



# İstanbul Deniz Yolcu Taşımacılığının Kümeleme Yöntemi ile Analizi

## Analysing Istanbul Maritime Passenger Transport Using Clustering Method

Üstün Atak<sup>1</sup>

### Öz

Denize kıyısı olan kentlerin ulaşım seçeneklerinde deniz yolu taşımacılığı yüksek öneme sahiptir. Bu bakımdan İstanbul, Asya ve Avrupa yakasında bulunan iskele konumları ile kent içi deniz taşımacılığında büyük bir avantaja sahiptir. İstanbul deniz ulaşım alanında yolcu taşıması birden çok firma ile her gün tamamlanmaktadır. Bu kapsamda, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı'ndan elde edilen veri ile tamamlanan çalışmada gözetimsiz öğrenme yöntemi kullanılarak kent içi taşımadaki örüntüler tespit edilmeye çalışılmıştır. Araştırmanın amacı K-means kümeleme algoritmasını açık kaynak veri üzerinde kullanarak deniz yolcu taşımacılığı için uygunluğunun değerlendirilmesidir. Aynı zamanda kümeleme çalışması için büyük öneme sahip olan küme sayısı belirleme sorunu farklı yöntemler ile değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda az sayıda küme sayısı ile analiz yapıldığında taşıyıcı ve yolcu profiline ait bilgilere ulaşılabileceği tahmin edilmiştir. Bununla beraber, yüksek küme sayısı ile analiz yapıldığında taşıyıcıya ait örüntülere ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda doğrudan iskele bazında yolcu ya da taşıyıcı analizi yapılmak yerine gelecek çalışmalara dayanak olabilecek çıkarımlardan bahsedilmiş ve uygun yaklaşımlar açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz Ulaştırma Mühendisliği, Yolcu Taşımacılığı, Kümeleme Analizi, K-means

### ABSTRACT

Maritime transportation has a high importance in cities that have ports. In this respect, Istanbul has a great advantage in urban maritime transportation with the help of its pier locations on the Asian and European sides. Urban passenger transportation is completed every day by different liner services in Istanbul. This study aims to achieve possible patterns in urban transportation using the unsupervised learning method with the data obtained from the Istanbul Metropolitan Municipality Open Data Portal. The research question is to determine whether the K-means clustering algorithm is suitable for analyzing maritime passenger transport open access data. Moreover, the problem of determining the number of clusters has been evaluated with different methods. The results showed that information about the liner and passenger profiles could be obtained with a small number of clusters. On the other hand, different cluster numbers revealed that liner profiles could be analyzed with higher cluster numbers effectively. As a result of the study, appropriate methods and outcomes are explained instead of directly analyzing passengers or carriers on a pier-by-pier basis.

**Keywords:** Maritime Transportation Engineering, Passenger Transport, Clustering, K-means

<sup>1</sup> Corresponding Author: (Dr. Üstün Atak) Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi Denizcilik MYO, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, [uatak@bandirma.edu.tr](mailto:uatak@bandirma.edu.tr), ORCID: 0000-0002-1513-7371



## GİRİŞ:

İstanbul ili coğrafi konumu itibarı ile Asya ve Avrupa'yı birbirine bağlayan çeşitli ulaşım seçeneklerine sahiptir. Coğrafi konumu sayesinde hem karayolu kesişim noktalarında yer almakta hem de denizyolu taşımacılığı avantajlarından faydalanabilmektedir. Enerji koridorunun kesişim noktalarından birisi olan İstanbul'da yoğunlukla yolcu ve kısmen de araç taşımacılığı kıtalar arası sıklıkla kullanılmaktadır. Ticari taşımacılığını yoğunlukla deniz yolu ile gerçekleştiren ülkemizde (Erdönmez ve İncaz, 2016) İstanbul'un bu coğrafi konum avantajı kimi zaman trafik gibi sorunlara sebep olmakla beraber alternatif ulaşım seçeneklerinden birisi olan deniz taşımacılığı bu konuda kent ulaşım yükünü hafifletebilmektedir.

Araştırma amacı olarak K-means kümeleme algoritmasının açık kaynak veri kullanarak deniz yolcu taşımacılığı için uygunluğunun değerlendirilmesi belirlenmiştir. Bu çalışmada İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı'ndan elde edilen üç yıllık İstanbul deniz yolcu taşımacılık verisi kullanılmıştır (URL-1). Verinin kapsamı her bir iskele için aylık yolcu taşıma sayıları ve taşıyan firma olarak karşımıza çıkmaktadır. Verinin analiz edilmesinde yöntem olarak K-means gözetimsiz öğrenme algoritması olarak seçilmiştir. Kümeleme yöntemi kullanılarak tamamlanacak analizde veri üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan gözetimsiz makine öğrenmesi yöntemi uygulanmıştır. Bu yaklaşımın seçilmesinin sebebi veri içerisindeki geleneksel hesaplamalar ile elde edilemeyecek değişik örüntülerin ortaya çıkarılmasının hedeflenmesidir. Tek bir yöntem seçilmesinin sebebi ise diğer yöntemlerin yeterince yaygın olmaması ve daha basit uygulama seçeneklerinin zayıf olmasıdır. Bu çalışma sonucunda oluşturulacak modelin yüksek işlemci gücü gerektirmeyen bilgisayar ve düşük kodlama bilgisi ile kolaylıkla tekrar uygulanabilmesi amaçlanmıştır. Elde edilecek olası sonuçların şehir bölge planlama, ulaşım modelleme, iskele kapasitesi ve yeni hat yatırımları gibi konularda faydalı olması beklenmektedir. Çalışma sonucunda olası ticari sonuçlardan kaçınmak için doğrudan iskele bazında yolcu ya da taşıyıcı analizi yapılmak yerine gelecek çalışmalara öncü olabilecek çıkarımlardan bahsedilmiş ve uygun yaklaşımlar açıklanmıştır.

### 1. İstanbul İli Deniz Yolcu Taşımacılığı

İstanbul kent içi deniz ulaşımı tarihine TMMOB Gemi Mühendisler Odası İstanbul Kent İçi Deniz Ulaşımı Raporu'nda (2008) bahsedildiği üzere ilk ulaşım seçeneklerinin denizyolu olarak karşımıza çıkmaktadır. Faytonla yapılan ulaşımın zaman kaybına yol açması ve pahalı olması sebebi ile insanlar kent içinde yaya ya da kayıkla bir noktadan diğerine seyahat etmişlerdir. Öte yandan aynı raporda 1837 yılından itibaren Rus ve İngilizlere ait birer geminin Boğaz'da düzenli sefer yaptığından bahsedilmektedir. 1987 yılına kadar Şehir Hatları İşletmesi'nin öncülüğünde yürütülen deniz ulaşımı günümüzde çok sayıda farklı özel şirketin verdiği hizmetler ile İstanbul'da ulaşımı kolaylaştırmaktadır.

1844'te Hazine-i Hassa Vapurları İdaresi ile başlayan İstanbul deniz yolu taşımacılığı 1937 yılında Şehir Hatları işletmesinin kurulması ile dönüşüme uğramıştır. 2005 yılında Şehir Hatları'nın İDO'ya devredilmesi ile yeni iskele ve gemiler hizmete alınmıştır. Aynı şekilde çok sayıda özel işletme ile İstanbul deniz yolu yolcu taşımacılığı farklı iskelelerde hizmet vermektedir. İstanbul'da artan trafik sorununa çözüm sağlayan yolcu ve araba taşımacılığı artan nüfus ile her geçen gün önem kazanmaktadır.

### 2. Yazın

Önceki çalışmalara bakıldığında K-means algoritmasının farklı çalışmalarda kullanıldığı görülmektedir. Bu kapsamda yazın taraması Tablo 1'de görüldüğü gibi algoritma ve denizcilik konularında değerlendirilmiştir. Ayrıca yolcu taşımacılığı ile alakalı diğer sektörlerde yapılmış uygulamalar araştırılmıştır.

**Tablo 1. Yapılan geçmiş çalışmalar.**

Yazar	Başlık	Dergi/Yayıncı
Syaoqiyah vd. (2024)	Classification of Domestic Flight Passengers at Main Airports Using the K-Means Clustering Method	IJISTECH (International Journal of Information System and Technology)
Farahnakian vd. (2023)	A Comprehensive Study of Clustering-Based Techniques for Detecting Abnormal Vessel Behavior	Remote Sensing
Xin vd. (2023)	Maritime traffic clustering to capture high-risk multi-ship encounters in complex waters	Reliability Engineering & System Safety
Hou vd. (2022)	On the K-Means Clustering Model for Performance Enhancement of Port State Control	Journal of Marine Science and Engineering
Son ve Cho (2022)	Analysis of Trends in Mega-Sized Container Ships Using the K-Means Clustering Algorithm	Applied Sciences
Cahyana vd. (2020)	Hybrid cluster analysis of customer segmentation of sea transportation users	Journal of Economics, Finance and Administrative Science
Sazak (2019)	İstanbul için öneri: Deniz ulaşımında elektrikli taşıt kullanımı ile enerji verimliliği sağlanması	Altınbaş Üniversitesi
Yücel (2019)	Şehir İçi Deniz Yolu Toplu Taşımacılığında Vapur Atama ve Rotalama Optimizasyonu: İstanbul Şehir Hatları Uygulaması	DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik
Aycı ve Barlas (2015)	İstanbul Şehir Hatları'nın Gemi ve Hat Analizi	GİDB Dergi
Öztürk (2011)	Belediyeler ve Deniz Ulaşımı: İstanbul Şehir Hatlarının Belediyeye Devri	Çağdaş Yerel Yönetimler
Özer (2009)	İstanbul Deniz Otobüsleri'nin Bir Hattında Yolcu Talep Tahmini	Marmara Üniversitesi
Oral (2008)	İstanbul deniz yolu ulaşımının değerlendirilmesi ve öneriler	İstanbul Teknik Üniversitesi

Cahyana vd. (2020) hibrid kümeleme analizi kullanarak deniz yolu kullanıcılarının müşteri memnuniyet düzeyini analiz etmiştir. Yapılan çalışma sonucunda "PT Pelindo I" taşıma hizmeti kullanıcılarının hangi oranda memnun oldukları bulunmuştur. Benzer yaklaşım ile Hou vd. (2022) K-means algoritması kullanarak liman devlet kontrolü performans geliştirmesi amaçlı bir model oluşturmuştur. Tokyo

Memorandum verisinin altı yıllık analizi ile yapılan çalışma sonucunda doğruluk oranı %50 olarak bulunmuştur. Başka bir kümeleme analizi yöntemi ile Xin vd. (2023) yüksek trafiğe sahip deniz alanlarında gemiler arası oluşabilecek riskli durumları analiz etmiştir. En yakın komşu yöntemi ile uygulanan kümeleme çalışmasında yüksek riske sahip alanlar bulunmuş ve çatışma önleyici sisteme yardımcı olarak kullanılabilirdiğinden bahsedilmiştir. Benzer şekilde Farahnakian vd. (2023) olağandışı gemi seyir davranışlarını tahmin edebilmek için birden fazla kümeleme algoritması kullanarak çalışma yapmıştır. Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS) verisi kullanılarak yapılan çalışmada K-means algoritmasının etkili bir biçimde deniz güvenliği açısından problem olan karanlık gemi ve dairesel gemi hareketlerini tespit edebilmiştir. Aynı şekilde, Son ve Cho (2022) K-means algoritması kullanarak yüksek taşıma kapasitesine sahip konteyner gemileri trend analizini tamamlamıştır. 5.497 farklı gemi verisinin kullanıldığı çalışma sonucunda %75 doğrulukla gelecekte yapılması planlanan gemi boyutlarını tahmin etmiş ve liman yatırımlarına yardımcı olabileceğinden bahsedilmiştir. Aynı yöntemi kullanan Syaoqiyah vd. (2024) Endonezya’da tamamlamış oldukları çalışmada havayolu yolcu taşıma verisi kullanmıştır. Yapılan çalışmada K-means kümeleme algoritması kullanılarak en yüksek taşıma hacmine sahip taşıyıcı ve hangi ay olduğu elde edilmiştir.

İstanbul deniz taşımacılığı ile yapılan çalışmalar incelendiğinde Öztürk (2011) yapmış olduğu çalışmada belediyeler ve deniz ulaşımı kapsamında İstanbul Şehir Hatları işletmesinin belediyeye devrini analiz etmiştir. Çalışma sonucunda deniz ulaşımının denetim ve diğer hizmetlerinin mahalli idarelere veya özerk kuruluşlara devredilmesi gerekliliğinden bahsetmiştir. Diğer bir çalışma Aycı ve Barlas (2015) İstanbul Şehir Hatları’nın gemi ve hat analizi değerlendirmesini şirketin planlama birimi ile fikir alışverişinde bulunarak belirli iskeleler doğrultusunda tamamlamıştır. Eminönü, Karaköy, Kadıköy ve Üsküdar iskelelerindeki sefer doluluk oranları ve gemi işletim maliyetleri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda sistemde değişiklik yapılması gerekliliğinden bahsedilmiştir. Benzer şekilde, Yücel (2019) İstanbul deniz yolu taşımacılığı için seferlere vapur atama ve rotalama problemi konusunu ele almıştır. Yapılan çalışma sonucunda gerçek boyutlu veri için matematik modellerin yetersiz kaldığından bahsedilmiş ve tabu arama yöntemine dayalı sezgisel bir yöntem geliştirilmiştir. Öte yandan, Özer (2009) yapmış olduğu çalışmada zaman serisi yöntemi kullanarak İstanbul deniz otobüslerinin yolcu tahmini çalışmasını tamamlamıştır. 1994-2008 yılları arasında elde edilen sayısal veri analizi sonucunda 2009 yılı ilk dönemi için en uygun yolcu sayısı tahmin edilebilmiştir. Oral (2008) yapmış olduğu çalışmada benzer şekilde İstanbul deniz ulaşımı değerlendirmesini tamamlamıştır. Çalışma sonucunda kentte yapılan yolculukların karayolundan deniz yoluna kaydırılabilmesi üzerine tasarlanan önerilerin verimliliği değerlendirilmiştir. Sazak (2019) ise İstanbul ilinde deniz ulaşımı için kullanılan vapurların elektrikli araç teknolojisi ile kullanılmasını Şehir Hatları şirketi temelinde değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda tasarruflu ve çevre dostu ulaşım seçeneği çözüm önerileri sunulmuştur.

Yapılan çalışmalara bakıldığında K-means algoritmasının denizcilik alanında başarılı sonuçlar veren çalışmalara öncülük ettiği görülmektedir. Ayrıca İstanbul ili deniz taşımacılığı konusunda geçmiş veriler analiz edilerek çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Bununla beraber havayolu yolcu taşımacılığı alanında kullanılan algoritmanın veriyi analiz etmede kullanıldığı görülmektedir.

### 3. Yöntem

K-means gözetimsiz ya da denetimsiz olarak adlandırılan bir öğrenme algoritmasıdır. Algoritmanın çalışmasında kullanılan veride herhangi bir etiketlenmiş veri olmaması gerekir. Veri öğrenme aşamasında herhangi bir etikete ya da değere gerek duymayan algoritma bunun yerine benzer noktaları kümeler halinde gruplamaktadır. Başlangıç olarak “k” rastgele nokta başlangıç küme merkezleri için seçilir ve her veri noktası en yakın merkeze atanır. Sonraki aşamada küme içerisindeki noktaların ortalamaları alınarak merkezler güncellenir. Merkezler en uygun noktaya gelip göz ardı edilecek kadar değişikliklerle güncelleme yapıldığı noktada süreç tamamlanır.

K-means “within-cluster sum of squares-WCSS” olarak adlandırılan kümeler içi kareler toplamı değerini minimize etmeyi hedefler. Formülü şu şekildedir:

$$WCSS_k = \sum_{x \in k} |x - \bar{x}|^2$$

Algoritmanın en önemli noktalarından bir tanesi ise en uygun “k” değerinin bulunmasıdır. Bunun için kullanılan üç farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki “Elbow Method” olarak adlandırılan yaklaşımdır. Bu yaklaşımda K-means WCSS’nin hesaplanabilmesi için birçok seçenek ile çalıştırılır. En iyi “k” ise WCSS arasındaki uyuma göre belirlenir. Diğer bir yaklaşım ise “Silhouette Score” olarak adlandırılan Silüet puanı olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşımda kümenin noktaları arasındaki benzerlik ölçülür. “-1” ile “1” arasında belirlenen bir değer ile noktanın yanlış ya da doğru kümede olduğu belirlenir. “-1” değeri yanlış küme için tanımlanırken değeri doğru kümeye atanmış nokta için tanımlanır. Son yaklaşım ise “gap statistics” olarak adlandırılan boşluk istatistikleridir. Bu yaklaşımda kümeleme yönteminin çıktısı küme içi varyasyondaki değişimi beklenen bir referans sıfır dağılımı ile karşılaştırılır.

#### 4. Deniz Yolcu Taşıma Çalışması

Çalışmada kullanılan İstanbul içi deniz yolcu taşıma verisi İstanbul Büyükşehir Belediyesi Açık Veri Portalı’ndan 2021, 2022 ve 2023 yılları için toplam 29.017 satır olarak elde edilmiştir. Veri, yolcu taşıma istatistiklerini iskele ve aylık taşıma sayısı olarak açıklamaktadır. Bununla beraber Tablo 2’de gösterildiği gibi yine aynı kaynaktan elde edilen deniz işletmeleri bazında araç, hat ve iskele sayısı kümeleme çalışması sonucunda çıkarım yapabilmek için kullanılmıştır. Özel işletme olarak belirtilen “Özel Tekne / Motor” sayıları aylık yolcu taşıma verisinde şirket adı açık olarak paylaşılmış olsa da çalışmada isimler gizlenerek kullanılmıştır. Hem olası şirket kazancı ya da kapasitesinin ortaya çıkarılmasının önüne geçmek hem de kümeleme algoritmasında herhangi bir etiketleme yapmamak için bu yol seçilmiştir.

Ham veri elde edildikten sonra iskele isimleri düzenlenmiştir. Bunun sebebi birden fazla yıl için oluşturulan verideki iskele isimlerinde bir ya da iki harfin farklı yazılmasıdır. Ayrıca kümeleme modeli için uygun olmayan boş hücre içeren satırlar çıkarılmıştır (28.369 satıra düşmüştür). Bu aşamalar tamamlandıktan sonra MS Excel kullanılarak tek bir veri seti üç yıl süre için oluşturulmuştur.

Veri seti oluşturulduktan sonra analiz için Win 10 işletim sistemine sahip Intel i7-6700 işlemci ve 48 GB RAM’e sahip bilgisayarda R programlama dili kullanılmıştır. R ile kategorik değişkenlerin K-means kümeleme algoritması tarafından analiz edilebilmesi için iskele ve taşıyıcı isimlerinde kukla-dummy değişken dönüşümü yapılmıştır.

En uygun “k” değerini bulabilmek için WCSS değeri ve “Elbow Method ve Silhouette Score” yaklaşımı kullanılmıştır. Öncelikle tüm veri herhangi bir değişiklik yapılmadan analiz edilmiştir. Sonraki aşamada ise WCSS değerinin iyileştirilebilmesi için iskele konumlarına göre veri seti ikiye ayrılmıştır. Bunun sebebi hem turistik/iş yeri konumlarının değerlendirilebilmesi hem de tek yöne doğru yapılan yolculuk sayılarının analiz edilebilmesi olarak amaçlanmıştır. Tüm veri setleri en uygun küme sayısı değerleri belirlenirken “Elbow Method ve Silhouette Score” yaklaşımları kullanılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında iskele yerleri, taşıyıcı isimleri, ay ve yıl değişkenleri kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmede ay ve yıl değişkenlerinin WCSS’yi olumsuz yönde etkilediği ve çalışmanın amacı ile uyumadığı için kullanılmamıştır. İskele konumları ve taşıyıcıların olası örüntülerini ortaya çıkarmak için

kullanılan kümeleme yöntemi metriklerini olumsuz etkileyen bu durum Avrupa ve Asya olarak ayrılan veri setinden çıkarılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında İstanbul'un Asya ile Avrupa tarafında bulunan iskeleler olarak ikiye ayrılmış olan veri setleri en uygun "k" değerleri için küme değerleri hesaplanmıştır. Toplamda dört adet kümeleme çalışmasının değerleri üzerinden olası çıkarımlar İBB Açık Veri Portalı Deniz Ulaşım Hatları Vektör Verisi kullanılarak ayrıca değerlendirilmiştir (URL-2).

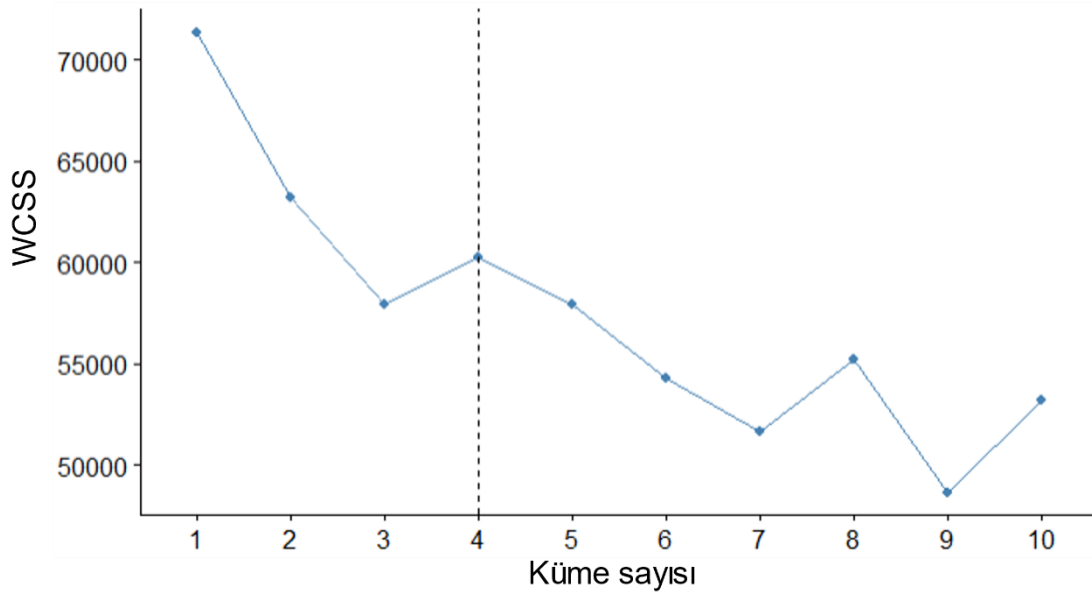
**Tablo 2. Deniz işletmeleri bazında araç, hat ve iskele sayısı.**

İşletme Türü	Gemi/Motor Sayısı			Hat Sayısı			İskele Sayısı			
	Yıl	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
İDO (İstanbul Deniz Otobüsleri)		24	52	52	4	15	15	27	35	35
Şehir Hatları A.Ş.		26	61	77	22	23	32	48	108	111
Özel Tekne / Motor		133	396	394	14	17	17	42	30	30

## 5. Bulgular

K-means algoritması ile çalışma ham verisi analiz edildiğinde dirsek ve siluet yöntemi ile elde edilen uygun küme değerlerine göre her bir verinin ilgili kümeye üyelik değeri tablo halinde elde edilmiştir. Aynı zamanda görsel hazırlanarak çıkarım yapılabilecek hale getirilmiştir.

**Şekil 1. Dirsek yöntemi ile en uygun küme değeri.**



Şekil 1'de görünen en uygun "k" değerleri doğrultusunda Tablo 3'teki dört küme için üyelik değerleri elde edilmiştir.

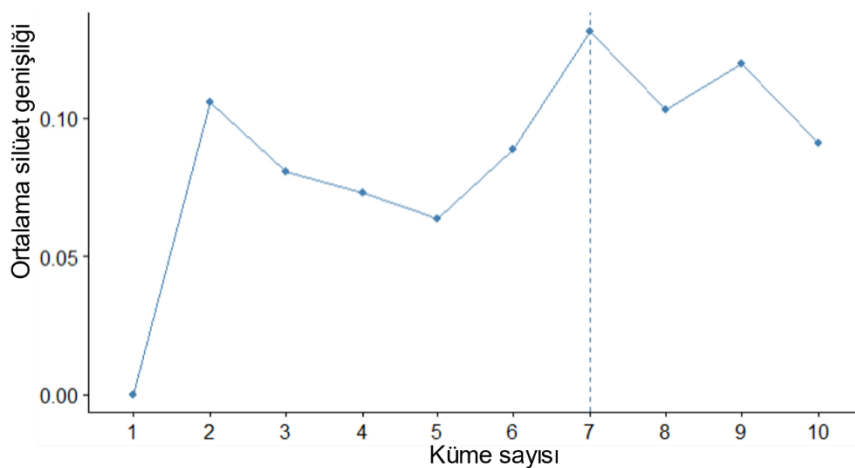
Tablo 3. Ham çalışma verisi dört küme üyelik değerleri.

Küme No	Anadolu Hisarı	Anadolu Kavağı	Arnavutköy	Ayvansaray	Balat
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,02518251	0,02518251	0,02518251	0,02511553	0,02471368
3	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,01459594
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Beylerbeyi	Bostancı	Burgazada	Büyükada	Büyükdere
1	0,00000000	0,04486960	0,00000000	0,04281972	0,00000000
2	0,02518251	0,02518251	0,02518251	0,02518251	0,02518251
3	0,01459594	0,03168387	0,01566394	0,03061588	0,01139195
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Eyüp	Fener	Harem	Hasköy	Heybeliada
1	0,00000000	0,00000000	0,04270584	0,00000000	0,04247808
2	0,02518251	0,02491461	0,00000000	0,02518251	0,02518251
3	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,03025988
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Karakoy	Kartal	Kasımpaşa	Kınalıada	Küçüksu
1	0,00000000	0,04281972	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,02518251	0,00000000	0,02518251	0,02518251	0,02036032
3	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,01601994	0,01174795
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Sirkeci	Sütlüce	Topçular	Üsküdar	Yenikapı
1	0,04270584	0,00000000	0,04281972	0,04281972	0,004783054
2	0,00000000	0,02518251	0,00000000	0,02518251	0,000669747
3	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,04058384	0,003915984
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,19696970	0,000000000
	Barbaros	Bebek	Beşiktaş	Beykoz	Çengelköy
1	0,00000000	0,00000000	0,04281972	0,04281972	0,00000000
2	0,02518251	0,02518251	0,02518251	0,02518251	0,02518251
3	0,01459594	0,01459594	0,02919188	0,02919188	0,01459594
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Çubuklu	Eminönü	Emirgan	Eskihisar	İstinye
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,04281972	0,00000000
2	0,02518251	0,02518251	0,02518251	0,00000000	0,02518251
3	0,01459594	0,01139195	0,01459594	0,01459594	0,02563190
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,20887446
	Kabataş	Kadıköy	Kandilli	Kanlıca	Kuzguncuk
1	0,04281972	0,003871996	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,000000000	0,02116402	0,02518251	0,01794923
3	0,01459594	0,002491990	0,01317195	0,01459594	0,01174795
4	0,00000000	0,000000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Ortaköy	Paşabahçe	Rumeli kavağı	Sarıyer	Yeniköy
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,04281972
2	0,02478066	0,02511553	0,02518251	0,02518251	0,00000000
3	0,02563190	0,01459594	0,01459594	0,01459594	0,01459594
4	0,19751082	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1	0,08438674	0,07721216	0,08393122	0,08210910	0,08529780
2	0,08418726	0,07648517	0,08479003	0,08197709	0,08345054
3	0,00000000	0,00000000	0,02456390	0,02527590	0,02456390
4	0,08549784	0,07683983	0,08549784	0,08279221	0,08387446
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
1	0,08290627	0,08655051	0,08541168	0,08290627	0,08484227
2	0,08164222	0,08391936	0,08452214	0,08177617	0,08472306
3	0,02563190	0,02669989	0,02705589	0,02669989	0,02634389
4	0,07846320	0,08549784	0,08549784	0,08279221	0,08549784
	Kasım	Aralık	2021	2022	2023
1	0,08233686	0,08210910	0,00000000	0,96754360	0,03245644
2	0,08626348	0,08626348	0,00000000	0,96852190	0,03147813
3	0,02527590	0,76788893	0,97721609	0,00000000	0,02278391
4	0,08279221	0,08495671	0,00487013	0,98051950	0,01461039
	Taşıyıcı 1	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyıcı 4	Taşıyıcı 5
1	0,00000000	0,21478192	0,17127890	0,21409862	0,12800364
2	1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,57814170	0,07297971	0,05838377	0,07297971	0,04378782
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Taşıyıcı 6	Taşıyıcı 7	Taşıyıcı 8	Yolcu sayısı	
1	0,00000000	0,18619747	0,08563945	0,01105751	
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00720293	
3	0,06728373	0,07725169	0,02919188	0,01900089	
4	1	0,00000000	0,00000000	0,00143971	

Değişkenler/gruplar arası toplam kareler (between sum of squares) ile toplam kareler toplamı (total sum of squares) bölüdüğünde (WCSS değeri doğrultusunda) küme için %21,6 değeri elde edilmiştir.

Şekil 2. Silüet yöntemi ile en uygun küme değeri.



Şekil 2’de görünen en uygun “k” değerleri doğrultusunda Tablo 4’teki yedi küme için üyelik değerleri elde edilmiştir.



Tablo 4. Ham çalışma verisi yedi küme üyelik değerleri.

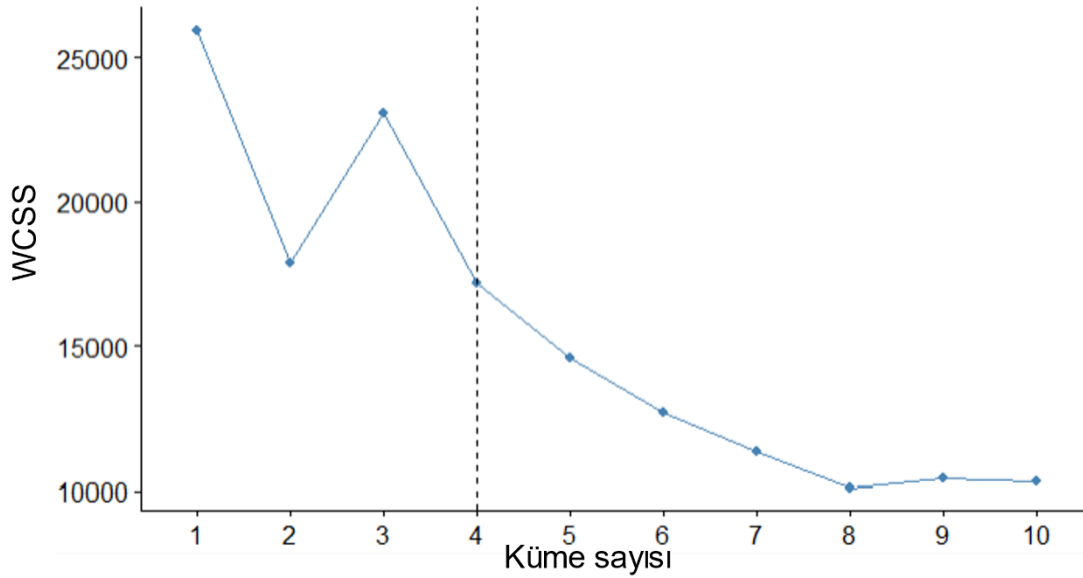
Küme No	Anadolu Hisarı	Anadolu Kavağı	Arnavutköy	Ayvansaray	Balat
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,01486046	0,01486046	0,01486046	0,01486046	0,01486046
4	0,02515673	0,02515673	0,02515673	0,02507635	0,02459412
5	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,01648936
6	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,01646938
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Beylerbeyi	Bostancı	Burgazada	Büyükkada	Büyükdere
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,04957933	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,01486046	0,03225806	0,01594781	0,02754621	0,01159841
4	0,02515673	0,02515673	0,02515673	0,02515673	0,02515673
5	0,01648936	0,03351064	0,01648936	0,01648936	0,01648936
6	0,01646938	0,03293875	0,01646938	0,01646938	0,01646938
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,33448873	0,00000000
	Eyüp	Fener	Harem	Hasköy	Heybeliada
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,04687500	0,00000000	0,000150240
3	0,01486046	0,01486046	0,01486046	0,01486046	0,027183762
4	0,02515673	0,02483524	0,00000000	0,02515673	0,025156727
5	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,016489361
6	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,016469377
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,331022530
	Kanlıca	Karakoy	Kartal	Kasımpaşa	Kınalıada
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,01486046	0,01486046	0,01123596	0,01486046	0,01631026
4	0,02515673	0,02515673	0,00000000	0,02515673	0,02515673
5	0,01648936	0,01648936	0,00000000	0,01648936	0,01648936
6	0,01646938	0,01646938	0,00000000	0,01646938	0,01646938
7	0,00000000	0,00000000	0,33448873	0,00000000	0,00000000
	Sarıyer	Sirkeci	Sütlüce	Topçular	Üsküdar
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,25146580
2	0,00000000	0,04687500	0,00000000	0,04702524	0,04552284
3	0,01486046	0,01486046	0,01486046	0,01486046	0,03769482
4	0,02515673	0,00000000	0,02515673	0,00000000	0,02515673
5	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,03244681
6	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,03242409
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Barbaros	Bebek	Beşiktaş	Beykoz	Çengelköy
1	0,00000000	0,00000000	0,25146580	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,04702524	0,00000000
3	0,01486046	0,01486046	0,02609641	0,02972091	0,01486046
4	0,02515673	0,02515673	0,02515673	0,02515673	0,02515673
5	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,03297872	0,01648936

6	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,03293875	0,01646938
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Çubuklu	Eminönü	Emirgan	Eskihisar	İstinye
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,04702524	0,04702524
3	0,01486046	0,01159841	0,01486046	0,01486046	0,02972091
4	0,02515673	0,02515673	0,02515673	0,00000000	0,02515673
5	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,01648936	0,03297872
6	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,01646938	0,03293875
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Kabataş	Kadıköy	Kandilli	Küçüksu	Kuzguncuk
1	0,25146580	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,004206731	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,01123596	0,002537151	0,01341066	0,01196086	0,01196086
4	0,00000000	0,00000000	0,02089696	0,02033435	0,01792316
5	0,00000000	0,001595745	0,01595745	0,01223404	0,01223404
6	0,00000000	0,001544004	0,01338137	0,01441071	0,01132270
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Ortaköy	Paşabahçe	Rumeli kavağı	Yenikapı	Yeniköy
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,04567308	0,00000000	0,00000000	0,005558894	0,04702524
3	0,02609641	0,01486046	0,01486046	0,003986951	0,01486046
4	0,02483524	0,02507635	0,02515673	0,000642983	0,00000000
5	0,03138298	0,01648936	0,01648936	0,002127659	0,01648936
6	0,03242409	0,01646938	0,01646938	0,001544004	0,01646938
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1	0,08338762	0,07557003	0,08534202	0,08273616	0,08534202
2	0,10201322	0,09269832	0,10066106	0,00000000	0,10201322
3	0,00000000	0,00000000	0,02319681	0,02392171	0,02319681
4	0,10102877	0,09178589	0,10175213	0,00000000	0,10014467
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,07972270	0,07538995	0,08578856	0,08318891	0,08578856
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
1	0,08273616	0,08534202	0,08534202	0,08273616	0,08534202
2	0,09840745	0,10411659	0,10261418	0,09960938	0,00000000
3	0,02428416	0,02537151	0,02573396	0,02537151	0,02500906
4	0,09797460	0,10070728	0,10143064	0,09813535	0,00000000
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1
7	0,08318891	0,08578856	0,08578856	0,08318891	0,08578856
	Kasım	Aralık	2021	2022	2023
1	0,08273616	0,08338762	0,01758958	0,9511401	0,03127036
2	0,09885817	0,09900841	0,00000000	0,9711538	0,02884615
3	0,02392171	0,77999275	0,97861544	0,00000000	0,02138456
4	0,10352033	0,10352033	0,00000000	0,9691368	0,03086321

5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,9659574	0,03404255
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,9675759	0,03242409
7	0,08318891	0,08318891	0,02339688	0,9454073	0,03119584
	Taşıyıcı 1	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyıcı 4	Taşıyıcı 5
1	0,00000000	0,00000000	1	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,23602764	0,00000000	0,23512620	0,00000000
3	0,5886191	0,07430228	0,04820587	0,07430228	0,03370787
4	1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
5	0,6510638	0,08244681	0,00000000	0,08244681	0,00000000
6	0,6510551	0,08234689	0,00000000	0,08234689	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1
	Taşıyıcı 6	Taşıyıcı 7	Taşıyıcı 8	Yolcu Sayısı	
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,03874094	
2	0,22956731	0,20522837	0,09405048	0,00553015	
3	0,07249003	0,07865169	0,02972091	0,01522879	
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00696807	
5	0,08085106	0,07021277	0,03297872	0,00718325	
6	0,08080288	0,07050952	0,03293875	0,00832853	
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00520039	

Değişkenler/gruplar arası toplam kareler (between sum of squares) ile toplam kareler toplamı (total sum of squares) bölüldüğünde (WCSS değeri doğrultusunda) küme için %27,3 değeri elde edilmiştir.

**Şekil 3. Dirsek yöntemi ile en uygun küme değeri.**

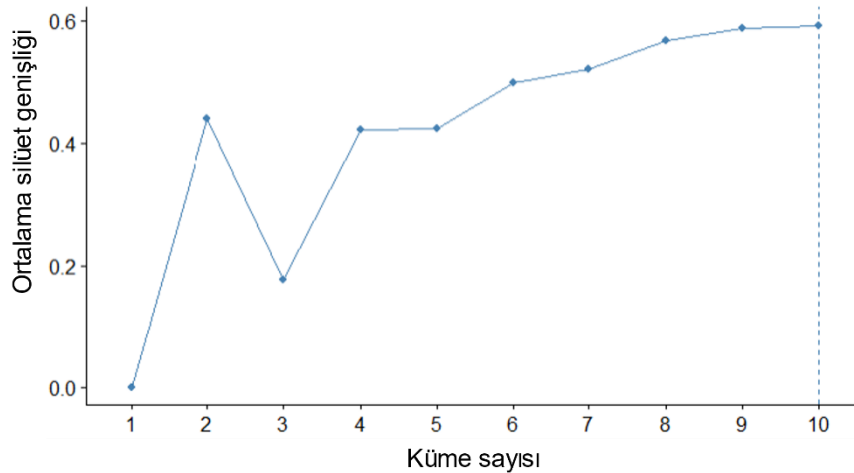


Asya yakası iskeleler için K-means algoritması ile Şekil 3'te görünen en uygun "k" değerleri doğrultusunda Tablo 5'teki dört küme için üyelik değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 5. Asya yakası iskele verisi dört küme üyelik değerleri.**

Küme No	Anadolu Hisarı	Anadolu Kavağı	Beykoz	Bostancı	Çengelköy
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01187905	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,20086083	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,05297929	0,00000000	0,00000000
4	0,02518876	0,02518876	0,02518876	0,02518876	0,02518876
	Çubuklu	Harem	Kadıköy	Kandilli	Kanlıca
1	0,00000000	0,22462200	0,02213823	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,02518876	0,00000000	0,00000000	0,02132286	0,02518876
	Kartal	Küçüksu	Kuzguncuk	Paşabahçe	Sütlüce
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,05297929	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,00000000	0,02035639	0,01818182	0,02512836	0,02518876
	Üsküdar	Taşıyıcı 1	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyıcı 4
1	0,00000000	0	0	0,00000000	0,00000000
2	0,00047824	0	1	0,00000000	0,00000000
3	0,10316351	0	0	0,21191720	0,26489650
4	0,02518876	1	0	0,00000000	0,00000000
	Taşıyıcı 5	Taşıyıcı 6	Taşıyıcı 7	Taşıyıcı 8	Yolcu Sayısı
1	0,00000000	0,00000000	1	0,00000000	0,00272383
2	0,00000000	0,00000000	0	0,00000000	0,00526598
3	0,15842970	0,25879810	0	0,10595860	0,01403616
4	0,00000000	0,00000000	0	0,00000000	0,00810285

Değişkenler/gruplar arası toplam kareler (between sum of squares) ile toplam kareler toplamı (total sum of squares) bölüldüğünde (WCSS değeri doğrultusunda) küme için %46,9 değeri elde edilmiştir.

**Şekil 4. Silüet yöntemi ile en uygun küme değeri.**

Asya yakası iskeleler için K-means algoritması ile Şekil 4'te görünen en uygun "k" değerleri doğrultusunda Tablo 6'daki on küme için üyelik değerleri elde edilmiştir.

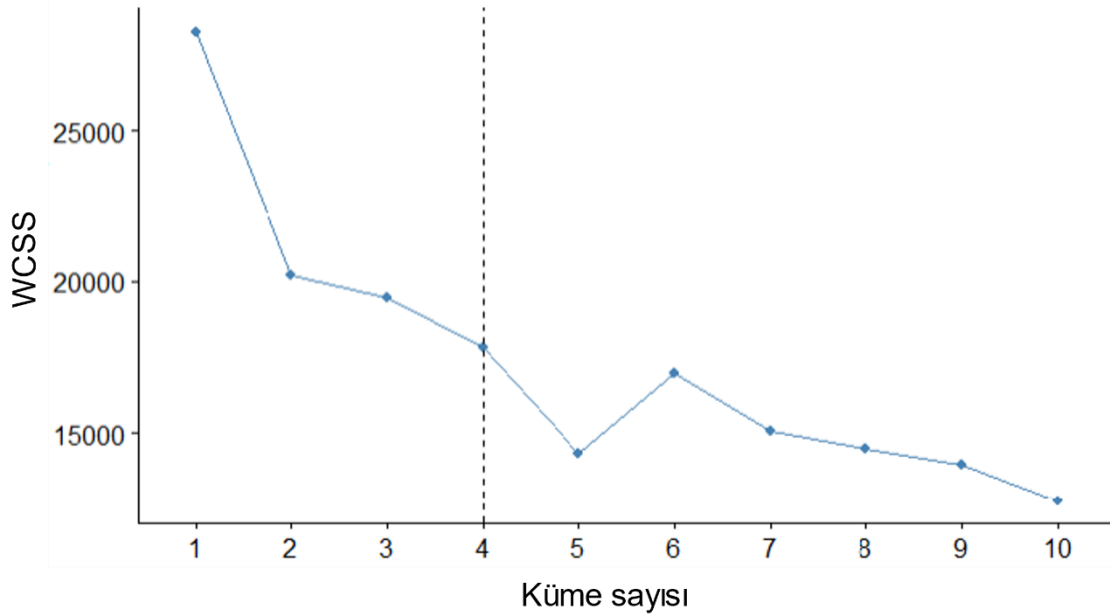
Tablo 6. Asya yakası iskele verisi on küme üyelik değerleri.

Küme No	Anadolu Hisarı	Anadolu Kavağı	Beykoz	Bostancı	Çengelköy
1	0,00000000	0,00000000	1	0,00000000	0
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,01187905	0
4	0,02583963	0,02583963	0,02583963	0,02583963	0
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,20086083	0
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
8	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
9	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	1
10	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
	Çubuklu	Harem	Kadıköy	Kandilli	Kanlıca
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,22462200	0,02213823	0,00000000	0,00000000
4	0,02583963	0,00000000	0,00000000	0,02187384	0,02583963
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
8	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
9	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
10	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Kartal	Küçüksu	Kuzguncuk	Paşabahçe	Sütlüce
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,33440260	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,00000000	0,02088239	0,01865163	0,02577767	0,02583963
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
8	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
9	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
10	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
	Üsküdar	Taşıyıcı 1	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyıcı 4
1	0,00000000	0	0	0	0
2	0,00000000	0	0	0	0
3	0,00000000	0	0	0	0
4	0,02583963	1	0	0	0
5	0,19391261	0	0	0	0
6	0,00047824	0	1	0	0
7	0,25000000	0	0	1	0
8	0,00000000	0	0	0	1
9	0,00000000	1	0	0	0
10	0,00000000	0	0	0	0

	Taşıyıcı 5	Taşıyıcı 6	Taşıyıcı 7	Taşıyıcı 8	Yolcu Sayısı
1	0	0	0	1	0,00290328
2	1	0	0	0	0,00489471
3	0	0	1	0	0,00272383
4	0	0	0	0	0,00823184
5	0	1	0	0	0,00149486
6	0	0	0	0	0,00526598
7	0	0	0	0	0,03705761
8	0	0	0	0	0,01777861
9	0	0	0	0	0,00311082
10	0	0	0	1	0,00297063

Değişkenler/gruplar arası toplam kareler (between sum of squares) ile toplam kareler toplamı (total sum of squares) bölündüğünde (WCSS değeri doğrultusunda) küme için %74,5 değeri elde edilmiştir.

**Şekil 5. Dirsek yöntemi ile en uygun küme değeri.**



Avrupa yakası iskeleler için K-means algoritması ile Şekil 5'te görünen en uygun "k" değerleri doğrultusunda Tablo 7'deki dört küme için üyelik değerleri elde edilmiştir.

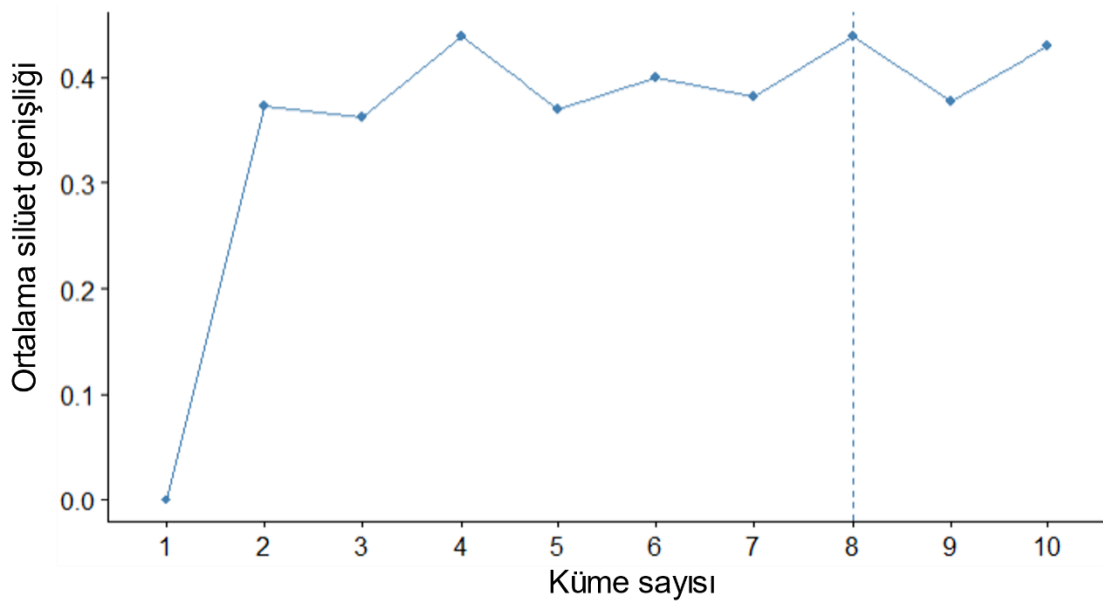
**Tablo 7. Avrupa yakası iskele verisi dört küme üyelik değerleri.**

Küme No	Arnavutköy	Ayvansaray	Balat	Barbaros	Bebek
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,02518876	0,02512836	0,02476593	0,02518876	0,02518876
	Beşiktaş	Beylerbeyi	Büyükdere	Eminönü	Emirgan
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,05421217	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,02518876	0,02518876	0,02464512	0,02464512	0,02518876

	Eyüp	Fener	Hasköy	İstinye	Kabataş
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,05421217
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,20471281	0,00000000
4	0,02518876	0,02494715	0,02518876	0,02518876	0,00000000
	Karakoy	Kasımpaşa	Ortaköy	Rumeli kavağı	Sarıyer
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,19440353	0,00000000	0,00000000
4	0,02518876	0,02518876	0,02482634	0,02518876	0,02518876
	Sirkeci	Topçular	Yenikapı	Yeniköy	Taşıyıcı 1
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
2	0,05408216	0,05421217	0,00689027	0,05421217	0
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
4	0,00000000	0,00000000	0,00060404	0,00000000	1
	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyıcı 4	Taşıyıcı 5	Taşıyıcı 6
1	0,00000000	0,00000000	1	0,00000000	0
2	0,27184090	0,21684870	0	0,16211650	0
3	0,00000000	0,00000000	0	0,00000000	1
4	0,00000000	0,00000000	0	0,00000000	0
	Taşıyıcı 7	Taşıyıcı 8	Yolcu Sayısı		
1	0,00000000	0,00000000	0,01777861		
2	0,24076960	0,10842430	0,01123517		
3	0,00000000	0,00000000	0,00149486		
4	0,00000000	0,00000000	0,00810285		

Değişkenler/gruplar arası toplam kareler (between sum of squares) ile toplam kareler toplamı (total sum of squares) bölündüğünde (WCSS değeri doğrultusunda) küme için %42,6 değeri elde edilmiştir.

Şekil 6. Silüet yöntemi ile en uygun küme değeri.



Avrupa yakası iskeleler için K-means algoritması ile Şekil 6'da görünen en uygun "k" değerleri doğrultusunda Tablo 8'deki değerler elde edilmiştir.

**Tablo 8. Avrupa yakası iskele verisi sekiz küme üyelik değerleri.**

Küme No	Arnavutköy	Ayvansaray	Balat	Barbaros	Bebek
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
8	0,02518876	0,02512836	0,02476593	0,02518876	0,02518876
	Beşiktaş	Beylerbeyi	Büyükdere	Eminönü	Emirgan
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,25000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
8	0,02518876	0,02518876	0,02464512	0,02464512	0,02518876
	Eyüp	Fener	Hasköy	İstinye	Kabataş
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,20471281	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,25000000
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
8	0,02518876	0,02494715	0,02518876	0,02518876	0,00000000
	Karakoy	Kasımpaşa	Ortaköy	Rumeli kavağı	Sarıyer
1	0,00000000	0,00000000	0,19440353	0,00000000	0,00000000
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
6	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
8	0,02518876	0,02518876	0,02482634	0,02518876	0,02518876
	Sirkeci	Topçular	Yenikapı	Yeniköy	Taşıyıcı 1
1	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
2	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,50000000	0
3	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
4	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
5	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0



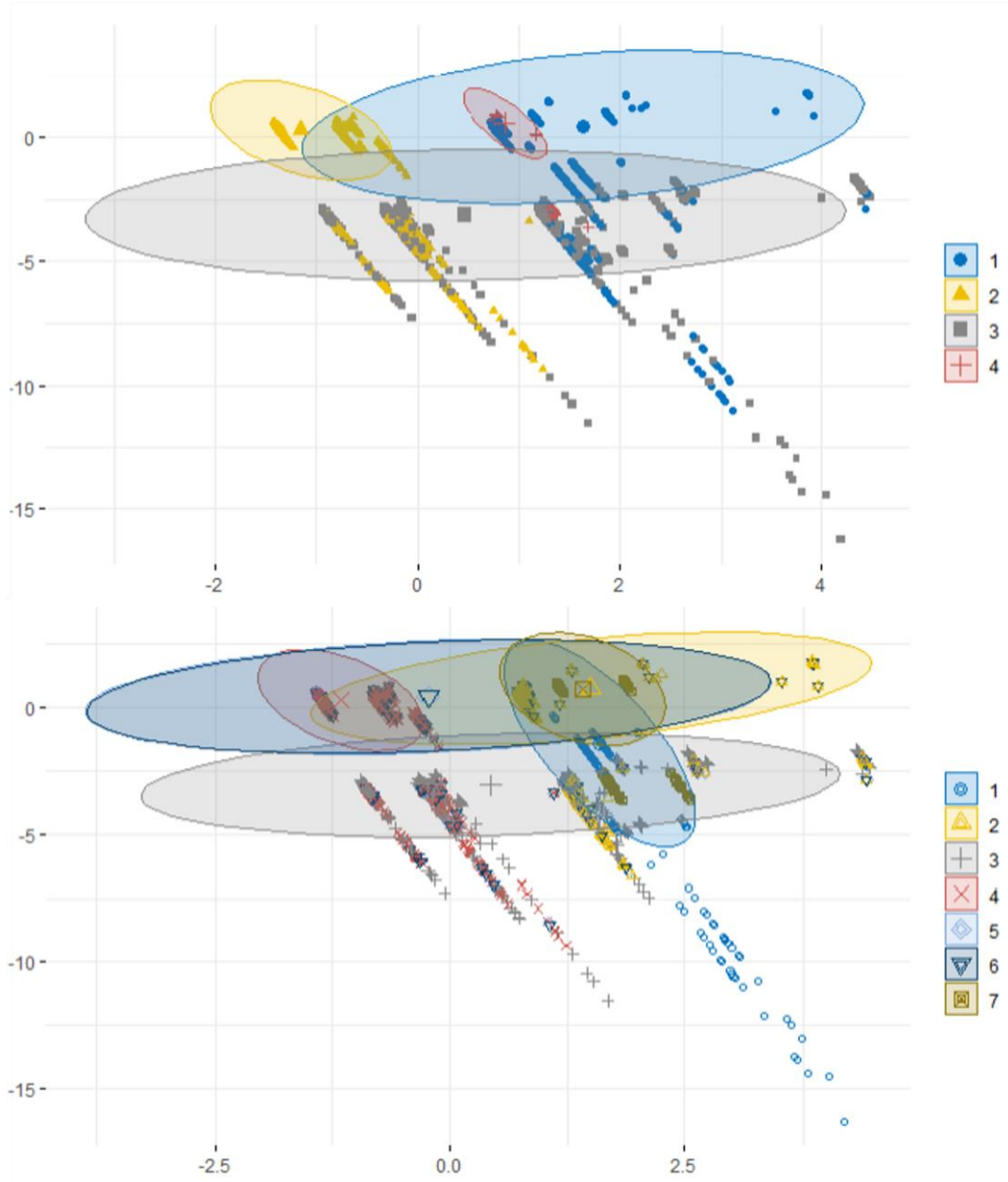
6	0,22462200	0,22516200	0,02861771	0,00000000	0
7	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0
8	0,00000000	0,00000000	0,00060404	0,00000000	1
	Taşıyıcı 2	Taşıyıcı 3	Taşıyıcı 4	Taşıyıcı 5	Taşıyıcı 6
1	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	0
5	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0
	Taşıyıcı 7	Taşıyıcı 8	Yolcu Sayısı		
1	0	0	0,00149486		
2	0	1	0,00293696		
3	0	0	0,03705761		
4	0	0	0,00489471		
5	0	0	0,00526598		
6	1	0	0,00272383		
7	0	0	0,01777861		
8	0	0	0,00810285		

Değişkenler/gruplar arası toplam kareler (between sum of squares) ile toplam kareler toplamı (total sum of squares) bölündüğünde (WCSS değeri doğrultusunda) küme için %65,4 değeri elde edilmiştir.

## 6. Değerlendirme

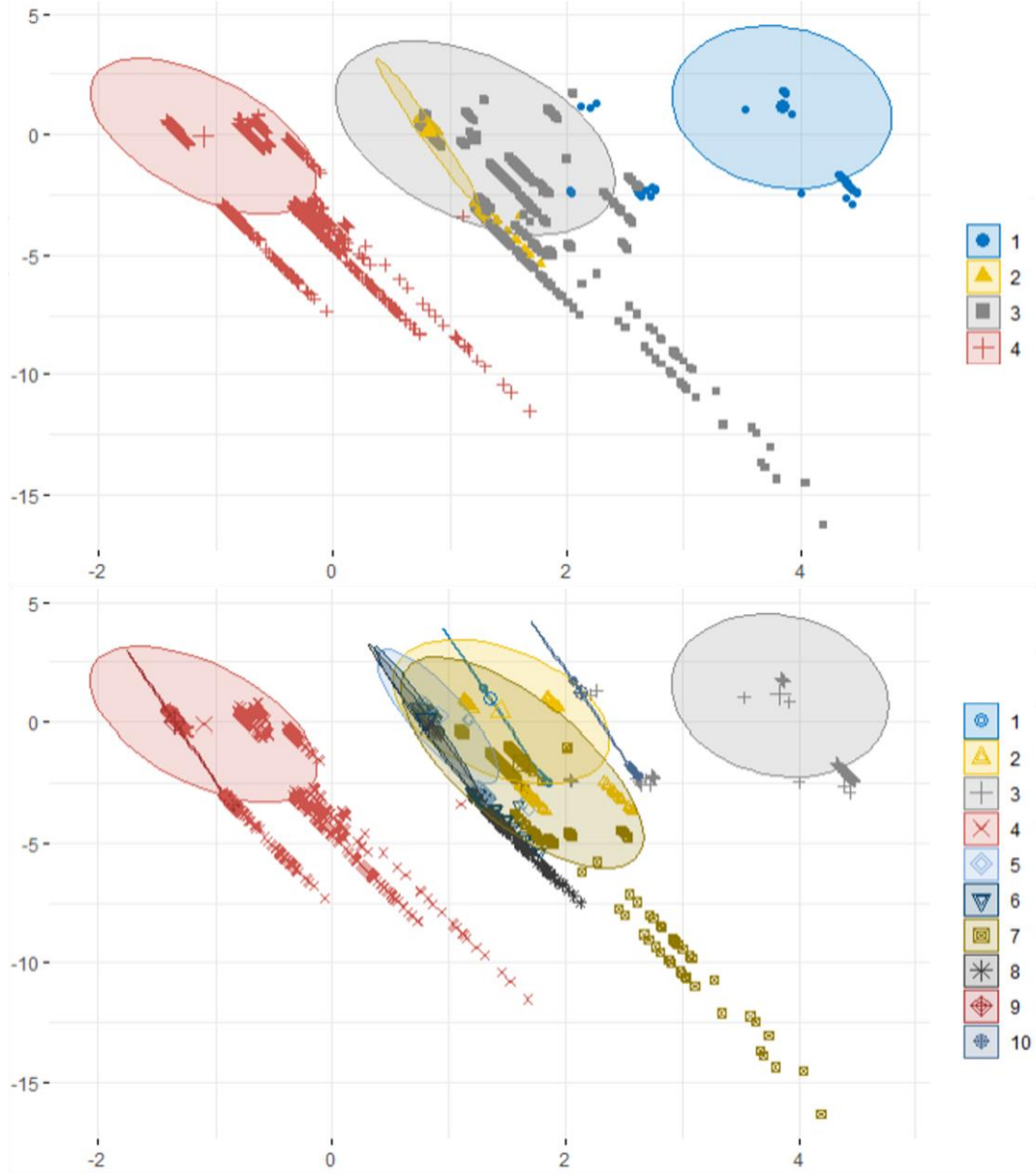
Çalışma ham verisi dört küme değeri ile incelendiğinde neredeyse tüm değişkenlerin her bir kümeye ait üyelik değerinin olduğu görülmektedir. Bu durum çıkarım yapabilmek için her ne kadar uygun görünse de WCSS değerinin olması gerekenden düşük olduğu için (en az 0,5) ayrıntılı analiz yapılmamıştır. Küme değerlerinde dikkat çeken durum "1" üyelik değerine sahip iki değişken taşıyıcı isimlerine ait olarak bulunmuştur. Bu durumun sebebi ay ve yıl değişkenleri eklendiği için mevsimsel değişiklikler olabileceği düşünülmektedir.

Şekil 7. Ham veri küme dağılımı.



Ham veri yedi küme olacak şekilde analiz edildiğinde üyelik değerleri içerisinde “1” değerine sahip olan değişkenlerin “Nisan-Ekim” ayları ve üç farklı taşıyıcının olduğu karşımıza çıkmaktadır. Bu kümeleme çalışmasında da WCSS değeri kabul edilebilecek değerden az olduğu için analize devam edilmemiştir. Taşıyıcıların farklı kümelerdeki değerleri “1” olması ve düşük WCSS değeri gelecek çalışmalar için ipucu verebilir.

Şekil 8. Asya yakası küme dağılımı.

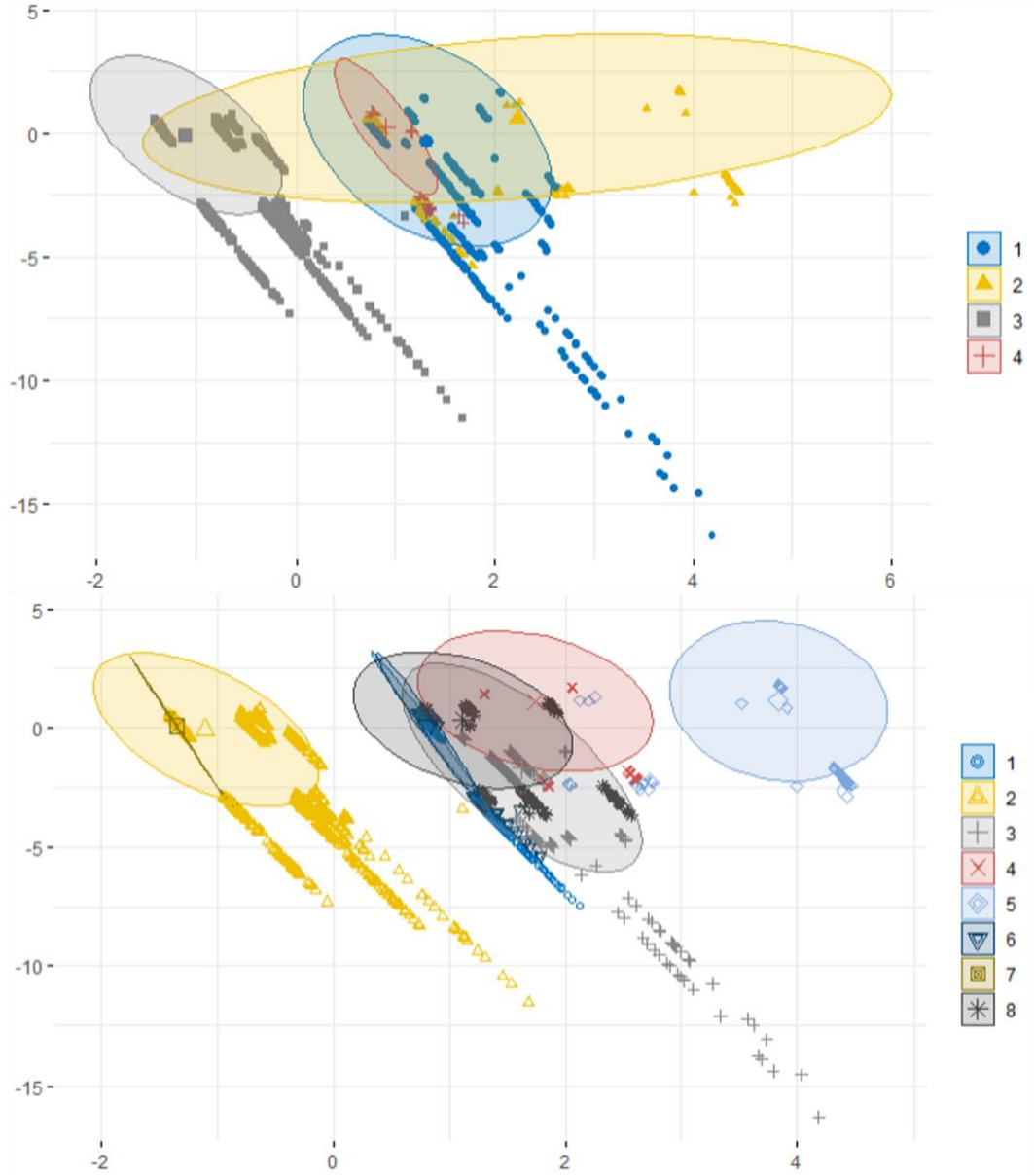


Asya tarafı iskeleler için dört küme değeri ile yapılan çalışmada WCSS değeri "46,9" bulunmuştur. Küme üyelik değerlerine baktığımızda "1" olan değerlerin üç farklı taşıyıcıda ve farklı kümelerde olduğu görülmektedir. Bir numaralı kümede bulunan iskeleler Harem ve Kadıköy olmakla beraber Taşıyıcı 7'nin de "1" değeri ile bu kümede olduğu görülmektedir. Yolcu sayısı üyelik küme değeri olarak son sırada yer alsa da taşıyıcının bu iskelelerde yüksek miktar ve sıklıkta yolcu taşıdığı kabul edilebilir (gemi/motor taşıma kapasiteli aynı varsayılırsa). İki numaralı kümede bir adet iskele-Bostancı ve bir adet taşıyıcı karşımıza çıkmaktadır. Bu sonucun genel veri ile doğrudan bağlantısı bulunmamaktadır. Üç numaralı kümeyle baktığımızda en yüksek yolcu taşıma üyelik değerine sahip olduğu görülmektedir. Üyelik değeri olarak "1" haricinde bulunan tüm taşıyıcılar bu kümede yer almaktadır. Kümedeki iskelelere baktığımızda Beykoz, Kartal ve Üsküdar olarak karşımıza çıkmaktadır. Az sayıda iskele bulunmasına rağmen taşıyıcıların da bu kümede yer almasının sebebi iskele konumu ve yolcu taşıyan seçimi olarak düşünülmektedir. Dört numaralı kümede bulunan iskeleler Anadolu Hisarı, Anadolu Kavağı, Çengelköy, Çubuklu, Kandilli, Kanlıca, Küçüksu, Kuzguncuk, Paşabahçe ve Söğütözü olarak bulunmuştur. Yolcu sayısı küme değeri olarak bakıldığında üyelik değeri ikinci sırada olan bu küme için taşıyıcılardan birisinin

üyelik değeri "1" bulunmuştur. Bu limanlarda daha fazla hizmet veren taşıyıcı diğer küme üyelik değerleri sıfır olarak bulunmuştur.

Asya tarafı iskeleler için on küme değeri ile yapılan çalışmada dikkat çeken bir sonuç bulunmuştur. Tüm taşıyıcıların küme üyelik değerleri "1" olarak bulunmuş ve başka kümeye üyelik değerleri bulunmamıştır. İskele bazında değerlendirme yapmak yerine bu sonucun gelecek çalışmalar için taşıyıcı temelli çalışma yapabilmek için gerekli küme sayısında temel olabileceği düşünülmektedir.

**Şekil 9. Avrupa yakası küme dağılımı.**



Avrupa tarafı iskeleler için dört küme değeri ile yapılan çalışma sonucunda WCSS değeri "42,6" bulunmuştur. Taşıyıcı küme üyelik değerlerine bakıldığında dört taşıyıcının en yüksek yolcu sayısı üyelik değerine sahip bir numaralı kümede yer aldığı görülmektedir. Diğer taşıyıcılardan ikisinin iki numaralı kümede yer aldığı bulunmuştur. Geri kalan iki taşıyıcı da "1" değeri ile üç ve dört numaralı kümede yer almıştır. Taşıyıcı üyelik değeri yüksek olan üç numaralı küme incelendiğinde iskele olarak Arnavutköy, Ayvansaray, Balat, Barbaros, Bebek, Beylerbeyi, Büyükdere, Eminönü, Emirgan, Eyüp, Fener, Hasköy, Karaköy, Kasımpaşa, Rumeli Kavağı ve Sarıyer olarak bulunmuştur. İlgili taşıyıcının bu iskelelerde yüksek miktarda yolcu taşıdığı bulunmasa da aynı kümede olduğu görülmektedir. Çok sayıda taşıyıcı

barındıran iskeleler ise Beşiktaş, Kabataş ve Yeniköy olarak bulunmuştur. Yalnızca iki farklı taşıyıcı barındıran iki numaralı kümede ise Yenikapı ve Topçular iskelesi bulunmuştur.

Asya tarafı iskeleler için on küme değeri ile yapılan çalışmada olduğu gibi Avrupa tarafı sekiz farklı küme ile yapılan çalışmada bulunan sonuçlar benzerlik göstermektedir. Asya ve Avrupa için bulunan taşıyıcı küme üyelik değerleri İstanbul ili için yapılacak gelecek çalışmalarda küme değeri belirlemede dirsek ve siluet yöntemi ile doğru analiz yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışma sonucunda öncelikle yıl ve ay bazında veri işlendiğinde küme içi kareler toplamı hata metrikleri yeterince iyi bulunamadığından veri setinden çıkarılmıştır. Bu kapsamda, ileride yapılacak çalışmalarda gün, ay, yıl ya da mevsim temelli çalışmalar farklı açıdan değerlendirilerek uygun çıkarımlar yapılabileceği düşünülmektedir.

## SONUÇ:

Bu çalışmada İstanbul ili deniz yolcu taşıma verisi, İBB Açık Veri Portalı'ndan üç yıllık süre için elde edilmiş ve kümeleme analizi yapılarak değerlendirilmiştir. K-means algoritması kullanılarak yapılan çalışmada veri seti ham halde, Asya tarafı iskeleleri ve Avrupa tarafı iskeleleri olarak üçe ayrılmıştır. K-means kümeleme algoritmasını açık kaynak veri üzerinde kullanarak deniz yolcu taşımacılığı için uygunluğunun değerlendirilmesi olan araştırmanın amacı başarı ile elde edilmiştir. Taşıyıcı firma ve iskele arasındaki muhtemel ilişkiler gözetimsiz makine öğrenmesi yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Çalışmanın katkıları şu şekilde özetlenebilir:

- Açık veri ve R programlama dili en basit düzeyde kullanılarak çalışma yüksek işlemci kapasiteli bilgisayar gerektirmeden tamamlanmıştır.
- Çalışma sonucunda K-means algoritmasının yolcu taşıma sayısı, taşıyıcı profili ve iskele ismi değişkenleri ile mantıklı çıkarımlar yapılabileceği belirlenmiştir.
- Kümeleme yöntemi ile iskele temelinde yüksek kapasite ile taşıma yapan firmalar model tarafından belirlenmiştir.
- Dirsek ve silüet yöntemleri ile belirlenen en uygun "k" yönteminin bu veri seti için uygulanabilir olduğu küme üyelik değerleri ile gözlemlenmiştir.
- Gözetimsiz makine öğrenmesi olan kümeleme yönteminin deniz yolcu taşıma verisi içerisinde olabilecek örüntünün ortaya çıkarılmasında yardımcı olabileceği görülmüştür.

Önceki yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında Son ve Cho (2022) tarafından %75 doğrulukla tamamlanan trend analizine yakın doğruluk ile yolcu taşıma verisi analiz edilebilmiştir. Bununla beraber, Syaohiyah vd. (2024) tarafından Endonezya havayolu taşıma verisi için K-means ile tamamlanan en yüksek taşıma hacmine sahip taşıyıcı ve ay değerlerinin elde edilmesi ile benzer şekilde taşıyıcı ve liman bilgileri elde edilmiştir. Öte yandan, Ayıcı ve Barlas (2015) tarafından yapılan çalışmaya benzer olarak iskele temelinde analiz tamamlanmış ve başarılı çıkarımlar yapılabilmıştır. Benzer şekilde, Özer (2009) tarafından 1994-2008 yılları arası elde edilen veri ile yapılan çalışmadaki en uygun yolcu sayısı belirlenmesi gibi yoğun olan hatlar belirlenebilmiştir.

Çalışmanın kapsamadığı ve gelecek çalışmalarda gözden geçirilmesi gereken konudan en önemlisi şehir bölge planlama ya da deniz işletmeleri açısından iskele bazında yolcu profilinin değerlendirilmesidir. Özellikle taşıyıcı isimlerinin tam üyelik değeri ile çıktığı küme üyelik değerlerinde olası taşıyıcı baskınlığı ya da yolcu taşıma tercihleri analiz edilmelidir. Kümeleme çalışması belirleme metriklerinden WCSS ve dirsek/siluet yöntemi bu bilginin analizi için yardımcı olmamaktadır. Bununla beraber, şehir ulaşım planlaması açısından Asya ve Avrupa yakası için sabah, öğle ve akşam saatlerinde hangi taşıyıcının yolcu tarafından tercih edildiği gözlemlenmelidir. Ayrıca, taşıyıcının sahip olduğu gemi tipi ve konfor

olanakları da yolcuların gemi seçiminde belirleyici rol oynayabileceği için kümeleme analizi dışındaki çalışmalarda modele eklenmelidir.

### **Etik Standart ile Uyumluluk**

**Çıkar Çatışması:** Yazar diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını veya varsa bu çıkar çatışmasının nasıl oluştuğuna ve çözüleceğine ilişkin beyanlar ile yazar katkısı beyan formları makale süreç dosyalarına ıslak imzalı olarak eklenmiştir.

**Etik Kurul İzni:** Bu makale için etik kurul iznine gerek yoktur. Buna ilişkin ıslak imzalı etik kurul kararı gerekmediğine dair onam formu sistem üzerindeki makale süreci dosyalarına eklenmiştir.

**Finansal Destek:** Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

### **KAYNAKÇA:**

- Aycı, T., & Barlas, B. (2015). İstanbul Şehir Hatları'nın Gemi ve Hat Analizi. GİDB Dergi, (02), 17-30.
- Cahyana, B. E., Nimran, U., Utami, H. N., & Iqbal, M. (2020). Hybrid cluster analysis of customer segmentation of sea transportation users. Journal of Economics, Finance and Administrative Science, 25(50), 321–337. <https://doi.org/10.1108/JEFAS-07-2019-0126/FULL/PDF>
- Erdönmez, E. S., & İncaz, S. (2016). 2018 Yılına Kadar Ab Denizyolu Taşımacılığının Stratejik Hedefleri Ve Önerilerinin Türkiye'ye Yansımaları. JOEEP: Journal of Emerging Economies and Policy, 1(1), 111-125.
- Farahnakian, F., Nicolas, F., Farahnakian, F., Nevalainen, P., Sheikh, J., Heikkonen, J., & Raduly-Baka, C. (2023). A Comprehensive Study of Clustering-Based Techniques for Detecting Abnormal Vessel Behavior. Remote Sensing 2023, Vol. 15, Page 1477, 15(6), 1477. <https://doi.org/10.3390/RS15061477>
- Hou, Z. ;, Yan, R. ;, Wang, S., Hou, Z., Yan, R., & Wang, S. (2022). On the K-Means Clustering Model for Performance Enhancement of Port State Control. Journal of Marine Science and Engineering 2022, Vol. 10, Page 1608, 10(11), 1608. <https://doi.org/10.3390/JMSE10111608>
- Oral, M. (2008). İstanbul deniz yolu ulaşımının değerlendirilmesi ve öneriler (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi)
- Özer, K. (2009). İstanbul Deniz Otobüsleri'nin Bir Hattında Yolcu Talep Tahmini (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi (Türkiye)).
- Öztürk, A. İ. (2011). Belediyeler ve Deniz Ulaşımı: İstanbul Şehir Hatlarının Belediyeye Devri. Çağdaş Yerel Yönetimler, 20(4), 1–23.
- Sazak, S. (2019). İstanbul için öneri: Deniz ulaşımında elektrikli taşıt kullanımı ile enerji verimliliği sağlanması (Yüksek lisans tezi, Altınbaş Üniversitesi).
- Son, W. J., & Cho, I. S. (2022). Analysis of Trends in Mega-Sized Container Ships Using the K-Means Clustering Algorithm. Applied Sciences 2022, Vol. 12, Page 2115, 12(4), 2115. <https://doi.org/10.3390/APP12042115>
- Syaoqiyah, S. S., Anisa, A., Selvina, Y. Y. S., Rahmadenti, N. A., & Aria, R. R. (2024). Classification of Domestic Flight Passengers at Main Airports Using the K-Means Clustering Method. IJISTECH (International Journal of Information System and Technology), 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.30645/IJISTECH.V8I1.340>

URL-1 <https://data.ibb.gov.tr/dataset/istanbul-deniz-iskeleleri-yolcu-sayilari>

URL-2 <https://data.ibb.gov.tr/dataset/deniz-ulasim-hatlari-vektor-verisi>

Xin, X., Liu, K., Loughney, S., Wang, J., & Yang, Z. (2023). Maritime traffic clustering to capture high-risk multi-ship encounters in complex waters. *Reliability Engineering & System Safety*, 230, 108936. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2022.108936>

Yucel, E. (2019). Şehir İçi Deniz Yolu Toplu Taşımacılığında Vapur Atama ve Rotalama Optimizasyonu: İstanbul Şehir Hatları Uygulaması. *Deu Muhendislik Fakultesi Fen ve Muhendislik*, 21(62), 357–368. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2019216204>

## EXTENDED SUMMARY

### Research Problem:

The purpose of the study was to cluster open access data gathered from the Istanbul Metropolitan Municipality Open Data Portal. Pattern analysis was completed using the K-means clustering algorithm. Moreover, the problem of determining the number of clusters has been evaluated with different methods.

### Research Questions:

The research question is to determine whether K-means clustering algorithm is suitable for analysing maritime passenger transport open access data. Moreover, R programming language was used to achieve meaningful results of hidden patterns in data with less codes rather than using paid or subscription type of software.

### Literature Review:

The purpose of the literature review was to review K-means clustering algorithm and maritime applications. Additionally, applications in other sectors related to passenger transportation were investigated.

Cahyana et al. (2020) analysed the customer satisfaction level of maritime users using hybrid cluster analysis. The results showed that the users of the "PT Pelindo I" transportation service were satisfied. With a similar approach, Hou et al. (2022) created a model for port state control performance improvement using the K-means algorithm. As a result of the six-year analysis of Tokyo Memorandum data, the accuracy rate was found as 50%. In similar, Xin et al. (2023) analysed risky situations that may occur between ships in sea areas with high traffic. The authors stated that the clustering study with the nearest neighbour method could be used as an aid to the collision avoidance system in high-risk areas. Similarly, Farahnakian et al. (2023) conducted a study using multiple clustering algorithms to predict unusual ship navigation behaviour. The results revealed that the K-means algorithm was able to effectively detect dark ship and ship movements using Automatic Identification System (AIS) data. On the other hand, Syaqqiyah et al. (2024) used airline passenger transportation data to determine transport figures in Indonesia. The results revealed that K-means clustering algorithm was able to calculate the highest transport volume.

### Methodology:

The researcher conducted an unsupervised clustering approach to analyse urban maritime passenger transport data using K-means algorithm. Data was gathered from an open source called the Istanbul Metropolitan Municipality Open Data Portal. The study data was implemented to K-means to reveal optimum "k" numbers and hidden patterns using default algorithm setting. Moreover, the dataset was divided into two separate areas as Asian and European sides of Istanbul. Each dataset was analysed to calculate the best cluster number using Silhouette and Elbow methods.

### Results and Conclusions:

In this study, Istanbul province maritime passenger transport data was obtained from the IMM Open Data Portal for a three-year period and evaluated by cluster analysis. The study was conducted using the K-means algorithm and the data set was divided into three raw states: Asian side piers, European side piers and all. Possible relationships between the carrier company and the pier and hidden patterns were analysed with the unsupervised machine learning method.

The contributions of the study can be summarized as follows:

- By using open data and the R programming language at the simplest level, the study was completed without requiring a computer with high processor capacity.
- As a result of the study, it was determined that the K-means algorithm could make useful insights regarding the number of passenger transportation, carrier profile and pier name variables.
- Companies have high-capacity transportation on a pier basis were determined using the clustering model.
- The optimum cluster membership values were determined by the elbow and silhouette methods.