

# A Decision Support System Proposal for the Optimization of Traffic on the Bosphorus Line: E-Bosphorus

Esranur Demirtaş<sup>1</sup>, Şehnaz Cenani Durmazoğlu<sup>2</sup>

0000-0002-3173-8687<sup>1</sup>, 0000-0001-8111-586X<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Medipol University, Graduate School of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Architecture, Istanbul, Turkey

<sup>2</sup> Istanbul Medipol University, Graduate School of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Architecture, Istanbul, Turkey

The Bosphorus Line, one of the important regions of Istanbul, is faced with problems such as traffic congestion and noise pollution caused by this problem in the recreation areas on this line. The main reason for these problems is the intensity of transportation by individual vehicles. However, the traffic density on this line can be reduced as a result of the fact that public transportation is provided by sea transportation, which is a characteristic mode of transportation in Istanbul inner city transportation, which is exactly parallel to this route, and is preferred for reasons such as comfort, speed and price. The inefficient use of sea transport depending on factors such as route planning and expedition times poses a problem in choosing this type of transportation. Considering the available possibilities, it is possible to optimize the road traffic on the bosphorus line by encouraging individuals using sea transportation as a result of the smart synchronization of the routes and the time schedules connected to these routes. Therefore, it is aimed to show a way to make a better regulation by revealing the shortcomings of the current (maritime) traffic regulation. It is aimed to develop the conceptual framework of a decision support system that regulates maritime traffic and the benefits of the proposed system are stated. Decision tree and shortest path finding algorithms are used as methods in the study. In addition to the shortest path problem, finding the shortest time is one of the criteria discussed in this study. As a result, the shortest route and the routes to be reached in the shortest time were determined when going from a pier on the bosphorus line to another one. In addition, the interface design of an application (E-Bosphorus) has been developed to make the current bosphorus line ferry timetables more efficient.

**Keywords:** Intelligent Seaborne Transportation, Bosphorus Line, Decision Support System, Route Finding.

**Received:** 23.08.2020

**Accepted:** 27.09.2020

**Corresponding Author:**

esranurdemirtastr@gmail.com

Demirtaş, E & Cenani, Ş. (2020). A Decision Support System Proposal for the Optimization of Traffic on the Bosphorus Line: E-Bosphorus, JCoDe: Journal of Computational Design, 1(3), 49-70.

# Boğaz Hattındaki Trafiğin Optimizasyonuna Yönelik Bir Karar Destek Sistemi Önerisi: E-Bosphorus

Esranur Demirtaş<sup>1</sup>, Şehnaz Cenani Durmazoğlu<sup>2</sup>

0000-0002-3173-8687<sup>1</sup>, 0000-0001-8111-586X<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Medipol Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> İstanbul Medipol Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

İstanbul'un önemli bölgelerinden biri olan Boğaz Hattı, trafik sıkışıklığı problemi ve bu problemin bu hattaki rekreasyon alanlarında meydana getirdiği gürültü kirliliği gibi problemlerle karşı karşıyadır. Bu problemlerin ana sebebi bireysel araçlarla yapılan ulaşımın yoğunluğudur. Ancak toplu taşımanın tam olarak bu güzergahın paralelinde bulunan ve İstanbul şehir içi ulaşımında karakteristik bir ulaşım şekli olan deniz yolu ulaşımı ile sağlanması, konfor, hız, ücret gibi nedenlerle tercih edilmesi sonucunda bu hattaki trafik yoğunluğu azaltılabilir. Deniz yolu ulaşımının rota planlaması ve sefer saatleri gibi faktörlere bağlı olarak verimli olmayan kullanımı bu ulaşım türünün tercih edilmesi noktasında sorun teşkil etmektedir. Mevcut imkanlar göz önüne alındığında rotaların ve bu rotalara bağlı zaman çizelgelerinin akıllı senkronizasyonu sonucunda, boğaz hattını kullanan bireylerin deniz yolu ulaşımını kullanmalarını teşvik etmek yoluyla boğaz hattındaki kara yolu trafiğinin optimizasyonun sağlanması mümkündür. Bu nedenle, çalışmada mevcut (deniz) trafik düzenlemesinin eksikliklerini ortaya koyarak daha iyi bir düzenlemenin nasıl yapılacağına dair bir yol gösterilmesi hedeflenmiştir. Deniz trafiğini düzenleyici bir karar destek sisteminin kavramsal çerçevesinin geliştirilmesi amaçlanmış ve önerilen sistemin faydaları belirtilmiştir. Çalışmada yöntem olarak karar ağacı ve en kısa yolu bulma algoritmaları kullanılmıştır. En kısa yol problemine ek olarak en kısa zamanı bulma da bu çalışmada ele alınan kriterlerdendir. Sonuç olarak, boğaz hattındaki bir iskeleden yine boğaz hattındaki bir başka iskeleye giderken en kısa yol ve en kısa zamanda gidilecek rotalar belirlenmiştir. Ayrıca, mevcut boğaz hattı vapur sefer tarifelerinin daha verimli olmasına yönelik bir uygulamanın (E-Bosphorus) arayüz tasarımı geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Deniz Yolu Ulaşımı, Boğaz Hattı, Karar Destek Sistemi, Rota Bulma.

**Teslim Tarihi:** 23.08.2020

**Kabul Tarihi:** 27.09.2020

**Sorumlu Yazar:**

esranurdemirtastr@gmail.com

Demirtaş, E., Cenani, Ş. (2020). Boğaz Hattındaki Trafiğin Optimizasyonuna Yönelik Bir Karar Destek Sistemi Önerisi: E-Bosphorus. JCoDe: Journal of Computational Design, 1(3), 49-70.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde bireysel araçların kullanımı ile artan trafik yoğunluğu, teknolojinin de sunduğu olanaklarla optimize edilebilir bir hale gelmiştir. Türkiye özelinde trafiğin en problemlisi olduğu şehirlerden biri İstanbul'dur. İstanbul'a daha yakından bakmak gerekirse, özellikle rekreasyonel alanların yoğunlukta olduğu, insanların boş vakit geçirme, eğlenme, spor yapma gibi amaçlarla sıklıkla kullandığı Boğaz Hattı'nın kıyıya paralel aksında uygun bir toplu taşıma olanağı sağlanabilecek bir sistemin geliştirilmesi gerektiği görülür. Bu aksta geliştirilecek olan bir toplu taşıma ağıyla kullanıcıların bireysel araçlardan ziyade konfor, dinlenme, kalabalık olmayan ulaşım, uygun ücretlendirme gibi nedenlerle deniz ulaşımını tercih etmeleri sağlanabilir. Ayrıca kentlinin İstanbul'u deniz yolu ulaşımı ile deneyimlemesi sağlanacaktır.

İstanbul dünyada önemli deniz geçişlerinin biri üzerinde kurulu bir şehirdir. Çancı ve diğ. göre (2015) diğer deniz geçişlerinden farkı sadece deniz yolu üzerindeki transit geçişlerle sınırlı olmamasıdır. Aynı zamanda kara yolunun köprülerle, demiryollarının da boğaz tüp geçidi şeklinde bu su yolu üzerinden geçmesi diğer bir özelliği olmaktadır. Şehir ölçeğinde; İstanbul şehir içi yolcu taşımacılığında deniz yolu taşımacılığının % 3 (ortalama 250.000 yolcu/gün)<sup>1</sup> kadarlık bir payı bulunmaktadır. Bu da taşınan günlük yolcu sayısı bakımından İstanbul deniz yolu ulaşımının ayrıcalıklı bir konumda olduğunu göstermektedir. Hızla artan nüfusu ile şehir içi yolcu taşımacılığı yönünden İstanbul'da iki kıtayı birleştiren ulaşım türü olarak deniz taşımacılığının verimli hale getirilme ihtiyacı daha da önem kazanacaktır (Çancı, Önden, Çakmak, Gürel ve Tuzla, 2015). Deniz yolu taşımacılığını diğer sistemlerden ayıran ucuz ve yüksek kapasiteli olması, emniyetli olması gibi yönleridir. Ancak ülkemizde gereken rağbeti görmemekte ve deniz yolu ulaşımı teşvik edilmemektedir. Buna ek olarak, diğer toplu taşıma ağlarıyla modlar arası entegrasyon ve diğer modlardan deniz yoluna geçişin teşvik edilmesi sağlanmamaktadır. Bu da var olan sistemin verimsiz olarak kullanılması şeklinde bir sonuçla karşılaşmamıza neden olur.

Bu noktada Akıllı Ulaşım Sistemlerinin (AUS) kullanımı ile verimli, sürdürülebilir bir yapının oluşması sağlanabilir. Özellikle veriye dayalı karar destek sistemlerinin kullanımı ile ulaşım ağı optimize

---

<sup>1</sup> 2019 yılında <https://data.ibb.gov.tr/> verilerine göre 808.278 yolcu/gün sayısına ulaşmıştır. 2019 yılında bu oran %4.8'e çıkmıştır.

edilebilecektir. Bu sistemler kara yolu, deniz yolu, demir yolu gibi taşımacılık sistemlerinde kullanılabileceği gibi, elektrikli kaykay (e-scooter), elektrikli bisiklet vb. bireysel taşımacılık ağlarıyla da entegre edilerek optimize edilebilir. Bunun için geçmişe yönelik veriler, belirli bir zaman aralığındaki durumlar, davranış modelleri analiz edilebilir. Günümüz teknolojik alt yapısı bu verileri analiz etmeye, verilerden çıkarılan sonuçlarla bu tür karar destek sistemlerini oluşturmaya uygundur. Özellikle sefer saatleri, güzergahların belirlenmesi gibi dinamik, kullanıcı verilerine dayalı durumlar için kullanılması sürdürülebilir bir kent yaşamı için bir gereklilik haline gelmiştir.

MobiETT, Moovitapp, Trafi, Google (*Url 1-2-3-4*) gibi çeşitli uygulamalarda vapur saatleri ve güzergahları Şehir Hatları, Turyol, Dentur gibi firmalar tarafından aktarmalı olarak yapılan vapur seferleri aktarmasız bir şekilde, doğrudan iskeleden iskeleye yapılan seferler olarak kabul edilerek rota önerisinde bulunmaktadır. Aksi takdirde mevcut sistemden çıkarılacak sonuç yetersiz kalacaktır. Örneğin Rumeli Kavağı-Eminönü hattı ile Beşiktaş'tan Arnavutköy'e gitmek mümkünken rota önerilerinde bu hat yalnızca Rumeli Kavağı ve Eminönü arasında hareket eden bir hat olarak gözükmemektedir. Bu nedenle vapur kullanıcısı da hangi noktadan hangi noktalara varabileceğinin bilincinde olamamaktadır. Buna bağlı olarak ayrıca en kısa yolu kullanarak, en kısa zamanda varış bilgisine de kullanıcı erişememektedir; çünkü verilen bilgi hiçbir iskelede durulmadan varılan, tek yönlü bir rotayı içermektedir. Bu sorunun sefer tarifelerinin verimli bir şekilde optimizasyonunun sağlandığı bir sistemle düzenlenebileceği düşünülmektedir. Çalışmanın amacı İstanbul Boğazında su taşımacılığıyla en kısa yol ve en kısa zamanda bir iskeleden başka bir iskeleye gidebilmek için güzergah belirlenmesidir. Bu çalışmada mevcut (deniz) trafik düzenlemesinin eksikliklerini ortaya koyarak daha iyi bir düzenlemenin nasıl yapılacağına dair bir yol gösterilmesi hedeflenmiştir. Deniz trafiğini düzenleyici bir karar destek sisteminin kavramsal çerçevesinin geliştirilmesi amaçlanmış ve önerilen sistemin faydaları belirtilmiştir. Ayrıca, çalışma optimizasyonun sağlandığı, önerilecek bir mobil uygulamanın varlığıyla çözülmesi olası problemlere vurgu yapar.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür araştırması üst bir kavram olan Karar Destek Sistemlerinde Veri Madenciliği, Karar Ağacı ve En Kısa Yol Bulma Problemi olmak üzere üç başlık altında incelenmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntem açıklanmıştır. Yöntem

bölümünde öncelikle çalışma alanının bilgisi detaylı olarak verilmiştir. Daha sonra çalışma kapsamında gerçekleştirilen veri toplama süreci açıklanmıştır. Yöntem çalışmasının son kısmında deniz yolu ulaşımında karar destek sistemi baz alınarak arayüzü geliştirilen bir mobil uygulama önerisi trafiği düzenleyen bir araç olarak sunulmuştur. Çalışmanın son bölümünde ise sonuçlar ortaya koyulmuş ve tartışılmıştır.

## **2. KARAR DESTEK SİSTEMLERİNDE VERİ MADENCİLİĞİ**

Karar destek sistemleri bir karar aşamasında, verilerden faydalanarak karar vermeyi kolaylaştıran sistemlerdir. Verimliliğin artırılması, karar verme aşamasının hızlandırılması, karar verenin veriye erişiminin ve kavramasının hızlandırılması gibi önemli avantajları bulunur. Ham veri tek başına anlamlı bir sonuca ulaşılmasına olanak tanımayacağı için verilerin kullanılabilir, anlamlı, birbirleriyle ilişkilendirilebilir yararlı bilgiler haline getirilmesi gerekmektedir. Veri madenciliği, büyük miktardaki verilerden kuralların, örüntülerin ve modellerin ortaya çıkarılmasıdır (Emel ve Taşkın, 2005). Veri madenciliğinde bilgi keşfi Han, Kamber ve Pei'ye göre (2012) verinin temizlenmesi (data cleaning), veri birleştirme (data integration), veri seçme (data selection), veri dönüştürme (data transformation), veri madenciliği uygulaması (data mining), örüntü değerlendirme (pattern evaluation), bilgi sunumu (data presentation) süreçlerinden geçer.

Veri madenciliğinde tahmin edici modeller ile örüntü tanıma işi, sınıflama, regresyon ve zaman serileri yaklaşımlarını içerir. Eldeki verinin gruplarını bulan kümeleme, ilişkilendirme ve ardışıklık kurallarını elde etmeyi kapsayan ilişkilendirme analizi ve ardışıklık keşfi davranışı ise tanımlama amaçlı kullanılır (Emel ve Taşkın, 2005).

Veri madenciliği modellerini işlevlerine göre üç ana grup altında toplamak mümkündür: 1. Sınıflama (Classification) ve Regresyon (Regression) 2. Kümeleme (Clustering) 3. İlişkilendirme Kuralları (Association Rules) ve Ardışık Zamanlı Örüntüler (Sequential Patterns)dir. Sınıflama ve regresyon modelleri, kestirimci, kümeleme; ilişkilendirme kuralları ve ardışık zamanlı örüntü modelleri ise tanımlayıcı modellerdir (Albayrak ve Yılmaz, 2009).

Sınıflama ve regresyon, önemli veri sınıflarını ortaya koyan veya gelecek veri eğilimlerini tahmin eden modelleri kurabilen analiz yöntemleridir. Sınıflama ve regresyon modellerinde kullanılan başlıca teknikler: Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks), Genetik Algoritmalar (Genetic

Algorithms), K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbour-KNN), Naive-Bayes sınıflayıcısı, Lojistik Regresyon ve Karar Ağaçları (Decision Trees)'dir (Çalış, Kayapınar ve Çetinyokuş, 2014). Bu çalışmada Karar Ağaçları verinin sınıflandırılmasında, En kısa yol bulma probleminde ise Dijkstra Algoritması kullanılmıştır.

## 2.1 Karar Ağacı

Karar ağaçları bilgi keşfi sırasında pek çok test gerçekleştirerek, hedefi tahmin etmede en iyi sırayı bulmaya çalışırlar. Her bir test karar ağacındaki dalları oluşturur ve bu dallar da diğer testlerin gerçekleşmesine neden olur (Emel ve Taşkın, 2005).

Ağaç üzerindeki koşul ifadeleri 'düğüm' olarak adlandırılırken ilk düğüm 'kök düğüm' olarak ifade edilir. Düğümler arası bağlantı 'kenar' olarak adlandırılır. 'Yaprak' olarak isimlendirilen koşul belirtmeyen ifadeler ise sınıf etiketlerini gösterir. Bir karar ağacı, basit karar verme adımları uygulanarak, büyük miktarlardaki verileri, çok küçük veri gruplarına bölerek verinin analizini sağlayan bir yapıdır. "If-Else" veya "Switch-Case" basamak yapıları ile algoritmaları oluşturulabilir.

## 2.2 En Kısa Yol Bulma Problemi

En kısa yolu bulma (shortest path) konusunda çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygınları Bellman, Dijkstra, Dreyfus, Floyd Warschall tarafından geliştirilen algoritmalarlardır. Ayrıca genetik algoritmalar (Dener ve Ark., 2011) ve A star algoritması da en kısa yolu/rotayı bulma çalışmalarında sıkça kullanılmıştır. Yine bu bağlamda gezgin satıcı problemi de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genetik algoritmalar, doğada gözlemlenen evrimsel sürece benzer bir şekilde çalışan arama ve eniyileme yöntemidir. Karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin hayatta kalması ilkesine göre en iyi çözümü aramaktadır (Beasley, Bull ve Martin, 1993). Genetik algoritmalar problemlerin çözümü için evrimsel süreci taklit ederler. Diğer eniyileme yöntemlerinde olduğu gibi çözüm için tek bir yapının geliştirilmesi yerine, böyle yapılardan meydana gelen bir küme oluştururlar. Kümedeki bireyler evrimsel süreç içinde genetik algoritma işlemleri tarafından belirlenirler (Bingul, Sekmen ve Zein, 1999).

Dijkstra'nın algoritması, en kısa yol problemini çözmek için genişlik öncelikli aramadan (Breadth First Search - BFS) yararlanır. Sadece pozitif yol değerlerine sahip bir graf için, verilen bir başlangıç düğümünden (source node), diğer bütün düğümlere olan en kısa yolları bulmak için

kullanılmaktadır. Yol bulma işlemi sırasında hangi düğümle yola devam edileceğine karar vermek için açgözlü yaklaşımı (greedy approach) kullanılmaktadır. Herhangi bir yol negatif değere sahipse algoritma başarılı bir şekilde çalışmaz (Dijkstra, 1959).

En iyi öneriye ulaşma amacı ile genetik algoritmalar, düğümün bir adım sonraki düğümle ilişkisi bağlamında ise Dijkstra algoritması çalışmanın yöntem aşamasında seyahatin başlangıç ve bitişi arasında en kısa yolun hesaplanmasında kullanılmıştır.

En kısa yol bulma konusunda yeterince kaynağa ulaşılabilmiş, ancak deniz yolu ulaşımında en kısa yolu ve en kısa süreyi bulma konusunda İstanbul denizyolu toplu ulaşımında sınırlı kaynağa rastlanmıştır.

Ceder A. ve Sarvi M. (2007) tarafından yapılan çalışmada var olan deniz yolu ulaşım rotaları, aday iskeleler/rotalar, ortalama seyahat süresi, uzaklık, deniz otobüslerinin en yoğun kullanılan ve en az kullanılan zamanlardaki yolcu kapasiteleri, deniz otobüslerinin hızları, sefer saatleri, deniz otobüslerinin türleri, filoların büyüklüğü, deniz ulaşımına yönelik yönetmelikler gibi veriler toplanmıştır. Çalışmada hedef kitle yolcu, işletmeci ve belediyedir. Tüm tarafların yararına olabilecek bir sistem önerisinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1 Çalışma Alanı

Çalışmada İstanbul'un Avrupa yakasından 12 ve Anadolu yakasından 13 adet olmak üzere toplamda 25 adet iskeledeki sefer saatleri ve bu iskelelere ulaşımın sağlanabildiği diğer iskelelerin ilişkiselliği öncelikli olarak incelenmiştir. Avrupa yakasındaki iskeleler Eminönü, Karaköy, Kabataş, Beşiktaş, Ortaköy, Arnavutköy, Bebek, Emirgan, İstinye, Yeniköy, Sarıyer, Rumeli Kavağı iskeleleridir. Anadolu yakasındaki iskelelerse Kadıköy, Üsküdar, Kuzguncuk, Beylerbeyi, Çengelköy, Kandilli, Küçüksu, Anadolu Hisarı, Kanlıca, Çubuklu, Paşabahçe, Beykoz ve Anadolu Kavağı iskeleleridir (**Şekil 1**). Trafiğin en yoğun olduğu hafta içi 07:00-09:00 ve 17:00-19:00 saatleri arası çalışmada odaklanılan zaman aralıkları olmuştur.

Şekil 1: Çalışma kapsamında ele alınan iskeleler.



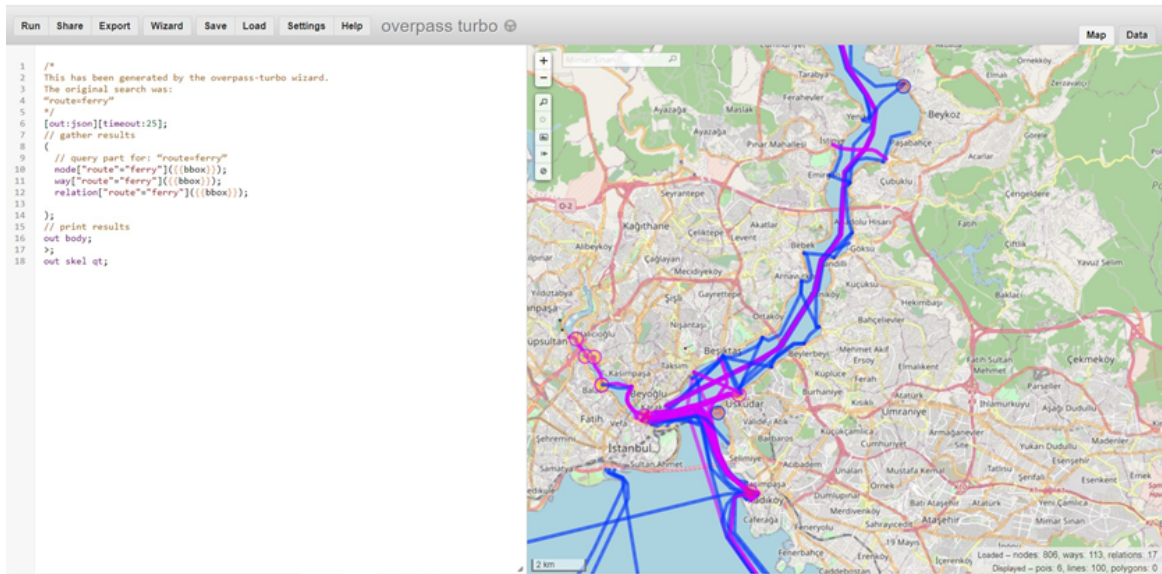
### 3.2 Veri Madenciliği Bilgi Keşif Süreci

Çalışmanın veri toplama ve toplanan verinin işlenmesi adımlarında; en iyi öneriye ulaşma amacı ile genetik algoritmalar, düğümün bir adım sonraki düğümle ilişkisi bağlamında ise Dijkstra algoritması seyahat başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki en kısa yolun hesaplanmasında kullanılmıştır. Çalışmada, İstanbul Boğazı'nın tek kıyısında, aktarmasız



olarak yapılan seferler ile Avrupa ve Anadolu yakaları arasındaki seferler bir arada incelenecektir. Bu aşamada açık ve gönüllü veri üretimi ile oluşturulan OpenStreetMap (Url-5) sitesinin veri madenciliği ve filtreleme aracı olarak kullanılabilen Massachusetts Institute of Technology lisanslı overpass-turbo.eu sitesine aşağıdaki kod yazılarak iskelelerin ilişkilerine yönelik bir harita çıkarılmıştır (**Şekil 2**). Boğaz hattında yapılan tüm seferler için iskelelerden tek gidiş veya tek dönüş seçenekleri ele alınmıştır. Örneğin Şehir Hatları'nın Çengelköy-İstinye vapuru aktarmalı olarak Çengelköy-Arnautköy-Bebek-Kandilli-Anadolu Hisarı-Kanlıca-Emirgan-İstinye iskelelerinden geçmektedir (**Şekil 3**). Bu rota Çengelköy-Arnautköy, Arnautköy-Bebek, Bebek-Kandilli vb. şekilde bölünmüştür. Böylelikle aktarmaların da dahil olabileceği ve daha fazla alternatifin mümkün kılındığı bir ulaşım ağı oluşturulmuştur.

**Şekil 2:** Overpass-turbo.eu sitesinden çekilen veri (Url-6).



Yazılan kod aşağıdaki gibidir:

```

[out:json][timeout:25];
(
// query part for: "route=ferry"
node["route"="ferry"]({{bbox}});
way["route"="ferry"]({{bbox}});
relation["route"="ferry"]({{bbox}});
);
out body;
>;
out skel qt;

```

ÇENGELKÖY - İSTİNYE HATTI / Line							
HAFTA İÇİ ve CUMARTESİ GÜNLERİ / Working Days and Saturdays							
Ç. KÖY	A. KÖY	BEBEK	KANDİLLİ	A. HİSARI	KANLICA	EMİRGAN	İSTİNYE
KALKIŞ / Departure							VARIŞ Arrival
07:25	07:35	07:40	07:45	07:55	08:05	08:10	08:20
09:25	09:35	09:40	09:45	09:55	10:05	10:10	10:20
12:25	12:35	12:40	12:45	12:55	13:05	13:10	13:20
15:25	15:35	15:40	15:45	15:55	16:05	16:10	-
-	16:50	16:55	17:00	17:10	17:20	17:25	17:35
18:40	18:50	18:55	19:00	19:10	19:20	19:25	-
İSTİNYE	EMİRGAN	KANLICA	A. HİSARI	KANDİLLİ	BEBEK	A. KÖY	Ç. KÖY
KALKIŞ / Departure							VARIŞ Arrival
08:20	(08:10)	08:30	08:40	08:45	08:50	08:55	09:05
10:20	(10:10)	10:30	10:40	10:45	10:50	10:55	11:05
13:20	(13:10)	13:30	13:40	13:45	13:50	13:55	14:05
-	16:15	16:20	16:30	16:35	16:40	16:45	-
17:40	17:50	17:55	18:05	18:15	18:20	18:25	18:35
-	19:30*	19:35*	19:45*	-	19:55*	20:00*	20:10*

Şekil 3: Şehir Hatları Çengelköy-İstinye hattı tarifesini (Url-7).

Overpass-turbo.eu sitesindeki verilerin güncelliği ve doğruluğu, açık ve gönüllü veri üretimi ile oluşturulduğu için sorgulanmış ve ek olarak sehirhatlari.istanbul, ido.com.tr, turyol.com, denturavryasya.com, trafi.com, moovitapp.com sitelerinden de bu veri teyit edilerek tablo bilgisi olarak üretilmiş ve ayrıca Beşiktaş örneği özelinde grafik olarak bir araya getirilmiştir (Şekil 4). Ancak overpass-turbo.eu sitesi genel bir bakış sunması ve veriyi görselleştirerek aktarması açısından çalışma kapsamında olumlu bir katkı sağlamıştır.

Şekil 4: Beşiktaş'a bir durak bağlantılı hatların 07:00-07:55 saatleri arasındaki kalkış durumları.

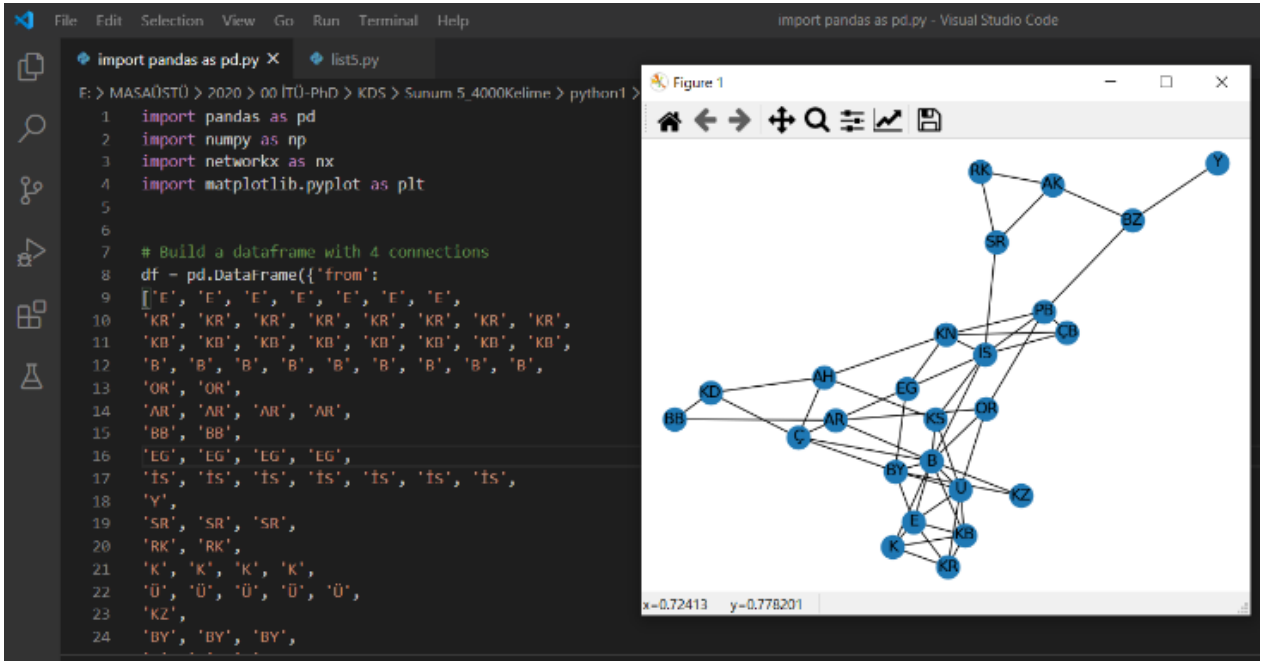
KOD	HAT BAŞLANGICI	HAT BİTİŞİ	İŞLETME	07:00	07:05	07:10	07:15	07:20	07:25	07:30	07:35	07:40	07:45	07:50	07:55
B-01	BEŞİKTAŞ	KABATAŞ	Şehir Hatları											VAR	
B-02	BEŞİKTAŞ	KABATAŞ (-KÜÇÜKSU)	Şehir Hatları												VAR
B-03	BEŞİKTAŞ	KABATAŞ (-B. Hattı)	Şehir Hatları												
B-04	BEŞİKTAŞ	EMİNÖNÜ (-B. Hattı)	Şehir Hatları								VAR		VAR	VAR	VAR
B-05	BEŞİKTAŞ	EMİNÖNÜ (-R. Kavağı)	Şehir Hatları												
B-06	BEŞİKTAŞ	KADIKÖY	Şehir Hatları				VAR						VAR		
B-07	BEŞİKTAŞ	BEYLERBEYİ (-B. Hattı)	Şehir Hatları												
B-08	BEŞİKTAŞ	KADIKÖY	Turyol	VAR						VAR					
B-09	BEŞİKTAŞ	ORTAKÖY (-B. Hattı)	Şehir Hatları												
B-10	BEŞİKTAŞ	ÜSKÜDAR	Dentur					VAR							
B-11	BEŞİKTAŞ	KUZGUNCUK (-B. Hattı)	Şehir Hatları												
B-12	BEŞİKTAŞ	İSTİNYE (-Sarıyer)	Şehir Hatları												
B-13	BEŞİKTAŞ	KABATAŞ (-Adalar)	Dentur												
B-14	BEŞİKTAŞ	KADIKÖY	Dentur												
B-15	BEŞİKTAŞ	ORTAKÖY (-Bebek)	Dentur												
B-16	BEŞİKTAŞ	ATNAVUTKÖY (-R. Kavağı)	Şehir Hatları												

İlişkilerin daha net kurulabilmesi adına öncelikle 07:00-09:00 ve 17:00-19:00 saatleri veri kaybı olmaması için beşer dakikalık aralıklara bölünmüştür ve kalkış saatleri işlenmiştir. Böylece Avrupa ve Anadolu yakasında, yukarıda belirtilen tüm iskelelerden ayrı ayrı kalkış saatlerinin işlenmesi mümkün olmuştur. 07:00-09:00 ve 17:00-19:00 saatleri arasındaki sefer saat aralıkları ve güzergahları değişkenlik gösterdiği için ve çalışmadaki zaman kısıtlılığı nedeniyle 17:00-19:00 saatleri arasındaki veriler bu aşamada popülasyon büyüklüğünü daraltmak adına elenmiştir. Seferlerin mevcut olduğu saatler 1’le, mevcut olmadığı saatler ise 0 ile gösterilmiştir (**Şekil 5**).

HAT BAŞLANGICI	HAT BİTİŞİ	SÜRE	07:10:00	07:30:00	07:35:00
EMİNÖNÜ	KADIKÖY	25	0	0	1
EMİNÖNÜ	KADIKÖY	25	0	0	0
EMİNÖNÜ	KADIKÖY	25	0	0	0
EMİNÖNÜ	ÜSKÜDAR	20	1	1	0
EMİNÖNÜ	ÜSKÜDAR	20	0	1	0
EMİNÖNÜ	KABATAŞ	15	0	0	0
EMİNÖNÜ	BEYLERBEYİ	30	0	0	0

**Şekil 5:** Saatlere göre seferler

Ayrıca hat başlangıçları doğrudan hattın son noktası ile ilişkilendirilmemiş, düğüm noktaları olarak işaretlenerek hattaki bir sonraki durak ile ilişkilendirilmiştir. Böylece üzerinden geçilen hatlar da optimizasyon işlemine ve diğer iskelelerle ilişkileri ile sisteme dahil edilebilecektir (**Şekil 6**). İskele adları bir veya isimlerin çakışması durumunda (Kadıköy:K, Kabataş: KB, Kandilli:KN gibi) iki harf ile gösterilmiştir. Bahsi geçen Dijkstra algoritmasına göre düğümlerin bir sonraki düğümlerle ilişkisi zaman faktörü baz alınmadan ele alındığında, bu çizgeye göre örneğin Beşiktaş iskelesinden Yeniköy iskelesine varış yapılabileceği sonucuna varılır. Ancak zaman faktörü dahil edildiğinde bu durumlar değişkenlik gösterebilmektedir. Bu çizgenin amacı düğümün (iskelenin) bir sonraki düğümlerle ilişkisi bağlamında başlangıç noktasından varış noktasına kullanılabilecek alternatiflerin görülebilmesini sağlamaktır.



Rapidminer yazılımı üzerinden yapılan veri analizinde hem kalkış hem de varış açısından en yoğun olarak kullanılan iskelelerin Beşiktaş olduğu tespit edilmiş ve çalışma Beşiktaş üzerinden örneklendirilmiştir.

Şekil 6: Python ile oluşturulan iskeleler arası ilişki ağı.

### 3.3 Deniz Yolu Ulaşımında Karar Destek Sistemi Mobil Uygulama Önerisi

İstanbul gibi bir şehirde kentin deniz yolu ulaşımı ile deneyimlenmesi önemlidir. Ancak bu konuda bir bilincin oluşabilmesi kentlinin deniz yolu ulaşımına dair verilere kolaylıkla erişmesi ile mümkün olacaktır. Buna yönelik olarak bu çalışma kapsamında karar destek sistemi olarak oluşturulan mobil uygulama ile kullanıcı hem başlangıç ve varış noktasını kendi belirleyebilecek hem de başlangıç noktasını belirleyip, varış noktasına dair mobil uygulamanın önerileri üzerinden rota alternatiflerine erişebilecektir. Rota alternatiflerinin yanı sıra bu rotalara yönelik saat aralıklarına ulaşabilecektir. Çalışmanın ana çıktısı olarak İstanbul Boğazı şehir içi yolcu ve araç taşımacılığı hatlarındaki bir iskeleden yine bu hattaki bir başka iskeleye giderken en kısa yol ve en kısa zamanda gidilecek rota/rotalar belirlenmiştir. Buna dair oluşturulan akış şeması Şekil 7'deki gibidir. Akış şemasına göre uygulama başlatıldıktan sonra başlangıç noktası ve saati, daha sonra varış noktası ve saati girilir veya varış noktası alternatifleri E-Bosphorus Karar Destek Sistemi'nden alınır. Öncelikli olarak aktarmasız seçenekler sunulur. Bu

seçeneklerin olmaması durumunda aktarmalar birer artırılarak kullanıcıya öneriler sunulur. Sistemde öneri sunulmaması durumunda saat ve iskele ihtiyacı bilgisinin İstanbul Büyükşehir Belediyesi Akıllı Şehir Müdürlüğü ile paylaşılması ve bu doğrultuda bir sistemsel iyileştirme önerisinin iletilmesi planlanmıştır.

Kullanıcının bilgiye hızlıca erişimi, kullanım kolaylığı, hedef kitleye erişebilmesi gibi nedenlerle önerilen karar destek sistemi bir mobil uygulama aracılığıyla oluşturulmuştur.

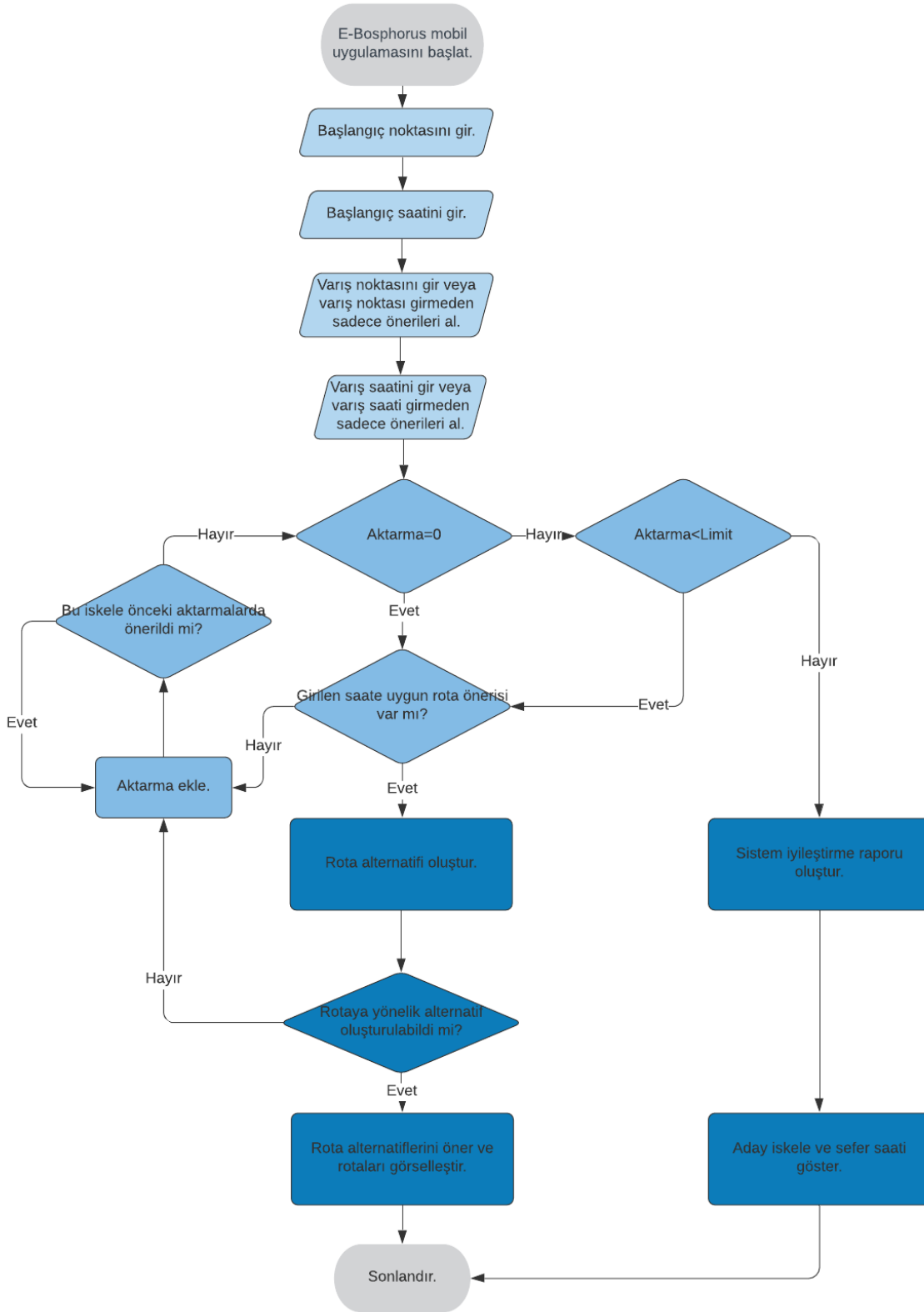
Daha detaylı bir çalışma için daha önce belirtildiği gibi Beşiktaş örneğine yoğunlaşmıştır. Beşiktaş örneğinde ilk aşamada, aktarmasız olarak Kabataş, Eminönü, Kadıköy, Üsküdar ve İstinye olmak üzere beş adet rotanın önerildiği görülmektedir. Bunlardan tekrar eden rotalar elenmiştir. İkinci aşamada, tek aktarma ile saat faktörü de göz önünde bulundurulduğunda 07:00-09:00 saat aralığında Eminönü üzerinden Beylerbeyi'ne, Üsküdar üzerinden Ortaköy'e ve İstinye üzerinden Sarıyer'e ulaşmak mümkündür. Üçüncü ve son elemelerde ise yolcunun yalnızca Sarıyer'den Rumeli Kavağı ve Anadolu Kavağı'na geçiş yapabileceği önerilmiştir. Böylece 07:00-09:00 saat aralığında Beşiktaş'tan 11 farklı iskeleye varışın sağlanabildiği görülmektedir (**Şekil 8**).

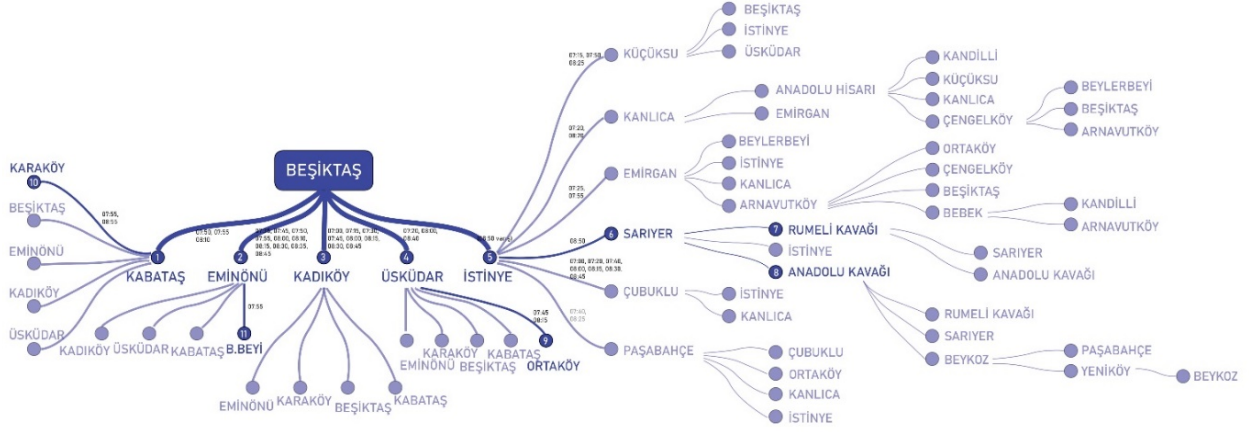
Beşiktaş kök düğüm noktası olarak kabul edilirse aktarmasız olarak Beşiktaş'tan varış sağlanabilen 5 farklı düğüm noktası bulunmaktadır. En iyi öneriye ulaşma amacıyla kullanılan genetik algoritma yöntemindeki gezgin satıcı problemi baz alındığında, 07:00-09:00 saatleri arasında, örneğin Beşiktaş'ın ilk düğüm noktası olarak kabul ettiğimiz Kabataş'tan yalnızca Karaköy'e varışın mümkün olacağı görülür. Kabataş iskelesinden aktarmasız olarak gidilen Beşiktaş iskelesi başlangıç iskelesi olduğu için; Eminönü, Kadıköy, Üsküdar iskeleleri ise Beşiktaş'tan aktarmasız olarak varılabilen iskeleler oldukları için popülasyondan uzaklaştırılırlar.

**Şekil 7**'de de görüldüğü gibi bu en iyileme probleminin ilk aşamasında belirlenen başlangıç ve/veya varış saatine göre ilk alternatif aktarmasız olmak üzere en uygun alternatif arayışında aktarmalar birer artırıldığında bazı seçeneklerin de elenmesi söz konusudur.

**Şekil 7:** E-Bosphorus karar destek sisteminin akış şeması.

## E-BOSPHORUS KARAR DESTEK SİSTEMİ





**Şekil 8:** Beşiktaş'tan 07:00-09:00 saatleri arasında kullanıcıya önerilen alternatifler, karar ağacı.

1 numaralı hat (Düğüm 1: Kabataş) Beşiktaş'tan Kabataş'a 07:50, 07:55 ve 08:10 saatlerinde hareket etmektedir. Yolculuk süresi 5 dakikadır. Kabataş'tan 7:50'de kalkan diğer vapur ise 7:55'te yapılacak olan Kabataş-Karaköy vapuruna sınırda yetişebilecektir. Bu nedenle Beşiktaş'tan Karaköy'e vapurla ulaşmak isteyen bir yolcu için bu vapur sefer saatleri verimsiz olmaktadır. Burada İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından bir düzenleme yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Beşiktaş'tan Kabataş'a 08:10'da kalkan vapurla ise 08:15'te varış sağlanacaktır. Ancak bir sonraki vapur 08:55'te kalkacağı için yolcu 30 dakika beklemek durumunda kalacaktır, bu da birbirine yakın mesafede olan bu güzergah için optimum bir sonuç olmayacaktır.

2 numaralı hat (Düğüm 2: Eminönü) Beşiktaş'tan Eminönü'ne 07:35, 07:45, 07:50, 07:55, 08:00, 08:10, 08:15, 08:30, 08:35, 08:45 saatlerinde hareket etmektedir. Yolculuk süresi 15 dakikadır. Eminönü'nden Beylerbeyi'ne geçiş yapabilmek için 07:00-09:00 saatleri arasındaki en ideal saat ise 07:55'tir. Bu durumda Beşiktaş'tan Eminönü'ne giden 07:35'te kalkan vapur Beylerbeyi'ne geçiş için tek seçenektir. Buradan Beylerbeyi ise 30 dakika sürmektedir. Eminönü'ndeki beş dakikalık bekleme süresi de hesaba dahil edilirse karar destek sisteminin önerdiği Beşiktaş-Eminönü-Beylerbeyi rotasında toplam yolculuk süresi 50 dakikadır.

3 numaralı (Düğüm 3: Kadıköy) Beşiktaş-Kadıköy hattında 07:00, 07:15, 07:30, 07:45, 08:00, 08:15, 08:30, 08:45 saatlerinde vapur seferleri bulunmaktadır. Ancak Beşiktaş-Kadıköy hattından sonraki aktarmasız seferler algoritmadan çıkarıldığı için 07:00-09:00 arasında, Boğaz

Hattında Beşiktaş'tan Kadıköy'e aktarmalı bir vapur seferi bulunmamaktadır.

4 numaralı hat (Düğüm 4: Üsküdar) Beşiktaş'tan Üsküdar'a 07:20, 08:00, 08:40 saatlerinde vapur seferleri bulunmaktadır. Üsküdar'dan ise algoritmadan elenen hatlar dışında tek alternatif olarak Ortaköy hattı kalmaktadır. Üsküdar-Ortaköy seferleri ise 07:45 ve 08:15'te yapılmaktadır. Beşiktaş-Üsküdar arası yolculuk süresi 20 dakikadır. Bu durumda yalnızca 07:20 seferiyle Beşiktaş'tan Ortaköy'e varış mümkündür. Üsküdar-Ortaköy vapur seferinin süresi 15 dakikadır. Beşiktaş'tan Ortaköy'e toplam yolculuk süresi 40 dakika sürecektir. Yapılan mobil uygulamada bu rota öneri olarak sunulacaktır. Trafik yoğunluğuna bağlı olarak yolcu bu rotayı tercih edebilir ya da karar destek sistemi belediyenin Beşiktaş-Ortaköy rotasındaki yolcu yoğunluğuna bağlı olarak sefer açmasına yönelik bir öneri oluşturabilir.

5 numaralı (Düğüm 5: İstinye) Beşiktaş-İstinye hattında 08:15'te bir vapur seferi bulunmaktadır. Beşiktaş'tan bu hatla İstinye'ye varış 08:50'dir. Yine 08:50'de İstinye'den Sarıyer'e varış mümkündür. Sarıyer'den Anadolu Kavağı'na bir sonraki sefer 09:00'dadır ve yolculuk süresi 10 dakikadır. Daha geç bir vakitte Rumeli Kavağı'na da buradan geçiş mümkündür (Tablo 1).

**Tablo 1:** Beşiktaş'tan 07:00-09:00 saatleri arasında kullanıcıya önerilen alternatifler (R. Kavağı hariç)

NO 1	HAT BAŞLANGICI	ROTALAR	BAŞLANGIÇ SAATİ	YOLCULUK SÜRESİ
R1	BEŞİKTAŞ	KABATAŞ	07:50, 07:55, 08:10	5 Dakika
R2	BEŞİKTAŞ	EMİNÖNÜ	07:35, 07:45, 07:50, 07:55, 08:00, 08:10, 08:15, 08:30, 08:35, 08:45	15 Dakika
R3	BEŞİKTAŞ	KADIKÖY	07:00, 07:15, 07:30, 07:45, 08:00, 08:15, 08:30, 08:45	25 Dakika
R4	BEŞİKTAŞ	ÜSKÜDAR	07:20, 08:00, 08:40	20 Dakika
R5	BEŞİKTAŞ	İSTİNYE	08:15	35 Dakika
R6	BEŞİKTAŞ	İSTİNYE SARIYER	08:50	35 + 25 Dakika
R7	BEŞİKTAŞ	İSTİNYE SARIYER R. KAVAĞI	12:05, 12:25	35 + 25 + 10 Dakika
R8	BEŞİKTAŞ	İSTİNYE SARIYER A. KAVAĞI	09:00	35 + 25 + 10 Dakika
R9	BEŞİKTAŞ	ÜSKÜDAR ORTAKÖY	07:45, 08:15	20 + 15 Dakika
R10	BEŞİKTAŞ	KABATAŞ KARAKÖY	07:55, 08:55	5 + 10 Dakika
R11	BEŞİKTAŞ	EMİNÖNÜ BEYLERBEYİ	07:55	15 + 30 Dakika





**Şekil 9:** Beşiktaş'tan 07:00-09:00 saatleri arasında kullanıcıya önerilen alternatifler, haritalama.

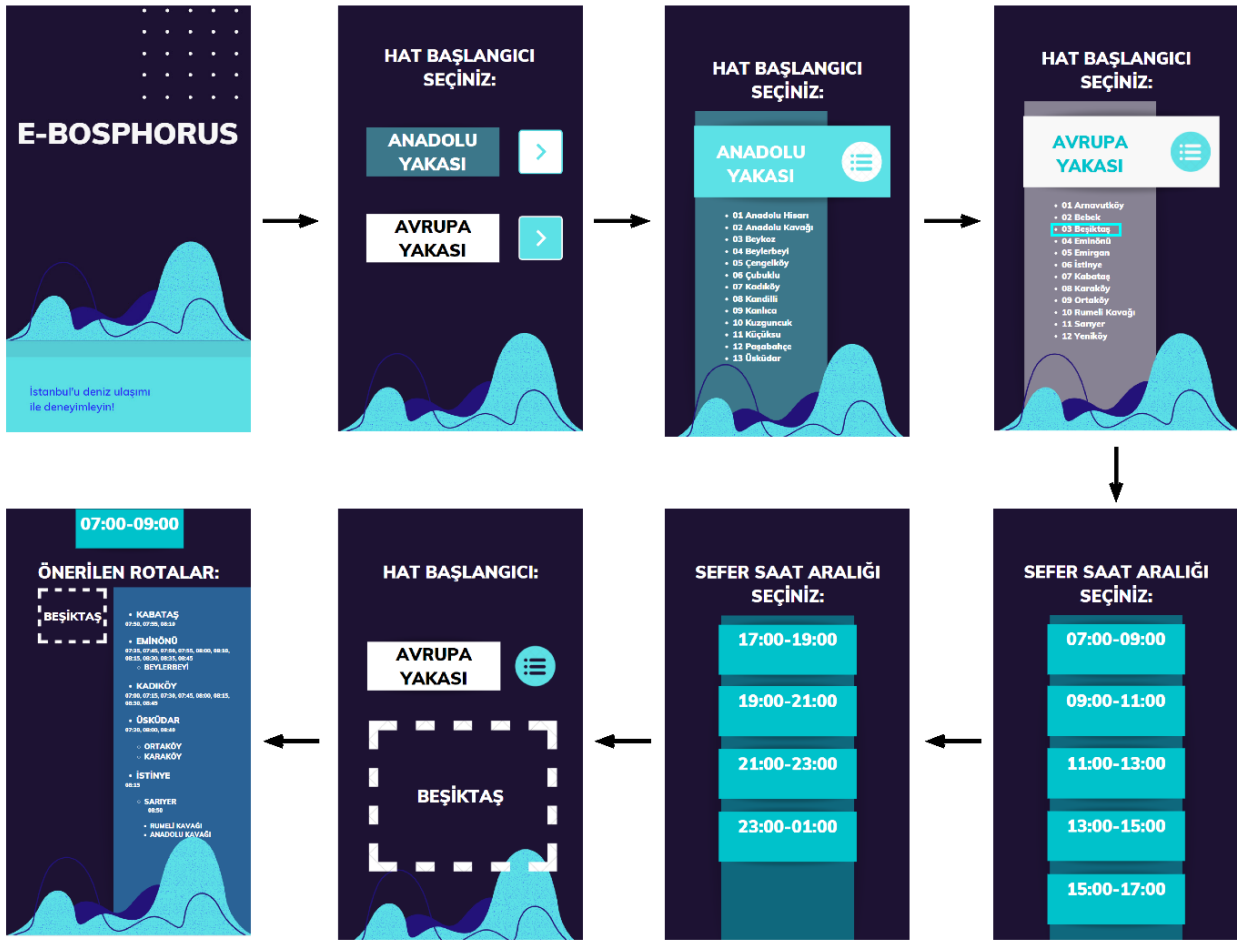
Kullanıcıya 07:00-09:00 saatleri arasında hat başlangıcı Beşiktaş olarak sunulan alternatifler **Şekil 9**'daki gibidir. **Şekil 9**'daki koyu mavi renkteki 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı oklar yolcunun tek aktarmayla, kırmızı renkteki 6, 9, 10, 11 numaralı oklar iki aktarmayla, yeşil renkteki 7 ve 8 numaralı oklar ise üç aktarmayla yolcunun belirtilen saat aralığında hat başlangıç noktası Beşiktaş olan vapur vb. deniz ulaşım araçları ile kullanabileceği rotaları göstermektedir.

Bu öneriler 07:00-09:00 zaman aralığı için kısıtlı sayıda olsa da diğer saatlerde daha çok sayıda alternatiflerle karşılaşılmıştır. Bu nedenle çalışmada kurgulanan sistemin diğer saatleri de kapsamının model önerisi açısından daha gelişmiş bir sonuç vereceği sonucuna varılmıştır. Ancak çalışmanın sınırları çerçevesinde bu saat aralıkları test edilmiştir.

Geliştirilen mobil uygulama önerisine göre kullanıcıdan hat başlangıcı bilgisi alınır. Bu bilgi Avrupa Yakası ve Anadolu Yakası olarak kategorize edilmiş bir arayüz üzerinden alınır. Kullanıcının diğer hatlara yönelik olarak da bilgi sahibi olabilmesi adına bu yakalardaki iskeleler listelenir. Kullanıcı hat başlangıcını bu listeden seçer. Buna ek olarak kullanıcı saat aralığı seçimi yapar. Burada ise ikişer saatlik aralıklara bölünerek kullanıcıya belirlediği saat aralıklarında ve seçtiği hat başlangıcına yönelik olarak rota önerilerinde bulunulur (Şekil 10).

Ayrıca kullanıcıların oylaması ile de İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne vapurların sefer sıklığına yönelik oy verisi iletilebilir. Böylece bu uygulama yoluyla, katılımcı bir yaklaşımla, kentlinin vapur seferlerine yönelik talebi alınabilir.

Şekil 10: Mobil uygulama arayüzü önerisi.



#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

İstanbul Boğazı şartları itibariyle ulaşımda son derece dikkat gerektiren önemli bir su yoludur. Bu su yolundaki ulaşımın verimli kullanımı Boğaz Hattındaki kara yolu trafiğinin minimize edilmesini sağlayacaktır. Mevcut araç trafiğini ve trafikte kaybedilen zamanı azaltmak, kara yolunu kullanan araç sayısının azaltılması ile karbon salınımını da azaltmış olacaktır. Deniz yolu ulaşımının teşvik edilmesi aynı zamanda düşük karbonlu hareketliliği de destekleyecektir. Bu doğrultuda bir karar destek sisteminin kurgulanması ile rotalara ve sefer saatlerine yönelik önemli bir öneri sistemi elde edilir. Boğaz hattında, işe gidiş ve işten çıkış saatlerinde; 07:00-09:00 ve 17:00-19:00 saatleri arasında sefer sayılarının artırılması gereklidir. Bu hatta kıyıya paralel bir deniz yolu ulaşımının verimli bir şekilde sağlanması, bu güzergahtaki kara yolu erişimini de rahatlatacaktır.

Bu çalışmada bahsi geçen mobil uygulamaya benzer uygulamalar Google Maps, Mobiett, Trafi, Moovitapp gibi uygulamalardır. Ancak bu uygulamalarda vapur seferleri özelinde yeterli bilgi bulunmamaktadır. Önerilen karar destek sisteminde aktarmalar da sisteme dahil edilerek çeşitli rotalar önerilebilecektir. Uygulamada kullanıcı oyuyla veri toplanarak belediyeye de paylaşılabilir. Deniz yolu ulaşımını teşvik eden bir mobil uygulama olması ve kentlinin oyuyla akıllı ulaşımda katılımıcılığın desteklenmesi bu uygulama önerisinin inovatif yönlerinden biridir.

Bu çalışma, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin 2020-2024 amaç ve hedefleri kapsamında (Url-8), 'Ulaşılabilir İstanbul' teması başlığı altında, 'Sürdürülebilir Hareketlilik Kapsamında Kentsel Ulaşımı Geliştirmek' amacının alt maddelerinde yer alan 'Akıllı Ulaşım Sistemlerini ve Ulaşım Altyapı Uygulamalarını Artırarak Trafiği Etkin Yönetmek (H4)', 'Deniz Yolu Taşımacılığının Kapasitesini ve Toplum İçindeki Payını Artırmak (H3)' ve 'Toplu Taşımada Entegrasyonu, Erişilebilirliği ve Kaliteyi Artırmak (H2)' hedefleriyle ilişkilidir ve bu tür uygulamalar kamusal yarar sağlamaktadır. Buna ek olarak güncel gelişmelerden olan, Cumhurbaşkanlığı tarafından 05.08.2020 tarihli 31204 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı bağlamında çalışma; seyahat sürelerinin kısaltılması, mevcut yol kapasitelerinin etkin ve verimli kullanılması, enerji verimliliği sağlanarak ülke ekonomisine katkı sağlanması ve

çevreye verilen zararların azaltılması gibi amaçlara da uygunluk göstermesi açısından önemlidir.

Çalışma sonucunda, şehir içi akıllı deniz yolu ulaşımında optimum çözümün elde edilebilmesi için İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü, Şehir Hatları A.Ş., Turyol, Dentur vb. kurum/kuruluş ve şirketler tarafından sefer saatlerinin belirlenmesinde ortak bir karar destek sistemi kullanımının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

İstanbul şehir içi ulaşımında kara yolu, raylı sistemler gibi çözümlerin yanı sıra deniz yolu ulaşımından da yararlanarak entegre bir ulaşım ağının oluşması gereklidir. Oluşturulan deniz yolu ulaşım ağı ile işe gidiş ve işten dönüş amaçlı kullanımının yanı sıra kentlinin gezme, etkinliğe katılma vb. çeşitli yollarla da kullanımı da mümkün olabilecektir.

Gelecekte yapılacak olan çalışmalarda boğaz hattındaki trafik yoğunluğuna ve iskeledeki yolcu yoğunluğuna bağlı olarak vapur sefer sıklığının belirlenmesi ile iskele tasarımları, büyüklükleri ve yine bunlarla orantılı olarak vapur büyüklüklerinin önerilmesi mümkündür. Ayrıca yalnızca 07:00-09:00 ve 17:00-19:00 saat aralıklarında yapılan bu araştırmanın sınırları dışında, tüm saat aralıklarının (06:00-01:00) bu sisteme entegre edilmesiyle de kentlinin daha fazla aktarma alternatiflerini görerek kendi rotasını belirlemesi mümkün olabilecektir. Bunlara ek olarak deniz yolu toplu ulaşımını kara yolu toplu ulaşımına, elektrikli bisiklet duraklarına, elektrikli kaykayların konumlarına (e-scooter) entegre etmek mümkün olabilir. Sistem derin öğrenme ile saatleri ve rotaları sabitleyebilir ya da kullanıcı önerisiyle sisteme yeni rotalar eklenebilir. Ücretlendirme faktörü de bu bağlamda ileride yapılacak olan çalışmalarda değerlendirilebilir.

## **Teşekkür**

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimari Tasarımda Bilişim Lisansüstü Programı, Mimari Tasarımda Karar Destek Sistemleri doktora dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada emeği geçen ders yürütücüsü Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a yaptıkları katkı ve ayırdıkları değerli zaman için en içten teşekkürlerimizi sunarız.

## Referanslar

- Albayrak, A. S., ve Yılmaz, Ş. K. (2009). Veri Madenciliği: Karar Ağacı Algoritmaları ve İMKB Verileri Üzerine Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 14 (1), 31-52.
- Beasley, D., Bull, D. ve Martin, R. (1993). An Overview of Genetic Algorithms: Part 1&2. *Fundamentals. University Computing* 15 (2), 58–69.
- Bingul, Z., Sekmen, A. ve Zein, S. (1999). An Application of Multi-Dimensional Optimization Problems Using Genetic Algorithms. In *Proceedings of the International Conference Intelligent Systems and Control (IASTED)*. Santa Barbara, CA.
- Ceder, A. ve Sarvi, M. (2007). Design and Evaluation of Passenger Ferry Routes. *Journal of Public Transportation* 10 (1) , 59-79. doi: 10.5038/2375-0901.10.1.3.
- Çalış, A., Kayapınar, S. ve Çetinyokuş, T. (2014). Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları ile Bilgisayar ve İnternet Güvenliği Üzerine Bir Uygulama. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* 25 (3-4), 2-19.
- Çancı, M., Önden, İ., Çakmak, E., Gürel, Ö. ve Tuzla, H. (2015). İstanbul'da Deniz Ulaşımının Geleceğinin Değerlendirilmesi. İstanbul: İstanbul Kalkınma Ajansı. Erişim adresi: <<https://www.istka.org.tr/media/20863/%C4%B0stanbul-dadeniz-ula%C5%9F%C4%B1m%C4%B1n%C4%B1n-gelece%C4%9Fininde%C4%9Ferlendirilmesi.pdf?/>>, erişim tarihi: 18.04.2020.
- Dener, M., Akcayol, M. A., Toklu, S. ve Bay, Ö. F. (2011). Zamana Bağlı Dinamik En Kısa Yol Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Yeni Bir Algoritma. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 26 (4), 915-928.
- Dijkstra, E. W. (1959). A Note On Two Problems in Connexion With Graphs. *Numerische Mathematik* 1 (1), 269-271.
- Emel, G. G. ve Taşkın, Ç. (2005). Veri Madenciliğinde Karar Ağaçları ve Bir Satış Analizi Uygulaması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 6, 221-239.
- Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3rd Ed.). Burnaby: Morgan Kaufman.
- Url-1 <<https://www.iETT.istanbul/tr/main/pages/mobiETT/775>>, erişim tarihi 18.04.2020.
- Url-2 <<https://moovitapp.com/>>, erişim tarihi 18.04.2020.
- Url-3 <<https://web.trafi.com/tr/istanbul/vapur/>>, erişim tarihi 18.04.2020.
- Url-4 <<https://www.google.com/maps/>>, erişim tarihi 18.04.2020.
- Url-5 <<https://www.openstreetmap.org/>>, erişim tarihi 18.04.2020.
- Url-6 <<http://overpass-turbo.eu/>>, erişim tarihi 23.04.2020.
- Url-7 <<https://www.sehirhatlari.istanbul/tr/seferler/ic-hatlar/istanbul-ici-hatlar-26>>, erişim tarihi 23.04.2020.

Url-8 <<https://www.ibb.istanbul/Uploads/2020/2/IBB-STRATEJIK-PLAN-2020-2024.pdf>>, erişim tarihi 30.04.2020.