



**DEĞİŞTİRİLEBİLİR KONUM SÜRESİNE SAHİP TAKİP CİHAZLARINDA  
KÜMELEME PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ  
VE  
ANORMALLİK TESPİTİ**

**Mustafa Tolga DATLICA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**MART 2020**

Mustafa Tolga DATLICA tarafından hazırlanan “DEĞİŞTİRİLEBİLİR KONUM SÜRESİNE SAHİP TAKİP CİHAZLARINDA KÜMELEME PARAMETLERİNİN TAHMİNİ VE ANORMALLIK TESPİTİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ Gazi Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Erman ÇAKIT

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Başkan:** Doç. Dr. Babek ERDEBİLLİ

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Tahsin ÇETİNYOKUŞ

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 12/03/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ

Bilişim Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa Tolga DATLICA

12/03/2020



# DEĞİŞTİRİLEBİLİR KONUM SÜRESİNE SAHİP TAKİP CİHAZLARINDA KÜMELEME PARAMETLERİNİN TAHMİNİ VE ANORMALLİK TESPİTİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa Tolga DATLICA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Mart 2020

## ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle takip cihazı ile konum ve zaman verileri toplanmış olup, takip edilen nesnelerin konum davranışlarındaki anormallikleri tespit etmek amaçlanmıştır. Elde edilen veriler üzerinde ST-DBSCAN (Spatial-Temporal Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) yoğunluk bazlı kümeleme algoritması uygulanarak takip edilen nesneye ait, hangi zaman aralıklarında nerede olduğuna dair haftalık örüntüler tespit edilmiştir. ST-DBSCAN algoritmasının girdi parametreleri, takip cihazından gelen verinin sıklığı ve toplam veri paketi sayısına göre değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda ST-DBSCAN algoritmasında kullanılan parametreler ile veri gönderme sıklığı ve veri paketi sayısı, takip edilen nesnenin davranışlarına göre etiketlenmiştir. Etiketlenen bu veriler üzerinde doğrusal regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri karşılaştırılmış, kümeleme parametrelerinin tahminini yapabilecek bir model önerilmiştir. Haftalık örüntüler, takip edilen nesneye ait bilgiler kullanılarak geliştirilen yöntemler ile tespit edilmiş ve bu örüntüler takip edilen nesneye ait normal davranışlar olarak kabul edilmiştir. Anlık konumu elde edilen veri örüntüye aykırı ise anormallik olarak tanımlanmıştır. Böylece normal davranışı bilinen nesnenin, normal davranış desenine uymayan davranışları karşılaştırılarak anormallik tespitini yapabilecek bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem farklı gruplar için (çocuk, yaşlı, hasta vb.) erken uyarı sistemi olarak kullanılabilir.

Bilim Kodu : 92907

Anahtar Kelimeler : Kümeleme algoritmaları, yapay zeka, ST-DBSCAN, takip cihazları, yapay sinir ağları, anormallik tespiti

Sayfa Adedi : 93

Danışman : Doç. Dr. Erman ÇAKIT

PREDICTION OF CLUSTERING PARAMETERS AND DETECTION OF ANOMALIES  
ON TRACKING DEVICES BY USING LOCATION DATA AT INTERCHANGEABLE  
TIME INTERVALS

(M. Sc. Thesis)

Mustafa Tolga DATLICA

GAZİ UNIVERSITY  
INFORMATICS INSTITUTE

March 2020

ABSTRACT

In this study, it was aimed to detect anomalies in the location behavior of objects followed by a tracking device. ST-DBSCAN (Spatial-Temporal Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) density-based clustering algorithm was applied on the data obtained, and weekly patterns were determined for the subject to be located at which time intervals. The input parameters of the ST-DBSCAN algorithm vary according to the frequency of the data from the tracker and the total number of data packets. In this context, the parameters used in the St-DBSCAN algorithm, as well as the frequency of sending data and the number of data packets, are labeled according to the behavior of the object being followed. On these tagged data, linear regression and artificial neural networks methods were compared and a model was proposed that could predict clustering parameters. Weekly patterns were determined by methods developed using information about the object being followed, and these patterns were considered to be normal behaviors of the object being tracked. The instantaneous position is defined as an anomaly if the data obtained is contrary to the pattern. Thus, a method has been proposed to detect anomalies by comparing the behavior of the object known to be normal behavior that does not fit the normal behavior pattern. The proposed method can be used as an early warning system for different groups (children, elder people, sick people, etc.).

Science Code : 92907

Key Words : Clustering algorithms, artificial intelligence, ST-DBSCAN, tracking devices, artificial neural networks, anomaly detection

Page Number : 93

Supervisor : Assoc. Prof. Erman ÇAKIT

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam ve yüksek lisans eğitimim boyunca her konuda bana destek olan, bilgi ve birikimini benden esirgemeyen, tezin hazırlanması sırasında gösterdiği yoğun ilgi ve sabırdan dolayı danışman hocam Sn. Doç. Dr. Erman ÇAKIT'a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim. Tez çalışmasının saha çalışmaları kısmında benden yardımlarını eksik etmeyen ATEL Teknoloji ve Savunma Sanayi A.Ş.'ye teşekkür ederim. Tüm hayatım boyunca bana her konuda yardımcı olan, gerek manevi gerekse maddi desteklerini benden hiç eksik etmeyen, beni her konu da teşvik ederek bu günlere gelmemde büyük payları olan AİLE'ye sonsuz şükranlarımı sunarım. Hayatın her anında yanımda olan, tez sürecinde motivasyonumu artıran, her zorlukta yanımda olan EŞİM'e ayrıca teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                | Sayfa |
|------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                     | iv    |
| ABSTRACT.....                                  | v     |
| TEŞEKKÜR.....                                  | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                              | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                      | ix    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                        | x     |
| HARİTALARIN LİSTESİ.....                       | xi    |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                   | xii   |
| 1. GİRİŞ.....                                  | 1     |
| 2. LİTERATÜR TARAMASI .....                    | 5     |
| 3. MATERYAL .....                              | 9     |
| 4. YÖNTEM.....                                 | 11    |
| 4.1. Veri Toplama .....                        | 11    |
| 4.2. Makine Öğrenimi.....                      | 11    |
| 4.3. Kümeleme Algoritmaları .....              | 12    |
| 4.4. Yapay Sinir Ağları.....                   | 18    |
| 4.4.1. Normalizasyon .....                     | 21    |
| 4.4.2. Yapay sinir ağlarının bileşenleri ..... | 22    |
| 4.4.3. Yapay sinir ağları katmanları .....     | 26    |
| 4.4.4. Yapay sinir ağlarının işleyişi.....     | 27    |
| 4.5. Anormallik Tespiti .....                  | 35    |
| 5. ARAŞTIRMA VE BULGULAR .....                 | 37    |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                      | 59    |

**Sayfa**

|                 |    |
|-----------------|----|
| KAYNAKLAR ..... | 61 |
| EKLER.....      | 63 |
| ÖZGEÇMİŞ .....  | 93 |



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                      | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 4.1. Yapay sinir ağlarında toplama fonksiyonlarının çeşitleri .....                                                  | 24    |
| Çizelge 4.2. Yapay sinir ağlarında aktivasyon fonksiyonlarının çeşitleri.....                                                | 25    |
| Çizelge 5.1. Takip cihazından elde edilen konum veri paketi örnekleri .....                                                  | 37    |
| Çizelge 5.2. Zaman aralıklarına göre konum veri paketi sayısı.....                                                           | 38    |
| Çizelge 5.3. 5 dakika aralıklı veriye ilişkin 2 haftalık kombinasyonların<br>veri paketi sayısı .....                        | 38    |
| Çizelge 5.4. 5 dakika aralıklarla toplanmış hafta verileri üzerinde<br>ST-DBSCAN algoritmasının tespit ettiği rutinler ..... | 41    |
| Çizelge 5.5. 1. hafta- 4. hafta verileri üzerinde etiketlenen ST-DBSCAN<br>girdi parametreleri .....                         | 45    |
| Çizelge 5.6. Eğitim verileri üzerinde standart sapma ve aritmetik ortalama değerleri ..                                      | 47    |
| Çizelge 5.7. Epsilon 1 parametresi için 2000 dönem ve farklı öğrenme hızlarında<br>modellerin sonuçları .....                | 47    |
| Çizelge 5.8. Epsilon1 parametresine ilişkin uygun değerler.....                                                              | 48    |
| Çizelge 5.9. Etiketli Epsilon1 parametresi ile modellerden elde edilen sonuçların<br>karşılaştırması .....                   | 50    |
| Çizelge 5.10. Epsilon 2 parametresi için 2000 dönem ve farklı öğrenme hızlarında<br>modellerin sonuçları .....               | 51    |
| Çizelge 5.11. Epsilon2 parametresine ilişkin uygun değerler.....                                                             | 52    |
| Çizelge 5.12. Etiketli Epsilon2 parametresi ile modellerden elde edilen sonuçların<br>karşılaştırması .....                  | 53    |
| Çizelge 5.13. MinPoints parametresi için 2000 dönem ve farklı öğrenme hızlarında<br>modellerin sonuçları .....               | 54    |
| Çizelge 5.14. MinPoints parametresine ilişkin uygun değerler .....                                                           | 54    |
| Çizelge 5.15. Etiketli MinPoints parametresi ile modellerden elde edilen sonuçların<br>karşılaştırması .....                 | 56    |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                               | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 4.1. Yoğunluk bazlı algoritmaların karşılaştırılması .....                    | 13    |
| Şekil 4.2. DBSCAN algoritmasının nasıl çalıştığına ilişkin görünüm.....             | 14    |
| Şekil 4.3. ST-DBSCAN algoritmasına ilişkin kaba kod görünümü .....                  | 16    |
| Şekil 4.4. Öklid, Minkowski ve Manhattan uzaklıklarının karşılaştırması.....        | 17    |
| Şekil 4.5. Farklı girdi parametrelerine göre DBSCAN algoritması çıktıları görünümü. | 18    |
| Şekil 4.6. Doğrusal regresyon fonksiyonu sonucunda oluşan doğrunun gösterimi .....  | 19    |
| Şekil 4.7. Yapay sinir ağlarında algılayıcıya ait görünüm.....                      | 23    |
| Şekil 4.8. Yapay sinir ağlarının katmanlarına ilişkin görünüm .....                 | 26    |
| Şekil 4.9. Girdileri, çıktısı ve gizli katmanı olan örnek bir ağ görünümü .....     | 29    |
| Şekil 4.10. Ağ yapısında $w_5$ ağırlığı için zincir kuralı gösterimi .....          | 32    |
| Şekil 4.11. Ağ yapısında $w_1$ ağırlığı için zincir kuralı gösterimi.....           | 34    |
| Şekil 5.1. Dakika bazlı haftalık konum verisinin gösterimi.....                     | 39    |
| Şekil 5.2. Haversine formülünün yapılan çalışma kapsamında kod görünümü.....        | 39    |
| Şekil 5.3. Epsilon1 için ortalama karesel hata grafiği ve oluşan düzlemler .....    | 48    |
| Şekil 5.4. Epsilon2 için ortalama karesel hata grafiği ve oluşan düzlemler .....    | 52    |
| Şekil 5.5. MinPoints için ortalama karesel hata grafiği ve oluşan düzlemler.....    | 55    |
| Şekil 5.6. Uygulanan yöntemlerin genel görünümü .....                               | 57    |

## HARİTALARIN LİSTESİ

| Harita                                                                            | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Harita 5.1. ST-DBSCAN algoritmasının sonuçlarının harita üzerinde gösterimi ..... | 40    |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Kısaltmalar | Açıklamalar                                       |
|-------------|---------------------------------------------------|
| GPS         | Küresel konumlandırma sistemi                     |
| IoT         | Nesnelerin interneti                              |
| Wi-Fi       | Kablosuz bağlantı alanı                           |
| LBS         | Konum bazlı servisler                             |
| DBSCAN      | Gürültülü kümeler için yoğunluk tabanlı algoritma |
| ST-DBSCAN   | Zaman ve konumu farklı işleyen küme algoritması   |
| Cd.         | Cadde                                             |
| Sk.         | Sokak                                             |
| Blv.        | Bulvar                                            |
| MLP         | Çok katmanlı algılayıcılar                        |

## 1. GİRİŞ

Bu çalışma konum verileri üzerinde kümeleme algortimalarının uygulanması, konum verileri üzerinde takip edilen nesneye ilişkin rutinlerin tespitinin yapılması ve takip edilen nesneden anlık olarak gelen verilerin bu rutinler dışında kalan kısımların anormallik olarak işaretlenebileceğini işaret etmektedir. Bu kapsamda literatürde yer alan diğer kümeleme algoritma uygulamalarından farklı olarak özgün veriler toplanmış ve bu konum verileri üzerine algoritmalar uygulanmıştır. Literatürde yer alan diğer uygulamalar kümeleme algoritmalarının girdi parametre tahminine odaklanmaz iken, bu çalışma girdi parametrelerinin tahmini konusunda da yapay sinir ağlarının kullanılabileceği konusunda katkı sağlamaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan ST-DBSCAN algoritmasının yazarları tarafından bu tür bir çalışma gelecekte yapılabilecek çalışmalar arasında gösterilmiştir. Literatürdeki bu tür açığı kapatmaya adaydır. Ek olarak ST-DBSCAN algoritmasının verilere uygulaması konusunda az sayıda kaynak bulunmaktadır. Yapılan çalışma bu yönde de literatüre katkı sağlamaktadır. Bu yöntemlerle tüm kümeleme algoritmalarının girdi parametrelerinin tahmin edilebileceğine işaret etmektedir. ST-DBSCAN algoritmasının yazarlarının gelecekte yapılabilecek çalışmalar arasında gösterilmesi, yapay sinir ağlarının kümeleme algoritmaları girdi parametreleri tahmini için kullanılması ve konum verilerinden elde edilebilecek rutinlerin tespiti adına böyle bir çalışmanın yapılmasına gerek duyulmuştur.

Takip cihazlarındaki gelişmeler, cihazların artık çok küçük boyutlarda kullanıldığını göstermektedir. Bu teknolojik gelişmeler ile giyilebilir ve taşınabilir cihaz tasarımlarında hızlı bir artış görülmektedir. Konum tabanlı arama gibi çeşitli uygulamalar için elektronik cihaz ve araçların büyük bölümü navigasyon ve GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) modülü ile donatılmıştır [1].

Hâlihazırda takip cihazları kullanılan sistemlerde, konum anlık olarak izlenebilmektedir. Ancak sistemlerin sadece bilgi almak için kullanılması yerine, bilgilendirici olması adına takip sistemleri tarafından uyarılar üretebilmesi planlanmaktadır. Var olan bu uyarılar standart parametrelere (belirli bir alanda bulunma gibi), kullanıcı girişine ve sabit algoritmalara dayandığı için günlük hayat içerisinde karşılık bulamamaktadır. Ayrıca her takip edilecek nesne için ayrı bir algoritma yazılması pek mümkün değildir. Algoritması olmayıp örnek verisi olan birçok uygulamada makina öğrenimi yararlı olabilir [2]. Gelişen

yapay zeka ve modern makine öğrenimi teknikleri ile GPS verileri alınan bir nesnenin anormal davranışlar sergileyip sergilemediği tespit edilebilir. Bunun için öğrenebilen, zeki ve öngörebilen bir sisteme ihtiyaç duyarız. Alpaydın, “değişen ortamdaki bir etmenin zeki olarak nitelendirilebilmesi için deneyimlerden öğrenebilmesi gerektiğine” vurgu yapar [2]. Eğer etmen öğrenerek ortamdaki değişikliklere uyum gösterebiliyorsa, sistemin olası her durumu öngörüp bunlara göre etmeni tekrar programlamasına gerek kalmaz [2]. Yapay öğrenme ile örnek veri ya da geçmiş deneyim kullanılarak, gelecek ile ilgili öngörüler yapmak için kullanılabilen öngörücü bir model oluşturabilir [2]. Bu tez kapsamında takip cihazlarından toplanan milyonlarca veriden takip edilen nesnelere ilişkin bir genelleme ya da öngörü yapılabileceği savunulmaktadır.

Bütün GPS sistemlerinde temel olarak enlem ve boylamdan oluşan koordinat diğer bir adı ile uzamsal bilgiler üretilir. Takip sistemlerinde ek olarak zamansal veri de bunlara eklenir. Bu iki türdeki veriye uzamsal-zamansal (spatial-temporal) veri olarak adlandırılır. Diğer bir ifade ile uzamsal-zamansal veriler, uzamsal veri kümesinin zamansal dilimleri olarak depolanan verileri belirtir [3]. Mekânsal-zamansal veriler mekânsal ve zaman boyutlarına göre indekslenir ve alınır [3]. Zaman ve koordinat açısından verilerin yoğunlaştığı yerler küme analizi ile tespit edilebilir. Küme analizi; veri bölümlenme, veri azaltma, aykırı değer tespiti, gürültü filtreleme, örüntü tanıma ve görüntü işleme dahil birçok mühendislik ve bilimsel uygulama alanında önemli bir araçtır [3]. Öbekleme diğer adıyla kümeleme ya da küme analizi, örnekler arasındaki benzerlikleri bulup, benzerleri bir araya getirmek olarak tanımlanabilir [2]. Kümeleme algoritmalarının amacı ise bir veri setini anlamlı gruplara ayırmaktır [4]. Yapılan bu tez çalışması ile zaman, enlem ve boylam bilgileri içerisinde belli başlı öbekler oluşturularak, nesnelere ilişkin zaman ve mekân bakımından bazı genellemeler ve öngörüler yapılabileceği savunulmaktadır.

Bu aşamada yüzlerce GPS izini manuel olarak analiz etmek açıkça gerçek dışıdır [1]. Makine öğrenmesi literatürde büyük veri içeren istenmeyen e-postaların tanınması (Spam Detection), hile denetimi (fraud detection), rakam tanıma (digit recognition), doğal dil işleme (natural language processing), yüz tanıma (face detection), ürün tavsiye etme (product recommendation), medikal teşhis (medical diagnosis), stok ticareti (stock trading), müşteri bölümlenme (customer segmentation), ve şekil tanıma (shape detection) alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır [5]. Bir iş için uzman insan azsa, ya da insanlar uzmanlıklarını algoritmalara çevirecek kadar kesin açıklayamıyorsa öğrenen programlar faydalı olabilir [2].

Bu durumlarda, sistemin gelen GPS verilerine göre nesnelerin bulunması muhtemel alanları tespit edip, nesneye özgü bir desen üretilebilir.

Anormallikler, iyi olarak tanımlanmış bir normal davranış durumuna uymayan veri kalıplarıdır [6]. Genel olarak, çoğu anormallik saptama yöntemi normal durumların bir profilini oluşturur, ardından normal profile uymayan anormallikleri tanımlar [7]. Diğer bir ifade ile anormallik tespiti, veri içerisinde beklenen davranışa uymayan desenlerle ilgili problemi belirlemeyi amaçlar[6]. Literatürde farklı anormallik tespit teknikleri olup, bu tekniklerin çoğu belirli uygulama alanları için özel olarak geliştirilmiştir [6]. Bu yöntemler mesafeye dayalı, kümeleme temelli, sınıflandırma temelli ve istatistiksel anormallik tespit yöntemleri olarak sınıflandırılmıştır [7]. Uzamsal-zamansal verideki normal tanımı, kümeleme temelli küme analizi ile elde edilebilir. Kümeleme temelli yöntemlerde, normal gözlemlerin aynı kümeye / kümelere ait olduğu varsayılmaktadır. Daha sonra, yeni bir gözlem küme merkez (ler) inden uzaktaysa, anormallik olarak değerlendirilmektedir [7]. Daha önceden belirlenen kümeler dışında kalan bu kısımlar belirlenip, bu durumlarda uyarı üretmesi mümkün olacağı savı bu tez çalışması kapsamında değerlendirilmektedir.



## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Kümeleme algoritmaları konum verileri üzerinde sıkça kullanılan algoritmalarındandır. Yapılan bir çalışmada, toplu taşıma araçları üzerinden elde edilen konum verilerinden seyahat desenlerini tespit etmek üzerinedir. Çalışmanın odak noktası çeşitli akıllı ulaşım sistemi uygulamalarını desteklemek için ulaşım ağlarında araç yörüngesi kümelenmesini ve yolculuk düzenini tanımadır. Çalışma kapsamında özellikle vurgu yapılan kısım ise, hareket analizi için mekansal-zamansal veri madenciliği daha fazla gelişmeye ihtiyaç duyduğu, çünkü mevcut çalışmaların çoğu hem (zamansal hem de uzamsal) boyutlardaki bilgileri aynı anda dikkate almadığı, hem de yalnızca bir boyuta odaklanıp veya bunları analiz ettiğidir. Bu kapsamda çalışma birçok yoğunluk bazlı algoritma sunulmuş olup, çalışma sonucunda ST-TOPOSCAN adı verilen yoğunluk bazlı bir algoritma sunmaktadır. Çalışma kapsamında Şikago şehrinde hareket halindeki taşıtlardan 200000 taşıt rotası ele alınmış olup, çalışmalar sonucunda otoyol ve normal yollara ilişkin sabah saatlerinde farklı yoğunluklar tespit edilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda sabah saatlerinde özellikle 06:30, 07:30 ve 08:00 saatlerinde yapılan kalkışların, sabah karşılaşılan trafik sıkışıklığına sebep olduğu ortaya konmuştur [8].

Yapılan bir başka araştırmada ise taksiler üzerinden elde edilen konum verilerinden kümeleme algoritmaları yardımı ile en kısa rotalar elde edilmiştir. Çalışmanın odak noktası taksicilerin deneyimleri ve bilgileri doğrultusunda çoğu kez en kısa yolu bulabildikleri ve taksicilerden elde edilen bilgilerin ihtiyacı olan kişilere iletilebileceğidir. Bu kapsamda çok sayıda taksinin geçmiş tarihli GPS verileri alınmış ve belirli bir kalkış zamanında belirtilen hedefe ulaşabilmek için en hızlı yol tahmini yapılmıştır. Çalışma kapsamındaki yaklaşımda, taksilere ait dinamik yol ağları, sıkça geçtikleri bir yol doğrultusu üzerinde zamana bağlı olarak modellenmiştir. Ardından iki yer arasındaki seyahat süresini tahmin etmek için varyans-entropi tabanlı kümeleme (VE-Clustering) adı verilen bir kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Sistemde kullanılacak veriler için gerçek dünyadaki taksilerden 3 ayda 33000 rota kümesi üzerinde çalışılmıştır. Sonuç olarak, oluşturulan sistem tarafından önerilen rotalar, diğer sistemlere göre yüzde 60 ile yüzde 70 arasında daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Ortalama olarak önerilen rotaların yüzde 50'si rakip yaklaşımlardan yüzde 20 daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile konum ve zaman verisi üzerinde uygulanan kümeleme algoritmalarının, rota tahmini gibi zor problemlerde dahi iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir [9].

Konum verileri üzerinde kullanılan kümeleme algoritmalarına ilişkin olarak, bir diğer araştırmada ise takip edilen konum verilerinin alt rotalarına odaklanılmıştır. Mevcut konum kümeleme algoritmaları bir bütün olarak benzer rotaları gruplandırmakta, böylece ortak rotaları bulmaktadır. Çalışma kümeleme rotalarının alt rotalarının önemli olduğu senaryoları vurgulamakta, alt rotaların bulunamadığı durumlara çözüm önerisinde bulunmaktadır. Bu duruma çözüm olarak TRACCLUS adı verdikleri algoritmayı sunmaktadır. Çalışma kapsamında kasırgaların rotalarına ilişkin bir veri seti ve hayvan hareketlerinin bulunduğu bir başka veri seti üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Kasırğa verilerinin içerisinde enlem ve boylam gibi bu çalışma kapsamında kullanılan veriler bulunmaktadır. Kasırğa verileri 1950-2004 yılları arasındaki 570 rotadan ve 17736 veri paketinden oluşmaktadır. Veri setine uygulanan TRACCLUS algoritması ile alt rotaların oldukça doğru şekilde tespit edildiği görülmüştür. Bu çalışma ile konum verileri üzerinde kümeleme algoritmaların iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. [10]

Tez kapsamında konu alınan zaman, enlem ve boylam verileri üzerine odaklanan bir başka konu ise rotalama problemidir. Bu problemin çözümünde de tez kapsamında kullanılan kümeleme algoritmalarına benzer DBSCAN algoritmasının genişletilmiş ya da özelleştirilmiş uyarlamaları kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, T-DBSCAN adı verilen ve DBSCAN algoritmasının uyarlaması olan bir algoritma geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında Şanghay şehrinde yer alan 10000 rota üzerinde çalışılmıştır. Veriler işleme hazırlandıktan sonra FastMap ve hiyerarşik kümeleme algoritmaları uygulanmış olup, elde edilen sonuçlar işinde uzman olan kişilerce belirlenen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda öneri olarak sunulan çözüm, uzman bir kişi ile elde edilebilecek sonuçlara göre yüzde 95 oranında daha verimli çalışmıştır [11].

Cep telefonları gibi GPS özelliği bulunan cihazlar sayesinde konum ve zaman verilerinin erişimi artık oldukça kolaydır. Yapılan bir çalışmada cep telefonlarından toplanan bilgiler ile tıp merkezlerinin ne kadar ziyaret edildiği ve bu ziyaretlere ait desenlerin tespiti üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışma kapsamında Microsoft Asya Araştırması'nın bir parçası olan Geolife projesi kapsamında Çin'in Pekin şehrinde 182 kullanıcının yaklaşık 5 yıllık verileri kullanılmıştır. Bu verilere ek olarak Pekin şehrindeki tıp merkezlerinin konumları da araştırma sırasında kullanılmıştır. Çalışmada semantik olarak anlamlı vakit geçirilen yerleri tanımlamak için Gizli Markov Modeli kullanılmış olup, zaman ve konum verilerini kümelemek adına da TRACCLUS kümeleme algoritması kullanılmıştır. Kullanılan gizli markov modeli ile takip edilen nesnelerin tıbbi bir tedavi için belirtilen yerde olup olmadığı

ayırımı yapılmıştır. Çalışma sonucunda sık sık tedavi merkezleri ziyaret edenler ile tedavi merkezlerini az ziyaret edeneler arasında bir ayrım yapılabilmektedir. Çalışmanın kapsamı tez konusunu bir parçası olan kümele algoritmaları ile zaman ve konum verilerinden, sıkça zaman geçirilen ya da geçirilmeyen durumların tespiti için bir örnektir [12].

Taksi yolculuklarından üretilen küresel konumlandırma sistemi (GPS) verileri, yüksek mekansal-zamansal çözünürlüğe sahip kentsel nüfusların seyahat davranışları hakkında fikir veren değerli bir bilgi kaynağıdır. Buradan elde edilen bilgiler ile günlük aktiviteler hakkında analizler yapılabilir ve şehir planlaması adına çıkarımlar elde edilebilir. Yapılan bir çalışma iki katmanlı birleşik bir çözüm sunularak bu aktivite rutinleri üzerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda New York şehrinde elde edilen 6003 gezinti rotası ile Shenzen şehrinde yapılan 712 ankete başvurulmuştur. Tez çalışmasında kullanılan kümeleme algoritmalarına benzer olarak k-Ortalama algoritması ile çalışma kapsamında kullanılan iki katmanlı yöntem karşılaştırılmış olup, birden fazla yöntem ile daha başarılı tahminlerin konum ve zaman verileri üzerinden elde edilebileceğine örnek teşkil etmiştir. Çalışma kapsamında konum ve zaman verileri üzerinde kümeleme algoritmalarının literatürde sıkça kullanıldığı vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında taksi yolculuklarının ilgili faaliyetlerinin tanımlanması ve yolculuktan sonraki ardışık faaliyetlerin tahmini için bir öneri üretilmiştir [13].

Nesnelerin interneti (IoT) kullanımının artışı ile gerçek zamanlı olarak nesnelerin izlenmesi kolaylaşmış ve bu nesneler hakkında GPS verilerinin toplanması sonucu üzerinde çalışılabilecek birçok veri elde edilmiştir. Literatürde yapılan birçok çalışmada yoğunluk bazlı kümeleme algoritmalarının kullanımı bu veriler üzerinde yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada özellikle büyük yük gemilerinin ve yolcu taşıyan gemilerin kullanması zorunlu olan otomatik tanımlama sistemi (Automatic Identification System, AIS) üzerinden elde edilen konum verilerinden yararlanılmıştır. Konum verileri ister küresel konumlandırma sistemi (GPS) üzerinden elde edilsin isterse AIS gibi farklı kaynaklardan elde edilsin, içerdikleri bilgiler enlem, boylam ve zaman verilerinden oluşmaktadır. Araştırma kapsamında Çin’de yer alan liman şehirleri Ningbo ve Şangay şehirlerindeki limanlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında dinamik zaman bükme (Dynamic Time Warping, DTW) algoritması ile HDBSCAN hiyerarşik yoğunluk bazlı algoritmaları kullanılmıştır. Gemilerden elde edilen verilere ilgili algoritmalar uygulanarak gemilere ait ana rotalar tespit edilmiş ve hız profillerine ilişkin çıkarımlar gözlemlenmiştir. Bu çalışma tez hedeflerinden olan, konum ve zaman verilerine dayanan çözümlerin veriler hangi

kaynaktan elde edilirse edilsin, farklı problemlere çözüm olarak kullanılabileceğine örnek teşkil eder. Çalışma kapsamında kullanılan HDBSCAN kümeleme algoritması ise, kümeleme algoritmalarının rota ve yoğunluk tahmininde başarılı sonuçlar verebildiğini göstermektedir [14].

Akıllı sensörler, akıllı telefonlar ve sosyal medyanın hızlı gelişimi ile dağıtılmış sensörler ve izleme sistemleri aracılığı ile devasa miktarlarda uzamsal büyük veri üretilmektedir. Bu üretilen verilerin coğrafik benzerlikleri çoğu kez kümeleme algoritmaları ile tespit edilir iken, coğrafik benzerliklerin sıcaklık, hız, zaman ve birçok semantik benzerlikleri de kümeleme algoritmaları ile ölçülebilir. Literatürden yapılan bir çalışmada enlem ve boylamdan oluşan bir konum verisinin yanında diğer bir üçüncü boyut verisi olarak semantik verilerin kullanılabileceği ve kümeleme algoritmalarında bu verilere ilişkin bir uzaklık ölçüm yöntemi üzerine odaklanılmıştır. Microsoft Araştırma tarafından kullanıma sunulan, 15 milyona yakın rota bilgisi içeren TDrive veri seti üzerinde uzaklık tabanlı kümeleme algoritmaları kullanılmış olup, benzer rotalar tespit edilmiştir. Bu çalışmada yapıldığı gibi konum verilerini oluşturan enlem ve boylam bilgisinin yanında farklı bilgilerin de kullanılarak, yakınlıklarının ölçülebileceği ve kümelerin tespit edilebileceği görülmektedir [15].

Kümeleme algoritmaları, özellikler ST-DBSCAN algoritması, birçok alanda kullanılmakla beraber, salgın hastalıkları konu alan tıp alanı olan epidemiyoloji gibi çok özel alanlarda da kullanımı literatürde görülmektedir. Yapılan bir çalışmada, epidemiyolojide, yeni bilgileri keşfetmek için uzamsal-zamansal kümeleme gibi yöntemlerden faydalanılarak bazı hastalıkları ait örüntülerin ve eğilimlerin tespit edilebileceği vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada 2007 ile 2017 yılları arasında Batı Nil Virüsü olarak bilinen hastalığa ait zaman ve konum verilerinden yararlanılmıştır. Araştırma özellikle ST-DBSCAN gibi yoğunluk bazlı algoritmaların k-ortalama gibi diğer kümeleme algoritmalarına göre eldeki veri kümelerindeki aykırı değerleri tespit edebilmesine özellikle vurgu yapmıştır. Ek olarak çalışma, ST-DBSCAN algoritmasına ilişkin elde edilen verilerin doğruluğunu ölçmek kısmında doküman eksikliği olduğuna dikkat çekilmiştir. Ayrıca ST-DBSCAN algoritmasının kaba kod açıklamasında zamansal niteliklerin uzaklıklarını belirleme konusunda net olmadığı için, Batı Nil Virüsü verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritmasının bulanık mantık uyarlaması olan ST-Fuzzy DBSCAN (ST-FDBSCAN) algoritmasını uygulamayı tercih etmişlerdir [16].

### 3. MATERİYAL

Tez kapsamında yapılacak ilk işlerden birisi üzerinde çalışılacak verinin üretilmesi ya da başka bir kaynaktan elde edilmesidir. Bu kapsamda mevcut imkanlardan birisi olan özel bir savunma sanayi firması tarafından üretilmiş takip cihazı kullanılmıştır. Kullanılan cihaz, takip cihazı olarak, üzerinde bulunan GPS modül aracılığıyla konum gönderen bir IoT cihazıdır. Standart takip cihazlarına ek olarak GPS uydularından gerekli veri alınamaz ise Wi-Fi ve LBS üzerinden konumlandırma yapabilmektedir. Cihazın temel prensibi GPS, Wi-Fi veya LBS bilgilerini elde edip, bir sunucuya iletmektir. Sunucu tarafından alınan veri, konumlandırma için kullanılmakta ve veri tabanına kaydedilmektedir. Bir web ara yüz aracılığıyla cihazın topladığı verilerin enlem, boylam ve zaman bilgileri, kullanıcı tarafından alınabilmektedir. Kullanılacak cihaz her ne kadar üzerinde bulunan sensörlerden (sıcaklık, ivme vb.) farklı bilgiler gönderse de bu veriler çalışma kapsamına alınmamıştır. Çalışma kapsamında kullanılacak veri, tüm takip cihazlarında ortak olan uzamsal-zamansal veridir. Diğer takip cihazlarına benzer şekilde bu cihazdan da enlem, boylam ve zaman bilgileri alınabilmektedir. Bir diğer özellik ise cihazın belli zaman aralıklarında göndermekte olduğu verinin, gönderme sıklığı ayarlanabilmektedir. Bu bakımdan cihaz üzerinden farklı zaman aralıklarında veri toplanabilmesine imkân vermektedir. Cihaz hangi sıklıkla veri göndermeye ayarlandı ise sürekli olarak bu aralıklarda veri göndermektedir. Cihazın temel motivasyonu enerji tasarrufu sağlamaktır. Bu amaçla cihaz ayarlanan aralıklarda bir uyanmakta, üzerindeki GPS modülü aracılığı ile konum verilerini topladıktan sonra GSM modülü ile sunucuya iletmektedir. Cihazın veri gönderme karakteristiği ayarlanan veri gönderme sıklığı ile belirlenmektedir. Bu kapsamda, örnek olarak cihaz 5 dakikada bir veri gönderme sıklığına ayarlandı ise, son veri gönderme anından itibaren tam 5 dakika sonra uyanmakta, konum belirlendikten sonra, sunucuya iletmekte ve uyku durumuna geçmektedir. Cihaz uyku durumuna geçtiği andan itibaren bir sonraki adım için 5 dakika sürenin dolmasını beklemektedir. Cihaz bu yöntem ile sürekli açık olmayan elektronik modüller ile enerji tasarrufu sağlamaktadır. Cihaz üzerinde 4000 miliamper-saatlik tekrar şarj edilebilen bir batarya bulunmaktadır. Tasarlanan enerji tasarruf yöntemi ile tek şarj ile 10 güne kadar konum verilerini iletebilmektedir. Cihaz üzerinde tekrar şarj edilebilmesini sağlayan elektronik bir tasarım vardır. Üzerinde bulunan USB (Evrensel veri yolu) mini B girişi sayesinde hemen her yerde şarj edilebilmektedir. Cihaz şarj amaçlı olarak, bağlantıları kullanılarak bir araca yerleştirilmiş olup, buradan depoladığı enerjiyi kullanarak 30 gün boyunca sürekli olarak konum verisi toplamaya imkân vermiştir.

Verilerin işlenmesi ve literatür taraması sonucu uygulanması planlanan algoritmaların uygulanması aşamasında Javascript betik dili kullanılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Javascript genellikle web tarayıcılar üzerinde kullanılmakta olan bir betik dilidir. İlk olarak Netscape çalışanı Brendan Eich tarafından geliştirilen ve 1997 yılından bu yana bir ECMA (Avrupa Bilgisayar Üreticileri Birliği) standardı olan Javascript, bir yapay zeka kütüphanesi olan TensorFlow tarafından desteklenmesi ile daha popüler olmuştur. Google tarafından geliştirilen TensorFlow sayesinde derin öğrenme destekli yapay zeka uygulamaları geliştirilebilmektedir. Temelinde python programlama dili olan bu derin öğrenme kütüphanesi ek olarak C++, Java, C#, Javascript ve R gibi çeşitli dilleri desteklemektedir. TensorFlow kütüphanesinin Javascript için özelleşmiş şekline TensorFlow.js olarak isimlendirilmiştir.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar Windows 10 işletim sistemine sahip, i5-2430M 2.40Ghz (4 CPU) işlemcili, 8GB RAM ve NVIDIA GeForce GT 540M ekran kartına sahip bir bilgisayar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar üzerinde Javascript betik dili kullanılarak veriler ön işleme tabi tutulmuştur. Kümeleme algoritmaları Javascript dili kullanılarak geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları ve doğrusal regresyon yöntemleri Javascript dili kullanılarak TensorFlow.js kütüphanesi ile uygulanmıştır. Yapılan çalışmalar kapsamında konum verileri JSON (Javascript Nesne Gösterimi) ve CSV (virgülle ayrılan değerler) formatlarında dosya olarak kaydedilmiştir. Yapay sinir ağlarından ileri beslemeli ağlardan olan çok katmanlı algıyıcılar sonucu elde edilen modeller TensorFlow.js kütüphanesinin sağladığı çıktı yöntemi ile dosya olarak alınmıştır.

Çalışma kapsamında herhangi ek bir analiz aracı kullanılmamıştır. Bunun yerine Javascript dili ve Microsoft tarafından geliştirilen Visual Studio Code geliştirme aracı ile ilgili kod geliştirmeleri yapılmıştır. Geliştirilen kodlar istemci taraflı tarayıcılar üzerinde çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Javascript dili ile geliştirilen uygulamalar hemen her tarayıcıda çalışabilmektedir. Bu kapsamda elde edilen kod çıktıları görsel olarak daha verimli olması adına tarayıcı üzerinde çalışacak şekilde geliştirilmiştir.

## 4. YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında bu bölümde üzerinde çalışılan verilerin elde edilme yöntemi detaylandırılmıştır. Verilerin toplanması sırasında hangi tür hassasiyetlere dikkat edildiği ve toplanan verinin karakterine ilişkin detaylar verilmiştir. Elde edilen verilerin işlenmesi sırasında kullanılan yöntemlere ilişkin literatürde yapılan çalışmalar ve bu yöntemlere ilişkin detay bilgilere değinilmiştir.

### 4.1. Veri Toplama

Tez çalışması kapsamında kullanılan takip cihazı ile 4 hafta boyunca veriler toplanmıştır. Takip cihazının veri gönderim sıklığı olarak 5 dakikaya ayarlanmıştır. Bu kapsamda, cihaz 5 dakikada bir uyanmakta, cihazın konumuna ilişkin verileri toplamakta, veriyi sunuculara gönderdikten sonra tekrar uyku durumuna geçmektedir. Veri toplama sırasında, toplanacak verilerin, çalışmaya uygun davranışları olan bir nesneye ait olmasına dikkat edilmiştir. Verisi toplanan cihaz, yaşamı içerisinde belli bir rutin bulunan bir kişinin belirli bir dönemine aittir. Bu kapsamda takip cihazının belli bir rutin içerisinde olan bir kişi tarafından taşınması, mümkünse veri toplama sırasında tatil günleri, izin gibi dönemlere denk gelmemesi ve bu sayede takip cihazını taşıyan kişiye ilişkin sağlıklı verinin toplanabilmesi hedeflenmiştir. Cihazın taşınabilir olması bu kısımda ek bir avantaj sağlamıştır.

### 4.2. Makine Öğrenimi

Bir işi bilgisayarda gerçekleştirebilmek için algoritmasını bilmek gerekir [6]. Algoritma, girdiyi çıktıya çevirmek için uygulanacak komutlar dizisidir [6]. Bu çalışma kapsamında da bazı girdilere ihtiyaç duyulur ve işlemlerden geçirilerek bir çıktı elde edilmektedir. Çalışmanın temel girdileri, takip cihazında elde edilecek olan konum (enlem ve boylam) ve zaman bilgisidir. Bunlara ek olarak, sisteme cihazın kaç adet konum paketi biriktirdiğini belirten bir girdi ve dakika cinsinden ne kadar zaman aralığında veri paketleri gönderdiği bilgisi sistemin girdisi olarak ele alınmıştır. Yapılacak işlemler sonucunda belirli zaman aralıklarında nesnenin bulunmasının öngörüldüğü konum alanları elde edilmiştir.

Makine öğrenimi ya da yapay öğrenme, bilgisayarların örnek veri ya da geçmiş deneyimi kullanarak bir ölçüte göre başarımlarını artıracak biçimde programlanmasıdır [6].

Algoritması tam olarak bilinmeyen ya da veri bakımından yüksek sayılara erişen ortamlarda makine öğrenimin etkili olabilir. Bu kapsamda, takip cihazlarından oldukça fazla veri akışının gerçekleştiği ortadadır. Tez çalışması kapsamında makine öğrenimi, verilerin içerisinde birbirine benzer olanlarının bir örüntü oluşturup oluşturmadığını tespit etmek için kullanılmıştır. Bu, bütün verinin içerisinde benzer olanları ilişkilendirilip aynı olanları bir araya koyarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında en çok kullanılan makine öğrenmesi tipleri incelenmiştir. Bunlar:

- Gözetimli Öğrenme [6]
- Gözetimsiz Öğrenme [6]

Diğer bir adı ile gözetimli ve gözetimsiz öğrenmedir [5].

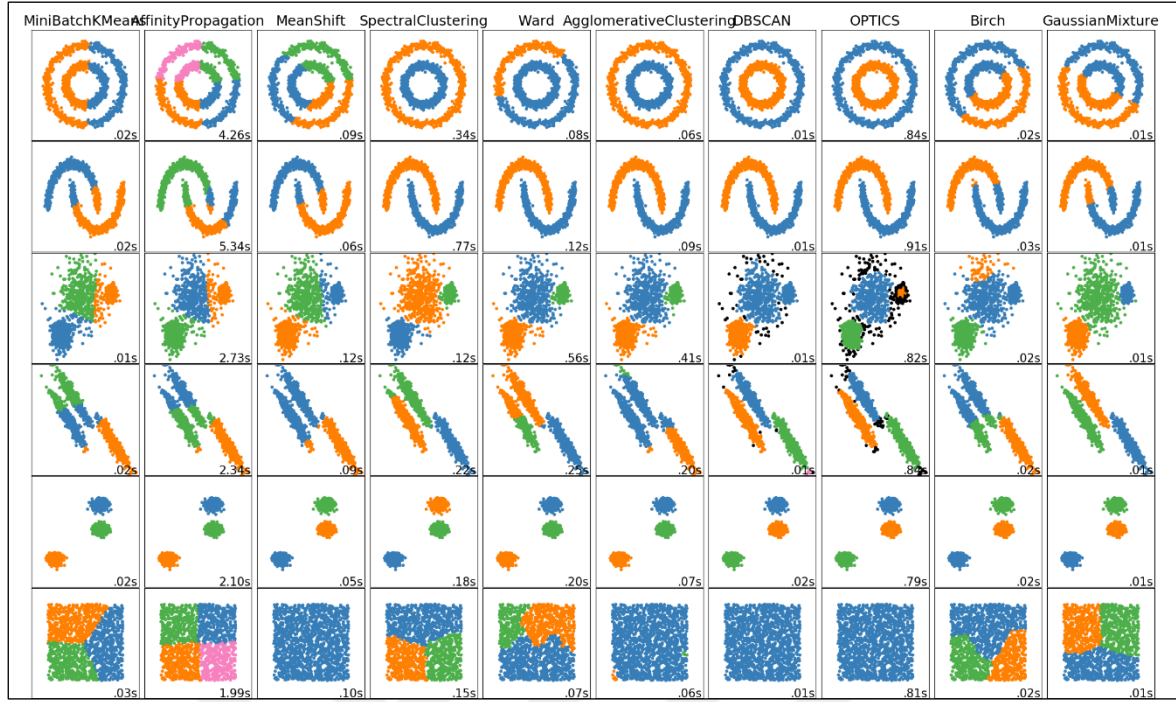
Gözetimli öğrenmede eğitim kümesi sınıf adlarını içerir, yani eğitim kümesindeki her bir nokta için doğru kategoriler verilmiştir [5]. İlk safhada algoritma eğitim verisini kullanarak tüm kategorileri öğrenir, daha sonra ikinci safhada gelen yeni veri için öğrenilen sınıflardan birini tahmin eder [5]. Gözetimli öğrenmede amaç, girdiyle, doğru değeri bir gözetmen tarafından verilen çıktı arasında bir eşleşme öğrenmektir.

Gözetimsiz öğrenmede amaç girdideki düzenlilikleri bulmaktır [6]. Girdi uzayının bir yapısı vardır, bazı örneklerle daha sık rastlanır [6]. Gözetimsiz öğrenme algoritmasının veri içerisindeki grupları bulması beklenir [5]. Kümeleme ya da diğer bir adı ile öbikleme en çok kullanılan gözetimsiz öğrenme metodlarından birisidir. Öbikleme, büyük veri kümeleri içerisindeki verilerin benzerliklerine göre kümelenmesidir. Öbikleme algoritmalarının uzamsal veriler üzerinde birkaç avantajından bahsedilebilir. Bunlar:

- Uzamsal verileri yorumlamak için minimum girdiye ihtiyaç duyarlar [17].
- Öbeklerin şekli küresel, doğrusal ya da keyfi olabilir [17].
- Büyük veri tabanlarında verimli çalışırlar [17].

### 4.3. Kümeleme Algoritmaları

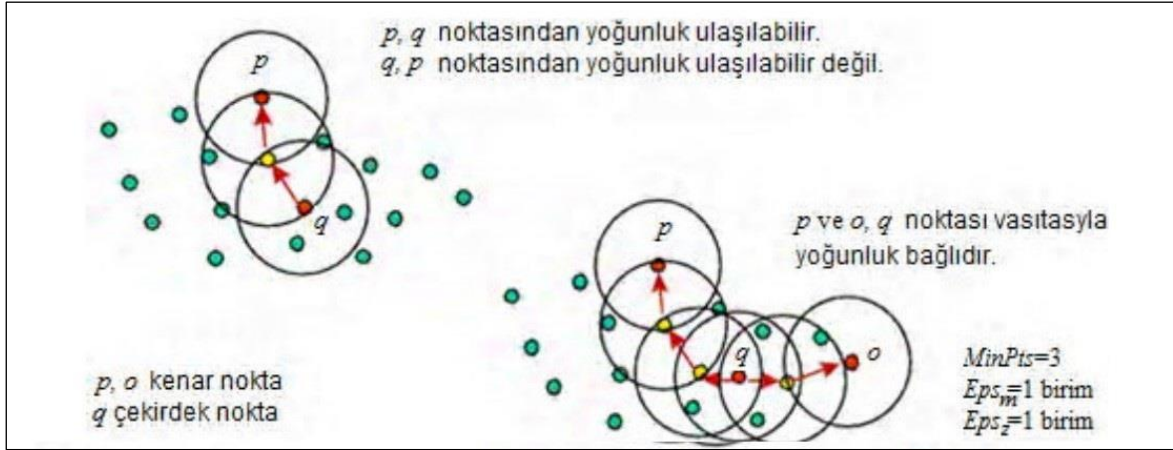
Tez kapsamında koordinat sistemi üzerinde konuma ve zamana göre veri toplanmıştır. Bu kapsamdan bu noktalar kendi aralarındaki benzerliklere ya da yakınlık derecelerine göre kümelere ayrılabilir. Bu sayede kümelerin yoğunluklarına göre bir tahmin yapılabilir. Bu aşamada yoğunluk bazlı çalışan algoritmalar kullanılabilir.



Şekil 4.1. Yoğunluk bazlı algoritmaların karşılaştırılması

Tez kapsamında yoğunluk bazlı algoritmalar karşılaştırılmış ve incelenmiştir. Bunlardan birisi de DBSCAN (A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise) algoritmasıdır. DBSCAN algoritması yoğunluk tabanlı kümeleme algoritmasıdır [17]. Algoritma temel olarak aşağıda anlatıldığı gibi çalışır:

DBSCAN algoritması için çekirdek nesne, Epsilon, MinPoints, doğrudan yoğunluk erişilebilir nokta, yoğunluk erişilebilir nokta, yoğunluk bağlı nokta terimleri temel kavramlardır. Algoritma, Epsilon ve MinPoints değerlerini giriş parametresi olarak alır. Veri tabanındaki herhangi bir nesneden başlayarak tüm nesneleri kontrol eder. Eğer kontrol edilen nesne daha önce bir kümeye dahil edilmiş ise işlem yapmadan diğer nesneye geçer. Eğer nesne daha önce kümelenmemiş ise, bir bölge sorgusu (Region Query) yaparak nesnenin Epsilon komşuluğundaki komşularını bulur. Komşu sayısı MinPoints'den fazla ise, bu nesne ve komşularını yeni bir küme olarak adlandırır. Daha sonra, önceden kümelenmemiş her bir komşu için yeni bölge sorgusu yaparak yeni komşular bulur. Bölge sorgusu yapılan noktaların komşu sayıları MinPoints'den fazla ise kümeye dahil eder [1].



Şekil 4.2. DBSCAN algoritmasının nasıl çalıştığına ilişkin görünüm [18]

DBSCAN algoritmasının belli başlı avantajları şöyle sıralanabilir:

- Rastgele şekillere (doğrusal, iç bükey) sahip öbekleri keşfetme yeteneği vardır [3].
- Öbek sayısının önceden belirlenmesine ihtiyaç duymaz [3].
- Çok büyük veriye sahip veri tabanlarına dahi uygulanabilir [17].
- Uzamsal veri üzerine odaklıdır [17].
- Gürültüler kolayca tespit edilebilir ve ilgi alanı dışında tutulabilir.[17].

Uzamsal veri (enlem ve boylamdan oluşan veri) gibi 2 boyutlu verilerin öbeklenebilmesi için DBSCAN algoritması yukarıda bahsedilen sebeplerden ötürü avantajlıdır. Öte yandan tez kapsamında zaman parametresi de bulunmaktadır. Bu da verinin üçüncü boyutudur. Çalışmaların çoğu, sıradan verilerden (uzamsal olmayan ve zamansal olmayan veriler) kümeleri keşfetmeye odaklanır, bu nedenle uzamsal-zamansal verileri kümelemek için kullanmak pratik değildir [3]. Mekânsal-zamansal veriler için bilgi bulma süreci mekânsal olmayan ve zamansal olmayan veriler için daha karmaşıktır [3]. Çünkü uzamsal-zamansal kümeleme algoritmaları, yararlı bilgiyi elde etmek için nesnelerin uzamsal ve zamansal komşularına önem vermek zorundadır [3]. Yani diğer bir ifade ile uzamsal veri, enlem ve boylam bilgisi, kendi aralarındaki komşulukları kilometre, metre gibi bir uzunluk birimi ile ifade edilir iken, üçüncü parametre olan zamanın bu birimler ile komşuluğu ifade edilemez. Zaman saniye, dakika, saat gibi birimlere sahip iken, diğerleri metre, kilometre birimleri ile ifade edilir. Bu yüzden uzamsal-zamansal veriyi öbekleyebilecek bir özel algoritmaya ihtiyaç duyarız. Bu tür bir algoritma coğrafi bilgi sistemleri, tıbbi görüntüleme ve hava tahmini gibi birçok uygulamada kullanılabilir [3]. Buna uygun olarak ST-DBSCAN (Spatial-Temporal Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) algoritması

kullanılabilir. ST-DBSCAN algoritmasının DBSCAN algoritmasına göre birkaç iyileştirmesi vardır. Bunlar sıralancak olursa:

- Zaman ve koordinat bilgilerine özgü öbekleme yapabilir [3].
- DBSCAN farklı yoğunluktaki kümeler bulunduğunda bazı gürültü noktalarını tespit edemiyor. Öte yandan ST-DBSCAN algoritması zaman ve koordinat bazlı yapabilir [3].
- Algoritmanın zamansal ve uzamsal olarak farklı sınır nesnelere sahip olduğundan ayrışmaları daha kolay olur [3].

DBSCAN algoritması Epsilon ve MinPoints parametrelerini kullanır iken, ST-DBSCAN algoritması 4 parametreye ihtiyaç duyar [3]. Epsilon1 parametresi enlem ve boylam cinsinden olan uzamsal verinin olması gereken uzaklığıdır. Epsilon2 parametresi ise uzamsal olmayan verinin uzaklık mesafesini temsil eder. MinPoints ise Epsilon1 ve Epsilon2 değerlerini sağlayan, küme oluşturmak için gerekli olan en az eleman sayısıdır.  $\Delta E$  ise seçilen küme ortalaması ile yeni gelen değerin arasında bulunması gereken eşik değeridir. Algoritmaya ilişkin detaylı bilgi şekilde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 4.3).

```

Algorithm ST_DBSCAN (D, Eps1, Eps2, MinPts, Δε)
  // Inputs:
  // D={o1, o2, ..., on} Set of objects
  // Eps1 : Maximum geographical coordinate (spatial) distance value.
  // Eps2 : Maximum non-spatial distance value.
  // MinPts : Minimum number of points within Eps1 and Eps2 distance.
  // Δε : Threshold value to be included in a cluster.
  // Output:
  // C={C1, C2, ... Ck} Set of clusters

  Cluster_Label = 0

  For i=1 to n
    // (i)
    If oi is not in a cluster Then // (ii)
      X=Retrieve_Neighbors(oi , Eps1, Eps2) // (iii)

      If |X| < MinPts Then
        Mark oi as noise // (iv)
      Else //construct a new cluster (v)
        Cluster_Label = Cluster_Label + 1

        For j=1 to |X|
          Mark all objects in X with current Cluster_Label
        End For

        Push(all objects in X) // (vi)

        While not IsEmpty()
          CurrentObj = Pop()
          Y= Retrieve_Neighbors(CurrentObj, Eps1, Eps2)

          If |Y| >= MinPts Then
            ForAll objects o in Y // (vii)
              If {o is not marked as noise or it is not in a cluster} and
                |Cluster_Avg() - o.Value| <= Δε Then
                Mark o with current Cluster_Label
                Push(o)
              End If
            End For
          End If
        End While
      End If
    End For
  End Algorithm

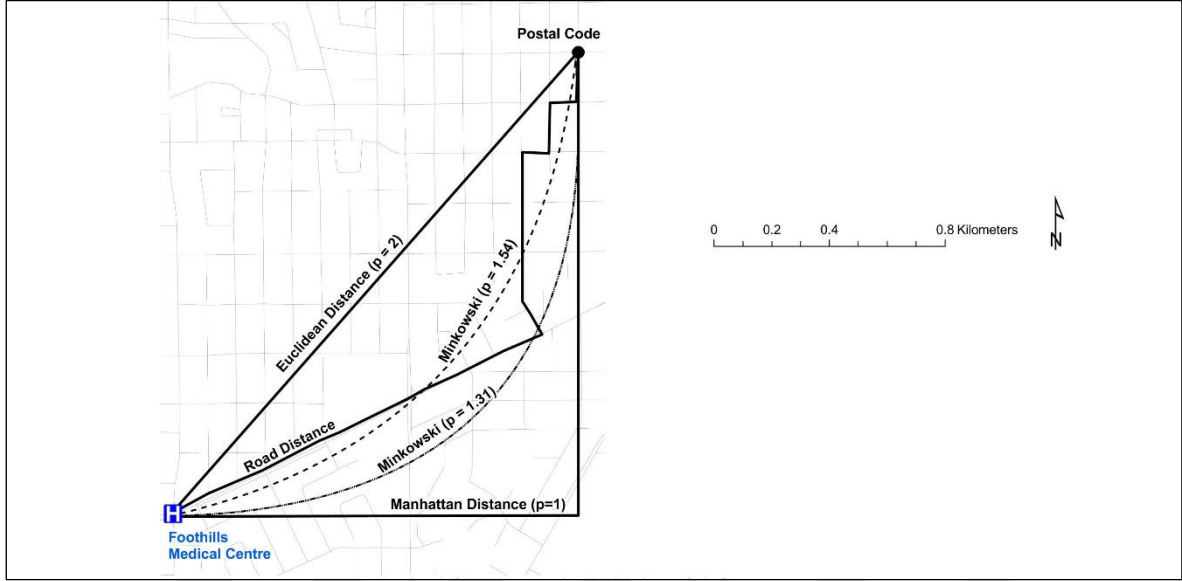
```

Şekil 4.3. ST-DBSCAN algoritmasına ilişkin kaba kod görünümü [3]

Yoğunluk bazlı algoritmalarda enlem ve boylam gibi koordinat sistemi üzerinde gösterilebilen verilerde iki nokta arasındaki uzaklığın hesaplanması konusunda çok farklı metotlar bulunmaktadır. İki nokta arasındaki uzaklık Manhattan Mesafe Uzaklığı, Öklid Uzaklığı, Minkowski ve Haversine Formülü gibi yöntemlerle tespit edilebilir.

$$uzaklık = [(x_i - x_j)^p + (y_i - y_j)^p]^{1/p} \quad (4.1)$$

Öklid, Manhattan ve Minkowski uzaklıkları Eş. 4.1 üzerinde gösterilen  $p$  değerleri yerlerine koyulacak farklı değerler ile tespit edilebilir.  $p$  değerinin 1 olması durumunda formül Öklid uzaklığı olarak adlandırılmaktadır.  $p$  değerinin 2 olması durumunda Manhattan uzaklığına dönüşmektedir.  $p$  değerinin 1 ile 2 arasında (1 ve 2 olmamak kaydıyla) bir değer alması durumunda ise Minkowski uzaklığı olarak adlandırılır [19].



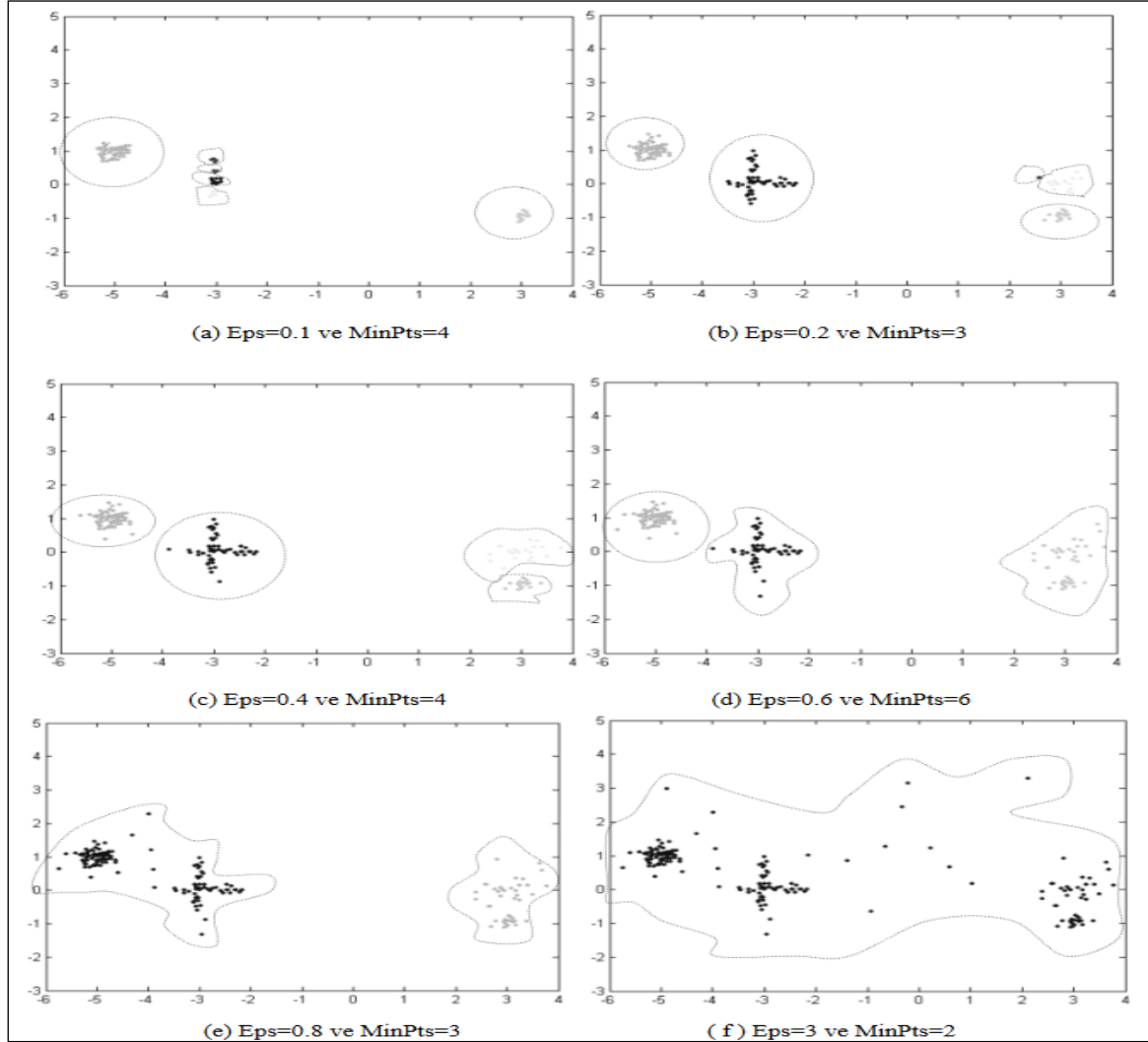
Şekil 4.4. Öklid, Minkowski ve Manhattan uzaklıklarının karşılaştırması [19]

Öklid, Minkowski ve Manhattan uzaklıklarını 2 boyutlu bir düzlemde uzaklıkları hesaplamak için kullanışlı olabilir. Ancak dünya üzerinde enlem ve boylam bilgileri bilinen iki noktası arasındaki hesaplama için uygun olmayabilir. Bunun sebebi dünya yüzeyinin koordinat sistemi gibi düz olmamasıdır. Dünya üzerindeki konumlar daha çok küre şeklindeki bir yüzey üzerindedir. Bu yüzden burada kullanılacak hesaplama da buna uygun olmalıdır. Bu kapsamda, küre benzeri yüzeylerdeki uzaklıkları ölçme için Haversine Formülü kullanılabilir [20].

$$mesafe = 2 R \sin^{-1} \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left( \frac{\beta_2 - \beta_1}{2} \right)} \quad (4.2)$$

Eş. 4.2 üzerinde  $R$  olarak gösterilen değişken dünyanın çapı (6371 km),  $\phi$  olarak gösterilen değişken enlem bilgisi ve  $\beta$  olarak gösterilen değer boylam bilgisi olarak gösterilmiştir [20].

ST-DBSCAN algoritmasındaki Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints ya da DBSCAN algoritmasındaki Epsilon ve MinPoints girdi parametrelerinin aldıkları değere göre çok farklı kümeler ortaya çıkabilir. Farklı girdi parametreleri elde edilen örüntüleri etkilemektedir (Şekil 4.5).

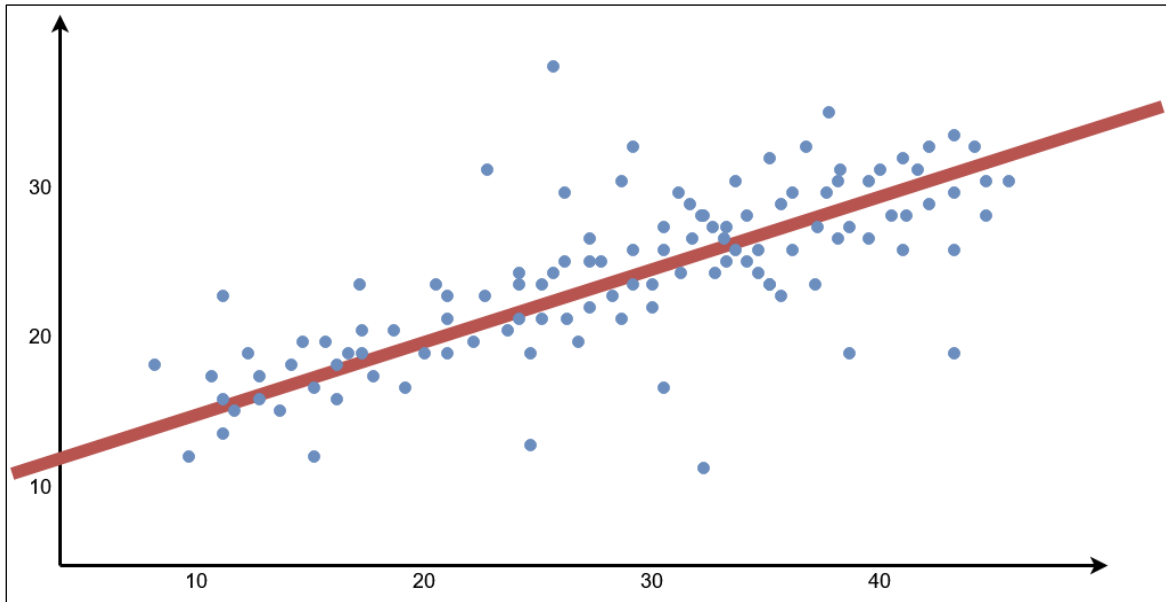


Şekil 4.5. Farklı girdi parametrelerine göre DBSCAN algoritması çıktıları görünümü [1]

#### 4.4. Yapay Sinir Ağları

Çalışma kapsamında yapılan diğer bir uygulama da bu parametrelerin uygun şekilde tahminidir. Geçmişte toplanan veriler kullanılarak, gelecekte oluşacak veriler için Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints parametrelerini tahmin edebilecek bir makine öğrenmesi metodu uygulanabilir. Öncelikle geçmiş verilere ST-DBSCAN algoritması uygulanarak uygun Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints parametreleri belirlenir ise bu verilere ilişkin çıktılar göz önünde bulundurularak da tahminler yapılabilir. Burada gözetimli öğrenme yöntemlerinden

doğrusal regresyon kullanılabilir. Doğrusal regresyon bir gözetici öğrenme algoritmasıdır [5]. Doğrusal regresyon algoritması her örnek için doğru değerleri içeren bir eğitim verisiyle çalışmaya başlar [5]. Veriye algoritma düzgün bir doğrusal modeli yerleştirir, yani bir doğruyu verinin üzerine oturtur [5]. Bu çalışmada da elimizde bulunan bazı veriler ile (ne kadar süredir cihaz veri topluyor, kaç dakikada bir konum paketi gönderiyor, toplam gönderilen konum paketi sayısı gibi) girdi olarak kullanılıp, daha sonra bunlara ilişkin çıktılar verilerek sistem eğitilebilir ise gelecekte seçilecek konum gönderme periyoduna göre kümeleme algoritmasının parametreleri tahmin edilebilir. Buna benzer örnek olarak, araba fiyatlarının marka, model, üretim yılı, renk gibi girdiler ile tahmin edilmesi verilebilir [2].



Şekil 4.6. Doğrusal regresyon fonksiyonu sonucunda oluşan doğrunun gösterimi

Regresyon yöntemi,  $x$  olarak sembolize edilen bir bağımsız değişken ile  $y$  olarak sembolize edilen bir bağımlı değişkenden oluşan nicel iki değer arasındaki ilişkiyi incelemek ve tahmin etmek için kullanılan istatiksel bir yöntemdir. Basit doğrusal regresyonun ana fikri, diğer bağımsız değişkenler sabit tutulurken, bağımsız değişkenlerden biri değiştiğinde bağımlı değişkenin tipik değerinin nasıl değiştiğini anlamaktır. Regresyon analizi büyük ölçüde tahmin ve tahmin problemleri için kullanılır, çünkü bu yöntem makine öğrenimi alanı ile önemli ölçüde örtüşür. Diğer kullanımlardan biri, bağımsız değişkenlerden hangisinin bağımlı değişkenlerle ilişkili olduğunu anlamaktır. Basit regresyon fonksiyonun birden fazla bağımsız değişkene ve tek bir çıktıya sahip olan geliştirilmiş yöntemine ise çoklu regresyon yöntemi adı verilir [21]. Eş. 4.3’de çoklu regresyon yöntemine ilişkin eşitlik gösterilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (4.3)$$

Regresyon modelleri doğrusal veya doğrusal olmayabilir. Doğrusal regresyon modelinde, bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkilerin düz çizgi ilişkileri olduğunu, doğrusal olmayan bir model ise çizgilerin eğri olduğunu varsayar.

Çalışma kapsamında değerlendirilen diğer yöntem ise yapay sinir ağlarıdır. Bunu temel sebeplerinden birisi elde edilmesi planlanan parametre tahmin probleminin doğrusal bir çözümünün olmama ihtimalidir. Yapay sinir ağlarının güçlü yanlarından birisi ise doğrusal olmayan problemlere çözüm getirebilmesidir [22].

Yapay zekâ yöntemlerinden birisi olan yapay sinir ağları, insan sinir hücrelerini (nöron) modelleyerek çözüm üretmektedir. Yapay sinir ağlarının arkasında yatan mantık, geleneksel yöntemler dışında problemi kendi kendine öğrenebilmesi ve problemin sahip olduğu bilgiler arasında ilişkiler oluşturabilme yeteneğidir [22]. Genellikle tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama ve veri filtreleme problemlerinde uygulanmaktadır [22]. Temel amacı, girdi değerlerine karşılık çıktı değerlerini tahmin edebilmektir [22].

Yapay sinir ağlarının yapısını daha iyi anlamak adına insan sinir hücrelerini oluşturan yapılar hakkında bilgi sahibi olmakta yarar vardır. İnsan sinir hücreleri dendrit, soma, sinapsis ve akson denilen yapılardan oluşur [22]. Dendrit diğer sinir hücrelerinden alınan sinyallerin çekirdeğe iletilmesinden sorumlu iken, soma yani hücre çekirdeği sinyallerin toplanması ile sorumlu ve akson çekirdekten alınan sinyalleri diğer sinir hücrelerine iletmekle sorumludur [22]. Sinapsis ise aksondan gelen değer belli bir eşik değeri ile değiştirilip, diğer sinir hücrelerine iletilmesi ile görevlidir [22]. Sinapsisler ve dentritler arasındaki ağırlık katsayılarının güncellenmesi ile yapay sinir ağlarındaki öğrenme işlevi gerçekleştirilir [22].

Sinir ağlarında gözetimli öğrenme işlemi için girdiler ve bunlara denk gelen çıktı bilgileri sağlanmalıdır. Eğitim sırasında kullanılan bu veriler eğitim seti ya da eğitim kümesi olarak adlandırılır. Elde edilen öğrenmenin başarımını ölçmek için eğitim kümesinden bağımsız ve ağına karşılaşmadığı değerler verilerek ağ test edilir. Bu veri kümesi test kümesi ya da test seti olarak adlandırılır. Bunlara ek olarak, ağı eğitimi sırasında genelleme için kötüleştirilmesi yani aşırı eğitmeyi tespit edebilmek adına geçerleme ya da sınama kümesi adı verilen bir veri seti eğitim seti içerisinde belli bir oranda seçilebilir. Geçerleme kümesi ile ağ eğitimi sırasında öğrenme hatası ve geçerleme hatası karşılaştırılabilir. Bu sayede belli bir

dönemden sonra, ağın aşırı eğitildiği tespit edilip, bu dönem noktasına ağ sonlandırılabilir. Bu aynı zamanda erken durma olarak bilinir.

#### 4.4.1. Normalizasyon

Yapılan çalışmaların önemli bir kısmı verinin elde edilmesi olsa da en az bu kadar önemli olan diğer bir kısım da verilerin algoritmalar ve yöntem tarafından verimli olarak kullanılabilmesi için hazırlanmasıdır. Özellikle yapay sinir ağlarında verinin eğitiminin daha hızlı ve verimli olabilmesi için normalizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Çok katmanlı ağ modellerinde girdi ve çıktıların ölçeklendirilmesi (normalizasyon) ağın performansını yakından etkilemektedir [23]. Normalizasyon veri setindeki değerlerin dağılımını düzenli duruma getirmektedir [23]. Yapay sinir ağları girdileri arasında aşırı büyük veya küçük değerler görülebilir. Bunlar yanlışlıkla girdi setine girmiş olabilir. Net girdiler hesaplanırken bu değerler aşırı büyük veya küçük değerlerin doğmasına neden olarak ağı yanlış yönlendirebilirler [23]. Bütün girdilerin belirli aralıkta (çoğunlukla 0-1 aralığında) ölçeklendirilmesi hem farklı ortamlardan gelen bilgilerin aynı ölçek üzerine indirgenmesine hem de yanlış girilen çok büyük ve küçük şeklindeki değerlerin etkisinin ortadan kalkmasına neden olur [23].

Normalizasyon işlemleri veri setindeki aykırı verilerin etkisinin azaltılması yönünde avantaj sağlamaktadır [24]. Literatürde farklı normalizasyon teknikleri yer almaktadır. Bunlar z-skor, min-max, sigmoid ve medyan normalizasyon olarak sıralanabilir [24].

Z-skor normalizasyon işlemi, aykırı değerlerin ayıklanması için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu teknik ile girdi değişkenlerinin her birinin tahmin işlemine eşit katkıda bulunması sağlanır. Z-skor normalizasyon işleminde her değişken için kendi veri seti içerisindeki aritmetik ortalaması ve standart sapması bulunur. Daha sonra veri setindeki her bir değer için aritmetik ortalama çıkarılır ve standart sapmaya bölünür. Elde edilen değer normalize edilmiş değerdir [25].

$$x' = \frac{(x_i - \mu_i)}{\sigma_i} \quad (4.4)$$

Eş. 4.4'te görüleceği üzere  $x'$  normalleşmiş değer olmakla birlikte,  $x_i$  girdi değeri,  $\mu_i$  aritmetik ortalama,  $\sigma_i$  girdi veri setinin standart sapmasını göstermektedir.

Medyan yöntemi, tüm girişler için hesaplanan medyan değerini kullanarak normalleştirme işlemi gerçekleştirir. Medyan yöntemi aşırı sapmaların bulunduğu veri setlerinde, sapmaların büyüklüğünden etkilenmediği için yararlı olabilir [24].

$$x' = \frac{x_i}{\text{median}(a_i)} \quad (4.5)$$

Eş. 4.5'i açıklamak gerekir ise  $x'$  normalleşmiş değer olmakla birlikte,  $x_i$  girdi değeri,  $\text{median}(a_i)$  ise ilgili değişkene ait medyan değeridir.

Diğer bir yöntem ise doğrusal olarak verileri normalize eden min-max yöntemidir. Veri set içerisindeki en büyük ve en küçük değerler kullanılarak, herhangi bir veriyi 0 ile 1 arasına indirger.

$$x' = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4.6)$$

Eş. 4.6'dan bahsetmek gerekir ise  $x'$  normalleşmiş değer olmakla birlikte,  $x_i$  girdi değeri,  $x_{\min}$  ise girdi veri setindeki en küçük değer iken  $x_{\max}$  girdi veri setindeki en büyük değerdir.

Sigmoid normalizasyon fonksiyonu verileri 0 ile 1 veya -1 ile 1 arasında sınıflandırma için kullanılabilir. Sigmoid normalizasyonun birçok çeşidi olmak ile birlikte süreçleri hızlandırmak için genellikle tanjant sigmoid fonksiyonu tercih edilir.

$$x' = \frac{e^{x_i} + e^{-x_i}}{e^{x_i} - e^{-x_i}} \quad (4.7)$$

Eş. 4.7'de yer alan  $x'$  normalleşmiş değer olmakla birlikte,  $x_i$  girdi değeri ve  $e$  ise doğal logaritma sabitidir.

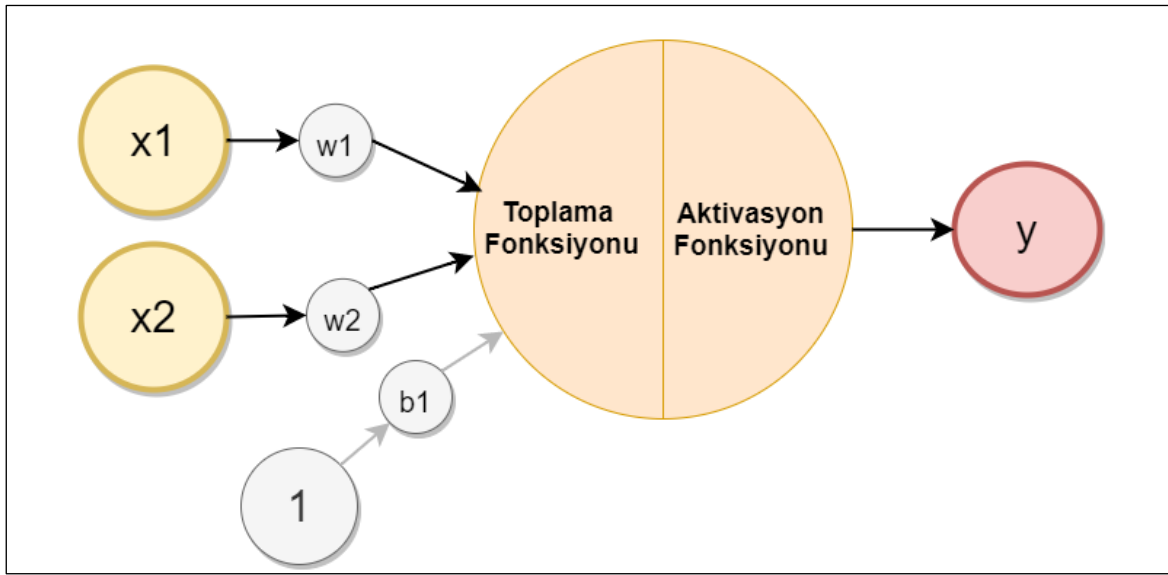
#### 4.4.2. Yapay sinir ağlarının bileşenleri

İnsan sinir hücrelerinde olduğu gibi yapay sinir ağlarında da bazı yapılar vardır. Bunlar girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılarıdır.

Girdiler, dışardan gelen veriyi ağlara ileten kısımdır.

Ağırlıklar, nörona gelen bilginin problem için önemini gösterir ve nöron üzerindeki etkisini göstermektedir [22]. Ağırlık değerinin küçük olması girişin önemsiz olduğunu gösterir iken ağırlık değerinin büyük olması girişin önemli olduğunu gösterir [22].

Toplama fonksiyonu, gelen tüm girdilerin ağırlıkları ile çarpıp toplayarak net girdisini hesaplayan kısımdır. Toplam, çarpım, maksimum, minimum, çoğunluk ve kümülatif toplam gibi türleri vardır.



Şekil 4.7. Yapay sinir ağlarında algılayıcıya ait görünüm

Şekilde (Bkz. 4.7.) yapay sinir ağlarında kullanılan bir algılayıcı gösterilmiştir. Şekil üzerinde yer alan  $x_1$  ve  $x_2$  kısımları algılayıcıya ait girdilerdir. Şekilde yer alan  $w_1$ ,  $w_2$  ve  $b_1$  değerleri algılayıcıya ait ağırlıkları göstermektedir. Algılayıcı, şekilde görüldüğü üzere toplama fonksiyonundan ve aktivasyon fonksiyonundan oluşan bir yapı şeklinde sembolize edilmiştir. Toplama fonksiyonu girdiler ve ağırlıklarla ilişkili olarak gösterilmiş olup, aktivasyon fonksiyonu ise algılayıcıya ait çıkış kısmında yer almaktadır. Şekilde  $y$  ile gösterilen kısım ise aktivasyon fonksiyonu sonucu elde edilen çıktıyı sembolize etmek için kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Yapay sinir ağlarında toplama fonksiyonlarının çeşitleri [22]

| Yöntem           | Gösterim                                         | Açıklama                                                                                                                                                 |
|------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Toplam           | $Net = \sum_{i=1}^N X_i \times W_i$              | N tane girdi için ağırlık değerleri ile girdiler çarpılır, çarpım sonucu elde edilen değerler toplanarak elde edilir.                                    |
| Çarpım           | $Net = \prod_{i=1}^N X_i \times W_i$             | N tane girdi için ağırlık değerleri ile girdi değerleri çarpılır, çarpım sonucu elde edilen değerler birbiriyle çarpılarak elde edilir.                  |
| En Büyük         | $Net = \text{Max}(X_i \times W_i)$               | N tane girdi için ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır, elde edilen çarpımlar içerisinde en büyüğü seçilir.                                    |
| En Küçük         | $Net = \text{Min}(X_i \times W_i)$               | N tane girdi için ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır, elde edilen çarpımlar içerisinde en küçüğü seçilir.                                    |
| Çoğunluk         | $Net = \sum_{i=1}^N \text{Sgn}(X_i \times W_i)$  | N tane girdi için ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır, elde edilen sonuçların her biri için signum fonksiyonu uygulanır ve değerler toplanır. |
| Kümülatif Toplam | $Net = Net_{eski} + \sum_{i=1}^N X_i \times W_i$ | N tane girdi için ağırlık değerleri ile girdiler çarpılır, çarpım sonucu elde edilen değerler toplanır ve daha önce nörona gelen Net bilgisi eklenir.    |

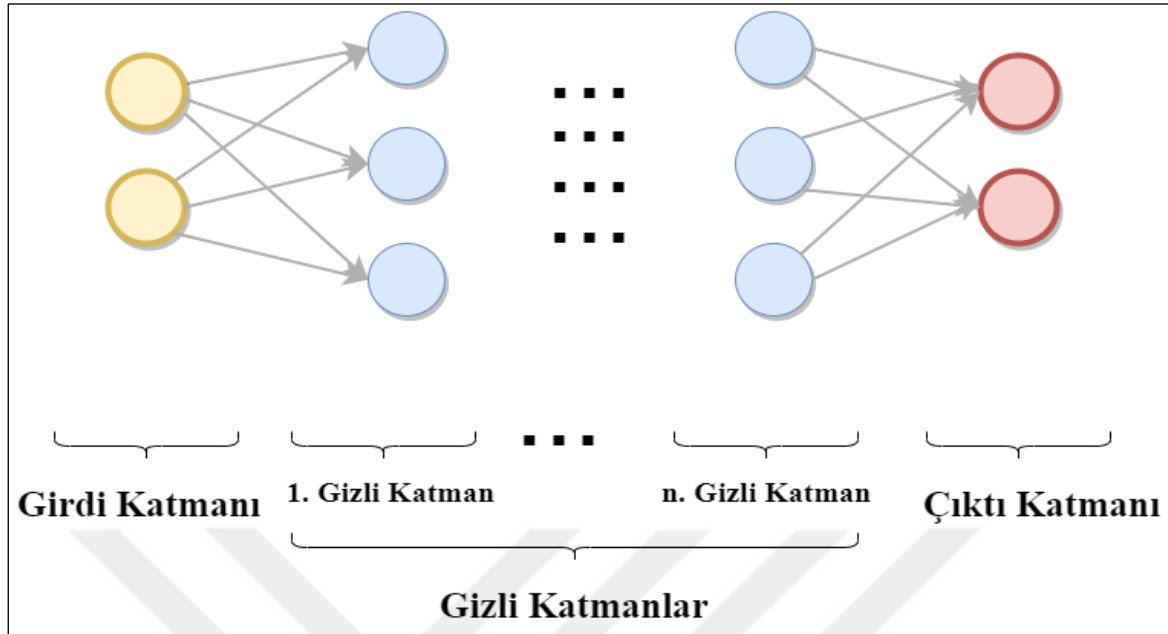
Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonu tarafından iletilen net bilgiyi işleyip, çıktıya dönüştüren fonksiyondur. Problemin doğrusal olmayan çözümü için genellikle sigmoid gibi türevi alınabilen doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir.

Çizelge 4.2. Yapay sinir ağlarında aktivasyon fonksiyonlarının çeşitleri [22]

| Yöntem                                                                                                                                                                                                                           | Gösterim                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aktivasyon fonksiyonu doğrusal olan fonksiyonlar doğrusal problemler için seçilebilir. Toplama fonksiyonundan hesaplanan sonuç, belirlenen katsayı ile çarpılarak hücrenin çıkışı hesaplanır.                                    | $F(Net) = A \times Net$                                                                                                           |
| Toplama fonksiyonundan gelen Net bilginin belirlenen eşik değerinden küçük ya da büyük olmasına göre hücre çıkışı 1 veya 0 değerini alır.                                                                                        | $F(Net) = \begin{cases} 1 & Net > b \\ 0 & Net \leq b \end{cases}$                                                                |
| Sigmoid aktivasyon fonksiyonu türevi alınabilen ve sürekli bir fonksiyondur. Bu nedenle genellikle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Fonksiyon girdi değerine karşılık 0 ve 1 arasında bir değer üretir. | $F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$                                                                                                 |
| Hiperbolik tanjant fonksiyonu, sigmoid fonksiyonuna benzerdir. Hiperbolik tanjant fonksiyonun değeri -1 ve 1 arasında değişmektedir.                                                                                             | $F(Net) = \frac{e^{Net} - e^{-Net}}{e^{Net} + e^{-Net}}$                                                                          |
| Toplama fonksiyonundan gelen Net bilgi 0'dan küçük-eşit ise 0 çıktısı, 1'den büyük-eşit ise 1 çıktısı, 0 ile 1 arasında ise gelen Net değerini çıktı olarak üretmektedir.                                                        | $F(Net) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } Net \leq 0 \\ Net & \text{eğer } 0 < Net < 1 \\ 1 & \text{eğer } Net \geq 1 \end{cases}$ |
| Problem sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösteriyor ise kullanılan fonksiyondur.                                                                                                                                                 | $F(Net) = \sin(Net)$                                                                                                              |

Çıktı ise aktivasyon fonksiyonu ile elde edilen sonucu veren birimdir. Nöronun çıkışı başka bir nöronun girişi olabilir iken nörona birden fazla girdi olabilir. Sonuç olarak, her zaman tek çıkış olmalıdır. Elde edilen çıkış istenilen miktarda diğer nöronlara giriş olarak kullanılabilir.

#### 4.4.3. Yapay sinir ağı katmanları



Şekil 4.8. Yapay sinir ağlarının katmanlarına ilişkin görünüm

Yapay sinir ağı modelleri nöronları içeren katmanlardan oluşmaktadır. Katmanlar girdi katmanı, çıktı katmanı ve gizli katmanlardan oluşabilir. Sadece girdi ve çıktı katmanı olan yapay sinir ağı modellerine tek katmanlı sinir ağı diğeri bir adıyla perceptron (algılayıcı) olarak isimlendirilir. Girişler ve onlara karşılık gelen ağırlık değerlerinin çarpımları toplamından oluşan net değeri, eşik değeri aştığı zaman çıkış üretilir [26]. Öğrenme ağırlıkların değiştirilmesi ile mümkündür [26]. Tek ağırlık katmanı olan algılayıcı girdinin yalnızca doğrusal işlevlerini öğrenebilir [2]. Doğrusal olmayan durumu gerçekleyemez [2]. Öte yandan çok katmanlı algılayıcılar yani arada gizli katmanı olan ileriye doğru yayımlı ağılar doğrusal olmayan ayırtaçları öğrenmede ve doğrusal olmayan bağlanım gerçeklemede kullanılabilir [2]. Burada her saklı birim bir algılayıcıdır.

Katmanlar arasında bağlar, bağlantı türüne göre değişiklik gösterir. Eğer bu bağlantı türlerine göre sınıflandırmak gerekir ise tam bağlantılı, kısmi bağlantılı, ileri besleme ve çift yönlü olarak isimlendirilebilir [22]. Tam bağlantılı, katmandaki her hücre sonraki katmandaki her sinire bağlanmış ise tam bağlantılıdır [22]. Kısmi bağlantılı ise katmandaki her hücre kendisinden sonra gelen katmandaki hücrelerin tümüyle değil bir kısmı ile bağlantılı bulunduğu gerçekleşir [22]. İleri besleme, katmanda bulunan hücreler kendisinden sonra gelen katmandaki hücreye çıkışlarını gönderip geriye giriş almadığı ağı yapılarıdır [22]. Çift yönlü bağlantılar ise katmandaki hücrelerin çıkışları bir önceki

katmandaki hücrelere bağlandığı mimariler için geçerlidir [22].

#### 4.4.4. Yapay sinir ağlarının işleyişi

Yapay sinir ağlarının işleyişi, girdilerden alınan verinin, toplama fonksiyonu aracılığı ile net değerinin üretilmesi ile başlar. Üretilen net değer, aktivasyon fonksiyonu tarafından çıkış değerine dönüştürülür. Girişe denk gelen çıkış değeri ile elde edilen değer karşılaştırılarak hata bulunur. Her seferinde bu döngü tekrarlanır, tek fark ise ağırlıkların güncellenmesidir. Bu tekrarlama işlemi iterasyon ya da dönem olarak isimlendirilir. Böylece elde edilen hata en aza indirgenmeye çalışılır. Ağırlıkların değişim miktarını ifade eden öğrenme katsayısı ya da öğrenme hızıdır [22].

İleri beslemeli ağlar katmanlardaki nöronlar aynı katmanındaki nöronlara bağlı değil iken, bir sonraki katmandaki tüm nöronlara bağlıdır. Çok katmanlı algılayıcılar (MLP) ileri beslemeli ağlara örnektir. Çok katmanlı algılayıcılar her dönem sonucunda elde edilen hatanın, belli algoritmalar ile ağırlıklara yansıtılması ile öğrenme işlemini gerçekleştirir. En çok kullanılan delta öğrenme kuralı (en küçük kareler kuralı), ilk kez Bernard Widrow ve Ted Hoff tarafından 1960 yılında geliştirilmiş ve bu sisteme ADALINE denilmiştir [27]. Bu yöntemde kısaca, ağa uygulanan giriş kümesi sonucunda çıkış kümesi elde edilir ve çıkış değerleri ile istenen çıkış değerleri karşılaştırılarak hata değeri hesaplanır. Hata değeri sıfırdan büyük ise, hata kabul edilebilir bir değere düşünceye kadar ağırlıklar değiştirilir [27]. Çok katmanlı ağların öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı delta öğrenme kuralının genelleştirilmiş hali olduğundan genelleştirilmiş delta kuralı olarak adlandırılır ve iki aşmaktan oluşur. Bunlar ağırlıkların hesaplandığı ileri doğru hesaplama ve ağırlıkların güncellendiği geriye doğru hesaplama [26]. İleri doğru hesaplama her bir gizli katmana ait algılayıcı için hesaplama yapılır. Bu kapsamda algılayıcının giriş değerleri uygun bir toplama ya da birleştirme fonksiyonu kullanılarak net değer elde edilir (Bkz. Çizelge 4.1). Net değer için toplama işlevi seçildiğinde algılayıcının girdileri ile bunlara denk gelen ağırlıklar çarpılarak bir sonuç elde edilir. Eş. 4.8’ de ilgili eşitlik gösterilmektedir.

$$Net = \sum_{i=1}^N X_i \times W_i \quad (4.8)$$

Algılayıcıdan elde edilen net değer, çıktı üretmek için aktivasyon fonksiyonuna uygulamaya ihtiyaç duyar. Aktivasyon fonksiyonları farklı eğitim kümeleri ya da senaryolar için

değişebilir (Bkz. Çizelge 4.2). Algılayıcı için sigmoid fonksiyonu, doğrusal olmayan çıktıların hesaplanması ve türevi alınabilen sürekli bir fonksiyon olmasından dolayı tercih edilir. Eş. 4.9 üzerinde sigmoid fonksiyonun eşitliği gösterülmektedir.

$$F(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}} \quad (4.9)$$

Algılayıcıya uygulanan aktivasyon fonksiyonu ile çıktı değeri adı verilen bir çıkış değeri üretilir. Bu değer algılayıcıdan sonra bir gizli katman var ise katmandaki algılayıcılar için girdi olarak kullanılır.

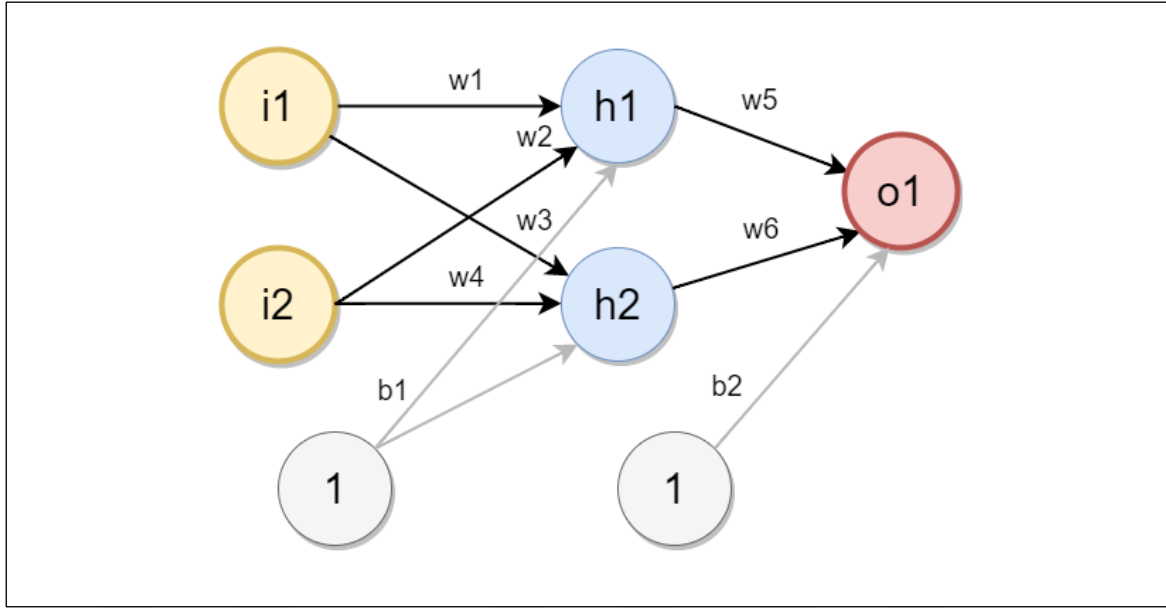
Geriye doğru hesaplama elde edilen hata değerinin dağıtılarak bir sonraki dönemde hatanın azaltılması için kullanılır. Bunun için gizli katmanlar sonucunda elde edilen çıktılar, toplam hata ( $E$ ) olarak isimlendirilen ve her bir çıktı ile çıktıya ait istenilen değer arasındaki farkın toplamından elde edilen bir değere dönüştürülür. Toplam fonksiyonu Eş. 4.10 üzerinde görülmektedir.

$$E_{toplam} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\text{Çıktı}_{istenilen} - \text{Çıktı}_n)^2} \quad (4.10)$$

Bu aşamada elde edilen hatanın sıfır olması engellemek için çıktılar ile istenilen çıktılar arasındaki farkın kareleri toplanarak, kare kökü alınır [22]. Elde edilen toplam hatanın ağırlıklara dağıtılması için zincir kuralı adı verilen ve kısmi türevlerden oluşan yöntem kullanılır. Herhangi bir  $i$  numaralı ağırlıktaki değişim  $\Delta w_i$  ile gösterilecek olur ise,  $E_{toplam}$  üzerinden  $w_i$  göre kısmi türevi alınır ve  $\mu$  olarak gösterilen öğrenme katsayısı ile çarpılır.

$$\Delta w_i = -\mu \frac{\partial E_{toplam}}{\partial w_i} = -\mu \left( \frac{\partial E_{toplam}}{\partial out_m} \times \frac{\partial out_m}{\partial net_m} \times \frac{\partial net_m}{\partial w_i} \right) \quad (4.11)$$

Eş 4.11 gösteriminde  $out_m$  algılayıcıya ait aktivasyon fonksiyonu iken,  $net_m$  ile gösterilen kısım ise toplama ya da birleştirme fonksiyonudur. Buradan elde edilen değer ağırlığın ne kadar güncellenmesi gerektiğini gösteren değerdir.



Şekil 4.9. Girdileri, çıktısı ve gizli katmanı olan örnek bir ağ görünümü

Yapay sinir ağlarındaki işleyişi detaylandırmak adına iki girdiye, bir çıktıya ve tek gizli katmanda iki hücre bulunan bir ağ yapısı örnek olarak alınabilir (Şekil 4.9). Girdiler  $i1$ ,  $i2$  olarak gösterilmiş olup, ağ çıktısı olarak  $o1$  ile gösterilen hücre bulunmaktadır. Ağ tek gizli katman sahiptir ve katmanında  $h1$  ve  $h2$  olarak gösterilen iki hücre bulunmaktadır. Girdiler ile gizli katman arasındaki ağırlıklar  $w_1, w_2, w_3, w_4$  şeklinde gösterilmiştir. Gizli katman ile çıktı arasındaki ağırlıklar ise  $w_5, w_6$  şeklinde gösterilmiştir. Aktivasyon fonksiyonun sağa ya da sola ötelenmesini sağlayan bias değerleri ise  $b1, b_2$  şeklinde gösterilmiştir.

Yapay sinir ağlarında öğrenme hesaplaması iki aşamaya ayrılmış olup, bunlardan ilki ileriye doğru hesaplamadır. Örnek olarak alınan ağ göz önünde bulundurulduğunda, ileriye doğru hesaplamanın ilk adımı olarak girdiler ve gizli katman hücreleri arasındaki hesaplamaların, bu katmanlar arasındaki ağırlıklar göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir (Bkz. Şekil 4.7). Bu işlem için öncelikle net değer hesaplaması için var olan toplama fonksiyonlarından toplama işlemi kullanılarak bir çıktı elde edilebilir. Daha sonra elde edilen net değer seçilmiş olan sigmoid aktivasyon fonksiyonuna tabi tutulur. Gizli katmanda yer alan  $h1$  hücresi için toplama fonksiyonu çıktı değeri  $net_{h1}$  şeklinde gösterilecek olur ise, ağırlıkların girdiler ile çarpılması ve bunlara ek olarak bias değerinin de sabiti ile çarpılıp toplanması ile net değer elde edilir. Eş. 4.12 üzerinde net değer hesaplanmasına ait fonksiyon gösterimi yer almaktadır.

$$net_{h1} = w_1 \times i_1 + w_2 \times i_2 + b_1 \times 1 \quad (4.12)$$

h1 hücresi için aktivasyon fonksiyonunun uygulaması ise elde edilen net değerin sigmoid fonksiyonuna tabi olması ile gerçekleşir. Aktivasyon fonksiyonu çıktısı  $out_{h1}$  ile gösterilecek olur ve sigmoid fonksiyonunda kullanılacak net değer  $net_{h1}$  olarak düşünüldüğünde aktivasyon fonksiyonu çıktısı Eş. 4.13'deki gibi olacaktır.

$$out_{h1} = \frac{1}{1 + e^{-net_{h1}}} \quad (4.13)$$

Eş. 4.13 sonucunda elde edilen  $out_{h1}$  çıktısı ileri beslemeli ağların ağ yapısı düşünüldüğünde bir sonraki katmanda girdi olarak bulunacaktır.

Benzer şekilde aynı işlemler h2 gizli katman hücresi için tekrarlanmalıdır. Bu kapsamda  $net_{h2}$  olarak gösterimi yapılabilecek olan h2 hücresine ait net değer hesaplaması, ağ yapısında kullanılan toplama fonksiyonu düşünülecek olur ise, girdilerin ve ağırlıkların çarpımı ile bias değerinin sabiti ile çarpılmasının toplamaları sonucu elde edilir. İlgili eşitlik Eş. 4.14'deki gibi gösterilir.

$$net_{h2} = w_3 \times i_1 + w_4 \times i_2 + b_1 \times 1 \quad (4.14)$$

Daha sonra yapılması gerek işlem ise aktivasyon fonksiyonu olarak seçilen sigmoid fonksiyonunda net değerin kullanılmasıdır. Aktivasyon fonksiyonu çıktısı  $out_{h2}$  şeklinde gösterilir iken net değer gösterimi  $net_{h2}$  şeklindedir.

$$out_{h2} = \frac{1}{1 + e^{-net_{h2}}} \quad (4.15)$$

Eş. 4.15 sonucunda elde edilen hücre çıktı değerleri olan  $out_{h1}$  ve  $out_{h2}$  bir sonraki katmanda ileriye doğru hesaplamanın girdi parametreleri olarak kullanılacaktır.

Gizli katmanlarda olduğu gibi çıktı katmanında da hesaplamalar yapılarak, ağın çıktı hücresi için hata değeri tespit edilir. Gizli katmanlarda yer alan hücrelerde yapılan öncelikle toplama fonksiyonu ve toplama fonksiyonundan elde edilen net değerin kullanıldığı aktivasyon fonksiyonu ile işlem yapılır.  $net_{o1}$  olarak gösterilecek olan o1 çıktısına ait net değer, h1 ve h2 hücrelerinden elde edilen çıktı değerleri kullanılarak hesaplanır.

$$net_{o1} = w_5 \times out_{h1} + w_6 \times out_{h2} + b_2 \times 1 \quad (4.16)$$

Eş. 4.16'dan elde edilen net değer, aktivasyon fonksiyonu olarak seçilen sigmoid fonksiyonunda kullanılarak, ağın bu çıktısı için elde edilen hata değerine ulaşılmış olur.

$$out_{o1} = \frac{1}{1 + e^{-net_{o1}}} \quad (4.17)$$

Ağ üzerindeki ileriye doğru hesaplamalar tamamlanıp, çıktı değerleri elde edildikten sonra toplam hatayı elde etmek için Eş. 4.17'de görüldüğü gibi daha önce tercih edilen bir hata fonksiyonu kullanılır. Birden fazla çıktısı olan ağlarda, toplam hatayı elde etmek için, istenilen değer ile çıktı değer arasındaki farklar alınarak, hata fonksiyonun özelliğine göre işlemlere tabi tutulur ve elde edilen değerler toplanarak  $E_{toplam}$  ya da  $E_{total}$  şeklinde gösterilebilen ağın toplam hata değeri elde edilir.

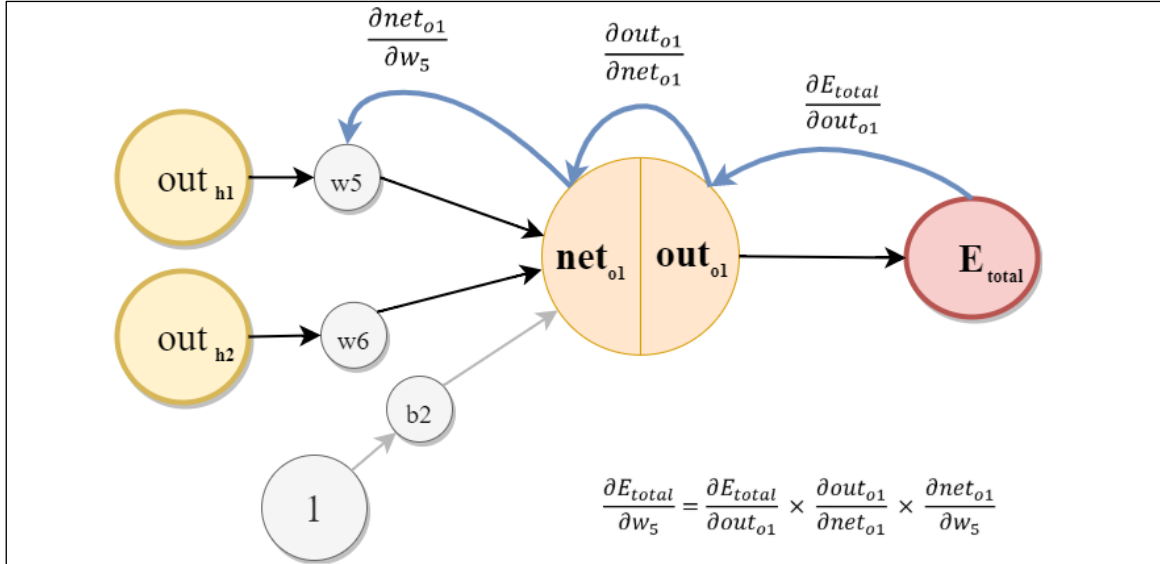
$$E_{total} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n (out_{istenilen} - out_n)^2 \quad (4.18)$$

Örnek olarak alınan ağın toplam hatası için ise kare yöntemi olarak isimlendirilen ve istenilen çıktı ile ağ çıktısı arasındaki farkların karelerinin toplamı ile elde edilen ve Eş. 4.18'de gösterilen gibi bir yöntem seçilebilir. İlerideki işlemleri kolaylaştırmak adına bu eşitliğe Eş. 4.19'da görüleceği üzere  $\frac{1}{2}$  sabiti eklenmiştir. Örnek aldığımız ağ yapısında tek çıktı olmasından dolayı farklı çıktılardan elde edilen değerlerin toplanması gibi bir durum oluşmamaktadır. Bu kapsamda  $out_{o1}$  çıktısı için toplam hata, çıktı olarak alınmak istenen değer  $out_{istenilen}$  gösterilmek kaydı ile,  $out_{o1}$  arasındaki farkın karesinin yarısına eşit olacaktır.

$$E_{total} = \frac{1}{2} (out_{istenilen} - out_{o1})^2 \quad (4.19)$$

Yapay sinir ağlarında öğrenme hesaplamasının ikinci aşaması ise hatayı geri yayma ya da geriye doğru hesaplama olarak bilinir. Bu kısımda elde edilen toplam hata miktarı ağırlıklara dağıtılarak, ağırlıklar güncellenir. Burada hatayı geriye doğru dağıtır iken toplam hatanın ağırlığa göre kısmi türevi alınarak değişmesi gereken değer hesaplanır. Kısmi türev, çok değişkenli fonksiyonların türevlerinin alınmasında kullanılan bir kavramdır. Doğrudan bu

işlem gerçekleştirilemeyeceği için zincir kuralı isimlendirilen bir teknik kullanılır. Zincir kuralı çok değişkenli fonksiyonların türevi alınırken kullanılan bir tekniktir.



Şekil 4.10. Ağ yapısında  $w_5$  ağırlığı için zincir kuralı gösterimi

Örnek olarak verilen ağ yapısında  $w_5$  ağırlığı için değiştirilmesi gereken değer elde edilebilmesi için bu hesaplamalar yapılması gerekir.  $E_{total}$  fonksiyonunun  $w_5$  göre kısmi türevi doğrudan elde edilemez. Bu yüzden zincir kuralı uygulanarak  $\frac{\partial E_{total}}{\partial out_{o1}}$ ,  $\frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}}$ ,  $\frac{\partial net_{o1}}{\partial w_5}$  kısmi türevleri elde edilerek çarpılır.

$$\frac{\partial E_{total}}{\partial w_5} = \frac{\partial E_{total}}{\partial out_{o1}} \times \frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}} \times \frac{\partial net_{o1}}{\partial w_5} \quad (4.20)$$

Eş. 4.20’de öncelikle  $E_{total}$  fonksiyonunun  $out_{o1}$ ’e göre kısmi türevi hesaplanmalıdır. Eş. 4.21 üzerinde toplam fonksiyonu ve Eş. 4.22 üzerinde ise kısmi türevi gösterilmiştir.

$$E_{total} = \frac{1}{2} (out_{istenilen} - out_{o1})^2 \quad (4.21)$$

$$\frac{\partial E_{total}}{\partial out_{o1}} = -(out_{istenilen} - out_{o1}) \quad (4.22)$$

Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılan örnek ağ tasarımında sigmoid fonksiyonu seçilmiştir. Bu kapsamda çıktı değerini üreten fonksiyonun  $net_{o1}$ ’e göre kısmi türevi

hesaplanmalıdır. Aktivasyon fonksiyonun kısmi türev hesapları Eş. 4.23 ve Eş. 4.24 üzerinde gösterilmiştir.

$$out_{o1} = \frac{1}{1 + e^{-net_{o1}}} \quad (4.23)$$

$$\frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}} = out_{o1} \times (1 - out_{o1}) \quad (4.24)$$

Zincir kuralının son işlemi olan net değer hesaplamasında kullanılan toplama fonksiyonun  $w_5$ 'e göre kısmi türevi alınır. Eş. 4.25'te ve Eş. 4.26'da bu hesaplamalar gösterilmiştir.

$$net_{o1} = w_5 \times out_{h1} + w_6 \times out_{h2} + b_2 \times 1 \quad (4.25)$$

$$\frac{\partial net_{o1}}{\partial w_5} = out_{h1} \quad (4.26)$$

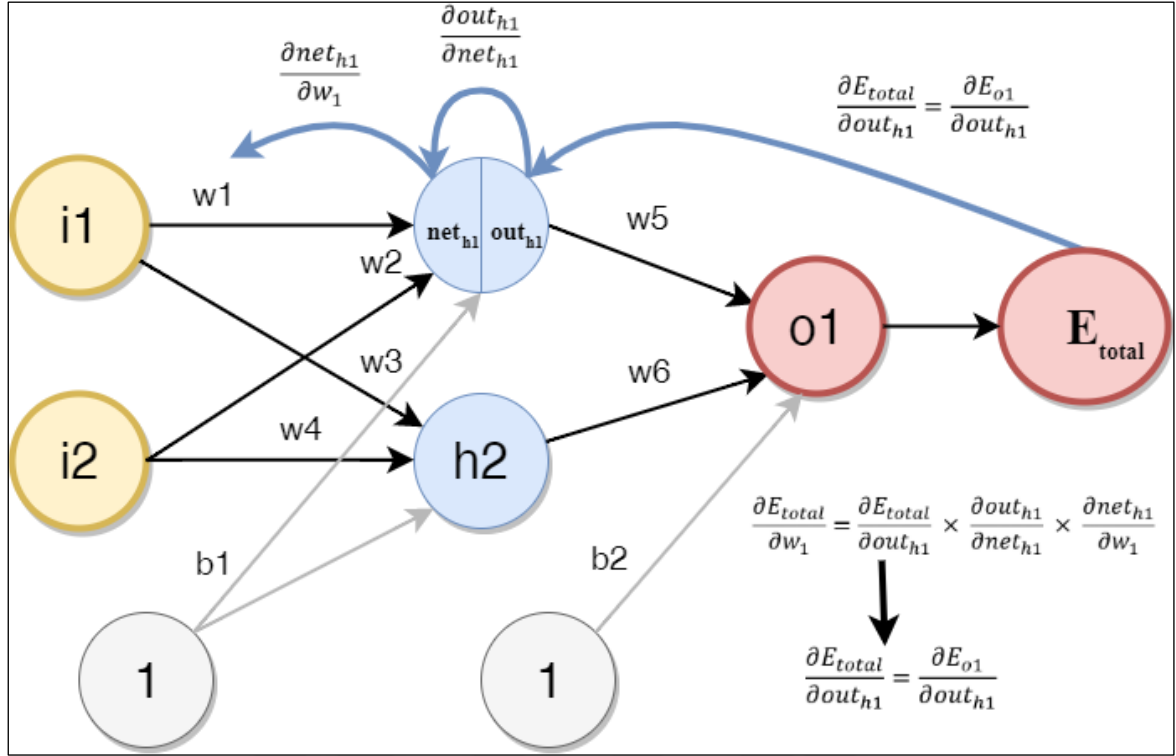
Zincir kuralı sonucunda elde edilecek değerlerin hesaplamasında ihtiyaç duyulan değerler olan  $out_{h1}, out_{o1}$  değerleri ileriye doğru hesaplama sırasında elde edilen değerler olmakla birlikte,  $out_{istenilen}$  ise ağ yapısından beklenen çıktı olarak başlangıçta ağ yapısına sunulur. Son olarak yapılması gereken zincir kuralı sonucunda elde edilen değer öğrenme katsayısı olarak bilinen  $\mu$  ile çarpılarak, ağırlık üzerinde yapılması gereken değişimin bulunmasıdır. Bulunan değer ağırlıktan çıkartılarak, ağırlık güncellenir. Değişim Eş. 4.27'deki gibi gösterilebilir.

$$w_5^+ = w_5 - \mu \frac{\partial E_{total}}{\partial w_5} \quad (4.27)$$

Bu hesaplama yöntemi ile benzer şekilde  $w_6$  ve  $b_2$  değerleri hesaplanabilir.  $w_6$ 'ya ilişkin hesaplamalar Eş. 4.28 ve Eş. 4.29 gibi özetlenebilir.

$$\frac{\partial E_{total}}{\partial w_6} = \frac{\partial E_{total}}{\partial out_{o1}} \times \frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}} \times \frac{\partial net_{o1}}{\partial w_6} \quad (4.28)$$

$$w_6^+ = w_6 - \mu \frac{\partial E_{total}}{\partial w_6} \quad (4.29)$$



Şekil 4.11. Ağ yapısında  $w_1$  ağırlığı için zincir kuralı gösterimi

Başlangıç ağırlıklarından olan  $w_1$  için hesaplamalar toplam hata üzerinden yapılır. Toplam hata, seçilen ve çıktılara uygulanan hata fonksiyonu sonucunda elde edilen değerlerin toplamıdır. Eş. 4.30 bu hesaplamalara ilişkin zincir kuralını göstermektedir.

$$\frac{\partial E_{total}}{\partial w_1} = \frac{\partial E_{total}}{\partial out_{h1}} \times \frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}} \times \frac{\partial net_{h1}}{\partial w_1} \quad (4.30)$$

$E_{total}$  fonksiyonunun  $w_1$  göre kısmi türevi doğrudan elde edilemez. Bu yüzden zincir kuralı uygulanarak  $\frac{\partial E_{total}}{\partial out_{h1}}, \frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}}, \frac{\partial net_{h1}}{\partial w_1}$  kısmi türevleri elde edilerek çarpılır. Örnek olarak kullanılan yapay sinir ağı yapısında tek çıktı olmasından dolayı toplama işlemi söz konusu değildir. Bu yüzden toplam hata  $\frac{\partial E_{total}}{\partial out_{h1}} = \frac{\partial E_{o1}}{\partial out_{h1}}$  şeklinde ifade edilebilir. Öncelikle  $E_{o1}$  fonksiyonunun  $out_{h1}$ 'e göre kısmi türevi Eş. 4.31 üzerinde gösterildiği gibi hesaplanmalıdır. Eş. 4.32, Eş. 4.33 ve Eş. 4.34 ise adım adım bu işlemler gösterilmiştir.

$$\frac{\partial E_{o1}}{\partial out_{h1}} = \frac{\partial E_{o1}}{\partial net_{o1}} \times \frac{\partial net_{o1}}{\partial out_{h1}} \quad (4.31)$$

$$\frac{\partial E_{o1}}{\partial net_{o1}} = \frac{\partial E_{o1}}{\partial out_{o1}} \times \frac{\partial out_{o1}}{\partial net_{o1}} \quad (4.32)$$

$$net_{o1} = w_5 \times out_{h1} + w_6 \times out_{h2} + b_2 \times 1 \quad (4.33)$$

$$\frac{\partial net_{o1}}{\partial out_{h1}} = w_5 \quad (4.34)$$

Zincir kuralının ikinci adımı olarak gizli katmanda yer alan h1 hücresi üzerinde uygulanan aktivasyon fonksiyonu olan sigmoid fonksiyonunun net değer olarak bilinen  $net_{h1}$  'e göre kısmi türevinin alınmasıdır. Bu hesaplama Eş. 4.35'te aktivasyon fonksiyonu ve Eş. 4.36'da aktivasyon fonksiyonun kısmi türevi gösterilmiştir.

$$out_{h1} = \frac{1}{1 + e^{-net_{h1}}} \quad (4.35)$$

$$\frac{\partial out_{h1}}{\partial net_{h1}} = out_{h1} (1 - out_{h1}) \quad (4.36)$$

Zincir kuralının son adımı olarak gizli katmanda yer alan h1 hücresi üzerinde uygulanan toplama fonksiyonun ( $net_{h1}$ )  $w_1$  'e göre kısmi türevinin alınmasıdır. Bunun için Eş. 4.37 üzerinde gösterilen eşitliğin kısmi türevi alınarak, Eş. 4.38'te gösterilen sonuç elde edilir.

$$net_{h1} = w_1 \times i_1 + w_2 \times i_2 + b_1 \times 1 \quad (4.37)$$

$$\frac{\partial net_{h1}}{\partial w_1} = i_1 \quad (4.38)$$

Son olarak yapılması gereken zincir kuralı sonucunda elde edilen değer in öğrenme katsayısı olarak bilinen  $\mu$  ile çarpılarak, ağırlık üzerinde yapılması gereken değişimin bulunmasıdır. Bulunan değer ağırlıktan çıkartılarak, ağırlık güncellenir. Eş. 4.39'da gösterilen gösterim, ağırlık üzerindeki değişimi göstermektedir.

$$w_1^+ = w_1 - \mu \frac{\partial E_{total}}{\partial w_1} \quad (4.39)$$

#### 4.5. Anormallik Tespiti

Bu aşamadan sonra elde edilen konum ve zaman kümeleri ister öngörü için kullanılabilir iken istenilir ise anlık gelen verilerin bu desenlere uyup uymaması durumunda anormallik

tespiti olarak kullanılabilir. Bu aşamada anormallik tespitine ilişkin aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Her normal davranışı yakalayan bir normal bölge tanımlamak zordur ve normal bölge ile anormallik bölge arasında keskin bir sınır yoktur [6].
- Anormallik kavramı uygulama alanına göre değişir. Bir alanda geliştirilen tekniği diğer bir alana taşımak çok kolay değildir [6].
- Çoğu zaman model kurmak için etiketlenmiş eğitim ve geçerleme verilerini bulmak zordur [6].
- Anormalliklerin kötü niyetli fiillerin sonucu olduğu durumlarda, kötü niyetli rakipler anormallikleri normalmiş gibi görünecek şekle sokabilirler. Bu da normal davranışı tanımlamayı daha da zorlaştırır [6].
- Çoğu çalışma alanında normal davranış evirildiği için başta yapılan normal tanımının temsili yeterli olmaz [6].

Konum verileri üzerinde yapılan kümeleme algoritmaları ile anormalliklerin tespitine yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan birisinde taksi sürücülerinden elde edilen GPS verilerinden anormal sürüş rotalarının tespiti ile olumsuz kent trafik oluşumunu tespit edebilmek üzerinedir. Çalışma kapsamında mesafe tabanlı hiyerarşik kümeleme algoritmaları kullanılarak benzer rotalar tespit edilmiş olup, alt rotaların tespiti ile anormal davranışlar gösteren rotalar da gruplanmıştır. Yapılan çalışma taksilerin anormal rota davranışlarını diğer sürücülerin normal davranışları üzerinden farklı olarak az sayıda tercih edilenler olarak nitelendirmektedir. Tez çalışması kapsamında yapılan normal davranışların tespiti ve bu normal davranışlar dışında kalan davranışların anormallik olarak nitelendirilmesine bu çalışma kaynak oluşturmaktadır. Ek olarak, yapılan çalışma konum verileri üzerinden normal davranışların tespitinin kümeleme algoritmaları ile yapılabileceğini göstermektedir [28].

## 5. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Tez çalışması kapsamında bu bölümde toplanan veriler üzerine uygulanan yöntemler sonucu elde edilen çıktılara ilişkin bilgiler bulunmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle takip cihazından elde edilen verinin özellikleri, boyutu, kapsamı ve çalışma için nasıl uygun hale getirildiğine değinilmektedir. Daha sonra cihaza seçilen kümeleme algortimasının nasıl uygulandığı ve tespit ettiği rutinler gösterilmiştir. Çalışma kapsamında kümeleme algoritması girdi parametreleri not edilmiş olup, daha sonra doğrusal regresyon ve çok katmanlı algıyacılar tarafından tahmin edilen değerleri karşılaştırılmıştır. Bölüm çıktısı olarak konum verilerine ilişkin rutinlerin nasıl tespit edileceğine ilişkin bir dizi yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler kullanılarak elde edilen rutinler ile anlık gelen konum verileri karşılaştırılarak anormalliklerin tespit edilebileceği vurgulanmıştır.

Çalışma kapsamında toplam 4 haftalık süre içerisinde 5558 adet konum veri paketi toplanmıştır. Bunlara ek olarak, cihaz verisi sistemden alınır iken, cihaz verisi içerisinde cihazın kendi hatasından kaynaklı hatalı veri paketleri çalışmaya dahil edilmemiştir. Yani cihaz verileri sistemde kullanılmadan önce gözden geçirilmiş ve hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 5.1. Takip cihazından elde edilen konum veri paketi örnekleri

| Cihaz Adı | Olay Kodu          | Pil (%) | Zaman               | Enlem    | Boylam   | Hata | Kaynak | Adres Bilgisi                                   |
|-----------|--------------------|---------|---------------------|----------|----------|------|--------|-------------------------------------------------|
| T01-0001  | Bağlantı Yenilendi | 80      | 21.06.2019 09:25:47 | 39,87572 | 32,86401 | 0    | GPS    | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| T01-0001  | Bağlantı Yenilendi | 75      | 21.06.2019 09:19:29 | 39,87763 | 32,86763 | 0    | GPS    | Katar Cd. Birlik Merkez Ankara / Türkiye        |
| T01-0001  | Bağlantı Yenilendi | 80      | 21.06.2019 09:13:16 | 39,87574 | 32,86383 | 0    | GPS    | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| T01-0001  | Bağlantı Yenilendi | 75      | 21.06.2019 09:07:02 | 39,87578 | 32,86368 | 0    | GPS    | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye |
| T01-0001  | Bağlantı Yenilendi | 75      | 21.06.2019 09:00:38 | 39,87834 | 32,86989 | 0    | GPS    | 424. Sk. Birlik Merkez Ankara / Türkiye         |

Veri hazırlık aşamasında verilerin 5 dakika aralıklarla toplandığı göz önüne alındığında ortalama veri toplama süresinin 1 aydan fazla sürüdüğü görülmektedir. Çalışmanın amaçlarından olan, farklı zaman aralıklarında da veri toplama kısmı, çalışmanın kapsamında düşünülen 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 60 dakika aralıkları düşünüldüğünde 7 aylık bir sürece

denk gelmektedir. Bu uzun süren veri toplama kısmı, 5 dakika aralıklarla elde edilen konum veri paketlerinin seyreltilmesi ile kısaltılmıştır. Seyreltilen verilerden diğer zaman aralıkları elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. Zaman aralıklarına göre konum veri paketi sayısı

| Hafta Sayısı | Veri Gönderme Sıklığı | Veri Paketi Sayısı |
|--------------|-----------------------|--------------------|
| 4            | 5                     | 5558               |
| 4            | 10                    | 2894               |
| 4            | 15                    | 1969               |
| 4            | 20                    | 1693               |
| 4            | 25                    | 1407               |
| 4            | 30                    | 1193               |
| 4            | 60                    | 635                |

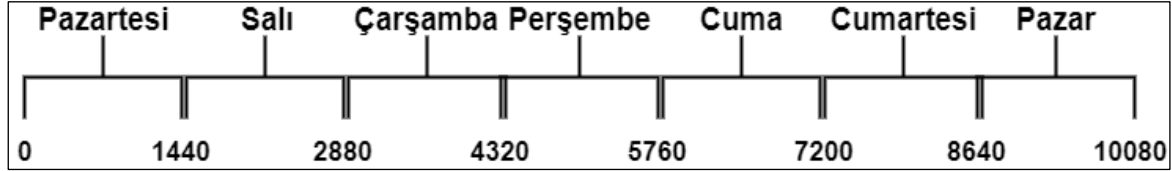
Çalışma, 2 haftalık takip verileri toplanan nesnelerin konumlarındaki rutinleri tespit etmek üzerine odaklanmaktadır. Toplanan verinin 4 haftalık bir veri olduğu düşünüldüğünde 2 haftalık veri kümeleri buradan çıkarılabilir. Bu kapsamda 1 haftalık bölümlere ayrılan konum paketleri, kombinasyonları alınarak farklı 2 haftalık veri kümeleri elde edilmiştir. Her veri toplama sıklığı için toplamda 6 farklı 2 haftalık veri kümesi elde edilmiştir. Örnek olarak birinci hafta verileri dördüncü hafta verileri ile birleştirilerek bir veri kümesi oluşturulmuştur. Bu kombinasyon tüm veri gönderme sıkları için gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.3. 5 dakika aralıklı veriye ilişkin 2 haftalık kombinasyonların veri paketi sayısı

| Haftalar            | Veri Gönderme Sıklığı | Veri Paketi Sayısı |
|---------------------|-----------------------|--------------------|
| 1. hafta – 2.hafta  | 5                     | 2760               |
| 2. hafta – 3. hafta | 5                     | 2747               |
| 2. hafta- 4. hafta  | 5                     | 2839               |
| 3. hafta- 4. hafta  | 5                     | 2798               |
| 1. hafta- 4. hafta  | 5                     | 2811               |
| 1. hafta- 3. hafta  | 5                     | 2719               |

Tez, takip cihazından alınan verilerin diğer takip cihazlarında da ortak olarak elde edilebilecek konum ve zaman verisine odaklanmaktadır. Kullanılan algoritmalarda bu verilerden, konum verisine ilişkin enlem ve boylam bilgisi değiştirilmeden kullanılabilir iken, zaman verisinin kullanılabilmesi için düzenlenmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaç, çalışma sonucunda elde edilecek haftanın günlerine ilişkin zaman aralıklarının kesintisiz şekilde komşu olması ile ilgilidir. Bu yüzden veri ilk önce haftanın günlerine göre düzenlenmiştir. 1 günün 24 saat ile sonlanması ile yeniden başa dönmesi, verinin işlenir iken zorluklar

çıkarmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda haftanın başlangıcı Pazartesi 00:01 saati 1. dakika olarak alınmış ve her geçen dakika üzerine eklenerek bir haftada 10080 dakika olacak şekilde zaman verisi düzenlenmiştir. Böylece zaman komşuluklarının tespiti kolaylaşmıştır.



Şekil 5.1. Dakika bazlı haftalık konum verisinin gösterimi

Buna ek olarak dünya yüzeyindeki iki farklı noktanın arasındaki uzaklığı ölçebilmek adına Haversine formülü kullanılmıştır.

```
haversine_distance(point1, point2) {
  if (typeof precision === 'undefined') {
    var precision = 4;
  }

  var R = 6371;
  var lat1 = point1.Enlem * Math.PI / 180,
      lon1 = point1.Boylam * Math.PI / 180;
  var lat2 = point2.Enlem * Math.PI / 180,
      lon2 = point2.Boylam * Math.PI / 180;

  var dLat = lat2 - lat1;
  var dLon = lon2 - lon1;

  var a = Math.sin(dLat / 2) * Math.sin(dLat / 2) +
    Math.cos(lat1) * Math.cos(lat2) *
    Math.sin(dLon / 2) * Math.sin(dLon / 2);

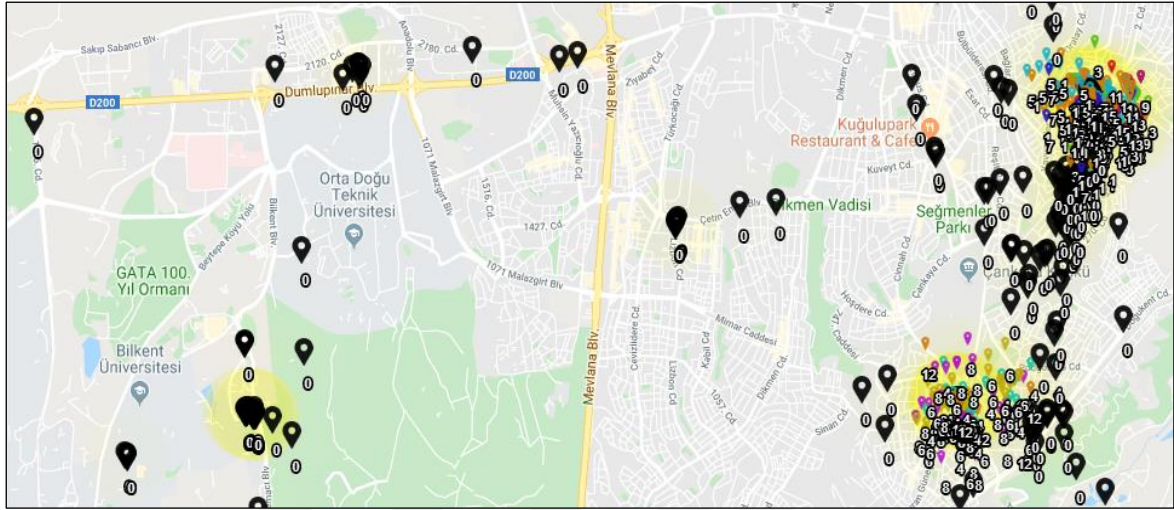
  var c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1 - a));
  var d = R * c * 1000;

  return d.toPrecision(precision);
}
```

Şekil 5.2. Haversine formülünün yapılan çalışma kapsamında kod görünümü

Bu çalışma ile enlem, boylam ve haftalık dakika bilgisi içeren veri paketleri yapılacak işlemlere hazır hale gelmiştir.

Çalışma kapsamında, ST-DBSCAN algoritması hazırlanmış veriler üzerine uygulanmıştır. Veriler uygulanır iken ST-DBSCAN algoritmasının girdileri olan Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints parametrelerinin seçimine dikkat edilmiştir. ST-DBSCAN algoritmasının uygulanması ile veriler üzerinden elde edilen konum kümeleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, algoritmanın kümeleri ve gürültüleri düzgün şekilde tespit ettiği anlaşılmıştır.



Harita 5.1. ST-DBSCAN algoritmasının sonuçlarının harita üzerinde gösterimi

Daha sonra 2 haftalık kombinasyonlar şeklinde oluşturulan konum verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritması uygulanmış olup, takip edilen nesnenin konum davranışlarını düzgün şekilde ortaya koyan algoritma girdi parametreleri toplanmıştır. 2 haftalık veriler üzerinden elde edilen rutinelere göz atıldığında, takip cihazı taşıyan kişiye ait evde zaman geçirme rutinleri ile işte zaman geçirme rutinleri tam olarak tespit edilebilmiştir. ST-DBSCAN algoritmasının girdi parametrelerinden birisi olan, iki nokta arasındaki zaman farkı, genel olarak takip cihazının veri gönderme sıklığının 2 ile 4 katı şeklinde seyretmiştir. Tespit edilen rutin saatlerinde bu girdi parametresi kadar fark olabileceği görülmüştür.

Bu parametrelerin belirlenmesi sırasında oluşan konum davranışı kümeleri, takip cihazı taşıyan kişi tarafından onayı alınarak etiketlenmiştir. Toplanan 4 haftalık verinin 2 haftalık kombinasyonları şeklinde 6 farklı bilgi elde edilmiştir. Bu verilerin 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 60 dakika aralıklarla veriler gönderen versiyonları da göz önüne alındığında, 42 farklı tür ST-DBSCAN algoritması girdisi etiketlenmiştir.

Çizelge 5.4. 5 dakika aralıklarla toplanmış hafta verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritmasının tespit ettiği rutinler

| Hafta Verisi   | Küme | Enlem  | Boylam | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                         |
|----------------|------|--------|--------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. Hafta | 1    | 39,908 | 32,883 | Pazar 21:43      | Pazartesi 07:54 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. Hafta | 2    | 39,903 | 32,884 | Pazar 00:02      | Pazar 19:41     | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 2. Hafta | 3    | 39,908 | 32,882 | Cumartesi 21:19  | Cumartesi 23:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. Hafta | 4    | 39,907 | 32,883 | Cuma 18:03       | Cumartesi 08:43 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. Hafta | 5    | 39,876 | 32,865 | Cuma 08:00       | Cuma 17:49      | Ali Haydar Feroğlu Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. Hafta | 6    | 39,906 | 32,885 | Perşembe 18:01   | Cuma 07:54      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 2. Hafta | 7    | 39,876 | 32,864 | Perşembe 08:13   | Perşembe 17:47  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 2. Hafta | 8    | 39,907 | 32,883 | Çarşamba 18:00   | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. Hafta | 9    | 39,879 | 32,865 | Çarşamba 08:11   | Çarşamba 17:52  | Ziaur Rahman Cd. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye           |
| 1. ve 2. Hafta | 10   | 39,876 | 32,864 | Salı 15:21       | Salı 18:06      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. Hafta | 11   | 39,876 | 32,863 | Salı 08:02       | Salı 15:14      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 2. Hafta | 12   | 39,876 | 32,864 | Pazartesi 07:59  | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. Hafta | 1    | 39,908 | 32,883 | Pazar 21:39      | Pazartesi 07:56 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. Hafta | 2    | 39,908 | 32,882 | Pazar 00:02      | Pazar 15:12     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |

Çizelge 5.4. (devam) 5 dakika aralıklarla toplanmış hafta verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritmasının tespit ettiği rutinler

|                |    |        |        |                 |                 |                                                         |
|----------------|----|--------|--------|-----------------|-----------------|---------------------------------------------------------|
| 1. ve 4. Hafta | 3  | 39,908 | 32,883 | Cumartesi 21:19 | Cumartesi 23:59 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. Hafta | 4  | 39,906 | 32,881 | Cuma 18:58      | Cumartesi 08:22 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. Hafta | 5  | 39,880 | 32,862 | Cuma 08:00      | Cuma 17:57      | Simon Bolivar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. Hafta | 6  | 39,905 | 32,884 | Perşembe 18:01  | Cuma 07:54      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 4. Hafta | 7  | 39,876 | 32,864 | Perşembe 08:13  | Perşembe 17:48  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 4. Hafta | 8  | 39,908 | 32,882 | Çarşamba 19:51  | Perşembe 08:12  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. Hafta | 9  | 39,879 | 32,860 | Çarşamba 08:06  | Çarşamba 17:52  | 727. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 4. Hafta | 10 | 39,908 | 32,883 | Salı 18:03      | Çarşamba 07:53  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. Hafta | 11 | 39,876 | 32,864 | Salı 08:09      | Salı 17:50      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 4. Hafta | 12 | 39,908 | 32,882 | Pazartesi 18:02 | Salı 07:58      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. Hafta | 13 | 39,876 | 32,864 | Pazartesi 07:59 | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. Hafta | 1  | 39,908 | 32,882 | Pazar 21:36     | Pazartesi 07:51 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. Hafta | 2  | 39,908 | 32,882 | Pazar 16:09     | Pazar 19:44     | 215. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. Hafta | 3  | 39,873 | 32,866 | Cuma 08:00      | Cuma 17:55      | 510. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. Hafta | 4  | 39,908 | 32,883 | Perşembe 22:08  | Cuma 07:53      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. Hafta | 5  | 39,908 | 32,883 | Çarşamba 17:55  | Perşembe 07:52  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. Hafta | 6  | 39,875 | 32,864 | Çarşamba 08:04  | Çarşamba 17:36  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. Hafta | 7  | 39,876 | 32,864 | Salı 08:09      | Salı 18:10      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |

Çizelge 5.4. (devam) 5 dakika aralıklarla toplanmış hafta verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritmasının tespit ettiği rutinler

|                |    |        |        |                 |                 |                                                            |
|----------------|----|--------|--------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 3. Hafta | 8  | 39,905 | 32,880 | Pazartesi 18:02 | Salı 08:01      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. Hafta | 9  | 39,876 | 32,863 | Pazartesi 08:09 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 3. Hafta | 1  | 39,908 | 32,882 | Pazar 16:25     | Pazartesi 07:54 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. Hafta | 2  | 39,873 | 32,866 | Cuma 08:01      | Cuma 17:55      | 510. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. Hafta | 3  | 39,908 | 32,883 | Perşembe 22:09  | Cuma 07:54      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. Hafta | 4  | 39,908 | 32,883 | Çarşamba 17:42  | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. Hafta | 5  | 39,875 | 32,864 | Salı 18:34      | Çarşamba 17:46  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. Hafta | 6  | 39,876 | 32,864 | Salı 07:55      | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. Hafta | 7  | 39,876 | 32,863 | Pazartesi 08:07 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 4. Hafta | 1  | 39,907 | 32,883 | Pazar 20:01     | Pazartesi 07:56 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. Hafta | 2  | 39,908 | 32,883 | Pazar 00:03     | Pazar 15:04     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. Hafta | 3  | 39,907 | 32,883 | Cumartesi 21:47 | Cumartesi 23:59 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. Hafta | 4  | 39,908 | 32,883 | Cuma 18:41      | Cumartesi 08:50 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. Hafta | 5  | 39,875 | 32,864 | Cuma 08:01      | Cuma 17:43      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. Hafta | 6  | 39,907 | 32,884 | Perşembe 18:01  | Cuma 07:54      | 208. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. Hafta | 7  | 39,876 | 32,864 | Perşembe 08:20  | Perşembe 17:48  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. Hafta | 8  | 39,903 | 32,884 | Çarşamba 19:48  | Perşembe 08:12  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. Hafta | 9  | 39,876 | 32,864 | Çarşamba 07:50  | Çarşamba 17:46  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. Hafta | 10 | 39,876 | 32,864 | Salı 07:55      | Salı 18:06      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |

Çizelge 5.4. (devam) 5 dakika aralıklarla toplanmış hafta verileri üzerinde ST-DBSCAN algoritmasının tespit ettiği rutinler

|                |    |        |        |                 |                 |                                                      |
|----------------|----|--------|--------|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------|
| 2. ve 4. Hafta | 11 | 39,876 | 32,864 | Pazartesi 08:00 | Pazartesi 17:39 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 3. ve 4. Hafta | 1  | 39,908 | 32,882 | Pazar 19:57     | Pazartesi 07:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 3. ve 4. Hafta | 2  | 39,873 | 32,866 | Cuma 08:01      | Cuma 17:57      | 510. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 3. ve 4. Hafta | 3  | 39,908 | 32,883 | Perşembe 22:07  | Cuma 07:54      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 3. ve 4. Hafta | 4  | 39,908 | 32,883 | Çarşamba 20:01  | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. Hafta | 5  | 39,875 | 32,864 | Çarşamba 07:50  | Çarşamba 17:45  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 3. ve 4. Hafta | 6  | 39,876 | 32,864 | Salı 08:10      | Salı 18:10      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 3. ve 4. Hafta | 7  | 39,905 | 32,880 | Pazartesi 18:04 | Salı 08:01      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 3. ve 4. Hafta | 8  | 39,876 | 32,863 | Pazartesi 08:03 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye |

Çizelge üzerinde görüldüğü üzere ST-DBSCAN algoritması başarılı şekilde takip edilen nesneye ait rutinleri tespit edebilmiştir (Bkz. Çizelge 5.4). Çizelge üzerindeki veri elde edilir iken girdi olarak Epsilon1 parametresi 800, Epsilon2 parametresi 20 ve MinPoints parametresi 8 olarak verilmiştir (Bkz. Çizelge 5.4). Çıktı olarak nesnenin konum ve zaman açısından rutinleri elde edilmiştir. Gösterilen örnek gibi veri gönderme sıklığı (5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 dakika) ve hafta kombinasyonlarından oluşan 42 farklı veri kümeleri teker teker Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints girdi parametreleri ile etiketlenmiştir.

Çizelge 5.5. 1. hafta- 4. hafta verileri üzerinde etiketlenen ST-DBSCAN girdi parametreleri

| Veri Gönderme Sıklığı | Veri Paketi Sayısı | Epsilon1 | Epsilon2 | MinPoints |
|-----------------------|--------------------|----------|----------|-----------|
| 5                     | 2811               | 800      | 20       | 8         |
| 10                    | 1458               | 800      | 35       | 8         |
| 15                    | 988                | 1500     | 50       | 7         |
| 20                    | 830                | 2000     | 60       | 7         |
| 25                    | 700                | 1000     | 65       | 7         |
| 30                    | 605                | 800      | 75       | 6         |
| 60                    | 317                | 800      | 140      | 5         |

Çizelge üzerinde görüleceği üzere ST-DBSCAN algoritmasının girdi parametreleri olan veri gönderme sıklığı ve veri paketi sayısına göre çıktı parametreleri üzerinde bir ilişki oluşmuştur (Çizelge 5.5). Girdi parametreleri ile çıktı parametreleri arasındaki ilişki, her bir çıktı parametresi için farklıdır. Bu yüzden Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints parametreleri için farklı modeller geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Tez kapsamında bu eğilimlerin doğrusal regresyon ve yapay sinir ağları ile tespit edileceği vurgulanmıştır.

Çizelge 5.6. Eğitim verileri üzerinde standart sapma ve aritmetik ortalama değerleri

|                    | Veri Gönderme Sıklığı | Veri Paketi Sayısı |
|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Aritmetik Ortalama | 1098,537              | 23,571             |
| Standart Sapma     | 761,864               | 16,842             |

Tez kapsamında veri gönderme sıklığı ve veri paketi sayısı girdi parametrelerine normalleştirme yöntemi uygulanmıştır. Normalleştirme yöntemi kapsamında, aritmetik ortalama değer (mean value) ve standart sapması (standart deviation) belirlenen girdi parametrelerinin standart skoru bulunmuş ve diğer adımlar bu değerler üzerinden gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.6). Bu kapsamda yapılan çalışmada aritmetik ortalama değeri

bulunur iken  $\mu = \frac{\sum_0^i x_i}{n}$  eşitliği, standart sapma için  $\sigma = \sqrt{\sum_0^i (x_i - \mu)^2 / n}$  eşitliği ve z-skor hesaplaması için  $x' = \frac{(x_i - \mu)}{\sigma}$  eşitliği kullanılmıştır.

Her bir çıktı parametresi için doğrusal regresyon ve ileri beslemeli yapay sinir ağlarından olan çok katmanlı algılayıcılar (MLP) karşılaştırılarak incelenmiş ve en uygun model seçimi için karşılaştırılmıştır. Çok katmanlı algılayıcılar olarak 1 ve 2 gizli katmana sahip ve her bir katmanında 50 sinir hücresi bulunan bir sinir ağı seçilmiştir. Hem doğrusal regresyon hem de çok katmanlı algılayıcılar kullanılır iken tahmin performans ölçütü olarak ortalama karesel hata (MSE) seçilmiştir. Çok katmanlı algılayıcı ağı içerisinde aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu seçilmiştir. Optimizasyon yöntemi olarak stokastik gradyan iniş (SDG) kullanılmıştır. Çıktı parametrelerine ilişkin modeller oluşturulur iken, uygun dönem (epoch) ve öğrenme hızı (learning rate) sayılarının bulunabilmesi için öncelikle, dönem olarak 2000 olarak belirlenmiştir. Böylece uygun dönem sayısı ve öğrenme hızı bu eğitim verileri incelenerek elde edilmiştir. Eğitim işlemi sırasında öğrenme veri kümesi, test veri kümesi ve geçerleme veri kümelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Test veri kümesi olarak 1.hafta ve 4.hafta veri kombinasyonu ile 1. hafta ve 3. hafta veri kombinasyonu seçilmiştir. Toplamda 14 farklı etiketlenmiş veriyi içermektedir. Eğitim kümesi olarak diğer ikili hafta kombinasyonları seçilmiştir. Eğitim kümesinin büyüklüğü ise 28 farklı etiketlenmiş veriden oluşmaktadır. Ek olarak, öğrenme işlemi sırasında eğitim kümesi 80-20 oranında olacak şekilde öğrenme ve geçerleme verisi olarak kullanılmıştır.

Epsilon1 çıktı parametresi için farklı öğrenme hızlarında, 2000 dönem (epoch) olacak şekilde doğrusal regresyon ve çok katmanlı algılayıcı modelleri eğitime tabi tutulmuştur. Her bir eğitim işlemi çıktıları ile birlikte listelenmiştir.

Çizelge 5.7. Epsilon 1 parametresi için 2000 dönem ve farklı öğrenme hızlarında modellerin sonuçları

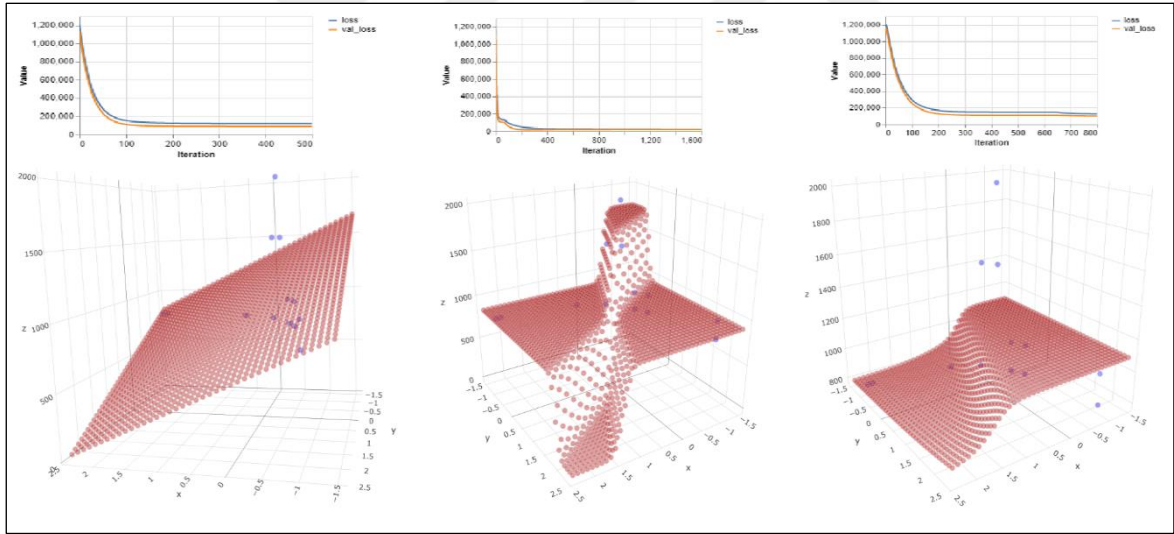
| Epsilon1           |       |              |                               |                            |                                 |
|--------------------|-------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Model              | Dönem | Öğrenme Hızı | Ortalama Karesel Hata Öğrenme | Ortalama Karesel Hata Test | Ortalama Karesel Hata Geçerleme |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,01         | 120689,718                    | 143814,34                  | 87519,234                       |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,001        | 125153,710                    | 160592,890                 | 91029,031                       |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,0001       | 625451,875                    | 764018,687                 | 586725,625                      |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,01         | 111643,992                    | 132687,281                 | 84659,296                       |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,001        | 22599,337                     | 18572,791                  | 24141,367                       |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,0001       | 49646,355                     | 52899,167                  | 19508,382                       |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,01         | 137500,031                    | 180238,109                 | 111388,906                      |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,001        | 124365,593                    | 160012,359                 | 101006,593                      |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,0001       | 124425,734                    | 160280,453                 | 101052,671                      |

Eğitimden çıktı olarak elde edilen ortalama karesel hata grafikleri incelenmiştir. İnceleme sırasında elde edilen ortalama karesel hata geçerleme rakamının mümkün olduğunca ortalama karesel hata öğrenme rakamına yakın olmasına dikkat edilmiştir. Uygun değerler seçilir iken ortalama karesel hata geçerleme rakamının, ortalama karesel hata öğrenme rakamını geçtiği nokta olan dönem değerleri alınmıştır. Herhangi bir şekilde ortalama karesel hata geçerleme rakamının diğer rakamı geçmediği ve belli bir dönem sayısından sonra rakamların birbirine yaklaşmalarının yavaşladığı noktalar ise uygun dönem sayısı olarak kabul edilmiştir. Eğer modeli etkileyecek kadar bir değişim gözlemlenmiyor ise eğitim işleminin devam edilmesine gerek yoktur.

Çizelge 5.8. Epsilon1 parametresine ilişkin uygun değerler

| Epsilon1 – En Uygun Değerler |       |              |                               |                            |                                 |
|------------------------------|-------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Model                        | Dönem | Öğrenme Hızı | Ortalama Karesel Hata Öğrenme | Ortalama Karesel Hata Test | Ortalama Karesel Hata Geçerleme |
| Doğrusal Regresyon           | 500   | 0,01         | 120852,9375                   | 146024,953125              | 87930,3671875                   |
| 1 Gizli Katman               | 1600  | 0,001        | 23497,578125                  | 19417,99804687             | 23674,9140625                   |
| 2 Gizli Katman               | 800   | 0,0001       | 128729,89843                  | 171832,953125              | 101036,1875                     |

Epsilon1 parametresi için en uygun değerlere bakıldığında 1 gizli katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modelinin hem ortalama karesel hata öğrenme ile ortalama karesel hata geçerleme arasındaki fark hem de ortalama karesel hata test sayısı bakımından diğer modellerden daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.



Şekil 5.3. Epsilon1 için ortalama karesel hata grafiği ve oluşan düzlemler

Epsilon1 parametresi için elde edilen öğrenme modelleri 3 boyutlu düzlem üzerinde incelenmiştir. Şekilde görüleceği üzere en solda yer alan düzlem bilgisi doğrusal regresyon modeline aittir. Şekilde yer alan mavi noktalar ise eğitim verisinde kullanılan etiketlenmiş verilerdir (Şekil 5.3). Doğrusal regresyon, düzleminin çoğu noktasına temas dahi edemediği ve elde edilen ortalama karesel hata test rakamının da göz önüne alındığından doğrusal olmayan bir çözüm gerektirdiği göze çarpmaktadır. En sağda yer alan şekil ise 2 gizli katmanlı çok katmanlı algılayıcı modeline aittir. Elde edilen düzlem doğrusal olmayan bir

özüm olsa da ortalama karesel hata öğrenme – ortalama karesel hata geçerleme arasındaki farkın istenilen dönem sayısında kapanmadığı ve öğrenme işleminin eksik tamamlandığı gözlemlenmiştir. Şekilde ortada yer alan kısım 1 gizli katmanlı çok katmanlı algılayıcı modeline aittir (Bkz. Şekil 5.3). Elde edilen düzlem büyük oranda öğrenme verilerine yakın ve aynı zamanda ortalama karesel hata öğrenme – ortalama karesel hata geçerleme arasındaki fark diğerk modellere göre çok daha düşüktür. Bu şartlar altında Epsilon1 parametresinin tahmini için 1 gizli katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modeli kullanılabilir.



Çizelge 5.9. Etiketli Epsilon1 parametresi ile modellerden elde edilen sonuçların karşılaştırması

| Kullanılan Veriler   | Etiketli Veriler | Doğrusal Regresyon | 1 gizli katman sahip MLP | 2 gizli katmana sahip MLP |
|----------------------|------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1. hafta ve 2. hafta | 800              | 772,5591           | 844,192                  | 1145,055                  |
| 1. hafta ve 2. hafta | 800              | 1111,371           | 844,2004                 | 1145,055                  |
| 1. hafta ve 2. hafta | 1500             | 1190,447           | 1306,973                 | 1145,055                  |
| 1. hafta ve 2. hafta | 2000             | 1162,014           | 1719,246                 | 1145,039                  |
| 1. hafta ve 2. hafta | 1000             | 1144,301           | 922,6851                 | 877,1174                  |
| 1. hafta ve 2. hafta | 1000             | 1116,787           | 900,4034                 | 865,6136                  |
| 1. hafta ve 2. hafta | 1000             | 820,3032           | 900,381                  | 864,1718                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 800              | 776,5409           | 844,192                  | 1145,055                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 800              | 1114,434           | 844,202                  | 1145,055                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 1500             | 1190,14            | 1302,19                  | 1145,055                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 2000             | 1162,626           | 1719,024                 | 1145,039                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 800              | 1145,833           | 921,0595                 | 876,3371                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 800              | 1118,012           | 900,402                  | 865,5789                  |
| 2. hafta ve 3. hafta | 800              | 820,3032           | 900,381                  | 864,1718                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 800              | 748,3619           | 844,192                  | 1145,055                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 800              | 1105,858           | 844,1982                 | 1145,055                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 800              | 1184,321           | 1212,118                 | 1145,055                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 1500             | 1170,59            | 1714,382                 | 1145,033                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 800              | 1148,896           | 918,1488                 | 875,0032                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 800              | 1114,337           | 900,4061                 | 865,6836                  |
| 2. hafta ve 4. hafta | 800              | 820,6095           | 900,381                  | 864,1717                  |
| 3. hafta ve 4. hafta | 800              | 760,9199           | 844,192                  | 1145,055                  |
| 3. hafta ve 4. hafta | 800              | 1110,758           | 844,2001                 | 1145,055                  |
| 3. hafta ve 4. hafta | 1500             | 1187,69            | 1263,931                 | 1145,055                  |
| 3. hafta ve 4. hafta | 1500             | 1173,347           | 1711,956                 | 1145,029                  |
| 3. hafta ve 4. hafta | 800              | 1151,346           | 916,1133                 | 874,1191                  |
| 3. hafta ve 4. hafta | 800              | 1117,093           | 900,403                  | 865,605                   |
| 3. hafta ve 4. hafta | 800              | 820,6095           | 900,381                  | 864,1717                  |

Epsilon2 çıktı parametresi de Epsilon1 parametresinde kullanılan farklı öğrenme hızlarında 2000 dönem olacak şekilde eğitime tabi tutulmuştur. Her bir işlem için eğitim çıktıları listelenmiştir.

Çizelge 5.10. Epsilon 2 parametresi için 2000 dönem ve farklı öğrenme hızlarında modellerin sonuçları

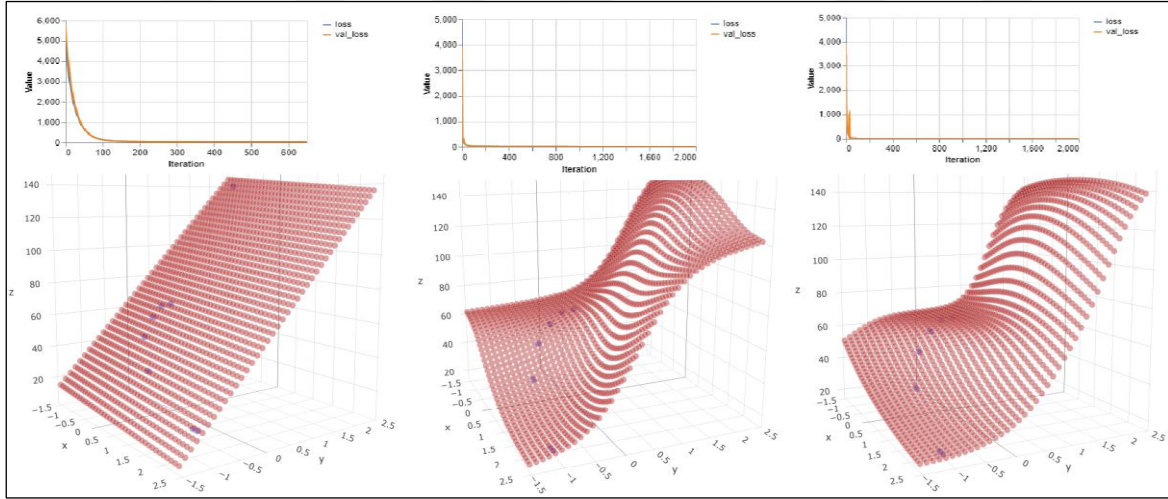
| Epsilon2           |       |              |                               |                            |                                 |
|--------------------|-------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Model              | Dönem | Öğrenme Hızı | Ortalama Karesel Hata Öğrenme | Ortalama Karesel Hata Test | Ortalama Karesel Hata Geçerleme |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,01         | 24,5309                       | 16,8554                    | 29,7313                         |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,001        | 40,1407                       | 31,8955                    | 44,4264                         |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,0001       | 2158,7526                     | 2286,1645                  | 2494,3520                       |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,01         | 2,1966                        | 6,0999                     | 2,2535                          |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,001        | 13,3279                       | 9,9342                     | 15,7525                         |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,0001       | 153,5653                      | 143,7384                   | 188,4122                        |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,01         | 0,1688                        | 6,3210                     | 0,1721                          |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,001        | 2,5615                        | 5,6403                     | 2,6898                          |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,0001       | 142,7105                      | 132,5822                   | 173,0727                        |

Eğitim işlemleri sonrasında ortalama karesel hata grafikleri ve elde edilen rakamlar incelenmiştir. Ortalama karesel hata grafiği üzerinde eğitim rakamlarının yavaşladığı ya da ortalama karesel hata öğrenme değeri ile ortalama karesel hata geçerleme değerlerinin birbirine yaklaştığı noktalardaki dönem değerleri uygun kabul edilmiştir.

Çizelge 5.11. Epsilon2 parametresine ilişkin uygun değerler

| Epsilon2 – En Uygun Değerler |       |              |                               |                            |                                 |
|------------------------------|-------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Model                        | Dönem | Öğrenme Hızı | Ortalama Karesel Hata Öğrenme | Ortalama Karesel Hata Test | Ortalama Karesel Hata Geçerleme |
| Doğrusal Regresyon           | 650   | 0,01         | 24,6302                       | 16,8076                    | 29,9718                         |
| 1 Gizli Katman               | 2000  | 0,01         | 2,1966                        | 6,0999                     | 2,2535                          |
| 2 Gizli Katman               | 2000  | 0,01         | 0,1688                        | 6,3210                     | 0,1721                          |

Epsilon2 çıktı parametresi için doğrusal regresyon değerlerinin diğer değerlere göre yukarıda kaldığı gözlemlenmiştir. 1 gizli katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modelinde ortalama karesel hata test değerinin en düşük değerde olmasına karşın ortalama karesel hata öğrenme ile ortalama karesel hata geçerleme değerleri, 2 katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modelinden daha kötü değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. 2 katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modeli ise en iyi ortalama karesel hata öğrenme değeri ile kare hata geçerleme değerine sahiptir.



Şekil 5.4. Epsilon2 için ortalama karesel hata grafiği ve oluşan düzlemler

Epsilon 2 değeri için en solda doğrusal regresyon modeli, ortada 1 gizli katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modeli ve en sağda ise 2 gizli katman sahip çok katmanlı algılayıcı modeline ait ortalama karesel hata grafiği ve 3 boyutlu ortamda elde edilen düzlem kesitleri şekilde üzerinde gösterilmiştir (Şekil 5.4). Doğrusal regresyon modeli hariç diğer modeller birbirine çok yakın görünmektedir. Bu kapsamda Epsilon2 parametresi için 2 katmana sahip

çok katmanlı algılayıcı modeli en uygun seçenek olarak seçilmiştir.

Çizelge 5.12. Etiketli Epsilon2 parametresi ile modellerden elde edilen sonuçların karşılaştırması

| Kullanılan Veriler   | Etiketli Veriler | Doğrusal Regresyon | 1 gizli katman sahip MLP | 2 gizli katmana sahip MLP |
|----------------------|------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1. hafta ve 2. hafta | 20               | 20,934             | 22,019                   | 19,701                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 35               | 34,185             | 34,926                   | 37,101                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 50               | 45,316             | 45,915                   | 50,286                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 60               | 55,571             | 54,557                   | 56,241                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 65               | 65,913             | 64,662                   | 62,760                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 65               | 76,175             | 75,547                   | 69,568                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 140              | 136,675            | 135,958                  | 139,094                   |
| 2. hafta ve 3. hafta | 20               | 20,967             | 22,041                   | 19,759                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 35               | 34,210             | 35,023                   | 37,304                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 50               | 45,314             | 45,905                   | 50,267                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 60               | 55,576             | 54,574                   | 56,272                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 65               | 65,925             | 64,697                   | 62,818                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 65               | 76,185             | 75,567                   | 69,605                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 140              | 136,675            | 135,958                  | 139,094                   |
| 2. hafta ve 4. hafta | 20               | 20,737             | 21,904                   | 19,365                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 35               | 34,140             | 34,753                   | 36,739                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 50               | 45,266             | 45,718                   | 49,912                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 60               | 55,641             | 54,799                   | 56,667                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 65               | 65,950             | 64,767                   | 62,934                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 65               | 76,155             | 75,507                   | 69,494                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 140              | 136,677            | 135,961                  | 139,096                   |
| 3. hafta ve 4. hafta | 20               | 20,839             | 21,959                   | 19,535                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 35               | 34,180             | 34,907                   | 37,061                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 50               | 45,294             | 45,826                   | 50,118                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 60               | 55,663             | 54,877                   | 56,801                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 65               | 65,970             | 64,822                   | 63,026                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 65               | 76,177             | 75,552                   | 69,577                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 140              | 136,677            | 135,961                  | 139,096                   |

MinPoints parametresinde de diğer parametrelerde olduğu gibi farklı öğrenme hızlarında ve 2000 dönem olacak şekilde eğitilmiştir. Eğitim verileri çıktıları listelenmiştir.

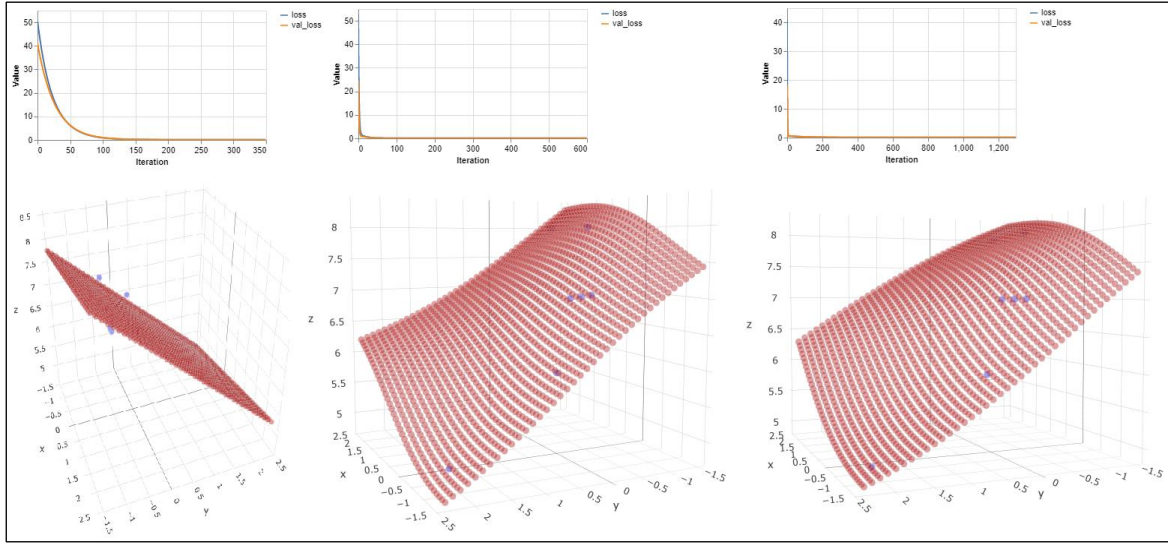
Çizelge 5.13. MinPoints parametresi için 2000 dönem ve farklı öğrenme hızlarında modellerin sonuçları

| MinPoints          |       |              |                               |                            |                                 |
|--------------------|-------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Model              | Dönem | Öğrenme Hızı | Ortalama Karesel Hata Öğrenme | Ortalama Karesel Hata Test | Ortalama Karesel Hata Geçerleme |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,01         | 0,0726                        | 0,0756                     | 0,0873                          |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,001        | 0,0888                        | 0,0932                     | 0,1092                          |
| Doğrusal Regresyon | 2000  | 0,0001       | 625315                        | 763753,125                 | 586397,5                        |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,01         | 0,0553                        | 0,0578                     | 0,0677                          |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,001        | 0,0754                        | 0,0767                     | 0,0826                          |
| 1 Gizli Katman     | 2000  | 0,0001       | 49155,6367                    | 52632,2031                 | 19473,8339                      |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,01         | 0,0548                        | 0,0571                     | 0,0667                          |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,001        | 0,1318                        | 0,1387                     | 0,1631                          |
| 2 Gizli Katman     | 2000  | 0,0001       | 124434,0390                   | 160339,9062                | 101014,5625                     |

MinPoints parametresinin eğitim verileri diğer parametrelerden farklı olarak tüm modeller için geçerli ortak en iyi öğrenme hızı olan 0,01 olarak gözlenmiştir. Elde edilen en uygun değerler incelendiğinde, ortalama karesel hata öğrenme ve ortalama karesel hata geçerleme arasındaki fark ile ortalama karesel hata test değerleri bakımından elde edilen rakamlar birbirine çok yakındır. MinPoints parametresi için değerler çok fark etmese de 1 gizli katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modeli en uygun model olarak seçilmiştir.

Çizelge 5.14. MinPoints parametresine ilişkin uygun değerler

| MinPoints – En Uygun Değerler |       |              |                               |                            |                                 |
|-------------------------------|-------|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Model                         | Dönem | Öğrenme Hızı | Ortalama Karesel Hata Öğrenme | Ortalama Karesel Hata Test | Ortalama Karesel Hata Geçerleme |
| Doğrusal Regresyon            | 350   | 0,01         | 0,0779                        | 0,0800                     | 0,0895                          |
| 1 Gizli Katman                | 600   | 0,01         | 0,0531                        | 0,0554                     | 0,0648                          |
| 2 Gizli Katman                | 1300  | 0,01         | 0,0554                        | 0,0577                     | 0,0672                          |



Şekil 5.5. MinPoints için ortalama karesel hata grafiği ve oluşan düzlemler

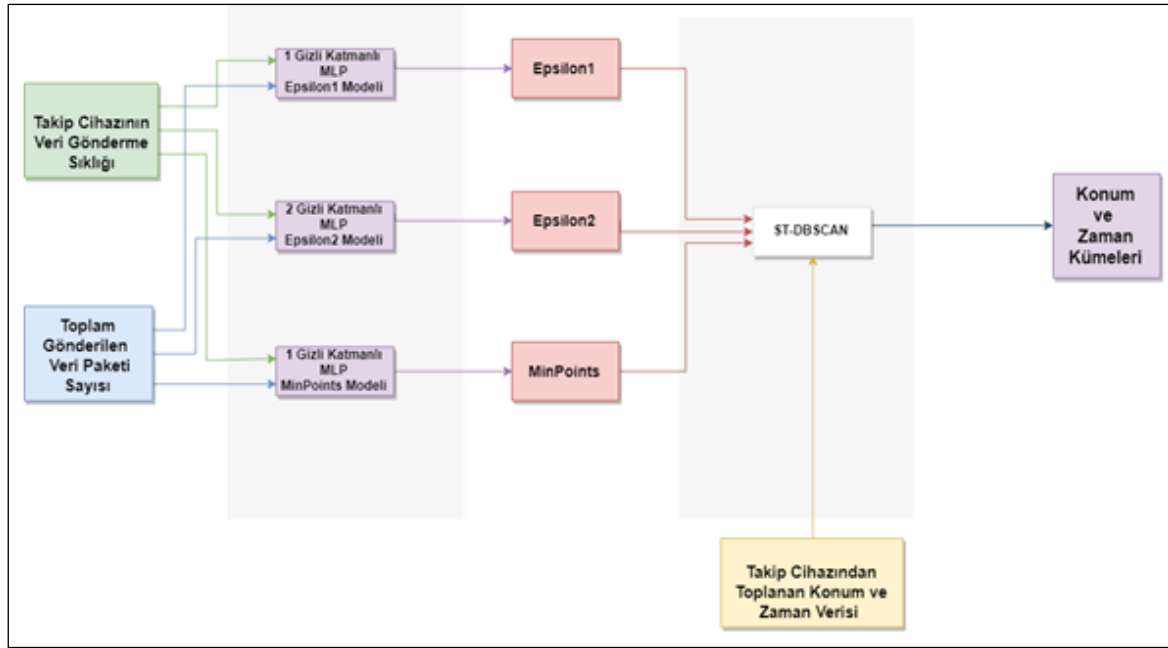
MinPoints parametresi için şekilde en solda doğrusal regresyon, ortada 1 katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modeli ve en sağda 2 katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modeli ortalama karesel hata grafiği ve 3 boyutlu düzlem üzerinde elde edilen düzelmelerden bir kesit gösterilmiştir (Şekil 5.5). Doğrusal olmayan çözümlerden 1 katmana sahip çok katmanlı algılayıcı modelinin daha kapsayıcı olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.15. Etiketli MinPoints parametresi ile modellerden elde edilen sonuçların karşılaştırması

| Kullanılan Veriler   | Etiketli Veriler | Doğrusal Regresyon | 1 gizli katman sahip MLP | 2 gizli katmana sahip MLP |
|----------------------|------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1. hafta ve 2. hafta | 8                | 8,0828             | 8,1113                   | 7,5275                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 8                | 7,5906             | 7,6884                   | 7,2677                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 7                | 7,2559             | 7,2306                   | 7,0402                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 7                | 6,9864             | 6,9181                   | 6,9019                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 7                | 6,7105             | 6,5846                   | 6,7526                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 6                | 6,4405             | 6,2813                   | 6,6174                    |
| 1. hafta ve 2. hafta | 5                | 4,9002             | 5,1733                   | 6,1033                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 8                | 8,0804             | 8,1113                   | 7,5269                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 8                | 7,5887             | 7,6843                   | 7,2652                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 7                | 7,2561             | 7,2312                   | 7,0405                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 7                | 6,9861             | 6,9170                   | 6,9013                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 7                | 6,7096             | 6,5821                   | 6,7513                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 6                | 6,4398             | 6,2797                   | 6,6164                    |
| 2. hafta ve 3. hafta | 5                | 4,9002             | 5,1733                   | 6,1033                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 8                | 8,0975             | 8,1106                   | 7,5306                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 8                | 7,5939             | 7,6958                   | 7,2721                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 7                | 7,2596             | 7,2415                   | 7,0461                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 7                | 6,9812             | 6,9031                   | 6,8937                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 7                | 6,7077             | 6,5772                   | 6,7486                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 6                | 6,4420             | 6,2847                   | 6,6194                    |
| 2. hafta ve 4. hafta | 5                | 4,9000             | 5,1731                   | 6,1032                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 8                | 8,0899             | 8,1111                   | 7,5290                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 8                | 7,5909             | 7,6893                   | 7,2682                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 7                | 7,2576             | 7,2355                   | 7,0429                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 7                | 6,9796             | 6,8983                   | 6,8911                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 7                | 6,7062             | 6,5733                   | 6,7464                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 6                | 6,4403             | 6,2809                   | 6,6172                    |
| 3. hafta ve 4. hafta | 5                | 4,9000             | 5,1731                   | 6,1032                    |

Tez kapsamında, ST-DBSCAN girdi parametrelerini tahmin edecek modeller de seçildikten sonra sistemi oluşturan tüm parçalar oluşmuştur. Konum rutinlerini bulması beklenen modelin, sistem dışından alması gereken girdiler takip cihazının veri gönderme sıklığı, toplam gönderilen veri paketi sayısı ve takip cihazından alınan konum ve zaman verileridir. Takip cihazının veri gönderme sıklığı ve toplam gönderilen veri paketi sayısı ST-DBSCAN algoritmasının girdisi olan Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints parametrelerini tahmin için kullanılmaktadır. Takip cihazından alınan konum ve zaman verileri ise ST-DBSCAN

algoritmasının diğ er bir girdisidir.



Şekil 5.6. Uygulanan yöntemlerin genel görünümü

Şekil üzerinde gösterilen bir dizi yöntem uygulanarak, çoğ u takip cihazında ortak olan veriler kullanılarak, 2 haftalık eğitim verisi ile takip edilen nesneye ait rutinlerin elde edilebileceğ i gör lmektedir (Şekil 5.6). Burada elde edilen rutin bilgileri içerisinde kalan bütün konum ve zaman verileri takip edilen nesneye ait normal veriler olarak gösterilebilir. Bu rutin verilerin desenine uymayan bir veri ile karşılaşıldığında, bu veri anormal bir davranış ya da anormallik olarak işaretlenebilir. Normal konum davranışları bilinen takip nesnesinin, anlık olarak gelen konum verileri bu konum-zaman ör nt leri ile karşılaştırılabilir ve normal davranışlar dışında kalan kısımlar var ise anormallik tespiti yapılabilir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile daha önce insanlık tarihinde üretmediğimiz kadar veriyi, farkında olalım ya da olmayalım, üretmekteyiz. Artan mobil cihaz kullanımı, nesnelerin interneti alanındaki gelişmeler ve internetin erişilebilirliğindeki artış ile veri tüketimimiz artmakta, bununla birlikte devasa miktarda veri üretmekteyiz. Ürettiğimiz verilerin büyük bir kısmını ise küresel konumlandırma sistemi modülleri aracılığı ile üretilen konum ve bu konumunda bulunduğumuz zamana ilişkin veri oluşturuyor. İster bir kişinin kullandığı cep telefonu, ister bir taksi üzerinde takılı olan takip cihazı, ister ise de gemilerde kullanılan otomatik tanımlama sistemi olsun, tüm bu teknolojilerden elde edilen verilerin ortak noktası ise enlem, boylam ve zamandan oluşan, dünya yüzeyindeki konumu ve bu konuma ait zamanı belirten uzamsal-zamansal veridir. Bu veri seti üzerinde, anlamlı çıkarımlar üretebilen birçok çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan en önemli yöntemlerden birisi de kümeleme yöntemleridir. Tez kapsamında birçok kümeleme algoritmaları incelenmiş olup, seçilen ST-DBSCAN algoritmasının uygulaması ile bu tür veriler üzerinde çalışma yapılarak literatüre bu yönde bir katkı sağlanmıştır. ST-DBSCAN algoritması ile konum ve zaman verilerine ilişkin rutinlerin tespit edilebileceği görülmüştür. Tez kapsamında konum verilerini toplamak üzere kullanılan takip cihazı gibi farklı veri gönderme sıklığına ayarlanabilen cihazlardan elde edilen verilerde, ST-DBSCAN algoritmasının kullanılabilmesi için girdi parametrelerini tahmin edebilecek bir model geliştirilebileceği görülmüştür. Daha önce Epsilon1, Epsilon2 ve MinPoints girdi parametrelerini belirlemek için daha faydalı sezgisel birtakım yöntemlerin kullanılabilmesine atıfta bulunulmuş olup, bu çalışma ile bunun gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir. Literatüre kümeleme algoritma girdi parametrelerinin tahmini konusunda, çok katmanlı algılayıcıların başarılı şekilde kullanılabilmesi ile ilgili katkı sağlanmıştır. Çok katmanlı algılayıcı uygulamalarının doğrusal olmayan verilerin üzerinde doğrusal regresyon uygulamasına göre daha verimli çalıştığı ve daha düzgün tahminlerde bulunduğu görülmüştür. Çok katmanlı algılayıcıların veriler üzerinde farklı öğrenme katsayıları ve farklı gizli katman sayısına göre durumları incelenmiş olup, farklı girdi parametreleri için farklı modellerin daha iyi çalışabileceği gözlenmiştir. Literatüre, farklı model ağ tasarımları ile daha verimli sonuçlar elde edilebileceği konusunda katkıda bulunulmuştur. Tez kapsamında, dışardan herhangi bir müdahaleye gerek kalmadan, takip edilen nesnenin özelliklerini ve yapay sinir ağları tarafından üretilen takip cihazının özelliklerine göre kümeleme algoritma girdileri kullanılarak, rutinleri ortaya çıkarabilecek bir yöntemler dizisi

oluşturulmuştur. Üzerinde çalışılan veri yapısı tüm takip cihazları için ortak olduğu için, bu tez kapsamında elde edilen yararlı yöntem aynı zamanda çok farklı alanlarda kullanılabilir. Tez kapsamında elde edilen bir sıra yöntem sonucunda, takip edilen nesnelere ait iki haftalık davranışlar, nesnenin sergilemesi beklenen normal davranışlar olarak nitelendirilmiştir. Böylece normal davranışı bilinen nesnenin, normal davranış desenine uymayan davranışları karşılaştırılarak anormallik tespiti yapılabilecek bir yöntem elde edilmiştir. Oluşturulan yöntem ile bazı kesimler için (çocuk, yaşlı, hasta vb.) erken uyarı sistemi olarak kullanılabilir. Sonuç olarak, bir sıra metot uygulanarak, zaman ve koordinat verisi olarak adlandırılan nesneye ait uzamsal-zamansal verilerden kümeleme algoritmaları yardımı ile benzer olanların gruplanabilmesi, bu kümeler ile öngöründe bulunabilmesi ya da normal olarak nitelendirilen kümeler dışında bir veri oluştuğunda anormallik olarak tanımlanabilmesi bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, ST-DBSCAN algoritmasının girdi parametrelerinin tahmini konusunda literatüre katkı sağlanmıştır. Kümeleme algoritmalarının tahminin yapay sinir ağları ile başarılı şekilde tahmin edilebileceği konusunda literatüre katkıda bulunulmuştur. Çok katmanlı algıyıcıların farklı öğrenme katsayısı ve gizli katman tasarımlara verdiği tepkilerin gözlenebilmesi adına literatüre katkı sağlanmıştır.

Literatürde yer alan diğer çalışmalar, sadece kümeleme algoritmalarını veriler üzerine uygulamıştır. Bu tez kapsamında yapılan çalışma ise kümeleme algortimalarının parametrelerinin tahminini de içermektedir. Çalışma kapsamında özgün veriler kullanılmıştır. Özgün ve saha verilerinin kullanılması bu çalışmayı diğer çalışmalara göre daha özgün kılmaktadır. Ek olarak, literatürde çok az yer alan bir algoritma olan ST-DBSCAN kümeleme algortiması tez çalışması kapsamında kullanılmıştır. Diğer çalışmalar ise sık kullanılan kümeleme algortimaları üzerine odaklanmaktadır. Yapay sinir ağları kısmında diğer çalışmalarda yer almayan farklı hiperparametreler ile sonuçların gözlenmesi de bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayırmaktadır.

Gelecek çalışmalar kapsamında, çalışma kapsamında kullanılan veriler kullanılarak derin öğrenme yaklaşımları kullanılarak konum kümeleri tahmin edilebilir. Çalışma sonucunda önerilen anormallik tespiti kısmı daha büyük veri kümelerine uygulanıp anlık olarak tespiti kontrol edilebilir. Bunun için tespit edilen kümelere ilişkin olarak kümelerin ne kadar dışındaki davranışların anormallik kapsamına gireceği konusunda bir öneri geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

1. Bilgin, T.T., ve Çamurcu, Y. (2005). *DBSCAN, OPTICS ve K-Means Kümeleme Algoritmalarının Uygulamalı Karşılaştırılması*. Politeknik Dergisi, 8 (2), 139-145.
2. Alpaydın, E. (2018). *Yapay Öğrenme* (çev. E. Alpaydın) (Dördüncü Baskı). Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi. (Eserin orijinali 2004’de yayınlandı). 1-3, 8, 9.
3. Birant, D., ve Kut, A. (2007). *ST-DBSCAN: An Algorithm for Clustering Spatial-temporal Data*. Data and Knowledge Engineering, 60, 208-221.
4. Duan, L., Xu, L., Guo, F., Lee, J., and Yan, Baopin. (2007). *A Local-density Based Spatial Clustering Algorithm with Noise*. Information Systems, 32 (7), 978-986.
5. Topuz, M.D. (2014). *Makine Öğrenmesi Algoritmaları ve Anomali Tespiti*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1.
6. Chandola, V., Banerjee, A., and Kumar, V. (2009). *Anomaly Detection: A survey*. ACM Computing Surveys, 41 (3), 15.
7. Kang, M. (2018). *Machine Learning: Anomaly Detection*. In M. G. Pecht and M. Kang (Eds.), *Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things*. John Wiley and Sons, NJ, 131-162.
8. Hong, Z., Chen, Y., and Mahmassani, H. (2017). *Recognizing Network Trip Patterns Using a Spatio-Temporal Vehicle Trajectory Clustering Algorithm*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2548 – 2557.
9. Yuan, J., Zheng, Y., Zhang, C., Xie, W., Xie, X., Sun, G., and Huang, Y. (2013). *T-Drive: Driving Directions Based on Taxi Trajectories*. Data and Knowledge Engineering, 87, 357-373.
10. Lee, J., and Whang K. (2007). *Trajectory Clustering: A Partition-and-Group Framework*. SIGMOD International Conference on Management of Data, 593-604.
11. Won, J., Kim, S., Baek, J., and Lee, J. (2009). *Trajectory Clustering in Road Network Environment*. IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining, 299-305.
12. Zhang, D., Lee, K., and Lee, I. (2018). *Mining Medical Periodic Patterns from Spatio-Temporal Trajectories*. Lecture Notes in Computer Science, 123–133.
13. Gong, S., Cartlidge, J., Bai, R., Yue, Y., Li, Q., and Qiu, G. (2019). *Extracting Activity Patterns From Taxi Trajectory Data: A Two-Layer Framework Using Spatio-Temporal Clustering, Bayesian Probability and Monte Carlo Simulation*. International Journal of Geographical Information Science, 1–25.
14. Wang, Z., Hu, J., and Fan, Q. (2018). *Extracting the Main Routes and Speed Profiles Between Two Locations from Massive Uncertain Historical Trajectories*. 2018 International Symposium in Sensing and Instrumentation in IoT Era (ISSI).

15. Wai, K. P., and Nwe Aung, T. (2018). *Distance-based Clustering of Moving Objects' Trajectories from Spatiotemporal Big Data\**. 2018 IEEE/ACIS 17th International Conference on Computer and Information Science (ICIS).
16. Chimwayi, K. B., and Anuradha, J. (2018). *Clustering West Nile Virus Spatio-temporal Data Using ST-DBSCAN*. Procedia Computer Science, 132, 1218–1227.
17. Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., and Xu, X. (1996). *A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise*. In E. Simoudis, J. Han, U. Fayyad (Eds.). Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. American Association for Artificial Intelligence, Portland, 226-231.
18. Pasin, O., Ankarali, H. *Usage of Kernel K-Means and DBSCAN Cluster Algorithms in Health Studies: An Application*. Clin Res Trials 1: doi: 10.15761/CRT.1000116, 2015.
19. Shadid, R., Bertazzon, S., Knudtson, M., and Ghali, W. (2009). *Comparison of Distance Measures in Spatial Analytical Modeling for Health Service Planning*. BMC Health Services Research. Article Number: 200.
20. Purbaningtyas, R., and Arizal, A. (2019). *Nearest Excellent Potential Location Using Distance Algorithm*. Journal of Physics: Conference Series, 1413.
21. Butekin, T. Ç. (2019). *Ann Based Electricity Consumption Forecasting in Yasar University*. Yüksek Lisans Tezi, Yaşar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 9-11.
22. Yılmaz, A. (2017). *Yapay Zeka (Beşinci Baskı)*. İnkılap Kitabevi, 73-75.
23. Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları (Birinci Baskı)*. Papatya Yayıncılık, 101-102.
24. Jayalakshmi, T., and Santhakumaran, A. (2011). *Statistical Normalization and Back Propagation for Classification*. International Journal of Computer Theory and Engineering, 3, 89-93.
25. Yavuz, S., ve Deveci, M. (2012). *İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağı Performansına Etkisi*. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 40, 167-187.
26. Nabiye, V. (2016). *Yapay Zeka (Beşinci Baskı)*. Seçkin Yayıncılık, 602,603.
27. Çetin, E. (2018), *Yapay Zeka Uygulamaları (Dördüncü Baskı)*. Seçkin Yayıncılık, 100,101.
28. Wang, Y., Qin, K., Chen, Y., and Zhao, P. (2018). *Detecting Anomalous Trajectories and Behavior Patterns Using Hierarchical Clustering from Taxi GPS Data*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(1), 25.





## EK-1. Haftalara ilişkin 5 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 1.1. 5 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                         |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 1    | Pazar 21:43      | Pazartesi 07:54 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 19:41     | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 3    | Cumartesi 21:19  | Cumartesi 23:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 4    | Cuma 18:03       | Cumartesi 08:43 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 5    | Cuma 08:00       | Cuma 17:49      | Ali Haydar Feroğlu Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 6    | Perşembe 18:01   | Cuma 07:54      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 7    | Perşembe 08:13   | Perşembe 17:47  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 8    | Çarşamba 18:00   | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 9    | Çarşamba 08:11   | Çarşamba 17:52  | Ziaur Rahman Cd. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye           |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 10   | Salı 15:21       | Salı 18:06      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 11   | Salı 08:02       | Salı 15:14      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 20                | 8         | 12   | Pazartesi 07:59  | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 1    | Pazar 21:39      | Pazartesi 07:56 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 15:12     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 3    | Cumartesi 21:19  | Cumartesi 23:59 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 4    | Cuma 18:58       | Cumartesi 08:22 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 5    | Cuma 08:00       | Cuma 17:57      | Simon Bolivar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 6    | Perşembe 18:01   | Cuma 07:54      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 7    | Perşembe 08:13   | Perşembe 17:48  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 8    | Çarşamba 19:51   | Perşembe 08:12  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 9    | Çarşamba 08:06   | Çarşamba 17:52  | 727. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 10   | Salı 18:03       | Çarşamba 07:53  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 11   | Salı 08:09       | Salı 17:50      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 12   | Pazartesi 18:02  | Salı 07:58      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 20                | 8         | 13   | Pazartesi 07:59  | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 1    | Pazar 21:36      | Pazartesi 07:51 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 2    | Pazar 16:09      | Pazar 19:44     | 215. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 3    | Cuma 08:00       | Cuma 17:55      | 510. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 4    | Perşembe 22:08   | Cuma 07:53      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 5    | Çarşamba 17:55   | Perşembe 07:52  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 6    | Çarşamba 08:04   | Çarşamba 17:36  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 20                | 8         | 7    | Salı 08:09       | Salı 18:10      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |



EK-1. (devam) Haftalara ilişkin 5 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 1.1. (devam) 5 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |     |    |   |    |                 |                 |                                                            |
|----------------|-----|----|---|----|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 8  | Pazartesi 18:02 | Salı 08:01      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 9  | Pazartesi 08:09 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 1  | Pazar 16:25     | Pazartesi 07:54 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 2  | Cuma 08:01      | Cuma 17:55      | 510. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 3  | Perşembe 22:09  | Cuma 07:54      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 4  | Çarşamba 17:42  | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 5  | Salı 18:34      | Çarşamba 17:46  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 6  | Salı 07:55      | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 20 | 8 | 7  | Pazartesi 08:07 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 1  | Pazar 20:01     | Pazartesi 07:56 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 2  | Pazar 00:03     | Pazar 15:04     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 3  | Cumartesi 21:47 | Cumartesi 23:59 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 4  | Cuma 18:41      | Cumartesi 08:50 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 5  | Cuma 08:01      | Cuma 17:43      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 6  | Perşembe 18:01  | Cuma 07:54      | 208. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 7  | Perşembe 08:20  | Perşembe 17:48  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 8  | Çarşamba 19:48  | Perşembe 08:12  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 9  | Çarşamba 07:50  | Çarşamba 17:46  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 10 | Salı 07:55      | Salı 18:06      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 11 | Pazartesi 08:00 | Pazartesi 17:39 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 1  | Pazar 19:57     | Pazartesi 07:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 2  | Cuma 08:01      | Cuma 17:57      | 510. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 3  | Perşembe 22:07  | Cuma 07:54      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 4  | Çarşamba 20:01  | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 5  | Çarşamba 07:50  | Çarşamba 17:45  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 6  | Salı 08:10      | Salı 18:10      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 7  | Pazartesi 18:04 | Salı 08:01      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 20 | 8 | 8  | Pazartesi 08:03 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |



## EK-2. Haftalara ilişkin 10 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 2.1. 10 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                      |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|---------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 1    | Pazar 21:50      | Pazartesi 07:54 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 19:28     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 3    | Cumartesi 21:13  | Cumartesi 23:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 4    | Cuma 18:03       | Cumartesi 08:50 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 5    | Cuma 08:00       | Cuma 17:51      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 6    | Perşembe 18:01   | Cuma 07:47      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 7    | Perşembe 08:19   | Perşembe 17:47  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 8    | Çarşamba 18:00   | Perşembe 08:06  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 9    | Çarşamba 08:11   | Çarşamba 17:52  | Ziaur Rahman Cd. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye        |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 10   | Salı 08:02       | Salı 18:06      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 2. hafta | 800              | 35                | 8         | 11   | Pazartesi 08:05  | Pazartesi 18:00 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 1    | Pazar 22:01      | Pazartesi 07:52 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 2    | Pazar 16:09      | Pazar 19:38     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 3    | Cuma 08:00       | Cuma 17:51      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 4    | Perşembe 22:00   | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 5    | Çarşamba 17:42   | Perşembe 07:46  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 6    | Çarşamba 08:04   | Çarşamba 17:52  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 7    | Salı 08:15       | Salı 18:03      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 8    | Pazartesi 18:04  | Salı 08:01      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 35                | 8         | 9    | Pazartesi 08:05  | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 1    | Pazar 21:39      | Pazartesi 07:56 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 14:52     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 3    | Cumartesi 21:39  | Cumartesi 23:59 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 4    | Cuma 18:51       | Cumartesi 08:22 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 5    | Cuma 08:00       | Cuma 17:57      | Simon Bolívar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 6    | Perşembe 18:01   | Cuma 07:54      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 7    | Perşembe 08:32   | Perşembe 17:48  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 8    | Çarşamba 19:45   | Perşembe 08:06  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 9    | Çarşamba 08:06   | Çarşamba 17:52  | 727. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 10   | Salı 18:10       | Çarşamba 08:07  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 11   | Salı 08:11       | Salı 17:43      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 35                | 8         | 12   | Pazartesi 18:04  | Salı 07:58      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |



EK-2. (devam) Haftalara ilişkin 10 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 2.1. (devam) 10 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |     |    |   |    |                 |                 |                                                            |
|----------------|-----|----|---|----|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 13 | Pazartesi 08:05 | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 1  | Pazar 16:25     | Pazartesi 07:54 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 35 | 8 | 2  | Cuma 08:01      | Cuma 17:48      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 35 | 8 | 3  | Perşembe 22:34  | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 35 | 8 | 4  | Çarşamba 17:42  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 35 | 8 | 5  | Salı 08:02      | Çarşamba 17:46  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 35 | 8 | 6  | Pazartesi 08:05 | Pazartesi 18:00 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 1  | Pazar 20:01     | Pazartesi 07:56 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 2  | Pazar 00:09     | Pazar 14:51     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 3  | Cumartesi 21:47 | Cumartesi 23:59 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 4  | Cuma 18:41      | Cumartesi 08:37 | 435/9. Sk. Türközü Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 5  | Cuma 08:01      | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 6  | Cuma 01:27      | Cuma 07:54      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 7  | Perşembe 18:01  | Cuma 01:17      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 8  | Perşembe 08:33  | Perşembe 17:48  | Ali Haydar Feroğlu Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 9  | Çarşamba 20:06  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 10 | Çarşamba 07:37  | Çarşamba 17:46  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 11 | Salı 07:48      | Salı 17:52      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 12 | Pazartesi 08:07 | Pazartesi 18:00 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 1  | Pazar 20:03     | Pazartesi 07:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 2  | Cuma 08:02      | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 3  | Perşembe 22:07  | Cuma 07:54      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 4  | Çarşamba 19:54  | Perşembe 08:06  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 5  | Çarşamba 07:50  | Çarşamba 17:32  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 6  | Salı 08:11      | Salı 17:49      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 7  | Pazartesi 18:04 | Salı 08:01      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 35 | 8 | 8  | Pazartesi 08:05 | Pazartesi 17:39 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |



## EK-3. Haftalara ilişkin 15 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 3.1. 15 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                         |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 1    | Pazar 21:23      | Pazartesi 07:51 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 19:54     | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 3    | Cumartesi 21:07  | Cumartesi 23:42 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 4    | Cuma 17:57       | Cumartesi 09:09 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 5    | Cuma 08:05       | Cuma 17:41      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 6    | Perşembe 18:07   | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 7    | Perşembe 07:59   | Perşembe 17:47  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 8    | Çarşamba 18:06   | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 9    | Çarşamba 08:04   | Çarşamba 17:52  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 10   | Salı 07:41       | Salı 18:34      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 2. hafta | 1500             | 50                | 7         | 11   | Pazartesi 08:00  | Pazartesi 18:13 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 1    | Pazar 21:43      | Pazartesi 07:52 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 2    | Pazar 16:09      | Pazar 19:44     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 3    | Cuma 07:54       | Cuma 17:41      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 4    | Perşembe 21:54   | Cuma 07:46      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 5    | Çarşamba 17:42   | Perşembe 07:41  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 6    | Çarşamba 07:56   | Çarşamba 17:52  | Ziaur Rahman Cd. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye           |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 7    | Salı 08:10       | Salı 18:30      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 8    | Pazartesi 17:56  | Salı 07:58      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 1500             | 50                | 7         | 9    | Pazartesi 08:09  | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 1    | Pazar 21:45      | Pazartesi 07:56 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 15:31     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 3    | Cumartesi 21:07  | Cumartesi 23:47 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 4    | Cuma 18:17       | Cumartesi 08:30 | Uğur Mumcu Cd. Büyükesat Merkez Ankara / Türkiye           |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 5    | Cuma 08:07       | Cuma 17:57      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 6    | Perşembe 18:07   | Cuma 07:47      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 7    | Perşembe 07:59   | Perşembe 17:48  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 8    | Çarşamba 19:39   | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 9    | Çarşamba 08:12   | Çarşamba 17:52  | Ziaur Rahman Cd. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye           |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 10   | Salı 18:03       | Çarşamba 08:07  | 276. Sk. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 11   | Salı 08:11       | Salı 17:52      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 4. hafta | 1500             | 50                | 7         | 12   | Pazartesi 17:56  | Salı 07:58      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |



EK-3. (devam) Haftalara ilişkin 15 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 3.1. (devam) 15 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |      |    |   |    |                 |                 |                                                            |
|----------------|------|----|---|----|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 13 | Pazartesi 08:11 | Pazartesi 17:53 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 3. hafta | 1500 | 50 | 7 | 1  | Pazar 16:05     | Pazartesi 07:52 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. hafta | 1500 | 50 | 7 | 2  | Cuma 07:54      | Cuma 17:41      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 1500 | 50 | 7 | 3  | Perşembe 22:02  | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. hafta | 1500 | 50 | 7 | 4  | Çarşamba 17:42  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 3. hafta | 1500 | 50 | 7 | 5  | Salı 07:21      | Çarşamba 17:46  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 1500 | 50 | 7 | 6  | Pazartesi 08:00 | Pazartesi 18:34 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 1  | Pazar 19:54     | Pazartesi 07:56 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 2  | Pazar 00:03     | Pazar 15:04     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 3  | Cumartesi 21:44 | Cumartesi 23:47 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 4  | Cuma 18:34      | Cumartesi 08:50 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 5  | Cuma 08:05      | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 6  | Perşembe 18:07  | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 7  | Perşembe 08:26  | Perşembe 17:48  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 8  | Çarşamba 19:41  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 9  | Çarşamba 07:16  | Çarşamba 17:46  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 10 | Salı 07:21      | Salı 18:13      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 50 | 7 | 11 | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 18:13 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 1  | Pazar 19:44     | Pazartesi 07:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 2  | Cuma 07:54      | Cuma 17:57      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 3  | Perşembe 22:07  | Cuma 07:47      | 216. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 4  | Çarşamba 19:27  | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 5  | Çarşamba 07:35  | Çarşamba 17:39  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 6  | Salı 08:10      | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 7  | Pazartesi 18:04 | Salı 07:53      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 1500 | 50 | 7 | 8  | Pazartesi 08:09 | Pazartesi 17:53 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |



## EK-4. Haftalara ilişkin 20 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 4.1. 20 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                   |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 1    | Pazar 21:23      | Pazartesi 07:54 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 19:54     | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 3    | Cumartesi 20:35  | Cumartesi 23:42 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 4    | Cuma 17:50       | Cumartesi 09:34 | Kırçiçeği Sk. Kazım Özalp Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 5    | Cuma 08:05       | Cuma 17:56      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 6    | Perşembe 17:54   | Cuma 07:46      | 203. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 7    | Perşembe 07:59   | Perşembe 17:40  | Tiflis Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 8    | Çarşamba 17:59   | Perşembe 08:00  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 9    | Çarşamba 07:16   | Çarşamba 17:52  | Kumkapı Sk. Kazım Özalp Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 10   | Salı 07:21       | Salı 18:34      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 1. ve 2. hafta | 2000             | 600               | 7         | 11   | Pazartesi 08:05  | Pazartesi 18:13 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 1    | Pazar 21:24      | Pazartesi 07:44 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 2    | Pazar 15:50      | Pazar 20:03     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 3    | Cuma 07:54       | Cuma 17:56      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 4    | Perşembe 22:00   | Cuma 07:46      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 5    | Çarşamba 17:42   | Perşembe 07:32  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 6    | Çarşamba 07:35   | Çarşamba 17:36  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 7    | Salı 08:08       | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 8    | Pazartesi 17:56  | Salı 07:48      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 3. hafta | 2000             | 600               | 7         | 9    | Pazartesi 08:05  | Pazartesi 17:37 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 1    | Pazar 21:27      | Pazartesi 07:56 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 15:50     | Kaptanpaşa Cd. Büyükesat Merkez Ankara / Türkiye     |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 3    | Cumartesi 21:01  | Cumartesi 23:53 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 4    | Cuma 18:17       | Cumartesi 08:30 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 5    | Cuma 08:01       | Cuma 17:57      | Simon Bolivar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 6    | Perşembe 17:55   | Cuma 07:46      | 435/9. Sk. Türközü Merkez Ankara / Türkiye           |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 7    | Perşembe 07:59   | Perşembe 17:40  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 8    | Çarşamba 19:39   | Perşembe 08:06  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 9    | Çarşamba 08:19   | Çarşamba 17:59  | Simon Bolivar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 10   | Salı 18:10       | Çarşamba 07:53  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 11   | Salı 08:09       | Salı 17:50      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 1. ve 4. hafta | 2000             | 600               | 7         | 12   | Pazartesi 17:56  | Salı 07:57      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |



EK-4. (devam) Haftalara ilişkin 20 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 4.1. (devam) 20 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |      |      |   |    |                 |                 |                                                      |
|----------------|------|------|---|----|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------|
| 1. ve 4. hafta | 2000 | 600  | 7 | 13 | Pazartesi 08:05 | Pazartesi 17:33 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 2. ve 3. hafta | 2000 | 600  | 7 | 1  | Pazar 16:05     | Pazartesi 07:54 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 2. ve 3. hafta | 2000 | 600  | 7 | 2  | Cuma 07:54      | Cuma 17:41      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 2. ve 3. hafta | 2000 | 600  | 7 | 3  | Perşembe 22:09  | Cuma 07:41      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 2000 | 600  | 7 | 4  | Çarşamba 17:42  | Perşembe 08:00  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 2000 | 600  | 7 | 5  | Salı 07:21      | Çarşamba 17:52  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 2. ve 3. hafta | 2000 | 600  | 7 | 6  | Pazartesi 08:05 | Pazartesi 18:34 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 1  | Pazar 19:54     | Pazartesi 07:56 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 2  | Pazar 00:03     | Pazar 15:44     | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 3  | Cumartesi 21:37 | Cumartesi 23:53 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 4  | Cuma 18:16      | Cumartesi 09:09 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 5  | Cuma 08:01      | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 6  | Perşembe 18:19  | Cuma 07:41      | 203. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 7  | Perşembe 08:20  | Perşembe 17:34  | Tiflis Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 8  | Çarşamba 19:35  | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 9  | Çarşamba 07:37  | Çarşamba 17:32  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 10 | Salı 07:21      | Salı 18:34      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 2. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 11 | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 18:13 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 1  | Pazar 19:38     | Pazartesi 07:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye   |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 2  | Cuma 07:54      | Cuma 17:57      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 3  | Perşembe 22:00  | Cuma 07:35      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 4  | Çarşamba 19:47  | Perşembe 08:06  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 5  | Çarşamba 07:35  | Çarşamba 17:32  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 6  | Salı 08:08      | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye              |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 7  | Pazartesi 17:59 | Salı 07:57      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 20   | 1500 | 7 | 8  | Pazartesi 08:05 | Pazartesi 17:37 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye |



## EK-5. Haftalara ilişkin 25 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 5.1. 25 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                      |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|---------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 1    | Pazar 21:36      | Pazartesi 07:51 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 2    | Pazar 00:14      | Pazar 19:07     | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 3    | Cumartesi 21:39  | Cumartesi 23:56 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 4    | Cuma 18:16       | Cumartesi 09:02 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 5    | Cuma 08:00       | Cuma 17:51      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 6    | Perşembe 18:08   | Cuma 07:47      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 7    | Perşembe 08:19   | Perşembe 17:41  | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 8    | Çarşamba 18:00   | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 9    | Çarşamba 07:50   | Çarşamba 17:36  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 10   | Salı 07:35       | Salı 18:47      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 60                | 7         | 11   | Pazartesi 08:13  | Pazartesi 18:34 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 1    | Pazar 21:30      | Pazartesi 07:51 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 2    | Pazar 15:50      | Pazar 20:03     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 3    | Cuma 08:00       | Cuma 17:51      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 4    | Perşembe 21:54   | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 5    | Çarşamba 17:35   | Perşembe 07:52  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 6    | Çarşamba 08:04   | Çarşamba 17:36  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 7    | Salı 08:15       | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 8    | Pazartesi 18:15  | Salı 07:55      | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 1000             | 60                | 7         | 9    | Pazartesi 08:20  | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 1    | Pazar 21:30      | Pazartesi 07:51 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 1    | Pazar 21:21      | Pazartesi 07:51 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 2    | Pazar 00:14      | Pazar 15:25     | 234. Sk. Boztepe Merkez Ankara / Türkiye                |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 3    | Cumartesi 21:39  | Cumartesi 23:59 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 4    | Cuma 18:17       | Cumartesi 08:09 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 5    | Cuma 08:00       | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 6    | Perşembe 18:07   | Cuma 07:41      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 7    | Perşembe 08:19   | Perşembe 17:41  | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 8    | Çarşamba 19:33   | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 9    | Çarşamba 08:06   | Çarşamba 17:45  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 10   | Salı 18:10       | Çarşamba 08:07  | 276. Sk. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 4. hafta | 1000             | 60                | 7         | 11   | Salı 08:23       | Salı 17:52      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |



EK-5. (devam) Haftalara ilişkin 25 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 5.1. (devam) 25 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |      |    |   |    |                 |                 |                                                            |
|----------------|------|----|---|----|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 4. hafta | 1000 | 60 | 7 | 12 | Pazartesi 18:06 | Salı 07:57      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 1000 | 60 | 7 | 13 | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800  | 65 | 7 | 1  | Pazar 15:51     | Pazartesi 07:47 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. hafta | 800  | 65 | 7 | 2  | Cuma 08:14      | Cuma 17:34      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 800  | 65 | 7 | 3  | Perşembe 22:53  | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 3. hafta | 800  | 65 | 7 | 4  | Çarşamba 17:35  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 3. hafta | 800  | 65 | 7 | 5  | Salı 07:35      | Çarşamba 17:33  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800  | 65 | 7 | 6  | Pazartesi 08:13 | Pazartesi 18:34 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 1  | Pazar 19:41     | Pazartesi 07:49 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 2  | Pazar 00:23     | Pazar 15:24     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 3  | Cumartesi 22:05 | Cumartesi 23:59 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 4  | Cuma 18:16      | Cumartesi 09:28 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 5  | Cuma 08:08      | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 6  | Perşembe 18:07  | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 7  | Perşembe 08:32  | Perşembe 17:41  | Ali Haydar Feroğlu Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye      |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 8  | Çarşamba 19:54  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 9  | Çarşamba 07:23  | Çarşamba 17:45  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 10 | Salı 07:35      | Salı 18:47      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 11 | Pazartesi 08:13 | Pazartesi 18:34 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 1  | Pazar 19:32     | Pazartesi 07:49 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 2  | Cuma 08:08      | Cuma 17:57      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 3  | Perşembe 22:07  | Cuma 07:47      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 4  | Çarşamba 19:27  | Perşembe 08:06  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 5  | Çarşamba 07:08  | Çarşamba 17:45  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 6  | Salı 08:15      | Salı 18:30      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 7  | Pazartesi 18:15 | Salı 07:57      | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800  | 65 | 7 | 8  | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |



## EK-6. Haftalara ilişkin 30 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 6.1. 30 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                         |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 1    | Pazar 21:36      | Pazartesi 07:47 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 2    | Pazar 03:29      | Pazar 19:21     | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 3    | Cuma 18:04       | Cumartesi 08:56 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 4    | Cuma 08:07       | Cuma 17:39      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 5    | Perşembe 18:27   | Cuma 07:54      | 208. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 6    | Perşembe 08:25   | Perşembe 17:22  | 512. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 7    | Çarşamba 18:05   | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 8    | Çarşamba 08:35   | Çarşamba 17:32  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 9    | Salı 12:01       | Salı 17:59      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 10   | Pazartesi 08:20  | Pazartesi 18:00 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 11   | Pazar 00:02      | Pazar 01:44     | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 12   | Cumartesi 20:16  | Cumartesi 23:27 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 65                | 6         | 13   | Salı 09:11       | Salı 11:29      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 1    | Pazar 20:47      | Pazartesi 07:44 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 2    | Pazar 15:57      | Pazar 20:15     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 3    | Cuma 08:07       | Cuma 17:55      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 4    | Perşembe 21:54   | Cuma 07:32      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 5    | Perşembe 01:28   | Perşembe 03:49  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 6    | Çarşamba 18:02   | Perşembe 00:54  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 7    | Çarşamba 08:17   | Çarşamba 16:57  | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 8    | Salı 08:10       | Salı 17:56      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 9    | Pazartesi 18:22  | Salı 07:32      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 65                | 6         | 10   | Pazartesi 08:20  | Pazartesi 16:35 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 1    | Pazar 20:50      | Pazartesi 07:44 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 2    | Pazar 00:02      | Pazar 15:57     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 3    | Cumartesi 20:16  | Cumartesi 23:33 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 4    | Cuma 18:04       | Cumartesi 08:03 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 5    | Cuma 08:07       | Cuma 17:57      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 6    | Perşembe 18:26   | Cuma 07:54      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 7    | Perşembe 08:25   | Perşembe 17:24  | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 8    | Çarşamba 19:08   | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 75                | 6         | 9    | Çarşamba 08:19   | Çarşamba 17:45  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |



EK-6. (devam) Haftalara ilişkin 30 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 6.1. (devam) 30 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |     |    |   |    |                 |                 |                                                            |
|----------------|-----|----|---|----|-----------------|-----------------|------------------------------------------------------------|
| 1. ve 4. hafta | 800 | 75 | 6 | 10 | Salı 18:10      | Çarşamba 08:03  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800 | 75 | 6 | 11 | Salı 08:37      | Salı 17:43      | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 1. ve 4. Hafta | 800 | 75 | 6 | 12 | Pazartesi 18:23 | Salı 07:58      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 1. ve 4. hafta | 800 | 75 | 6 | 13 | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 17:44 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 1  | Pazar 17:05     | Pazartesi 07:47 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 2  | Cuma 08:02      | Cuma 17:55      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 3  | Perşembe 21:06  | Cuma 07:54      | 208. Sk. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 4  | Çarşamba 18:02  | Perşembe 08:06  | Şemsettin Günaltay Cd. Bademlidere Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 5  | Salı 18:30      | Çarşamba 17:21  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 6  | Salı 08:02      | Salı 17:59      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 65 | 6 | 7  | Pazartesi 08:20 | Pazartesi 18:00 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 1  | Pazar 19:21     | Pazartesi 07:47 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 2  | Pazar 00:03     | Pazar 15:18     | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 3  | Cumartesi 21:47 | Cumartesi 23:33 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 4  | Cuma 18:09      | Cumartesi 09:28 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 5  | Cuma 13:05      | Cuma 17:57      | Simon Bolivar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 6  | Cuma 08:27      | Cuma 12:28      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 7  | Perşembe 18:26  | Cuma 07:54      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 8  | Perşembe 08:38  | Perşembe 17:24  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 9  | Çarşamba 19:29  | Perşembe 08:06  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 10 | Çarşamba 07:30  | Çarşamba 17:45  | 727. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye               |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 11 | Salı 08:36      | Salı 17:23      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 12 | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 17:25 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 1  | Pazar 19:13     | Pazartesi 07:42 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye         |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 2  | Cuma 09:08      | Cuma 13:51      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 3  | Perşembe 20:59  | Cuma 07:54      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 4  | Çarşamba 19:47  | Perşembe 08:06  | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 5  | Çarşamba 08:17  | Çarşamba 17:45  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 6  | Salı 08:10      | Salı 17:20      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 7  | Pazartesi 18:22 | Salı 07:32      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye                  |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 8  | Pazartesi 14:50 | Pazartesi 17:47 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 65 | 6 | 9  | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 11:27 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |



## EK-7. Haftalara ilişkin 60 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 7.1. 60 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

| Hafta Verisi   | Epsilon1 (metre) | Epsilon1 (dakika) | MinPoints | Küme | Başlangıç Zamanı | Bitiş Zamanı    | Açık Adres Bilgisi                                      |
|----------------|------------------|-------------------|-----------|------|------------------|-----------------|---------------------------------------------------------|
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 1    | Pazar 00:34      | Pazartesi 07:21 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 2    | Cuma 18:31       | Cumartesi 08:30 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 3    | Cuma 08:08       | Cuma 17:29      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 4    | Perşembe 18:07   | Cuma 07:53      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 5    | Perşembe 08:38   | Perşembe 17:16  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 6    | Çarşamba 18:00   | Perşembe 07:40  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 7    | Çarşamba 04:30   | Çarşamba 16:57  | 711. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 8    | Salı 04:24       | Salı 22:12      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 9    | Pazartesi 08:20  | Pazartesi 21:14 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 2. hafta | 1000             | 140               | 5         | 10   | Cumartesi 19:12  | Cumartesi 23:42 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 1    | Pazar 13:22      | Pazartesi 07:19 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 2    | Cuma 08:07       | Cuma 17:29      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 3    | Perşembe 20:19   | Cuma 07:53      | Şemsettin Günaltay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 4    | Çarşamba 18:02   | Perşembe 07:32  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 5    | Çarşamba 04:35   | Çarşamba 17:01  | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 6    | Salı 08:16       | Salı 22:12      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye         |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 7    | Pazartesi 18:35  | Salı 07:32      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 8    | Pazartesi 08:16  | Pazartesi 17:36 | Turan Güneş Blv. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye    |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 1    | Pazar 20:50      | Pazartesi 07:19 | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 2    | Pazar 00:12      | Pazar 18:42     | Kaptanpaşa Cd. Büyükesat Merkez Ankara / Türkiye        |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 3    | Cumartesi 19:12  | Cumartesi 23:27 | 237. Sk. Boztepe Merkez Ankara / Türkiye                |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 4    | Cuma 18:31       | Cumartesi 09:26 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 5    | Cuma 08:28       | Cuma 17:57      | Simon Bolivar Blv. Çankaya Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 6    | Perşembe 18:01   | Cuma 07:53      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 7    | Perşembe 08:38   | Perşembe 17:02  | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 8    | Çarşamba 20:04   | Perşembe 07:32  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 9    | Çarşamba 08:19   | Çarşamba 17:45  | 727. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye            |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 10   | Salı 18:48       | Çarşamba 07:26  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 11   | Salı 08:11       | Salı 17:50      | 507. Sk. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 12   | Pazartesi 18:37  | Salı 07:14      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye      |
| 1. ve 4. hafta | 800              | 140               | 5         | 13   | Pazartesi 08:17  | Pazartesi 17:36 | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye                 |
| 2. ve 3. hafta | 800              | 140               | 5         | 1    | Pazar 13:22      | Pazartesi 07:21 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye               |



EK-7. (devam) Haftalara ilişkin 60 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

Çizelge 7.1. (devam) 60 dakika aralıklarla toplanmış verilerin ST-DBSCAN küme çıktıları

|                |     |     |   |    |                 |                 |                                                    |
|----------------|-----|-----|---|----|-----------------|-----------------|----------------------------------------------------|
| 2. ve 3. hafta | 800 | 140 | 5 | 2  | Cuma 08:07      | Cuma 17:27      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 140 | 5 | 3  | Perşembe 18:20  | Cuma 07:03      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 140 | 5 | 4  | Çarşamba 18:00  | Perşembe 07:40  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 140 | 5 | 5  | Salı 04:24      | Çarşamba 17:01  | 711. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 3. hafta | 800 | 140 | 5 | 6  | Pazartesi 08:16 | Pazartesi 21:14 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 1  | Pazar 16:32     | Pazartesi 07:21 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye          |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 2  | Pazar 00:12     | Pazar 15:24     | 244. Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye          |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 3  | Cuma 18:49      | Cumartesi 11:39 | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye          |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 4  | Cuma 08:08      | Cuma 17:57      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 5  | Perşembe 18:01  | Cuma 07:28      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 6  | Perşembe 08:45  | Perşembe 17:16  | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 7  | Çarşamba 18:00  | Perşembe 07:40  | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 8  | Çarşamba 04:30  | Çarşamba 17:45  | 711. Sk. Yıldızevler Merkez Ankara / Türkiye       |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 9  | Salı 04:24      | Salı 22:12      | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye    |
| 2. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 10 | Pazartesi 08:17 | Pazartesi 21:14 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 1  | Pazar 17:39     | Pazartesi 07:16 | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 2  | Cuma 08:07      | Cuma 17:57      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 3  | Perşembe 19:03  | Cuma 07:28      | Vedat Dalokay Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 4  | Çarşamba 18:02  | Perşembe 07:32  | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye          |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 5  | Çarşamba 04:35  | Çarşamba 17:45  | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye    |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 6  | Salı 08:11      | Salı 21:10      | 508. Cd. Sancak Merkez Ankara / Türkiye            |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 7  | Pazartesi 18:35 | Salı 07:32      | Açın Cd. Aşıkpaşa Merkez Ankara / Türkiye          |
| 3. ve 4. hafta | 800 | 140 | 5 | 8  | Pazartesi 08:16 | Pazartesi 17:33 | Turan Güneş Blv. Sancak Merkez Ankara / Türkiye    |



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DATLICA, Mustafa Tolga  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 10.11.1989, Mersin  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0 (507) 309 20 39  
Faks : -  
e-mail : m.tolgadatlica@gmail.com



### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                                  | Mezuniyet Tarihi |
|---------------|------------------------------------------------|------------------|
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi / Yönetim Bilişim Sistemleri | Devam ediyor     |
| Lisans        | İzmir Üniversitesi / Bilgisayar Mühendisliği   | 2013             |
| Lise          | Abdül Kerim Bengi Anadolu Lisesi               | 2008             |

### İş Deneyimi

| Yıl       | Yer                                    | Görev             |
|-----------|----------------------------------------|-------------------|
| 2018-     | Atel Teknoloji ve Savunma Sanayi A.Ş.  | Yazılım Mühendisi |
| 2014-2017 | EG Yazılım Donanım                     |                   |
|           | Danışmanlık Hizmetleri Limited Şirketi | Yazılım Mühendisi |
| 2013-2014 | Desimel Yazılım ve Danışmanlık         | Yazılım Mühendisi |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Spor Yapmak





*GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..*