | 5.980 | 493 |
| Sırnak Serafettin Elci | 2.452 | 0 | 341.047 | 0 | 2.144 | 0 | 3.020 | 0 |
| Tekirdağ Corlu | 35.358 | 565 | 102.567 | 1.768 | 772 | 95 | 607 | 1.209 |
| Tokat | 442 | 0 | 13.084 | 0 | 164 | 0 | 88 | 0 |
| Usak | 1.229 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Van Ferit Melen | 13.799 | 92 | 1.662.576 | 2.353 | 10.334 | 20 | 13.297 | 62 |
| Zafer | 796 | 188 | 81.621 | 21.261 | 729 | 184 | 630 | 517 |
| Zonguldak Çaycuma | 238 | 249 | 0 | 24.904 | 0 | 234 | 66 | 504 |

4.2. K-Ortalamlar Yöntemi ile Havalimanlarının Kümelmesi

Kümeleme işlemi gerçekleştirilirken yapılan denemeler sonucunda, ele alınan 8 kriterin her birinde oldukça yüksek değerlere sahip olan en büyük 5 havalimanı ayrı tutulmuştur. Bunun nedeni, küme sayısı ne olursa olsun bu havalimanlarının her birinin ayrı kümede yer alarak küme merkezi olmasıdır. Bu da çalışmada daha az kullanılan havalimanlarının incelenmesinde zorluklar çıkarmaktadır. Bu 5 büyük havalimanının elemanları kendi başlarına ayrı bir küme şeklinde düşünülmüştür. Havalimanlarının çıkarılmasıyla elde kalan 50 havalimanı için kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. K-Ortalamlar yönteminde, küme sayısı 2'den başlayarak 10'a kadar artırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Küme sayısı belirlenirken dirsek yöntemi uygulanmıştır.

Dirsek yöntemi, bir veri kümesinde uygun sayıda kümenin bulunmasına yardımcı olmak üzere tasarlanan kümeleme analizi içindeki tutarlılığın yorumlanması ve doğrulanması için bir yöntemdir. Daha doğru kümelene yapılmasına yardımcı olmaz. Dirsek yöntemi kümeler için karesel hatanın hesaplanması yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Yöntemde her bir küme sayısı için karesel hata hesaplanır ve yatay eksene küme sayısı, dikey eksene karesel hata gelecek şekilde grafiğe yerleştirilir. Karesel hatanın düşük olması kümeleme modelinin daha iyi olduğu anlamına gelmektedir. Daha sonra grafik incelenir. Grafikte karesel hatanın azalma hızının düştüğü nokta ideal küme sayısı olarak belirlenir. Aşağıda verilen Şekil 1'de çalışmada farklı küme sayıları için elde edilen karesel hatalar grafikte gösterilmiştir. Grafikten de görülebileceği üzere küme sayısı 6 olana kadar karesel hata hızla düşmektedir. 6'dan sonra ise yatay bir seyir izlemekte olan grafikten ideal küme sayısının 6 olduğu anlamı çıkarılabilir. 6'dan sonra artan küme sayısı, karesel hatayı **çok fazla** azaltmadığı gibi modelin yorumlanabilirliğini de düşürmektedir.

Şekil 1. Dirsek Yöntemi



Dirsek yöntemi ile küme sayısının 6 olmasına karar verilmiştir. Küme sayısı belirlendikten sonra K-Ortalamalar kümeleme yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre havalimanlarının hangi kümeler dâhil olduğu Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: K-Ortalamalar Yöntemi ile Elde Edilen Kümeleme Sonuçları

| Küme 1 | Küme 2 | Küme 3 | Küme 4 | Küme 5 | Küme 6 | | |
|-------------------|----------------|-------------|----------------|-----------------|--------|---------|----------------|
| Gazipaşa Alanya | Erzincan | Kapadokya | Erzurum | Muğla Dalaman | Adana | Trabzon | Aydın Çıldır |
| Adıyaman | Eskişehir H.P. | Siirt | Denizli Çardak | Muğla Milas | | | Balıkesir K.S. |
| Ağrı Ahmed-i Hani | Hakkari Y.S.E. | Sinop | Elazığ | Gaziantep | | | Isparta S.D. |
| Amasya Merzifon | Iğdır Ş.B.A. | Sivas N.D. | Hatay | Diyarbakır | | | Tekirdağ |
| Balıkesir Merkez | Kahramanmaraş | Şırnak Ş.E. | Konya | Kayseri | | | Çorlu |
| Batman | Kars Harakani | Tokat | Malatya | Van Ferit Melen | | | |
| Bingöl | Kastamonu | Uşak | Ordu-Giresun | | | | |
| Bursa Yenişehir | Kocaeli C.T. | Zafer | Samsun | | | | |
| Çanakkale | Mardin | Zonguldak | Çarşamba | | | | |
| Gökçeada | Muş | | Şanlıurfa Gap | | | | |

K-Ortalamalar yöntemi uygulanırken farklı başlangıç noktaları çalıştırılmış ve hatanın en aza indirildiği nokta belirlenmiştir. Kullanılan verilerde aralıkların birbirinden farklı olması nedeniyle normalizasyon uygulanan yöntemde $k=2,3,4,5,6,7,8,9,10$ değerleri için denemeler yapılmıştır. İdeal küme sayısının 6 olduğu çalışmada, küme 1'de 29, küme 2'de 9, küme 3'de 6, küme 4'de 1, küme 5'te 1 ve küme 6'da 4 havalimanı yer almıştır.

Tablo 2 incelendiğinde, birbirlerine benzerlik gösteren havalimanları K-Ortalamalar kümeleme yöntemi ile 6 kümede gruplandırılmıştır. Türkiye'nin en aktif 5 havalimanı (İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes, Antalya) ayrı olarak değerlendirildiği bu çalışmada, sonuçlar incelendiğinde en kalabalık küme olarak küme 1 karşımıza çıkmaktadır. 29 havalimanının dâhil olduğu bu kümeye odaklanıldığı takdirde aktif olarak kullanılan fakat çok fazla rağbet görmeyen havalimanlarının yer aldığı görülmektedir. Çok yoğun uçuşların bulunmadığı bu havalimanlarının işletmelerinde de benzer problemlerle karşılaşılabilir. Küme 2'de ise ortalama değerlere sahip 9 havalimanı yer almıştır. Küme 2'de yer alan havalimanlarının Elazığ dışında tamamının yer aldığı şehirler, büyükşehir belediyesine sahip şehirlerdir. Ortalama uçuş yoğunluğuna sahip havalimanlarının yer aldığı bu kümede turizmin çok gelişmediğini söylemek

hata olmayacaktır. Küme 3'te ise görece yoğun 6 havalimanı yer almıştır. Küme 2 gibi büyükşehir belediyelerine sahip bu kümede Küme 2'ye göre turizmin gelişmiş olduğu şehirler yer almıştır. Küme 4 ve 5 ise Adana ve Trabzon havalimanlarının kendi başlarına küme merkezi olduğu kümelerdir. Bunun nedeni olarak bu 2 havalimanının ele alınan havalimanlarından en aktif olanları olması gösterilebilir. Son olarak Küme 6'da ise aktif olarak işletilmeyen 4 havalimanı yer almıştır. Tüm kümelerin birbirlerinden ayrılırken farklı özelliklere sahip olması çalışmanın doğruluğunu kanıtlar niteliktedir.

Tablo 3: K-Ortalamalar Yöntemine Göre ANOVA Sonuçları

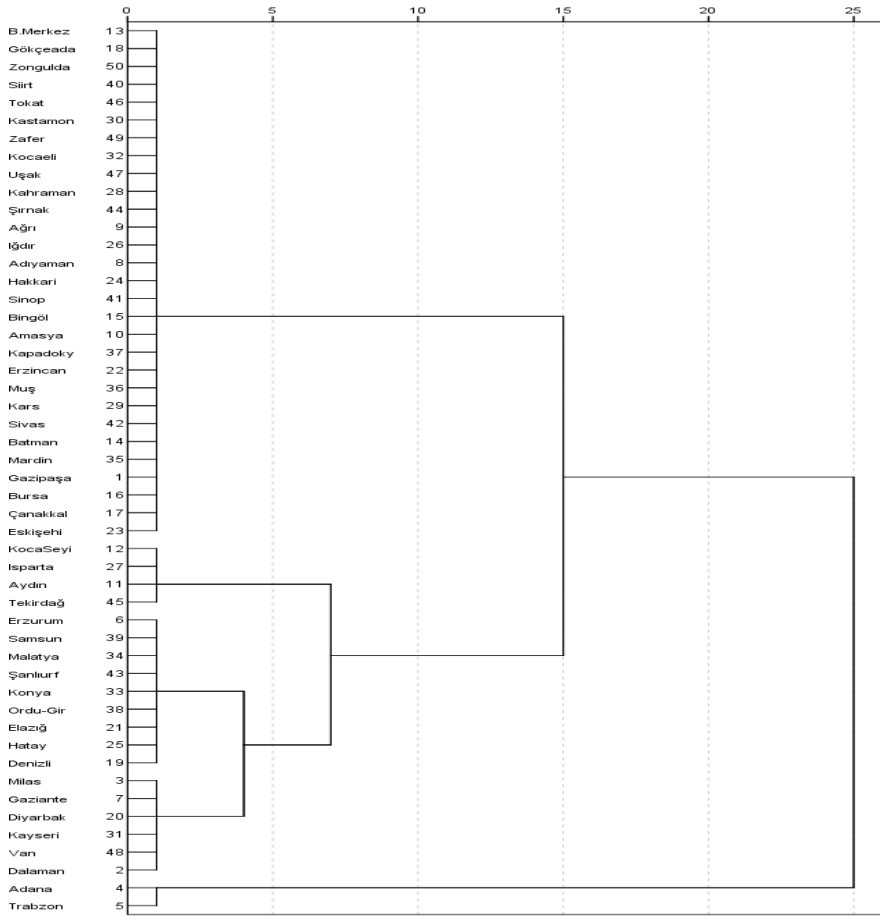
| Kriterler | Küme | | Hata | | F oranı | Anlamlılık Düzeyi |
|---------------------------------|-------------------|----|-------------------|----|---------|-------------------|
| | Ort. Karesel Hata | df | Ort. Karesel Hata | df | | |
| Uçak trafiği- İç hatlar | ,037 | 5 | ,000 | 44 | 109,451 | ,000 |
| Uçak trafiği- Dış hatlar | ,000 | 5 | ,000 | 44 | 7,170 | ,000 |
| Yolcu trafiği- İç hatlar | ,022 | 5 | ,000 | 44 | 149,671 | ,000 |
| Yolcu trafiği- Dış hatlar | ,000 | 5 | ,000 | 44 | 5,034 | ,001 |
| Ticari Uçak Trafiği- İç hatlar | ,022 | 5 | ,000 | 44 | 159,303 | ,000 |
| Ticari Uçak Trafiği- Dış hatlar | ,000 | 5 | ,000 | 44 | 6,402 | ,000 |
| Yük trafiği- İç hatlar | ,014 | 5 | ,000 | 44 | 128,051 | ,000 |
| Yük trafiği- Dış hatlar | ,000 | 5 | ,000 | 44 | 6,082 | ,000 |

ANOVA sonuçları yardımıyla, kriterlerin kümeler itibarıyla farklılık gösterip göstermediğinin incelenemebilmektedir. Beklenen, kriterlerin kümeler itibarıyla farklı çıkmasıdır. Kümeleme analizi, bu farklılığı kendi oluşturmakta ve kümeler arası farkı (uzaklığı) maksimum yapmaktadır. Tablo 3'de yer alan ANOVA tablosu sonuçlarına göre kullanılan kriterlerin kümelere göre farklılık göstermektedir. Bu da tüm kriterler için anlamlılık düzeyinin 0,005'ten küçük olması ile anlaşılmıştır.

4.3. Ward's Yöntemi ile Havalimanlarının Kümeleneşmesi

Hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden olan Ward's yöntemi uygulanırken, K-Ortalamalar yönteminde yapıldığı gibi ele alınan 8 kriterin her birinde oldukça yüksek değerlere sahip olan en büyük 5 havalimanı ayrı tutularak kümeleme yöntemi uygulanmıştır. Verilerde aralıkların birbirinden farklı olması nedeniyle normalizasyon uygulanmıştır. Küme sayılarının belirlenmesi ve kümelerde yer alan havalimanlarının nasıl gruplandıkları Şekil 2'de gösterilen dendrogram (ağaç grafiği) ile yapılmıştır.

Şekil 2: Ward's Yöntemi Kullanılarak Oluşturulan Ağaç Grafiği



Şekil 2'ten görülebileceği üzere Ward's yönteminin sonuçlarına göre, küme 1'de 29, küme 2'de 4, küme 3'de 9, küme 4'de 6, küme 5'te 2 havalimanı yer almıştır.

İlk birleşen havalimanları, Balıkesir Merkez, Çanakkale Gökçeada, Zonguldak Çaycuma, Siirt, Tokat, Kastamonu, Zafer, Kocaeli Cengiz Topel, Uşak, Kahramanmaraş, Şırnak Şerafettin Elçi, Ağrı Ahmed-i Hani, İğdir Şehit Bülent Aydın, Adıyaman, Hakkâri Yüksekova, Sinop, Bingöl, Amasya Merzifon, Kapadokya, Erzincan, Muş, Kars Harakani, Sivas Nuri Demirağ, Batman, Mardin, Gazipaşa Alanya, Bursa Yenişehir, Çanakkale, Eskişehir Hasan Polatkan Küme 1'i oluşturmaktadır. İkinci birleşen havalimanları, Balıkesir Koca Seyit, Isparta, Aydın Çıldır, Tekirdağ Çorlu Küme 2'i oluşturmaktadır. Üçüncü birleşen havalimanları, Erzurum, Samsun Çarşamba, Malatya, Şanlıurfa Gap, Konya, Ordu- Giresun, Elazığ, Hatay, Denizli Çardak Küme 3'ü oluşturmaktadır. Dördüncü birleşen havalimanları, Muğla Milas, Gaziantep, Diyarbakır, Kayseri, Van Ferit Melen, Muğla Dalaman havalimanları Küme 4'ü oluşturmaktadır. Beşinci birleşen havalimanları, Adana ve Trabzon Küme 5'i oluşturmaktadır. Elde edilen tüm kümeler Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Ward's Yöntemi ile Elde Edilen Kümeleme Sonuçları

| Küme 1 | Küme 2 | Küme 3 | Küme 4 | Küme 5 | | |
|-------------------|----------------|-------------|----------------|----------------|---------------|---------|
| Gazipaşa Alanya | Erzincan | Kapadokya | Aydın Çıldır | Erzurum | Muğla Dalaman | Adana |
| Adıyaman | Eskişehir H.P. | Siirt | Balıkesir K.S. | Denizli Çardak | Muğla Milas | Trabzon |
| Ağrı Ahmed-i Hani | Hakkâri Y.S.E. | Sinop | Isparta S.D. | Elazığ | Gaziantep | |
| Amasya Merzifon | İğdir Ş.B.A. | Sivas N.D. | Tekirdağ Çorlu | Hatay | Diyarbakır | |
| Balıkesir Merkez | Kahramanmaraş | Şırnak Ş.E. | | Konya | Kayseri | |

| | | | | |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Batman | Kars Harakani | Tokat | Malatya | Van Ferit Melen |
| Bingöl | Kastamonu | Uşak | Ordu-Giresun | |
| Bursa Yenişehir | Kocaeli C.T. | Zafer | Samsun Çarşamba | |
| Çanakkale | Mardin | Zonguldak | Şanlıurfa Gap | |
| Gökçeada | Muş | | | |

Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinden biri olan K-Ortalamlar yönteminde elde edilen sonuçlar ile hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden biri olan Ward's yönteminde elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, elde edilen kümelerdeki havalimanlarının bire bir aynı olduğu sadece Ward's yönteminde, K-Ortalamlar yönteminde ayrı iki küme olarak ortaya çıkan Adana ve Trabzon havalimanlarının bir arada kümelediği gözlemlenmiştir. Bu farkın olmasının en temel nedeni olarak, Adana ve Trabzon havalimanlarının İstanbul, İzmir, Ankara ve Antalya'da bulunan havalimanlarına benzerlikten dolayı ayrı iki nokta olması gösterilebilir. Sonuç olarak, küme sayısı belirtilerek yapılan analiz ile küme sayısı belirtilmeden yapılan analiz tutarlı sonuçlar vermektedir.

5. SONUÇ

Ekonominin büyümesine bağlı olarak artan talebin karşılanabilmesi için havalimanlarının sayısının artırılması, var olan havalimanlarının daha etkin ve verimli çalışmasının sağlanması şart olmuştur. İhracat ve ithalat işlemlerinde havayollarının kullanımı oldukça önemlidir. Havalimanları, illerin ve ilçelerin gelişmesini de önemli ölçüde desteklemektedir. Bu çalışmada, konu olarak ülkeler için büyük bir öneme sahip olan havalimanları ele alınmıştır. Havalimanları ve veri madenciliğinin birlikte çalışıldığı sınırlı sayıda çalışma olduğu dikkate alınarak, Türkiye'deki 55 havalimanı, DHMİ tarafından paylaşılan veriler doğrultusunda hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden olmayan K-Ortalamlar yöntemi ve hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden olan Ward's yöntemi ile benzer özellikleri değerlendirilerek gruplandırılmıştır. K-Ortalamlar yönteminde küme sayısı dirsek yöntemi ile 6 olarak belirlenmiştir. Tablo 2 dikkate alındığında, oluşturulan 6 küme içerisinde yer alan havalimanlarının ele alınan kriterler ve veriler doğrultusunda benzerlik gösterdiği sonucu ortaya çıkmıştır. Ward's yöntemi küme sayısını 5 olarak vermiştir. Ayrık olarak nitelendirilebileceğimiz Adana ve Trabzon havalimanlarını tek bir kümede gruplandırmıştır. Günümüzde bu denli öneme sahip olan havalimanları üzerinde daha fazla durulmalı ve çalışmalar yapılmalıdır. Kullanılan kriterlere ek kriterler eklenerek çalışma geliştirilebilir. Literatürde havalimanları ve veri madenciliği uygulamasının yetersiz olduğu görülmekte ve veri madenciliği yöntemlerinden olan kümeleme, sınıflandırma ve karar ağacı gibi uygulamalar yapılarak havalimanları incelenmelidir. Veri madenciliği, gizli kalmış bilgilerin açığa çıkmasına yardımcı olması yönüyle havalimanlarının performansını, müşteri memnuniyetini veya kapasitesini verimli kullanması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sonuç olarak bu çalışmada havalimanları kümelenecek benzer havalimanları tespit edilmiş, ortak sorunlara getirilen çözümlerin benzer havalimanlarında etkin olacağı düşünülerek yöneticilere yardımcı olacak bir kaynak hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

- Alıcı, A. (2017). Havalimanı gelir türleri ve havacılık dışı ticari gelirlerin önemi. Hukuk ve İktisat Araştırmaları Derneği, 9(2), ss. 1-16.
- Altın, F. G., Karaatlı, M., Budak, İ. (2017). Avrupa'nın en büyük 20 havalimanının çok kriterli karar verme yöntemleri ve veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22(4), ss.1049-1064.
- Ar, İ. M. (2012). Türkiye'deki havalimanlarının etkinliklerindeki değişimin incelenmesi: 2007- 2011 dönemi için Malmquist-Tfv endeksi uygulaması. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(3-4), ss.143-160.
- Atalay, A., Tortum, A. (2010). Türkiye'deki illerin 1997-2006 yılları arası trafik kazalarına göre kümeleme analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3), ss. 335-343.
- Avcı, T., Aktaş, M. (2015). Türkiye'de faaliyet gösteren havalimanlarının performanslarının değerlendirilmesi. Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, 7(3), ss.67-77.
- Cui, Q., Wei, Y.-M., Li, Y., Li, W.-X. (2017). Exploring the differences in the airport competitiveness formation mechanism: evidence from 45 Chinese airports during 2010–2014. Transportmetrica B, 5(3), ss. 330-346.
- Çakır Zeytinoğlu, F., Çağlayan Akay, E., Karabıyık Yerden, N. (2016). İstanbul'daki alışveriş merkezleri üzerine bir araştırma: kümeleme analizi. Social Sciences Research Journal, 5(1), ss.111-128.
- Çalış Boyacı, A., Durmaz, K. İ., Gencer, C. (2018). Uçak seferlerindeki rotaları etkileyen faktörlerin analizi. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi,11(18), ss.179-190.

- Çatal, Y., Carus, S. (2017). Kümeleme analizi ile orman bölge müdürlüklerinin olağanüstü hasılat etasına göre sınıflandırılması. Türkiye Ormanlık Dergisi, 18(2), ss.119-124.
- Çelik, H. C., Kakyaoğlu, M. (2007). İlköğretim öğretmen adaylarının teknolojiye yönelik tutumlarının kümeleme analizi. Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 5(4), 571-586.
- Çelik, H.C., Satıcı, Ö., Çelik, M. Y. (2005). Sağlık Personellerinde kronik sigara içme alışkanlığı olanların tutumlarına ilişkin değişkenlerin kümeleme analizi (Cluster Analysis). Dicle Tıp Dergisi, 32(1), ss. 20-25.
- Demiralay, M., Çamurcu, A. Y. (2005). Cure, agnes ve k-means algoritmalarındaki kümeleme yeteneklerinin karşılaştırılması. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(8), 1-18.
- Dönme, C. Ç., Hopali, E., Hamal, S. (2017). Endüstri sektörlerinin ekonofizik açıdan kümelene analizi: Türkiye uygulaması. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 16(63), ss.1081-1091.
- Erdoğan, Ş. Z., Timor, M. (2005). A data mining application in a student database. Journal of Aeronautics and Space Technologies, 2(2), ss.53-57.
- Fan, H., Tarun, P. K., Shih, D. T., Kim, S. B., Chen, V. C., Rosenberger, J. M., Bergman, D. (2011). Data mining modeling on the environmental impact of airport deicing activities. Expert Systems with Applications, 38, ss.14899-14906.
- Fuellhart, K., O'Connor, K. (2018). A supply-side categorization of airports across global multiple-airport cities and regions. GeoJournal, ss. 1-16.
- Grabbe, S., Sridhar, B., Mukherjee, A. (2014). Clustering days and hours with similar airport traffic and weather conditions. Journal of Aerospace Information Systems, 11(11), ss. 751-763.
- Gökdalay, M. H., Evren, G. (2009). Havaalanlarının performans analizinde bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımı. itüdergisi/d mühendislik, 8(6), ss. 157-168.
- Han, X., Hou, Y., Zhang, H. (2017). Optimization model and algorithm of the flight delays. Liaoning Gongcheng Jishu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Liaoning Technical University (Natural Science Edition), 36(5), ss. 542-547
- Liou, J. J., Tang, C.-H., Yeh, W.-C., Tsai, C.-Y. (2011). A decision rules approach for improvement of airport service quality. Expert Systems with Applications, 38, ss.13723-13730.
- Magalhaes, L., Reis, V., Macario, R. (2015). Can flexibility make the difference to an airport's productivity? An assessment using cluster analysis. Journal of Air Transport Management, 47, ss. 90-101.
- Mayer, R. (2016). Airport classification based on cargo characteristics. Journal of Transport Geography, 54, ss. 53-65.
- Meng, H., Peng, Y. (2015). Two-stage extraction method for flight delay pattern. Harbin Gongye Daxue Xuebao/Journal of Harbin Institute of Technology, 47(10), ss. 70-75.
- Murat, Y. Ş., Şekerler, A. (2009). Trafik kaza verilerinin kümelene analizi yöntemi ile modellenmesi. İMO Teknik Dergi, 311, ss.4759-4777.
- Ömürbek, N., Öksüz Demirgubuz, M., Tunca, M. Z. (2015). Hizmet sektöründe performans ölçümünde veri zarflama analizinin kullanımı: havalimanları üzerine bir uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 4(9), ss.21-43.
- Özkes, S. (2003). Veri madenciliği modelleri ve uygulama alanları. İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi, 2(3), ss.65-82.
- Pekin, M. A., Kahraman, O., Coşkun, M. (2017). K-ortalamalar yöntemi ile sıcaklık ve yağış bakımından Türkiye'deki homojen bölgelerin belirlenmesi. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK'2017, İstanbul, ss. 1-9
- Pınar, M., Okumuş, O., Turgut, U. O., Kalıpsız, O., Aktaş, M. S. (2017). Büyük veri içeren öneri sistemleri için hiperparametre optimizasyonu. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu, ss. 22-272.
- Sarıman, G. (2011). Veri madenciliğinde kümeleme teknikleri üzerine bir çalışma: k-means ve k-medoids kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(3), ss.192-202.
- Sarkis, J., Talluri, S. (2004). Performance based clustering for benchmarking of US airports. Transportation Research Part A, 38, ss.329-346.
- Savaş, S., Topaloğlu, N., Yılmaz, M. (2012). Veri madenciliği ve Türkiye'deki uygulama örnekleri. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(21), ss.1-23.
- Suzuki, Y. (2007). Modeling and testing the "two-step" decision process of travelers in airport and airline choices. Transportation Research Part E 43, ss.1-20.
- Tanyaş, M., Düzgün, M. (2015). İstanbul üçüncü havalimanı (IGA)'nın Türkiye için önemi ve geniş çaplı bölgesel hava trafiği üzerindeki etkisi. Loder Dergisi, 33, ss.37-45.
- Tanyaş, M., (2014). İstanbul lojistik sektör analizi raporu. Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği Loder Dergisi.
- Taşdelen, A. (2014). Veri madenciliği yöntemleri ile mühendislik fakültesi uzaktan eğitim bölümlerinin analizi: Karabük Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

Tekin B. (2015). Temel sağlık göstergeleri açısından Türkiye'deki illerin gruplandırılması: bir kümeleme analizi uygulaması. ankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(2), ss. 389-416.

URL-1, DHMİ, (2017). 2017 aralık sonu (kesin olmayan) veriler. <http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx> 19 Temmuz 2018 tar

URL-2 UHDB, (2017). <http://www.udhb.gov.tr/images/butce/6c72b7bc5767c2a.pdf>. 19 Temmuz 2018 tarihinde eriřildi.

URL-3, İpekci, E. (2016). Havayolu taşımacılığı, <http://www.emreipekci.com/havayolu-tasimaciligi-html/> 19 Temmuz 2018 tarihinde erişildi.

Uysal, F. U., Ersz, T., Ersz, F. (2017). Türkiye'deki illerin yařam endeksinin ok deđiřkenli istatistik yntemlerle incelenmesi. Temel Bilimler Dergisi, 9(1), Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, ss.49-65.

Wang, G., Cai, L., Shao, B., Chong, X., Hao, W., Xu, F. (2009). Comprehensive evaluation model of grey fixed weight clustering for airport pavement service performance. In International Conference on Transportation Engineering, ss. 984-989.

Wang, L., Taylor, C., Wanke, C. (2011). An airport clustering method for air traffic flow contingency management. In 11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations (ATIO) Conference s. 6862

Wang, F., Xu, X. H. (2011). Mixed clustering algorithm of airport capacity in stochastic GHP model. Journal of Traffic and Transportation Engineering,1 (1), ss 1-12.

Wu, G., Xia, H.-S., Gao, Q. (2013). Optimization model of flight time and frequency under operation mode of multi-airports system. Jiaotong Yunshu Gongcheng Xuebao/Journal of Traffic and Transportation Engineering, 13(4), ss. 79-86.

Xia, L., Wang, J., Zhang, X., Wang, L. (2014). Application of cluster regression in time series prediction of airport noise. Shuju Caiji Yu Chuli/Journal of Data Acquisition and Processing, 29(1), ss. 152-156.

Yrk, F., Erdođmuř, P. (2015). Dzce ilinin hayvansal atıklardan retilebilecek biyogaz potansiyeli ve k-means kümeleme ile optimum tesis konumunun belirlenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 4(1), ss.47-56.

Zhu, B., Wu, G., Gao, Q. (2014). Optimization on flight frequencies and timetable in a multiple-airport system under hub congestion. Journal of Computational Information Systems,10(6), ss. 2587-2596.