
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

BAKIM PLANLAMASINDA KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME İLE ANALİZİ

Gözde Nur CALAYIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- 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 çalışmasında 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.

Gözde Nur CALAYIR

10/02/2022

BAKIM PLANLAMASINDA KULLANILAN MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME İLE ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gözde Nur CALAYIR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2022

ÖZET

Bakım, bir işletmede kurulan düzenli çalışmanın aralıksız olarak sürdürülebilmesi için gerekli olan faaliyettir. Bakım önceden sadece üretim alanlarında makinelerde olması gerekli fiziksel faaliyet olarak düşünülürken, günümüzde ise buna ilave olarak çalışılan alanın gelir ve giderlerine önemli ölçüde etkisi olan kritik bir işletme fonksiyonu olarak nitelendirilmektedir. Gelişen ve değişen teknolojide savunma sanayisinde faaliyet gösteren kuruluşlarda meydana gelen arızaların önüne geçebilmek için bakım planlama çalışması yapılması gerekmektedir. 1950 yılından itibaren bakım planlaması tahmin çalışmalarında yapay zekâ yöntemlerinden makine öğrenmesi teknikleri kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi, makinelerin durumlar karşısında kendini eğiterek ve öğreterek daha iyi kararlar ya da tahminler verebilmesini sağlayan algoritmaların geliştirilmesidir. Bakım planlaması öncesinde oluşan arıza kuruluşlarda itibar kaybı gibi manevi, sevkiyat gecikmesi gibi maddi kayıplara neden olabilir. Savunma sanayi firmasında yapılan bu çalışmada, bakım takvim planlamalarını belirlemek, arızaları önceden tahmin etmek, üretimde duruşu ve maliyet kaybını en aza indirgemek ya da tamamen ortadan kaldırmak hedeflenmiştir. Bu süreçte savunma sanayi firmasında sürdürülebilir bir sistem kurulması için toplanan veriler Python programlama dili kullanılarak denetimli makine öğrenmesi tekniklerine uyarlanmıştır. Bu makine öğrenmesi yöntemlerinin tahmini için sensörden alınan fiziksel etken verileri kullanılmıştır. Sıcaklık, basınç ve nem olan bu verilerin arızaya geçme süresi ile arasındaki ilişki korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Lineer regresyon, polinomal lojistik regresyon ve destek vektör sistemleri denetimli makine öğrenmesi teknikleri olarak kullanılmıştır. Bu yöntemlerin sıralaması çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ile belirlenmiştir.

Bilim Kodu	:	90618
Anahtar Kelimeler	:	Makine öğrenmesi, Kestirimci bakım, Bakım planlaması, AHP
Sayfa Adedi	:	116
Danışman	:	Prof. Dr. Mehmet KABAK

ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS USED IN MAINTENANCE PLANNING WITH MULTI-CRITERIA DECISION MAKING

(M. Sc. Thesis)

Gözde Nur CALAYIR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2022

ABSTRACT

Maintenance is the activity that is necessary to maintain the regular work established in an enterprise without interruption. While maintenance was previously thought of as a physical activity that must be performed only on machines in production areas, today it is additionally defined as a critical business function that has a significant impact on the income and expenses of the working area. In order to prevent malfunctions that occur in organizations operating in the defense industry in developing and changing technology, maintenance planning work is required. Machine learning techniques, one of the artificial intelligence methods, have been used in maintenance planning estimation studies since 1950. Machine learning is the development of algorithms that enable machines to make better decisions or predictions by training and teaching themselves about situations. Failures that occur before maintenance planning may cause moral losses such as loss of reputation in organizations and financial losses such as shipment delays. In this study, which was carried out in a defense industry company, it was aimed to determine the maintenance schedules, to predict the failures, to minimize or completely eliminate the production stoppage and cost loss. In this process, the data collected for the establishment of a sustainable system in the defense industry company were adapted to supervised machine learning techniques using the Python programming language. For the prediction of these machine learning methods, physical factor data from the sensor is used. The relationship between these data, which are temperature, pressure and humidity, and the time to failure was determined by correlation analysis. Linear regression, polynomial logistic regression and support vector systems were used as supervised machine learning techniques. The order of these methods was determined by AHP, one of the multi-criteria decision making techniques.

Science Code : 90618
Key Words : Machine learning, Predictive maintenance, Maintenance planning, AHP
Page Number : 116
Supervisor : Prof. Dr. Mehmet KABAK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenciliğimin ve tez çalışmamın yürütülmesi sırasında bilgi birikimini ve tecrübelerini her zaman paylaşan, büyük bir anlayış ile her zaman yanımda olduğunu hissettiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet KABAK' a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tüm hayatım boyunca benim yanımda olan, desteğini esirgemeyen ve kendimi geliştirmemde her zaman bana gönülden inanan değerli annem Temam CALAYIR, biricik babam İbrahim CALAYIR ve ablam Ayşegül CALAYIR' a teşekkür ederim.

Yoğun çalışmalarım esnasında hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve her kararımda yanımda olan, beni bir an olsun yalnız bırakmayan nişanlım Habip KOTİL' e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR TARAMASI 5

2.1. Makine Öğrenmesi Kavramı ve Tarihsel Gelişimi 5

2.2. Bakım Planlaması Kavramı ve Tarihsel Gelişimi 6

2.2.1. II. Nesil bakım planlaması 7

2.2.2. III. Nesil bakım planlaması 7

2.3. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Bakım Planlamasına Uygulanması 8

3. BAKIM PLANLAMASI YÖNTEMLERİ 11

3.1. Düzeltici Bakım 12

3.2. Önleyici Bakım 12

3.3. Kestirimci Bakım 13

3.3.1. Kestirimci (Öngörücü) bakımın aşamaları 14

3.3.2. Kestirimci bakım uygulamalarında izlenecek yöntem 16

4. VERİYE DAYALI MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ 17

4.1. Denetimsiz Makine Öğrenme Yöntemi 17

4.2. Denetimli Makine Öğrenme Yöntemleri 18

4.2.1. Sınıflandırma yöntemi 19

Sayfa

4.2.2. K-En yakın komşuluğu (KNN) 19
4.2.3. Karar ağacı 20
4.3. Pekiştirmeli Makine Öğrenmesi Yöntemi 21
5. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ 23
5.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 23
6. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER 27
6.1. Regresyon 27
6.1.1. Doğrusal regresyon 27
6.1.2. Lojistik regresyon 28
6.2. Destek Vektör Makineleri Yöntemi 29
7. UYGULAMA KONUSU VE ÇÖZÜM TEKNİKLERİ 31
7.1. Mevcut Durum Analizi ve İstasyon Seçimi 32
7.2. Sensör Veri Analizi 34
7.3. Korelasyon Analizi 37
7.4. Lineer Regresyon Uygulaması 39
7.5. Lojistik Regresyon Uygulaması 42
7.6. Destek Vektör Makinesi Uygulaması 43
8. ALTERNATİFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 47
8.1 Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi 47
8.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması 49
8.3. Kriterlerin İkili Karşılaştırılması ve Normalizasyonu 50
8.4. Tutarlılık Analizi 51
8.5. En İyi Alternatifin Seçimi 53
9. SONUÇ VE ÖNERİLER 55
KAYNAKLAR 57

Sayfa

EKLER 61
EK-1. Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları 62
EK-2. Makine Arıza Anında Bakım Personeli Açıklaması 69
EK-3. 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri 74
EK-4. Sensörden Alınan Veriler 81
EK-5. Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi 87
EK-6. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Tahmin Sonuçları 96
EK 7. Analitik Hiyerarşi Prosesi İkili Karşılaştırma Matrisi Verileri 99
EK-8. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi Normalizasyon Hesabı 100
EK-9. Analitik Hiyerarşi Prosesi Tutarlılık Hesabı 101
EK-10. Analitik Hiyerarşi Uygulama Sonucu Alternatiflerin Sıralanması 102
EK-11. Alternatiflerin Her Kriter İçin Puanlanması 103
EK-12. Alternatiflerin Sıralanması 104
EK-13. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Ekran Görüntüleri 105
EK-14. Uzmanlar İçin Oluşturulan Anket 108
EK-15. Kriterler Matrisi 109
EK-16. AHP Hiyerarşik Yapı 110
EK-17. Uzman 1 Anket Değerlendirmesi 111
EK-18. Uzman 2 Anket Değerlendirmesi 112
EK-19. Uzman 3 Anket Değerlendirmesi 113
EK-20. Uzman 4 Anket Değerlendirmesi 114
EK-21. Uzman 5 Anket Değerlendirmesi 115
ÖZGEÇMİŞ 116

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.1. Tercih ölçeği 24

Çizelge 7.1. İstasyon duruş sayısı ve toplam süresi 32

Çizelge 7.2 .Sensör takılan kojilerdeki istasyon duruş sayısı ve toplam süresi 32

Çizelge 7.3. 961 istasyonundaki sevkiyatı etkileyen arıza türleri ve süreleri 33

Çizelge 7.4. Arıza süresinin sıcaklık, basınç ve nem ile arasındaki ilişki 38

Çizelge 7.5. Korelasyon analiz sonucu 39

Çizelge 7.6. Eğitim ve test veri seti ekran alıntısı 40

Çizelge 7.7. Gerçek ve tahmini değerler 41

Çizelge 7.8. Gerçek ve tahmini değerler 43

Çizelge 7.9. Gerçek ve tahminleme sonucu karşılaştırması 44

Çizelge 7.10. Yöntemlerin karşılaştırılması 45

Çizelge 8.1. Kriterlerin tanımları ve kodları 48

Çizelge 8.2. Çalışmada kullanılan alternatifler ve kodları 49

Çizelge 8.3. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması 50

Çizelge 8.4. Normalize matrisi 51

Çizelge 8.5. Matrisin ağırlık değeri 51

Çizelge 8.6. Tutarlılık indeksi hesabı 52

Çizelge 8.7. Tutarlılık oranı hesabı 52

Çizelge 8.8. Alternatiflerin puanlandırılması 53

Çizelge 8.9. Nihai sıralama 53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Bakımda değişen yaklaşımlar ve yöntemler. 7

Şekil 2.2. A_{nm} matris oluşumu 24

Şekil 3.1. Bakım türleri 11

Şekil 3.2. Kestirimci bakım grafiği 14

Şekil 4.1. Denetimsiz öğrenme 18

Şekil 4.2. Denetimli öğrenme 18

Şekil 4.3. Denetimli öğrenme 19

Şekil 4.4. KNN örnek çizim 20

Şekil 4.5. KNN algoritma adımları 20

Şekil 4.6. Karar ağacı genel yapısı 21

Şekil 4.7. Pekiştirmeli öğrenme 21

Şekil 6.1. Doğrusal regresyon 27

Şekil 6.2. Regresyon yöntemi 28

Şekil 6.3. Destek vektör makinesi ağ yapısı 30

Şekil 7.1. İstasyon arıza türleri 33

Şekil 7.2. 635 Kojisine ait toplam arızalanma süreleri ve arıza türleri 34

Şekil 7.3. 635 Kojisine ait risk bilgisi 34

Şekil 7.4. Nem ve arıza süresi bilgisi 35

Şekil 7.5. Basınç ve arıza süresi bilgisi 36

Şekil 7.6. Sıcaklık ve arıza süresi bilgisi 37

Şekil 7.7. Lineer regresyon tahmin ve gerçek değer 41

Şekil 7.8. Bakım için planlama zamanı 42

Şekil 7.9. Lojistik regresyon tahmini 43

Şekil 7.10. Destek vektör yöntemi sıcaklık ilişkisi 45

Şekil **Sayfa**

Şekil 8.1. 1-9 puanlı tercih ölçeği 47

Şekil 8.2. Hiyerarşik yapı..... 49

Şekil 8.3. Rassallık endeksi puanı..... 52

Şekil 8.4. En iyi alternatif sıralaması 54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
A	Öncelik Matrisi
Dmax	Maksimum Ortalama Ağırlık
n	Kriter Sayısı
r	Korelasyon Katsayısı
W	Ağırlık
x	Bağımsız Parametre
y	Bağımsız Parametre

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	Analitik Şebeke Süreci
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DK	Dakika
DVM	Destek Vektör Makinesi
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Realite
KNN	K-En Yakın Komşuluğu
RI	Rassal İndeks Oranı
TI	Tutarlılık İndeksi
TO	Tutarlılık Oranı
TPM	Toplam Üretken Bakım

1. GİRİŞ

Avrupa standardı EN 13306 2010'a göre bakım "Bir nesnenin yaşam döngüsünde kendisinden istenen işlevlerini yerine getirebileceği anı muhafaza etmek ya da geri yüklemek için gerekli olan teknik, idari ve yönetimsel eylemlerin birleşimi" olarak tanımlanmıştır. Son yıllarda ülkemizde ve dünyada bakım konusuna verilen önem gittikçe artmıştır. Değişen sanayi koşulları, gelişen endüstri alanları ve ilerleyen teknoloji işletmelerdeki bakım anlayışının da değişip gelişmesine neden olmuştur. Bakım, her üretim kuruluşunda olması gerekli bir faaliyet olarak kabul görürken, özellikle günümüzde şirketlerin gelir ve giderlerini etkileyen kritik işletme fonksiyonları arasında yer almaktadır. İşletmelerde yapılan çeşitli bakım hizmetleri, büyük yatırım yapılan teknolojik makine ve donanımlarını çalışır durumda tutmak, toplam arıza sayısını düşürmek, üretimi aksatmamak ve duruş maliyetlerini azaltmak için mevcuttur. Ülkelerde öngörülen şudur ki; çoğu duruş maliyeti, bakım maliyetinden kat kat fazladır. Makine ve donanımlardaki arızalar sürekli duruşlara yol açmaktadır. Bakım yapılarak bu duruşların önüne geçilmesi planlanmıştır. Bakım çalışması temel olarak düzeltici ve önleyici olmak üzere iki çeşittir. Düzeltici bakım, arıza sonrası ve arıza tespit edildiği anda gerçekleştirilen bakımdır. Önleyici bakım ise bir ürünün işleyişinin bozulmasını engelleyici, önceden öngörülüp gerçekleştirilen arızaya dayalı olmayan bakımdır.

Firmalar, bakım yönteminin yaygınlaşması ve bakımın maliyet olarak avantajlı hale gelmesi için düzenli olarak planlama çalışmaları yapmayı amaçlamaktadırlar. Firmalarda duruşu önlemek amacıyla düzenli olarak yapılması gerekli olan bakım türü ise öngörücü bakımdır. Bu çalışmada kullanılacak olan kestirimci bakım yöntemi öngörücü bakımın en önemli alt dallarından birisidir. Kestirimci bakım uygulamasında daha önceden tutulan geçmiş veriler kullanılarak yeni tahminler elde edilir. Elde edilen bu tahminler sensörlerdeki nesnelerin bozulmasına yönelik oluşan parametrelerin değerlendirilmesine dayanmaktadır.

Ekipman ve bileşenlerin arızaya geçmeden önce durumlarının izlenip, analitik değerlendirmeler sonucu arıza çıkarma ihtimallerini değerlendiren ve önlem almamızı sağlayan yöntem kestirimci bakımdır. Ekipmanın plansız duruşlara maruz kalacağı ortamlarda önleyici bakım politikalarında, gerçek veri kullanımı ve tahmine dayalı makine öğrenimi algoritmalarının kullanılması yoluyla bakım planlanmakta ve optimize

edilmektedir. Kestirimci bakım 1940'lardan beri geliştirilerek günümüze kadar gelmiştir. Bu bakım türü ile önemli verimlilik artışları sağlanmış ve başarı oranı giderek geliştirilmiştir.

2000'li yılların ortasından itibaren kestirimci bakım türü firmalar için en vazgeçilmez yöntem olmuştur. Son zamanlarda işletmelerdeki kestirimci bakım temeline dayanan otomasyon artışının yanında yapay zekâ alanında da ilerlemeler olmuştur. Yapay zekâ alt dallarından biri olan ve çoğunlukla bakım çalışmalarında kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri son zamanlarda hızla değişen ve gelişen bir sistem olmuştur. Makine öğrenmesi 1959 yılında bilgisayar biliminin yapay zekâda sayısal öğrenme ve model tanıma çalışmalarının geliştirilmesine ek olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle makine öğrenmesi yöntemleri bakım planında etkili olarak kullanılmaya başlanmış ve geçmiş veriler işlenerek gelecekteki bakım takvim planı için yeni tahminler yapılmıştır.

Firmalarda yapılan bakım planlaması tahminleri için birden fazla yöntem geliştirilmiştir. Hangi yöntemin daha etkili ve daha doğru olduğunu belirlemede karar vericiler zorluk çekmektedir. Bu sebeple karar vericilerin birden çok alternatif arasından daha net karar verebilmesi için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmaktadır. Değerlendirmeler çok kriterli karar verme yöntemi ile daha etkili yapılmaktadır.

Tez çalışmasında, bakım planlanması için makine öğrenmesi yöntemlerinden en iyi alternatifin belirlenmesi üç temel kategoride incelenmiştir;

- Bakım arıza verileri ve ek olarak makine üzerindeki sensörlerden alınan verilerin mevcut durum analizi gerçekleştirilip, bağımlı değişkenin arıza ile arasındaki ilişki korelasyon analizi ile belirlenmiştir.

- Korelasyon sonucu belirlenen değişkenin arıza anındaki değeri ve makinenin arızada kalma süresi birleştirilerek makine öğrenmesi yöntemleri ile arıza anındaki sıcaklık tahmini yapılmıştır. Yapılan uygulamada Python programlama dili kullanılmıştır.

- Makine öğrenme sonucunda belirlenen alternatiflerin bakım alanında hangisinin önem derecesinin daha yüksek olduğu çok kriterli karar verme yöntemi AHP ile belirlenmiştir.

Tez çalışması dokuz bölümden oluşmaktadır: Giriş bölümünün ardından ikinci bölümde konumuz ile ilgili literatürler incelenmiştir. Üçüncü bölümde bakım planlaması kavramı ve yöntemleri, dördüncü bölümde makine öğrenmesi kavramı ve yöntemleri ele alınmıştır. Beşinci bölümde çok kriterli karar verme süreci ve yöntemleri, altıncı bölümde uygulamada kullandığımız metotların detaylı anlatımı verilmiştir. Yedinci bölümde üzerinde çalıştığımız uygulamanın konusu ver gerçekleştirilmesi gösterilmiştir. Sekizinci bölümde uygulanan yöntemlerdeki alternatiflerin değerlendirilmesi ile birlikte son olarak tartışma, sonuç ve öneri bölümü ile tez tamamlanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüz koşullarında firmalar, rakiplerinin önüne geçebilmek için her yolu denemektedirler. Firmaların üretimlerini aksatmadan sürekli çalışıyor olması gerekmektedir. Ani meydana gelen arızalar, duruşlar firmalar için ciddi maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır. Eski zamanlarda firmalara göre bakım maliyeti çok yüksek görülmektedir. Fakat günümüzde arızadan kaynaklı oluşan maliyet bakım maliyetinin önüne geçmektedir. Bakımın doğru ve zamanında yapılması, firmalara maliyet ve performans açısından önemli değerler katmaktadır.

2.1. Makine Öğrenmesi Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Öğrenme kavramının sözlük tanımı "çalışma, bilgilendirme veya deneyim yoluyla bilgi elde etme, anlama, beceri kazanma" ve "tecrübe yoluyla davranışsal bir eğilimdeki değişiklik" ibarelerini içermektedir. Öğrenme tanımlanması zor ve yeni anlamlar içeren bir olgudur. Hayvan ve insan öğrenmesi ile makine öğrenmesi arasında pek çok paralellik bulunmaktadır. Elbette makine öğrenmesindeki pek çok teknik; psikologların, hayvan ve insan öğrenmesi teorilerini hesaplama modelleri yoluyla daha kesin hale getirme çabalarından türemiştir (Nilsson, 1996). Ayodele (2010) tarafından makine öğrenmesi "Otomatik olarak öğrenme işlemini deneyimlerden yola çıkarak geliştiren ve gerçekleştiren bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesi" olarak tanımlanmıştır.

Makine öğrenmesi problemi dört farklı dönem altında; ilk öğrenen makinelerin kurulması, teorinin temellerinin oluşturulması, sinir ağlarının oluşumu, sinir ağlarına alternatiflerin bulunması olmak üzere gruplandırılmıştır (Vapnik, 2000).

Makine öğrenmesinde, farklı dönemlerde farklı araştırma konuları önemli sayılmıştır. Makine öğrenmesi yeni bilgi, beceri ve var olan bilgilerle yeni alanlar elde etmek amacıyla, farklı hesaplama yöntemlerini araştırmaktadır. Hesaplama yaklaşımlarının öğrenmeye olan ilgisi 1950'lerin ortalarında başlamıştır. İlk olarak araştırmacılar tarafından makinelerin, görüntü tanıma ve otomatik veri analizi gibi zeki görevleri yapabilecekleri düşünülmüştür. Makine öğrenmesi de zeki makinelere doğru atılan ilk adımlardan birisidir (Herbrich, 2002). Araştırmacıların makineler ile ilk öğrenme

teknikleri, sayısal şifreleme ve parametre ayarlamasına odaklanmaya yöneliktir. Makine öğrenmesindeki ilk araştırmalar yapay zekânın yanında örüntü tanıma alanına yakındır.

Makine öğrenme araştırmacıları genelleme kavramları ile ilgilenmektedir. 1960'ların ortalarına kadar, yapay zekâ araştırmacıları ilgilerini sadece sembolik sistemler ve bilgi ağırlıklı yaklaşımlara gelene kadar sürmüştür. Rosenblatt tarafından ilk öğrenen makine modeli Perceptron önerilmiştir. Perceptron matematiksel analizinin gerçek anlamda başladığı zamandır. Kavramsal olarak yeni olmayan ve yıllardır nörofizyolojik literatürde tartışılan perceptron fikri için Rosenblatt'ın olağan dışı olarak yaptığı şey, modeli bilgisayarlar için bir program olarak tanımlaması ve bu modelin genellenebileceğini basit deneyler ile göstermiş olmasıdır. Perceptron, en basit nöron modelinin uyarlanabilir özelliklerini kullanmaktadır (Vapnik, 2000). Perceptron gelişince sonrasında başka tür öğrenen makineler önerilmiştir. Perceptrona kıyasla gelişen yeni yöntemlerde, öğrenmenin genel bir modelinden ziyade, gerçek hayat problemlerini çözmek için kullanılması amaçlanmıştır.

Öğrenen makinenin genel tipi için bir sonraki adım 1986'da geri yayılım tekniği olarak atılmıştır. Uygulamalı analizlerin tersine, perceptronun kurulması ve geri-yayılım tekniğinin uygulanması arasındaki süreçte hiçbir olağan dışı olay olmamıştır. Ortaya çıkan geri yayılım teorisinin temel kavramları olan entropi ve boyutu, gösterge fonksiyonlar kümesi için keşfedilmiş ve tanıtılmıştır. Bu kavramlarla örüntü sisteminin öğrenme işlemiyle ilişkisi tanımlanmıştır.

2.2. Bakım Planlaması Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Bakım üzerine yapılan çalışmalar yıllar içerisinde gelişmiştir. 1940 ve 2000 yılından sonrası için gelişen bakım çalışmaları nesillere ayrılarak anlatılmıştır. Bakım felsefesinin tarihsel gelişimi bu yıllar arasında önem arz etmektedir.

Endüstrinin fazla gelişmediği 1940'lı birinci nesil bakım zamanlarında makinelerin duruş süreleri önemli olmamıştır. Bu zamanlarda ekipmanlardaki arızaların engellenmesinin yöneticilerin zihninde yüksek önceliğe sahip olmadığı görülmektedir. Aynı zamanda, yöneticilerde çoğu ekipmanın basit ve tasarımının eski olmasından kaynaklı onarımlarının kolay olduğu düşüncesi gelişmiştir. Bu sebepten dolayı, basit temizlik, çeşitli hizmetler ve

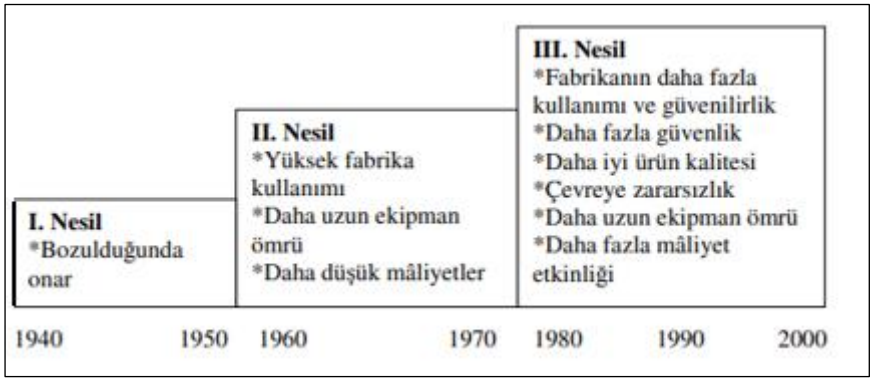
yağlama rutinlerinin dışında sistematik bir bakıma gereksinim duyulmamıştır. Ayrıca eski zamanlarda bakım için gerekli olan beceri gereksinimi bugünkünden çok daha azdır (Moubray, 1997). Bakım planlaması yıllara göre ikinci nesil ve üçüncü nesil olarak kategorize edilmiştir.

2.2.1. II. Nesil bakım planlaması

1950'li yıllardan itibaren makineler daha karmaşık duruma gelmiştir. Endüstri bu makinelere bağlı olarak kurulmaya başlanmıştır. Bu bağlılık arttıkça duruş süreleri çok daha önemli olmaya başlamıştır. Endüstride üretimin durmasına olan bakışın değişimi ekipmanlarda oluşan arızaların önlenebileceği düşüncesinin ve ardından önleyici bakım anlayışının doğmasına neden olmuştur. 1960'larda ana ekipmanların, sabit zaman aralıklarıyla gözden geçirme sonucu onarımları yapılmıştır (Moubray, 1997).

2.2.2. III. Nesil bakım planlaması

Ekipmanda güvenilirlik ve bakımda güvenilirlik kavramının gündeme gelmesi ile 1960'lı yılların ortalarında üretken bakım olgusu gelişme göstermiştir. Tüm çalışanların toplu ve bireysel katkıları ile üretken bakıma bütünleşik bir sistem olarak ulaşabilme düşüncesi, 1970'li yıllarda Toplam Üretken Bakım (TPM) kavramını doğurmuştur. TPM, tüm çalışanların üretim ve hizmet faaliyetlerinin yanı sıra bakım çalışmalarına grup odaklı olarak katılımını öngören, makine operatörlerinin otonom bakımını gerektiren, arızaların tamamının önlenmesiyle makine performansının arttırılmasına yönelik gelişen bir bakım yaklaşımıdır (Er, 2004). Şekil 2.1'de yıllara göre değişen bakım yaklaşımları ve yöntemleri verilmiştir.



Şekil 2.1. Bakımda değişen yaklaşımlar ve yöntemler (Moubray, 1997).

2.3. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Bakım Planlamasına Uygulanması

Kestirimci bakım, ekipman parametrelerinin durumuna bağlı olarak arıza riskini azaltarak, hizmet ömrünü artırmayı amaçlar (Garcia, 2006). Kestirimci bakım yöntemi, tarihsel olarak nesnel olaylardan meydana gelmektedir. Kestirimci bakım ile önceden alanında tecrübeli kişilerin gözlemlerine dayanarak yapılan işlemlerin, algılayıcılar ile yapılması sağlanmıştır (Hashemian, 2011).

Üretim ve makine öğrenmesi beraber düşünüldüğünde akla ilk gelen çalışma kestirimci bakımdır. Kestirimci bakım anlık verileri inceleyip, bu verilerde bir uyumsuzluk tespit edildiğinde arıza gerçekleşmeden bakım-onarım işleminin gerçekleşmesi mantığına dayanmaktadır. Bir işletmede üretim sistemi büyüdükçe veya üretim miktarı arttıkça bakım faaliyeti önem kazanır.

Literatürde bakım planlaması alanında çeşitli makine öğrenmesi ve yapay zeka çalışmaları bulunmaktadır. Literatür tarandığında traktör tamir ve bakım tahmininde geri yayılım sinir ağı (Rohani, vd., 2011), rulman hata teşhisi ve rulman bozulma değerlendirmesi bakımında destek vektör makineleri (Konar, 2011), makine onarım ve bakım tahmininde geri yayılım sinir ağı yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Literatürde makine öğrenmesinin bakım planlamasında kullanıldığı bir diğer çalışma ise derin öğrenme yöntemine dayanmaktadır. Bu konuda ilk çalışma yüksek hızlı CNC freze makinelerinin ürettiği veriler ile yapılmıştır (Tamilselvan, 2013). Yapılan CNC çalışmasında regresyon, destek vektör makineleri, tek katmanlı derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır.

Literatür incelendiğinde kestirimci bakım koşullarında ekipmanın sıcaklık, titreşim, gürültü, yağlama, korozyon gibi fiziksel durumunu ölçmek için sensörler kullanılır. Bu göstergelerden biri belirlenmiş bir seviyeye geldiğinde, ekipmanın uygun bir duruma getirilmesi için çalışma yapılır (Swanson, 2001). Kestirimci bakım, beklenmeyen makine arızalarını önlemeyi amaçladığı için düzeltici bakıma göre daha uygun maliyetli analiz yaparak ekipman güvenliğini artırır. Bununla birlikte kestirimci bakım yöntemleri farklı arıza problemlerine doğru tepki verebilmek için sensörlerden alınan büyük miktarda veriye ihtiyaç duymaktadır. İnsanlar sadece bir modelle basit açıklamaları tercih etmekten ziyade aynı zamanda açıklanabilirlik gerekliliğini esas almışlardır (Miller, 2019).

Sriram ve Haghani (2003), uçak bakım planlaması ve tekrar uçuşa karar verme için bir model oluşturmuştur. Uçak için bakım planlaması tahmini havayolu şirketinin vermek zorunda olduğu en önemli karar problemidir. Sarac, Batta ve Rump (2006), uçak bakım planlamasında çalışmalar yapmışlardır. Günlük uçak bakım planlaması nedeniyle uçakların kalan uçuş sürelerinin dışına çıkılmadan ekipmanların kalan ömürlerinin hesaplanması çalışması yapılmıştır. Çalışmada uçağın bir sonraki bakımın gerçekleşeceği uçuş saatini maksimumda tutmak amaçlanmaktadır.

Ekici (2012), makine öğrenmesi yöntemlerinden destek vektör makinelerini kullanarak iletim hatlarındaki arıza tahmini yapan ve arıza türünü bulan bir yöntem gerçekleştirmiştir. Aggarwal vd., (1999) denetimli ve denetimsiz makine öğrenmesi teknikleriyle iletim hatlarındaki arıza tahmini ve arıza tipleri sınıflandırması çalışması yapmıştır. Yapılan çalışmada lineer olmayan regresyon tekniğine sahip yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmış olup, global hatayı en aza indirmek amaçlanmıştır. Literatürdeki bir diğer çalışma ise, Turbofan makinesine bağlı jet motoru algılayıcılarına yapılan kestirimci bakım çalışmasıdır. Bu çalışmada regresyon, sınıflandırma ve derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır (Öztanır, 2018).

Han, Ma, Xu,, Chen ve Huang (2020) tarafından bakım tahminlerinin kararlılığı ve performansı artırmak amaçlanmıştır. Tahminlerdeki insan hatasını ortadan kaldırmak için rassal orman algoritması kestirimci bakımda kullanılmıştır.

Giderek karmaşık hale gelen sistemlerin yönetimi sağlamak, sürekli performans ve üretim artışını destekleyecek akıllı sensörlerin kullanımı sağlanmıştır (Pench vd., 2021). Makine öğrenmesi yöntemlerini kestirimci bakım tekniği ile uyarlayan çalışmalar geliştirilmiştir (Çınar vd., 2020)

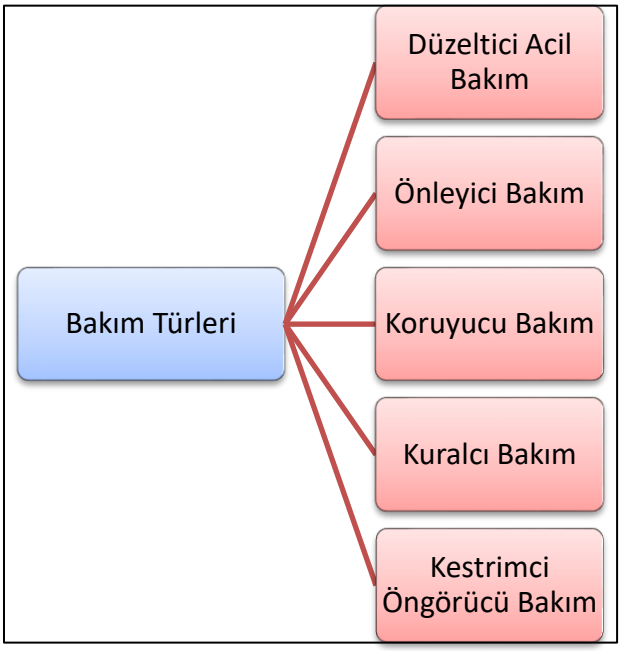
Literatürdeki çalışmalar genel olarak tarandığında, bakım alanındaki çalışmaların yapay zeka ile birleştirildiği, bakım planlaması, makinelerdeki arıza tahminleri, makinelerin kalan ömür tahminleri konularının ele alındığı görülmektedir. Kullanılan yöntemler çoğunlukta derin öğrenme, sınıflandırma, destek vektör makineleri ve karar ağacı yöntemleridir.

Bu tezi diğer çalışmalardan ayıran husus, çalışmada kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri sonucundaki bakım tahmin alternatiflerinin çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ile analiz edilip değerlendirilmesidir. Yaptığımız araştırmalara göre savunma sanayinde bu konuda daha önce yapılan bir çalışma olmamıştır. Bu çalışma literatüre, istasyon ya da alandaki bir makinenin daha önceki geçmiş arıza ve algılayıcı verilerinden yararlanarak makinelerdeki aniden meydana gelen duruşları azaltmak ve bakım tarihini önceden belirleyip duruşu ortadan kaldırmak yönünde katkı sağlamaktadır.

3. BAKIM PLANLAMASI YÖNTEMLERİ

Bütün işletmelerde parçaların eskimesi, makinelerin bozulması, binaların veya tesislerin aşınması söz konusudur. Bu nedenle, bakım planlarının hazırlanması ve uygulanması kaçınılmaz bir durumdur. Bakım, fonksiyonel bir birimi, belli bir durumda tutmayı, eski durumuna getirmeyi ya da belli işleyiş özellikleri kazandırmayı sağlayan işlemlerin tamamıdır (Lyonnet, 1991). Bakım, önceden yüksek maliyet gerektirdiği için fayda sağlanamayan bir yapı olarak değerlendirilirken, yeni zamanda üretim verimliliğinin ve etkinliğinin iyileştirilmesi, ürünlerin kaliteli üretilmesi, sevkiyatların gecikmemesi gibi durumlara yardımcı olması nedeniyle önemi kazanmıştır. Bakım, üretim bütçesine bağlı olarak gerekli harcamaların yapıldığı, maliyet azaltma programları arasında çoğunlukla ilk sırada yer almaktadır (Tsang, 2002).

EN-13306 (2010)'a göre bakım Şekil 3.1'de gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır. Bu geleneksel yaklaşımda düzeltici bakım ve önleyici bakım ana başlıkları ile incelenirken, literatürdeki yeni çalışmalarda 2015 yılından itibaren farklılığa uğramıştır. 2010 yılındaki standarda göre önleyici bakımın altında incelenen kestirimci bakımın önemi artmıştır. Literatürdeki son çalışmalarda önleyici bakımın da artık sadece ön belirlemeli bakımı kapsayacak şekilde tanımlandığı görülmektedir (Wang vd., 2016).



Şekil 3.1. Bakım türleri

3.1. Düzeltici Bakım

Arıza olduktan sonra yapılan bakım çalışmasıdır. Düzeltici bakımda arıza anında farkında olmadan, sonrasında daha büyük etkilere ve duruşlara neden olacak kayıplar görülebilmektedir (Baskak, 2005). Bu yöntemde makine arıza yaptığında müdahale gerçekleştirilir. Bakım-onarım maliyetleri oldukça düşük ve bakım onarım işlemi için daha az elemana ihtiyaç duyulur. Bu yöntem; çok sayıda yedekleri bulunan, kolay tamir edilebilen ve fazla pahalı olmayan makinelerle, çoğunlukla küçük işletmelerde üretim yapan tesislerde ve atölyelerde uygulanmaktadır. İşletmede arıza zamanı bakım yapıldığından, üretim verimi düşük ve onarım esnasında fazla süre kaybı olduğu için üretim kaybı oldukça fazla olmaktadır. Düzeltici bakım, bozulan bir sistem için arıza nedenlerini tanımlamak ve arızaları düzeltmek yolu ile gerçekleştirilen bakım türüdür Bu bakım türü bir veya birden fazla yetersizlik semptomu içerebilen, başarısızlık durumlarının tanımlanmasına odaklanır (Wang vd., 2016). Bu bakım yönteminin en önemli sakıncası, hasarın ne zaman ortaya çıkacağı bilinmediğinden, gerçek bir üretim planı yapmanın olanaklı olmayışıdır (Er, 2004).

3.2. Önleyici Bakım

DIN EN 13306 standardı önleyici bakımı “Önceden belirlenmiş aralıklarla veya belirtilen kriterlere göre yapılan ve bir öğenin işleyişinin bozulma veya bozulma olasılığını azaltmaya yönelik bakım” olarak tanımlamaktadır. Sonuç olarak, önleyici bakım, arızaları veya bir makinenin bozulmasını önlemeyi amaçlayan, bakımı arızadan önce gerçekleştirilen bir dizi eylemi tanımlar. Önleyici bakım, ekipmanın ömrünü arttırmak ve planlanmamış bakım etkinliğini önlemek için tasarlanmış, tesisin ve ekipmanın planlı bakımıdır (Worsham, 2004). Önleyici bakım, tesis ve donanımın belirli bir programa göre arıza oluşma koşuluna bakılmaksızın yapılan muayene, yağlama, ayarlama, yenileme, revizyon ile birlikte ekipmanın kullanılabilirlik süresinin artırılması çalışmalarını kapsamaktadır. Bu tür zaman esaslı çalışmalar planlı bakım olarak adlandırılmaktadır. Amaç acil bakım gereksinimlerini en aza indirmektir (Swanson, 2001).

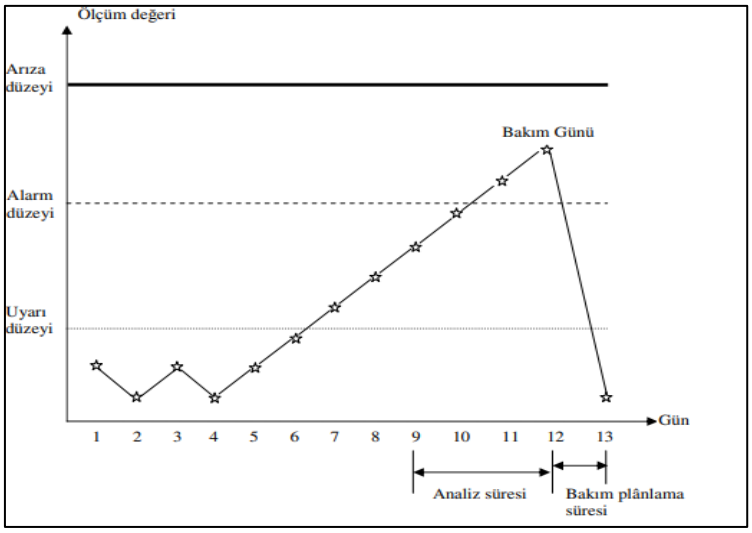
Önleyici bakımda arıza oluşmadan müdahale edildiği için beklenmeyen ekipman arızaları gerçekleşmez. Plansız bakımda olduğu gibi olay gelişen arıza temelli değildir. Bu yaklaşımda makine veya parça üreticisi firmaların kullanım kılavuzları ya da kendi bilgi, sezgi ve deneyimleri kullanılarak belirli periyotlar ile muayene, bakım veya parça değiştirme yapılmaktadır (Worsham, 2004). Planlı bakım yaklaşımının uygulanabilmesi için dokümanlar hakkında bilgi ve deneyime sahip olmak gerekir. Her makine, için hangi periyotta nelerin yapılacağı belirlenmelidir. Bu bilgiler ışığında planlı bakım programı oluşturulmalıdır (Baskak, 2005).

Önleyici bakım aşağıda verilen amaçlar doğrultusunda yapılmaktadır (Worsham, 2004). Bu amaçlar;

- Makine duruşunu azaltarak üretimi artırmak,
- Makinenin kullanım ömrünü artırmak,
- Daha iyi ekipman ile sağlam üretim malzemesi meydana gelmesini sağlamak,
- Arıza hasarlarını en aza indirmek,
- Daha iyi kalite koşullarını sağlamak,
- Bakım giderlerini azaltarak üretimin verimliliğini artırmaktır.

3.3. Kestirimci Bakım

DIN EN 13306 standardına göre kestirimci bakım; “Tekrarlanan analizin bilinen sistemlerinin ve öğe bozukluğundan kaynaklı önemli parametrelerinin değerlendirilmesiyle elde edilen koşullu bakım” olarak tanımlanmaktadır. Kestirimci bakım ekipmanın teknik hasar görme süresini artırmadan hizmet ve kullanımını en yüksek noktaya çıkaran bakım görevlerini yerine getirme faaliyetidir. Makine ve ekipmanın normal çalışıp çalışmadığının periyodik ölçüm ve kontroller ile izlenmesi, gerçekleştirilen sonuçların değerlendirilerek bir arızasının olup olmadığının ortaya çıkması, arıza olasılığı varsa gerekli bakım-onarım faaliyetinin uygun bir zamanda yapılmak üzere planlanarak gerçekleştirilmesi kestirimci bakımdır. Şekil 3.2’de şematik olarak kestirimci bakımın, güvenliği arttırdığı kanıtlanmıştır (Zhou vd., 2007).



Şekil 3.2. Kestirimci bakım grafiği (Baskak, 2005)

Kestirimci bakım sisteminin yararları (Kocaciğer, 2003);

- Ani arızaların olmaması,
- İkincil hasarların meydana gelmemesi,
- Bakım masraflarının azalması,
- Hurdaya ayrılan malzemenin kısıtlanması,
- Yedek parça stoklarının azalması,
- Bakım zamanının kısalması,
- Ekipman ve malzemenin ömrünün uzaması,
- Makine performansının artmasıdır.

3.3.1. Kestirimci (Öngörücü) bakımın aşamaları

Kestirimci bakım, ölçme ve kontrol, analiz değerlendirme, bakım planlaması ve bakım onarım olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

Ölçme ve kontrol

Makine ve ekipmanların çalışma koşullarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi için yapılan çalışmadır. Ölçme ve kontrol faaliyetlerinde ölçümler özel aygıtlar yardımıyla yapılır. Bu ölçümler gürültü ölçümü, dokunarak ısınma veya titreşim ölçümü, basınç ve akım farkı ölçümü vb. sayılabilir (Baskak, 2005). Ölçme ve kontroller yapılırken genelde

makine durdurulmadan veya çok kısa duruşlar sırasında yapılabilmektedir. Makine çalışırken yapılan ölçüm, arıza nedenlerinin belirlenmesinde en gerçekçi ve en hızlı yöntemdir (Erçelebi ve Ergin, 1997).

Analiz ve değerlendirme

Ölçüm yapıldıktan sonra parametrelerin sonuçlarının yorumlanmasıdır. Ölçülen parametrenin (titreşim, basınç, akım, viskozite vb.) ölçüm ve kontrol analizi sonucunun zaman içinde gelişiminin ortaya çıkartılması yapılmaktadır. Bu durum için çeşitli bilgisayar programları yardımıyla parametreler grafik haline getirilerek, ekipmanların çalışma koşullarının ne durumda olduğu belirlenir (Baskak, 2005). Analiz ve değerlendirme ile arıza potansiyelini ortaya çıkarmak için ölçülebilecek ve analiz edilebilecek birçok parametre bulunmaktadır. Bunların en önemlileri (Parida vd., 2000);

- Vibrasyon,
- Yağ analizi ile yıpranma analizi,
- Ultrasonik test,
- Motor akım analizidir.

Vibrasyon ölçüm aygıtı ile balans ayar bozukluğu, merkez kaçıklığı, eğri şaft problemi, aşınmış ve hasarlı dişliler, bozuk rulmanlar, civata gevşeklikleri, elektrik motoru arızaları, mekanik çözülme, kayış arızaları ve bozuk zincirler arıza oluşmadan belirlenebilir (Parida vd., 2000). Yağ analizi ile yağın özelliğini yitirip yitirmediğini anlaşılarak, makinenin zarar görmesi veya yağın kullanım ömründen en üst derecede yararlanılması sağlanabilir (Parida vd., 2000). Motor akım analizi ile kesintisiz ve sürdürülebilir bir üretim için elektrik motorlarının arızasız çalışması sağlanır.

Bakım planlama

Belirlenen arıza nedenlerinin giderilmesi için en uygun zamanda analiz ve değerlendirme çalışmalarının yapılmasıdır. Arıza oluştuğu anda iş emri hazırlanıp bakım birimine bildirilmelidir. Arıza nedenine ilişkin parametreler arızanın gelişim hızını ve ortaya çıkış zamanını göstermektedir. Parça ve işçilik gereksinimi dikkate alınarak, söz konusu iş emri için en uygun zaman için bakım takvimi belirlenmelidir (Baskak, 2005).

Bakım onarım

Bakım faaliyetlerinin gerekli malzeme, ölçüm ve belgelerinin belirlenmesinin sağlanmasıdır. Bakım onarım sonrası ölçüm ile makine test edilerek devreye alınır (Baskak, 2005).

3.3.2. Kestirimci bakım uygulamalarında izlenecek yöntem

Firmalarda üretimdeki kesintilerin olması, ürünün zamanında teslim edilmemesinden kaynaklı sevkiyat sıkıntılarının meydana gelmesi ve sürekli bakım için masrafların artması nedenlerinden dolayı kestirimci bakım uygulanmalıdır. Kestirimci bakım için uygulanması gereken işlemler (Baskak, 2005):

- Kestirimci bakım için makinelerin listelenmesi ve önem derecelerinin belirlenmesi,
- Makinelerin bulunduğu yerin krokilerinin seçilmesi ve makinelere kod verilmesi,
- Makinelerin teknik resimlerinin çizilmesi ve makinelerin arıza limitlerinin belirlenmesidir.

4. VERİYE DAYALI MAKİNE ÖĞRENME YÖNTEMLERİ

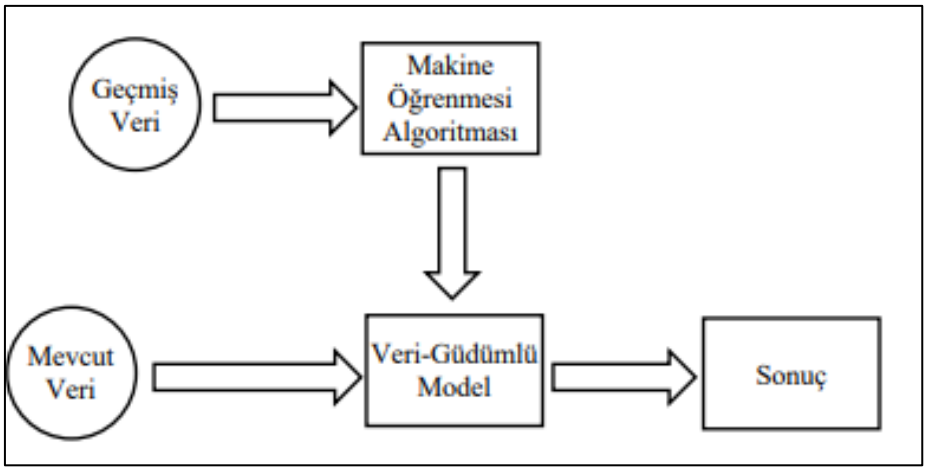
Veri odaklı modeller, makine öğrenmesi tekniklerine dayanmaktadır. Veriye dayalı modeller için hata tipi tespiti ve bakım çalışması alanında çok sayıda yaklaşım bulunmaktadır. Veriye dayalı kestirimci bakım modeli veri toplama, veri işleme, bakım kararı verme olmak üzere üç adımdan oluşur. Algoritmalar eldeki veri setine ve bu üç adıma dayanarak oluşturulur. Veriye dayalı makine öğrenmesinin denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme olmak üzere üç türü vardır.

4.1. Denetimsiz Makine Öğrenme Yöntemi

Bu model probleminde, geçmiş verilere karşılık gelen hedef değerler yoktur. Geçmiş veriler içerisinde benzer örnek gruplarını bulmayı hedefler. Denetimsiz öğrenmede sistemin öğrenmesine yardımcı olan herhangi bir denetçi bulunmamaktadır. Denetimsiz öğrenmede her bir veri, niteliklerin değerlerini içermekte ancak etiket içermemektedir. Bu öğrenme türü etiketlenmemiş eğitim verilerinde kurallar bulmaya, küme etiketlerini ve bazen de küme sayılarını çıkarmaya çalışır (Sebe, 2005).

Denetimsiz öğrenenler, şimdiki algılara dayanarak gelecekteki algıları tahmin etmeyi öğrenebilirler ancak fayda fonksiyonu olmadan hangi eylemde bulunacaklarını öğrenemezler. Bu, daha çok sınıflandırma problemleri için kullanılan bir stratejidir. Sistemin öğrenmesi bittikten sonra çıktıların ne anlama geldiğini gösteren etiketlendirmenin kullanıcı tarafından yapılması gerekmektedir (Öztemel, 2003). Denetimsiz öğrenme yöntemleri, verilerin anlamlı kategoriler altında sınıflandırılmasının istendiği, taksonomi problemlerinde de uygulanmaktadır.

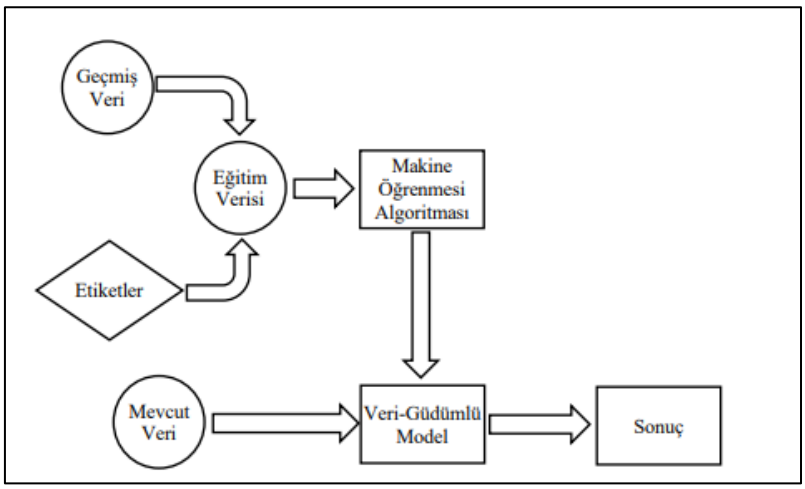
Arıza zamanı tespitinde denetimsiz öğrenmenin kullanıldığı çok çalışma olmadığı için bu tezde sadece bütünlük oluşturması açısından bilgi amaçlı verilmiştir. Şekil 4.1'de denetimsiz öğrenmeye ait bir iş akışı gösterilmektedir (Jahnke, 2015).



Şekil 4.1. Denetimsiz öğrenme (Jahnke, 2015)

4.2. Denetimli Makine Öğrenme Yöntemleri

Denetimli öğrenmede gerçek bir sistemden toplanan geçmiş veriler kullanılmaktadır. Toplanan tüm bu veriler öğrenme işleminde fayda sağlayacak bilgi olarak kullanılmayacağından öncelikle filtrelenmesi gerekmektedir. Bu veriler bir makine öğrenmesi ile işlenerek, bir veri kaydı ile etiketli çıktı arasındaki ilişkiye dayalı bir model elde edilir. Herhangi yeni bir veri için bu yaklaşım, eğitilen modele dayanarak en iyi sonucu vermeye çalışır. Bahsi geçen iş akışı Şekil 4.2'de görselleştirilmiştir (Jahnke, 2015).



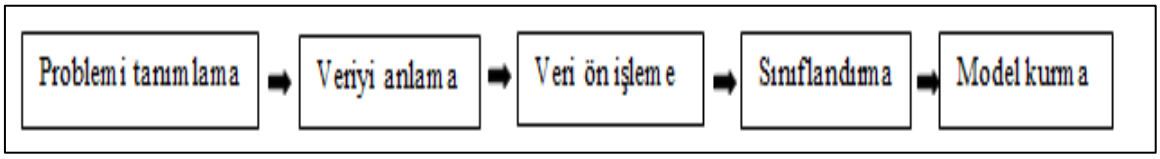
Şekil 4.2. Denetimli öğrenme (Jahnke, 2015)

Arıza zamanı tespiti ve bakım planında, denetimli öğrenme en yaygın kullanılan öğrenme tekniğidir. Bu öğrenme şekli ile gerçek dünya sistemi izlenerek geçmiş verilerin sağladığı avantaj ile pek çok çalışmanın ve analiz yönteminin uygulamasına olanak verilmektedir

(Jahnke, 2015). Denetimli öğrenmede, tahmin modelleri geliştirmek için sınıflandırma ve regresyon teknikleri kullanılmaktadır. Destek vektör makinesi, yapay sinir ağları, lineer regresyon, basit bayes yöntemi, en yakın komşu ve karar ağaçları denetimli öğrenmede yaygın olarak kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerindendir (Caruana ve Niculescu, 2006).

4.2.1. Sınıflandırma yöntemi

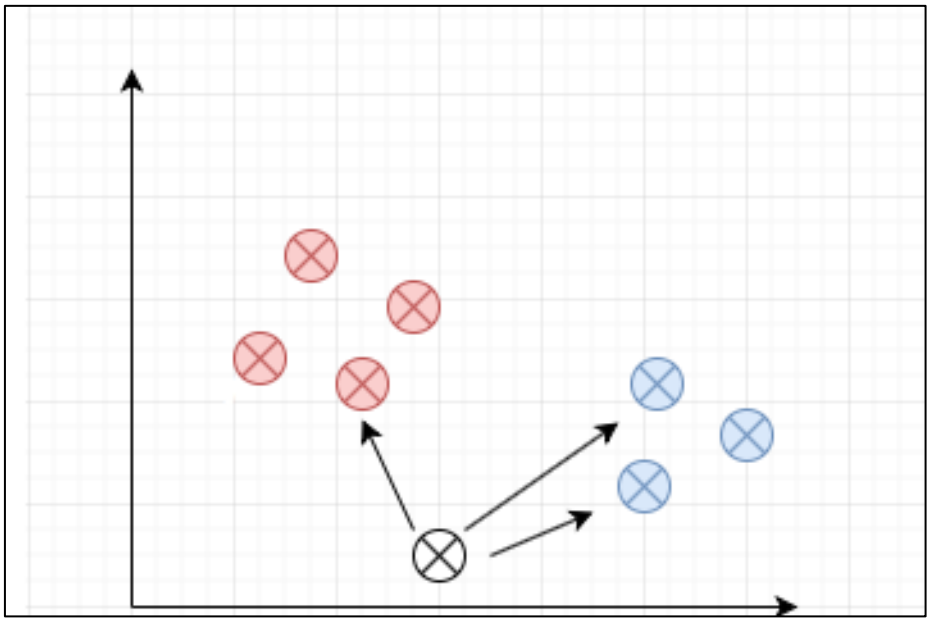
Denetimli öğrenme modeli genellikle sınıflandırma problemi olarak ele alınır ve eğitilmiş sistem ile test setine yönelik tahmin amacıyla kullanılır (Sebastiani, 2002). Sınıflandırma problemleri uygulanan problem veya sonuç beklentisindeki değişikliğe göre farklılık gösterebilmektedir. Sınıflandırma yönteminde, makine öğrenmesi programı verilen değerlerden bir sonuç çıkarmalı ve yeni gözlemlerin hangi kategoriye ait olduğunu belirlemelidir. Örnek verirsek, e-postaları "spam" veya "spam değil" olarak filtrelerken, programın mevcut gözlemsel verilere bakması ve e-postaları buna göre tahminlemesi gerekmektedir. Sınıflandırmada problem tanımlama, veriyi anlama, veriyi hazırlama, veri ön işlemi ve model kurma aşamaları Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Denetimli öğrenme (Jahnke, 2015)

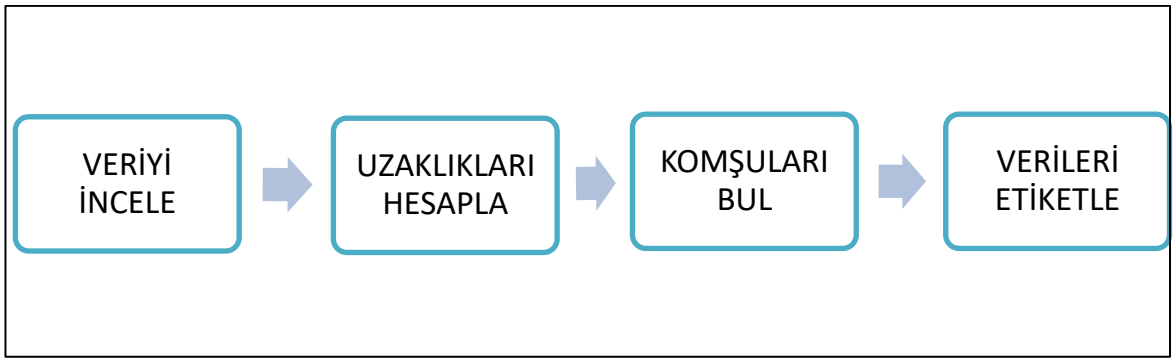
4.2.2. K-En yakın komşuluğu (KNN)

K-en yakın komşu algoritması, Cover ve Hart (1967) tarafından önerilen, örnek veri noktasının bulunduğu sınıfın ve en yakın komşunun, k değerine göre belirlendiği bir tekniktir. Bu algoritma, en iyi bilinen örüntü sınıflandırma yöntemidir ve makine öğrenme algoritmaları arasında en yaygınıdır (Bhatia, 2010). Yöntem en yakın sınıflardaki nesnelerin mevcut durumlarını depolar ve depoladığı yani kaydettiği benzerlik temelinde yeni bir vaka ile sınıflandırır. KNN sınıflandırmasında çıktı, bir sınıf üyeliğidir. Eğer k = 1 komşu katsayısı ise o zaman nesne sadece o en yakın komşunun sınıfına atanır (Coomans ve Massart, 1982). KNN, özelliklere göre en yakın değerlere dayanarak nesneleri sınıflandırması Şekil 4.4 ile gösterilmiştir.



Şekil 4.4. KNN örnek çizim (Coomans ve Massart, 1982)

Aşağıdaki Şekil 4.5'de en yakın komşu algoritmasının adımları verilmiştir.

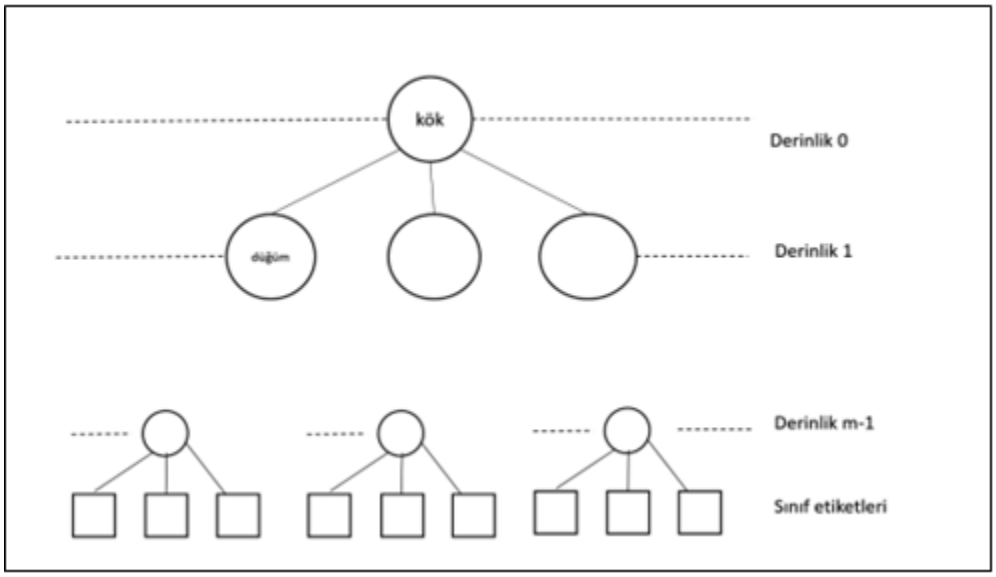


Şekil 4.5. KNN algoritma adımları

4.2.3. Karar ağacı

Karar ağacı denetimli bir öğrenme algoritması türüdür. Hem kategorik hem de sürekli giriş ve çıkış değişkenleri ile çalışır. Karar ağacı olası tüm seçenek ve faktörlere dayanan sonucu verilere bağlı olarak değerlendiren, parametreler ya da semboller kullanımı yoluyla karar vericiye problemi anlatan ve çözdüren grafiksel bir tekniktir.

Karar ağacı, problemin tümünü ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır. Herhangi bir karar problemi için kullanılabilen karar ağacı yönteminin algoritması Şekil 4.6'da ifade edilmiştir (Albright, 2006).

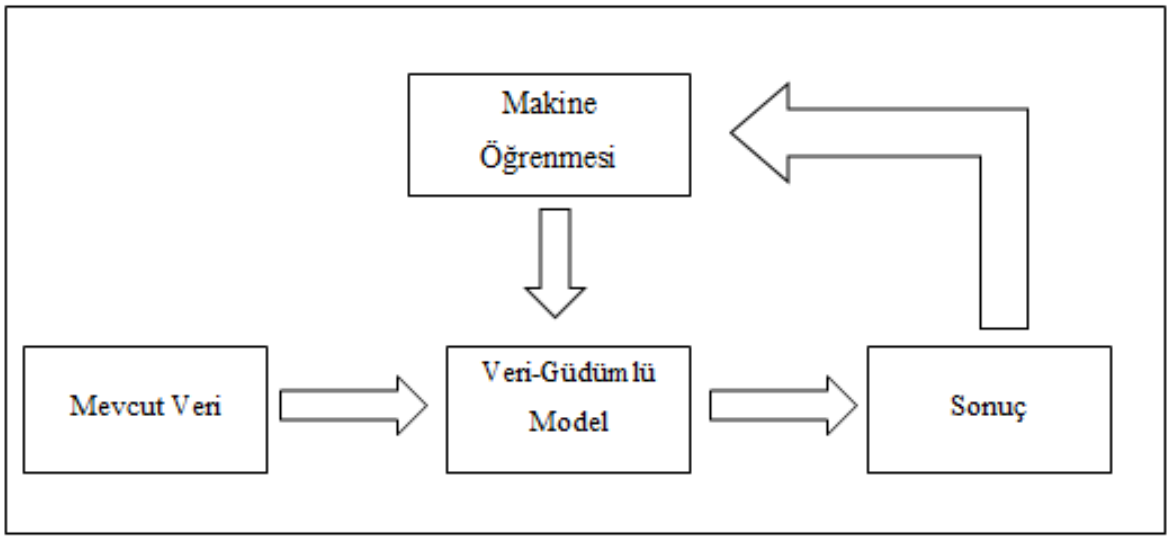


Şekil 4.6. Karar ağacı genel yapısı

4.3. Pekiştirmeli Makine Öğrenmesi Yöntemi

Bu öğrenme türünün diğerlerinden farkı geçmiş veriden öğrenme aşaması yoktur. Makine öğrenmesi bu yöntemde deneme ve yanılmaya dayanmaktadır. Arıza zamanı tespiti ve kestirimci bakımda gerçek geçmiş veriler üzerinde çalışmalar yapıldığından bu alanda literatürde pekiştirmeli öğrenme tekniğine rastlanılmamıştır.

Pekiştirmeli öğrenme tekniğine ilişkin diyagram Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Pekiştirmeli öğrenme

5. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Çok kriterli karar verme yöntemi birbiriyle çelişen birçok kriteri birlikte değerlendirerek alternatiflere yeni değerler atama olarak tanımlanmaktadır. Çok nitelikli ve çok amaçlı karar verme olmak üzere iki çeşit karar verme mevcuttur. Eğer problem kriterlere puanlar verilerek alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyi alternatifin seçilmesi ise çok nitelikli karar verme fakat çelişen amaçlara göre en iyi alternatifin seçimi ise çok amaçlı karar verme problemidir. Her iki problem tipi de bir ya da birden fazla karar vericiye sahiptir. Bu çalışmada alternatiflerin değerlendirileceği çok nitelikli karar verme problemi ele alınmıştır.

Çok nitelikli karar verme, birden fazla ve aynı anda uygulanan alternatiflerin içerisinden en iyisinin seçilmesini sağlayan yöntemdir. Sonlu sayıda seçeneğin seçilmesi, sıralanması, sınıflandırması, önceliklendirmesi veya elenmesi amacıyla ağırlıklandırılmış, birbirleriyle çelişen, aynı ölçü birimini kullanmayan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi çok nitelikli karar verme işlemidir (Hwang ve Yoon, 1981). Her bir alternatif, karar vericinin nitelik olarak belirttiği bazı ölçütlerle karakterize edilir (Lio ve Hwang, 1994). Tasarım probleminden çok seçim problemidir. Matematiksel optimizasyon gerektirmez. Puanlama modelleri olarak, AHP (Analitik Hiyerarşi Süreci), ANP (Analitik Şebeke Süreci), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite) bu grupta sayılabilecek yöntemlerdir (Gregory, 1988).

Tez çalışmasında AHP ile en iyi makine öğrenme yöntemi alternatifi belirlenecektir.

5.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Saaty (1980) tarafından önerilen Analitik Hiyerarşi Prosesi birçok kriterli karar verme yöntemidir. AHP, sonlu sayıdaki alternatifleri birden fazla kritere göre değerlendiren ve seçenekleri önem sıralamalarına göre ayarlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde karar vericinin daha etkin karar vermesi amaçlanmıştır. Bu yöntemin aşamaları;

- Karar verilecek problemin anlaşılabilir olması için hiyerarşik olarak düzenlenmesi gerekir. Bunun için karar problemindeki ana hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifler hiyerarşik bir yapıda hazırlanır. Amaç kriterlerin ve alternatiflerin önceliklerini

tanımlamaktır. Karşılaştırmalar yapılırken daha çok Çizelge 5.1'de verilen tercih ölçeği kullanılmaktadır (Saaty, 1980).

Çizelge 5.1. Tercih ölçeği

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki kriterin önem eşit öneme sahip olması
3	1. Kriterin 2. Kriterden daha önemli olması durumu
5	1. Kriterin 2. Kriterden çok önemli olması durumu
7	1. Kriterin 2. Kritere nazaran çok güçlü öneme sahip olması durumu
9	1. Kriterin 2. Kritere nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler

- Alternatif setini gösteren A'da n ve m alternatifleri alınarak a_{nm} matris elemanı oluşturulur. İki alternatif kıyaslamasında $a_{nm}=1/a_{mn}$ olur. Karar verici alternatifleri arasında sonsuz kat iyi ya da kötü sonucuna ulaşamaz. Şekil 5.1'de A_{nm} matrisinin oluşumu verilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Şekil 2.2. A_{nm} matris oluşumu

- Karar problemi hiyerarşik olarak formüle edilir.
- Normalizasyon işlemi gerçekleştirilip, ağırlık matrisi hesaplanır. Tüm kriter ve alternatifler değerlendirilip sezgiler doğrultusunda ağırlıklandırılır.
- Tutarlılık analizi yapılır ve alternatiflerin ağırlıklandırılması belirlenir.

Tutarlılık analizi hesabı için normalize öncesi ikili karşılaştırma matrisi vektörü ile ağırlık sütunu çarpılır. A normalize öncesi matris, W ağırlık sütunu, bizden istenen A*W eşitliğini bulmaktır. Sonuç vektörü için bulunan bu değerin ağılık değerine oranı alınır. Bunların ortalaması Dmax değerini verir. Bu değer tutarlılık indeksini bulmamızdaki pay değeridir.

Sonrasında kriter n-1 ile bölünerek TI tutarlılık indeksi hesaplanır. Belirtilen n kriter sayısı değeridir.

AHP ile karmaşık yapılı çok kriterli problemleri çözmek amaçlanmaktadır. AHP ağırlık hesaplanmasında göreceli ölçüm ve mutlak ölçüm olmak üzere iki yöntem mevcuttur. Göreceli ölçüm, genelde yeni durumlarda, mutlak ölçüm ise standartlaşmış problemlerde kullanılmaktadır. Göreceli ölçümde alternatifler bir kritere göre ikili karşılaştırma şeklinde değerlendirilirken, mutlak ölçüm yönteminde geçmiş tecrübeler sonucu elde edilen standartlar alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılır. Bu çalışmada mutlak çözüm yöntemi yapılmıştır.

6. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

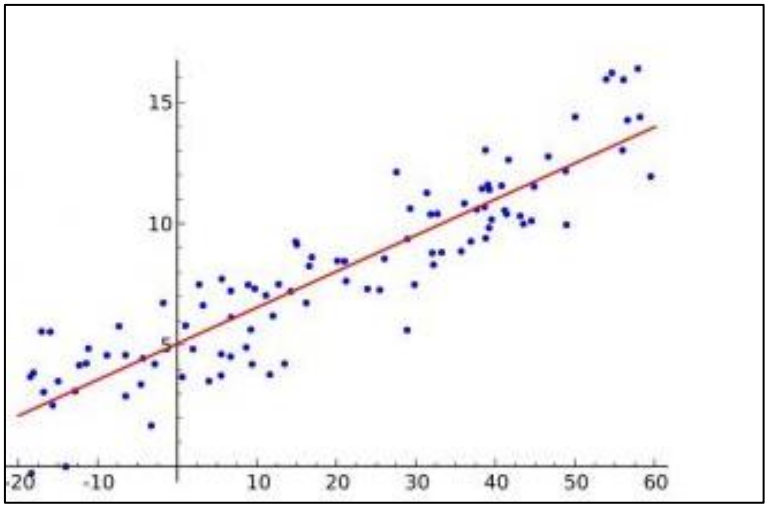
Bir yapay zekâ oluşturulurken katman sayısı, birim sayısı, öğrenme oranı ve fonksiyonu gibi parametrelerde karar verilmesi gerekmektedir. Bu parametrelerdeki değerlerin sağlayacakları başarımları önceden tahmin etmek oldukça zordur. Bu yüzden makine öğrenmesi bu konuda önemli ölçüde yer almaktadır.

6.1. Regresyon

Regresyon, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek olarak tanımlanmıştır. Regresyon parametreleri birbirileri ile bağımlı ya da bağımsız olabilir. Buradaki amaç parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Arıza tespiti için bakım planlaması tahmininde kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Doğrusal regresyon ve lojistik polinomal regresyon olmak üzere iki çeşittir.

6.1.1. Doğrusal regresyon

Bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi açıklayan doğrusal bir yaklaşımdır. Tahmin için kullanılan en önemli algoritma türüdür (Freedman, 2009). Basit doğrusal regresyon, veriler arasındaki ilişkiyi özetleyen istatistik bir yöntemdir. X-ekseninde gösterilen birinci değişken tahmin edici, bağımsız değişkendir. Y-ekseninde gösterilen ikinci değişken ise bağımlı değişkendir. Aşağıda Şekil 6.1'de regresyon yöntemi görsel olarak ifade edilmiştir.



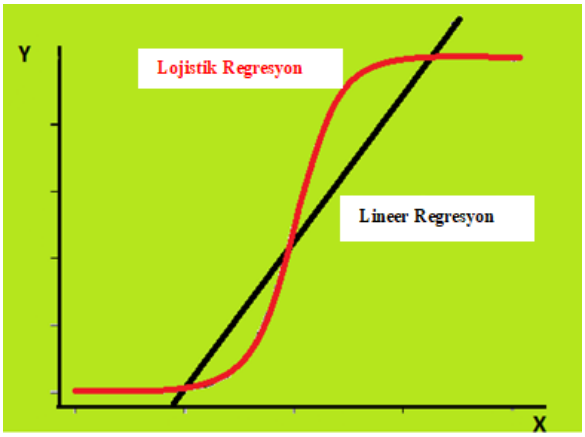
Şekil 6.1. Doğrusal regresyon (Freedman, 2009)

Doğrusal regresyonun avantajları;

- Teorisi çok iyi geliştirilmiş olması nedeniyle makine davranışlarını iyi bilmesi,
- Çok geniş ve çeşitli karmaşık ilişkileri ifade edebilmesi,
- Spesifik veriler için büyük tahmin problemleri çözebilmesi,
- Geliştirilmiş veri kümesindeki ilişki tespitinin belirlenmesidir.

6.1.2. Lojistik regresyon

Lojistik Regresyon sınıflandırmada kullanılan kuvvetli bir regresyon yöntemidir. Kategorik veya sayısal verilerdeki sınıflandırılma işlemi için kullanılır. Bağımlı değişkenin yani sonucun Evet/Hayır vs. olmak üzere sadece 2 farklı değer alabilmesi durumunda çalışır. Doğrusal regresyon ile birbirine benzemektedir. Şekil 6.2'de doğrusal regresyon ve lojistik regresyon karşılaştırılması ifade edilmiştir.



Şekil 6.2. Regresyon yöntemi (Freedman, 2009)

Doğrusal regresyonda 1. eşitlikte y bağımlı değişkeni, x bağımsız değişkeni, β_0 kesişim noktası, β_1 doğru eğimini ve ε ise gerçek değerlerin sapmalarına neden olan rassal değişkeni ifade etmek için kullanılır (Kutner vd., 2015).

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \qquad (6.1)$$

Lojistik regresyonda 2. eşitlikte ise bağımlı değişkenin sürekli çıkış değerleri değil de sınıfları tahmin edilmektedir. Lojistik regresyonda, s, bağımsız x değişkeninin $-\infty$ ile $+\infty$

arasında değerler alabilen doğrusal işlevi olduğunda ikinci eşitlikteki ifade kullanılır (Gök ve Atuntaş, 2017).

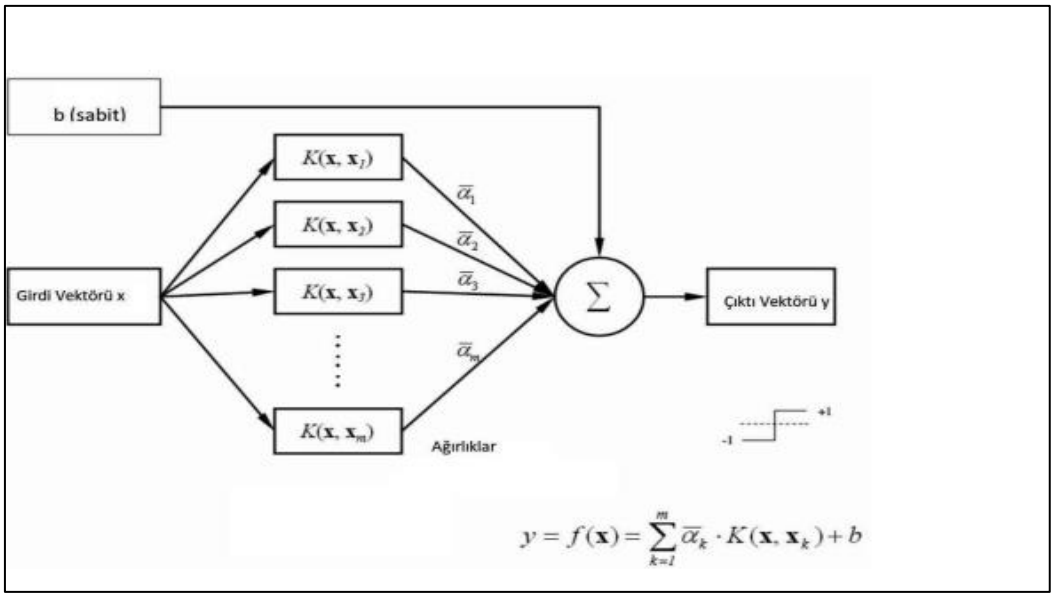
$$f(s) = (e^{S}/ 1 + e^{S}) = (1/ 1 + e^{-s}) \quad (6.2)$$

6.2. Destek Vektör Makineleri Yöntemi

Son zamanlarda, sınıflandırma problemleri için geliştirilmiş en başarılı makine öğrenimi algoritmalarından biridir. Destek vektör makinesi birçok sınıflandırma probleminin çözümünde başarıyla uygulanmış performansı yüksek, etkin bir yöntemdir. En önemli avantajı, sınıflandırma problemini kareli optimizasyon problemine dönüştürüp çözmesidir (Osowski, 2004). Büyük hacimli verilerde en etkin avantajı sağlamaktadır.

Ek olarak optimizasyon temelli olduğu için sınıflandırma performansı, hesaplama karmaşıklığı ve kullanışlılık açısından diğer tekniklere oranla daha başarılıdır (Nitze vd., 2012).

Destek vektör makinesi algoritmaları, veriye ilişkin herhangi bir birleşik fonksiyon bilgisine ihtiyaç duymadığı için dağılımdan bağımsız öğrenme algoritmalarıdır. Örüntü tanıma ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için Vapnik (2000) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin temeli öğrenme sistemine dayanmaktadır. Destek vektör makinesindeki amaç, sınıfları birbirinden ayıracak optimal ayırma düzleminin elde edilmesidir. Başka deyişle, farklı sınıflardaki destek vektörleri arasındaki uzaklığı maksimize etmektir. Destek vektör makineleri birbirlerine en yakın veri noktaları arasında bir hiper düzlem çizer. Bu hiper düzlem sınıfları ayırır ve aralarındaki mesafeyi en yükseğe çıkarır. Aşağıda Şekil 6.3'de destek vektör makinesinin ağ yapısı tanımlanmıştır. Destek vektör makinelerinde bazen doğrusal olmayan bir veri kümesinden doğrusal bir hiper düzlem çizemedikleri için doğrusal sınıflandırma yeterli gelmeyebilir, çekirdek fonksiyonları kullanılır (Karaeminoğulları, 2020). Akış şemasında $K(x, x_m)$ çekirdek fonksiyonlarını, α ise ağırlıkları gösteren Lagrange çarpanını ifade etmektedir (Ayhan ve Erdoğmuş, 2014).



Şekil 6.3. Destek vektör makinesi ağ yapısı (Ayhan ve Erdoğmuş, 2014)

7. UYGULAMA KONUSU VE ÇÖZÜM TEKNİKLERİ

Çalışma savunma sanayi gibi Türkiye'de gelişmekte olan bir sektörde, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi firmasında gerçekleştirilmiştir.

Uygulamanın yapıldığı firmanın, dünyanın birçok ülkesinde müşteri sahibi olduğu bilinmektedir. İşletme üretimde dünya çapında bilinilirliği olması nedeniyle seçilmiştir. Çalışmadaki amaç bakım planlaması tahmini yapılarak ani duruşların önüne geçmek, üretimin verimliliğini artırmak ve sevkiyat gecikmelerini ortadan kaldırmaktır. Çalışmanın ilk aşamasında bakım bölümünden sürekli arızaya geçen istasyon bilgileri alınmıştır. Alınan bu veriler, alanda bulunan istasyonlardaki, hangi makinaların ve kojilerin arızaya geçtiğini, arızaya geçtiği tarihleri, arızalı kalma sürelerini, arızalanma nedenini, yedek parçaların temin edilme sürelerini ve uygulanan çözüm yöntemlerini vermektedir. Bu verilerden yola çıkarak bu istasyonlarda gerçekleşen arızaların kaynaklandığı nedenler ve bakım süreleri analiz edilmiştir. Dijital dönüşümden sıcaklık, basınç, ortam gazı ve nem üzerine istasyondaki sensör verileri alınmıştır. Bu istasyonlardaki sensör verileri dikkate alınarak tek bir istasyon üzerinde bakım tahminlemesi çalışması yapılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak belirlenmesi gereken, hangi istasyondaki duruşun daha fazla maliyete ve verimsizliğe yol açtığı, duruş sayısı ve nedenidir. Bu veriler üzerinde ilk olarak makine öğrenmesinin birincil aşaması olan veri temizleme çalışmasının yapılması planlanmıştır. Bakım ve sensörden gelen veriler analiz edilip birleştirilerek bakım için tahminleme çalışmasında kullanılacak olan alt veriler tamamlanmıştır.

İşletmede sürekli ani duruşların yaşandığı 210, 223, 299, 933, 592, 620, 961 gibi önemli istasyonlarda tezgâhlar mevcuttur. Bu tezgâhlar üzerinde sensörler bulunmaktadır. Metrik sensörlerle kaydedilen sıcaklık, titreşim, gaz direnci, basınç ve nemdir. Grafana programı ile veri tabanındaki bilgiler alınıp görselleştirilmektedir. Makine üzerine yerleştirilen sensörler büyük ölçüde arızaya sebebiyet verebileceği için motor üzerine yerleştirilmeyip ekipman denilen koji üzerine yerleştirilmiştir.

7.1. Mevcut Durum Analizi ve İstasyon Seçimi

2018, 2019, 2020 yıllarına ait istasyonlardaki dakika cinsinden toplam duruş süreleri ve duruş sayıları Çizelge 7.1'de gösterilmektedir. Bu istasyonlarda sürekli ani duruşlar gerçekleştiği için üretim açısından büyük maddi ve manevi kayıplara yol açılabilmektedir.

Çizelge 7.1. İstasyon duruş sayısı ve toplam süresi

0	MAKİNE DURUŞ SAYISI	TOPLAM ARIZALANMA SÜRESİ (DK)
223	229	1569,05
299	635	5288,51
933	361	4212,77
961	302	2339,03
Genel Toplam	1527	13409,36

Bu istasyonlar üzerinde belirli kojilere sensörler yerleştirilmiş ve alınan veriler kaydedilmeye başlanmıştır. Makine üzerindeki çevresel faktörlerden kaynaklı veriler toplanmıştır. Bu istasyonların sensör takılan kojilerindeki duruş sayısı ve toplam duruş süresinin analizi Çizelge 7.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2 .Sensör takılan kojilerdeki istasyon duruş sayısı ve toplam süresi

İSTASYON NO	MAKİNE DURUŞ SAYISI	TOPLAM ARIZALANMA SÜRESİ (DK)
223	229	1569,05
612-1	229	1569,05
299	635	5288,51
647-01	191	1225,15
647-02	195	1976,96
647-03	249	2086,4
933	361	4212,77
592	187	2054,54
620	174	2158,23
961	302	2339,03
635	302	2339,03

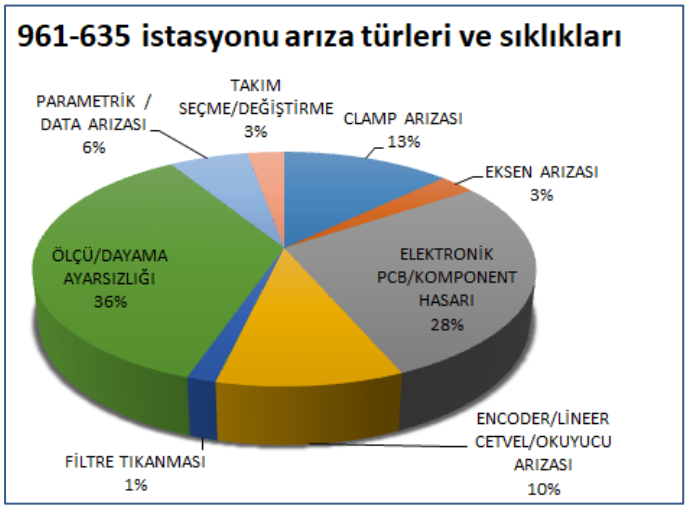
İstasyonlara ait analizler incelendiğinde 961 istasyonuna bağlı 635 kojisindeki duruş süresi ve duruş sayısı diğerlerinden fazla olduğu için kritik istasyon yani dar boğaz olarak bu istasyon belirlenmiş olup, 961-635 istasyonunda çalışma yapılmasına karar verilmiştir.

Son 3 yıl boyunca 961 istasyonu 635 kojisinin arızaya geçme nedenleri ve bu nedenlerden dolayı arıza süreleri Ek-3'te verilmiştir. Çizelge 7.3'de sevkiyata etkisi açısından durdurucu olan arıza türlerinin en önemlileri gösterilmiştir.

Çizelge 7.3. 961 istasyonundaki sevkiyatı etkileyen arıza türleri ve süreleri

MAKİNE ARIZA TÜRÜ	ARIZA SAYISI	TOPLAM ARIZA SÜRESİ (DK)
CLAMP ARIZASI	2	70,84
EKSEN ARIZASI	4	15,28
ELEKTRONİK PCB/KOMPONENT HASARI	7	154,39
CETVEL/OKUYUCU ARIZASI	4	56,08
FİLTRE TIKANMASI	2	8,84
ÖLÇÜ/DAYAMA AYARSIZLIĞI	17	198,43
PARAMETRİK / DATA ARIZASI	13	33,29
TAKIM SEÇME/DEĞİŞTİRME	2	15,51
GENEL	51	552,66

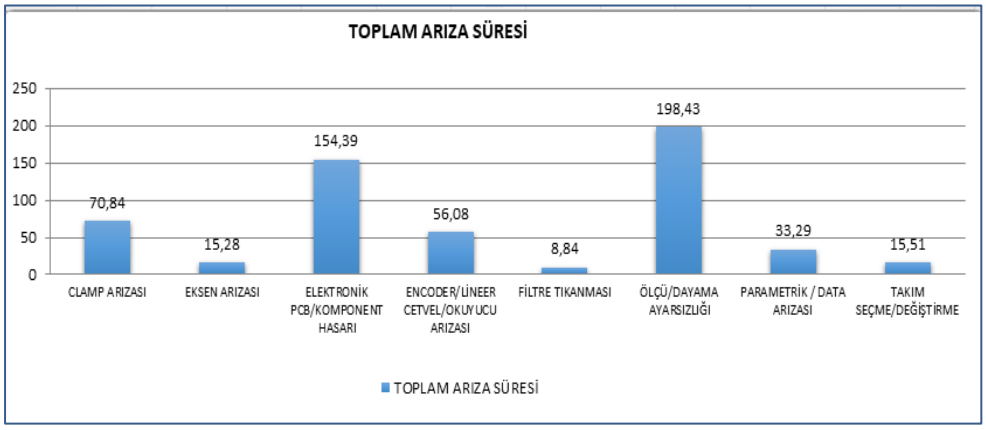
Aşağıda Şekil 7.1'de arıza türlerinin yüzdelik dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 7.1. İstasyon arıza türleri

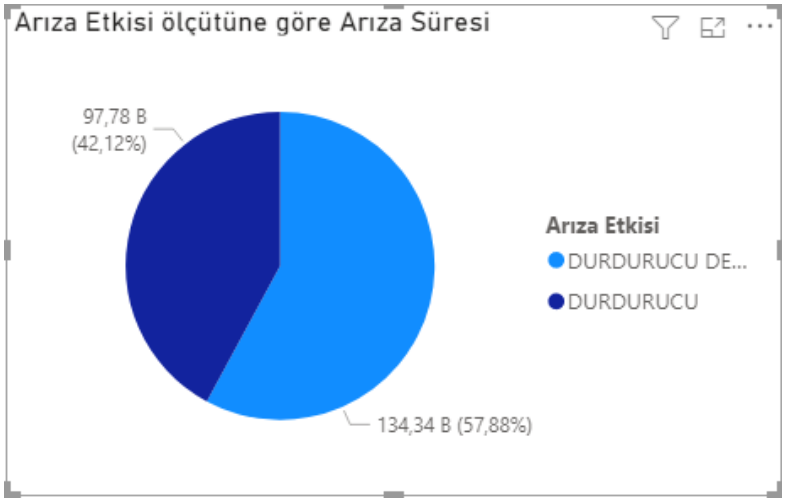
Şekil 7.1'de görüldüğü üzere belirlenen ilk üç önemli hata türü, ölçü ayarsızlığı, elektronik komponent arızası ve clamp arızasıdır. Bu arızalardan bazıları durdurucu olduğu için üretimi tamamen etkilemektedir. Bu nedenle bakımın zamanında yapılması büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde üretim durmakta, verimsizlik artmakta ve sevkiyatlar

gecikmektedir. Sevkiyat gecikmesinden kaynaklı TUSAŞ firmalara cezalar ödeyebilmektedir. Şekil 7.2'de arızalara ait toplam süreler grafikle gösterilmiştir. Ölçü ayarsızlığı hatasında duraklama süresi diğerlerinden daha fazla olduğu için yaptığımız analizler sonrasında bu hataya sebebiyet veren fiziksel etken için iyileştirilme çalışmaları yapılabilecektir.



Şekil 7.2. 635 Kojisine ait toplam arızalanma süreleri ve arıza türleri

Oluşan arızaların % 42,12'si üretim için durdurucu, % 57,88'inin ise üretim açısında duruşa engel olmadığı veri temizleme çalışması ile belirlenerek Şekil 7.3'de gösterilmiştir.



Şekil 7.3. 635 Kojisine ait risk bilgisi

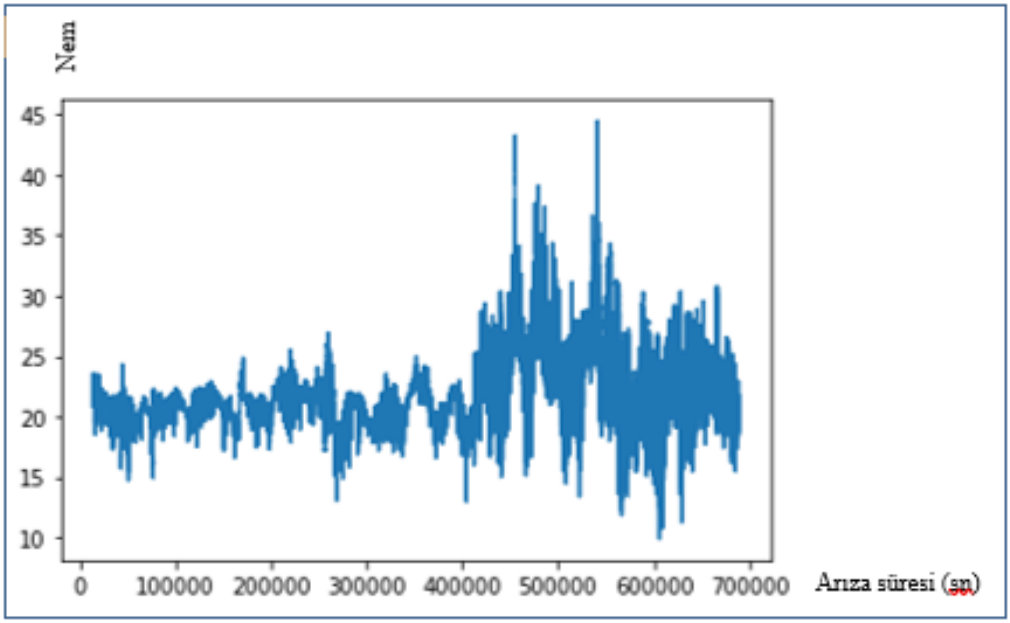
7.2. Sensör Veri Analizi

Sensör takılan 961 istasyonundaki verilerin analizi incelenmiştir. Bu verilere makine öğrenmesinin ilk adımı olan veri ön işleme yapılarak veri temizlenmesi sağlanmış ve

sonrasında spyder yazılımında tablolar oluşturulmuştur. Sensörden alınan veriler için python programlama dili kullanılarak tablolar ve grafikler oluşturulmuştur. Sensörden alınan veriler analiz edildiğinde, çoğu zaman art arda uzun duruşların yaşanmış olduğu görünmektedir. Bu duruşların süresi de normal süreden daha uzun olup üretimi durdurucu olarak etkilemektedir. Belirtilen uzun duruşlar sevkiyat gecikmesine neden olduğu için üretim açısından istenmeyen bir durumdur.

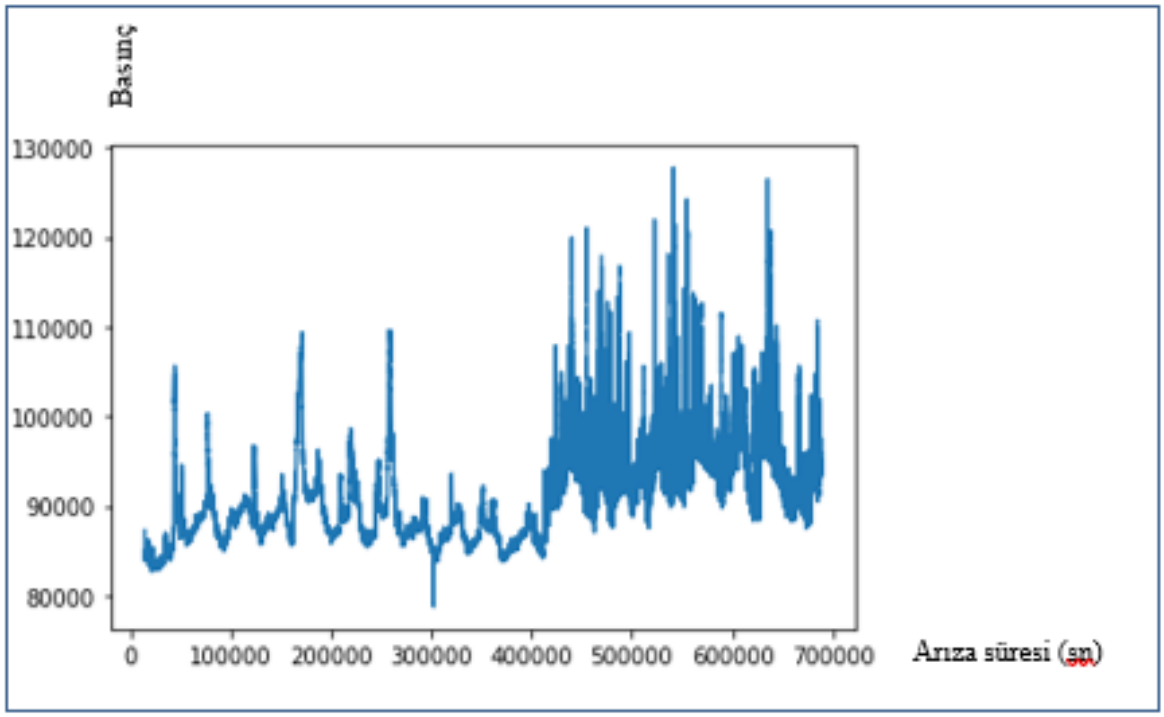
Aşağıdaki grafiklerde x sütunu arıza için geçen süreyi saniye cinsinden y sütunu ise basınç, sıcaklık ve ortamdaki nem değerlerini göstermektedir. Kısaca grafik analizini incelersek aşağıdaki durumlar ortaya çıkmaktadır.

Nem için sensörden alınan veriler ile bakım arıza verileri birleştirilince nem oranındaki dalgalanmaların arıza süresini nasıl etkilediği gösterilmiştir. Kısa bir analiz yapıldığında son zamanlardaki arızanın bir nedeninin de nem oranındaki dalgalanmalar olabileceği Şekil 7.4'te görünmektedir.



Şekil 7.4. Nem ve arıza süresi bilgisi

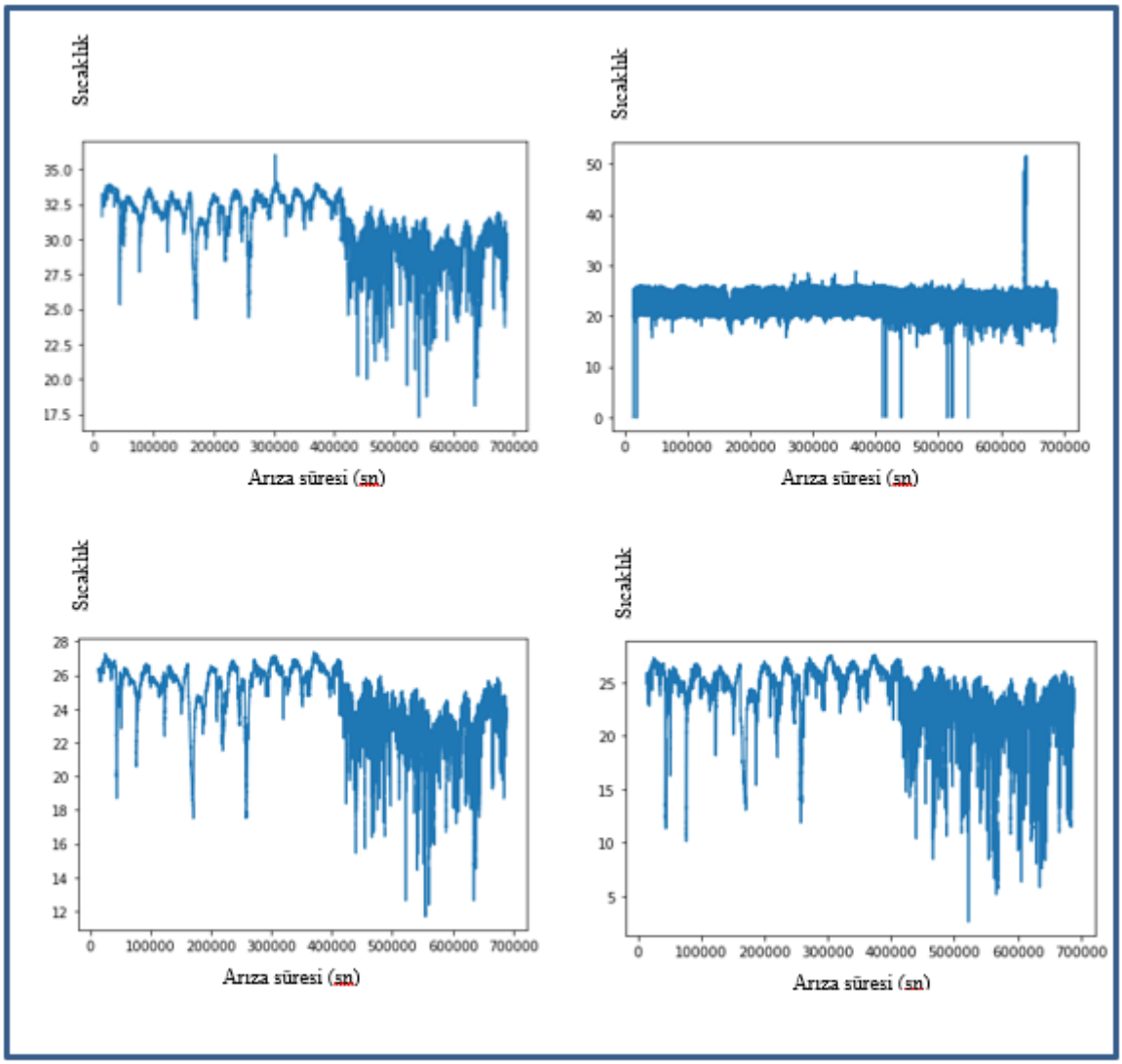
Ortamdaki basınç değeri arttıkça arızalanma süresindeki artış devam etmiştir. Basınç artması ile makinenin arızaya geçme süresi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Basınçtaki hareketliliğin makinenin arıza değerlerine etki ettiği Şekil 7.5'de gösterilmiştir. 8000-130000 arasındaki basınç ve arıza grafiği verilmiştir.



Şekil 7.5. Basınç ve arıza süresi bilgisi

Ortamdaki sıcaklıklara baktığımızda, sıcaklık değişimlerindeki dalgalanmaların fazla olduğu zamanda arıza sürelerinde uzamalar meydana gelmiştir. Arıza süreleri saniye olarak sensöre yansımış ve süreler ilk baştaki sıcaklıklara oranla büyük değişimlere uğramıştır.

Sıcaklığın (santigrat derecesi) belirli bir seviyeye ilerlemesi arızalanma süresini az çok belirginleştirmiştir. Sıcaklık grafikleri, yerleştirilen bir kaç sensörden alınan değişik noktalardaki verilerdir. Makinedeki değişik ortam durumlarından alınan veriler kullanılmaktadır. Şekil 7.6'da her durumdaki sıcaklık ve arıza sürelerinden bahsedilmektedir.



Şekil 7.6. Sıcaklık ve arıza süresi bilgisi

7.3. Korelasyon Analizi

Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemini uygulamak için birden fazla değişken mevcuttur. Arıza anında hangi değişkenin daha baskın olduğunu belirleyip sonrasında bu fiziksel değişken ile makine öğrenmesi yöntemine dayanan tahminleme çalışması yapılacaktır. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için istatistiksel bir yöntem kullanılmıştır. Korelasyon analizi değişkenler arasında bir bağlantının olup olmadığını test etmek için sıklıkla kullanılan analizlerden biridir. Bu analiz yönteminde eğer değişkenler arasında bir ilişki mevcutsa bunun yönü ve büyüklüğü belirlenir. Bu çalışmada makine arızasının sıcaklık, basınç ve nem değişkenlerinden hangileriyle arasında kuvvetli bir ilişki olduğu belirlenecektir. SPSS yazılım uygulaması kullanılarak korelasyon analizi

yapılmıştır. Uygulamada iki değişken arasındaki ilişkiyi gösteren ikili (bivariate) korelasyon kullanılmıştır. Korelasyon sonucunda değişkenler arasındaki ilişkiler için farklı yorumlar yapılabilir. Korelasyon katsayısı (r) -1 ile +1 arasında değişen değerler alır. Bu değerleri yorumlarsak, korelasyon katsayısı 0,00 ile 0,25 arası değerde "çok zayıf", 0,26 ile 0,49 arası değerde "zayıf", 0,50 ile 0,69 arası değerde "orta', 0,70 ile 0,89 arası değerde "yüksek', 0,90 ile 1,00 arası değerde "çok yüksek' ilişki olduğunu ifade eder. Arıza süresinin sıcaklık, basınç ve nem ile arasındaki ilişki Çizelge 7.4' te verilmiştir.

Çizelge 7.4. Arıza süresinin sıcaklık, basınç ve nem ile arasındaki ilişki

Correlations

		Arıza	Sıcaklık
Arıza	Pearson Correlation	1	,855**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	5263	5263
Sıcaklık	Pearson Correlation	,855**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	5263	5263

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		Arıza	Nem
Arıza	Pearson Correlation	1	,322**
	Sig. (2-tailed)		<,001
	N	5263	5263
Nem	Pearson Correlation	,322**	1
	Sig. (2-tailed)	<,001	
	N	5263	5263

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		Arıza	Basınç
Arıza	Pearson Correlation	1	,226**
	Sig. (2-tailed)		<,001
	N	5263	5263
Basınç	Pearson Correlation	,226**	1
	Sig. (2-tailed)	<,001	
	N	5263	5263

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Yukarıdaki korelasyon tablosunda arıza durumunun sıcaklık, basınç ve nem ile birbirleri arasındaki ilişkinin analizi bulunmaktadır. 0,855 değeri arıza ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi, 0,322 arıza ile nem arasındaki ilişkiyi, 0,226 ise arıza ile basınç arasındaki ilişkiyi belirleyen korelasyon katsayılarıdır. Bu sayıların pozitif olması demek aralarındaki ilişkinin pozitif yönlü olması anlamına gelmektedir. Pozitif yönlü ilişki biri artarken diğeri de artan doğru orantılı bir ilişkidir. Katsayıların üzerinde iki yıldız olması tutarlı olduğu anlamına gelmektedir. Anlamlı yani tutarlı olduğunu tam bilebilmek için significant değerine bakmak gerekir, tabloda değerin, 0,001'den küçük olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık ile arıza arasındaki korelasyon katsayısı r=0,855 olduğu için kuvvetli bir ilişki, nem ile arasında zayıf, basınç ile çok zayıf bir ilişki bulunmaktadır. Bu sebeple makine öğrenmesi yönteminde tahmin çalışmasında en etkili değişken olan sıcaklık kullanılacaktır. Sinyal

verilerinden en etkili olan değişkeni bulmak için korelasyon analizi çalışması yapılmıştır. Genel değişkenler arasındaki korelasyon analizi Çizelge 7.5'te verilmiştir.

Çizelge 7.5. Korelasyon analiz sonucu

Correlations

		Arıza	Basınç	Nem	Sıcaklık
Arıza	Pearson Correlation	1	,226**	,322**	,855**
	Sig. (2-tailed)		<,001	<,001	,000
	Sum of Squares and Cross-products	226,173	172,645	928461,398	246,895
	Covariance	,043	,033	176,446	,047
	N	5263	5263	5263	5263
Basınç	Pearson Correlation	,226**	1	-,512**	,127**
	Sig. (2-tailed)	<,001		,000	<,001
	Sum of Squares and Cross-products	172,645	2575,964	-4984352,533	124,197
	Covariance	,033	,490	-947,235	,024
	N	5263	5263	5263	5263
Nem	Pearson Correlation	,322**	-,512**	1	,359**
	Sig. (2-tailed)	<,001	,000		<,001
	Sum of Squares and Cross-products	928461,398	-4984352,533	36792770843	1321799,127
	Covariance	176,446	-947,235	6992164,737	251,197
	N	5263	5263	5263	5263
Sıcaklık	Pearson Correlation	,855**	,127**	,359**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	<,001	<,001	
	Sum of Squares and Cross-products	246,895	124,197	1321799,127	368,729
	Covariance	,047	,024	251,197	,070
	N	5263	5263	5263	5263

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

7.4. Lineer Regresyon Uygulaması

Bağımsız bir değişken ile bağımlı bir değişken arasında doğrusal bir ilişki olduğunda, bağımsız değişken aracılığıyla bağımlı değişkeni tahmin etmek için lineer regresyon modeli kullanılmaktadır. Bu çalışmada denetimli makine öğrenmesi tekniklerinden lineer regresyon yaklaşımı kullanılmıştır. Regresyon yönteminde iki veya daha fazla değişken arasındaki bağların ilişkileri incelenmektedir. Bu çalışmada arıza süresinin sıcaklık ile arasındaki ilişki incelenip yeni tahminleme çalışması yapılmıştır. Arıza süresi ve sıcaklık olarak nitelendirilen veri setleri, eğitim ve test veri setleri olmak üzere ayrılmıştır. Binlerce veri bulunan test setlerinde tahminleme çalışması yapılmıştır. Eğitim seti arıza durumuna geçene kadar ki verileri içermektedir. x-test, x-eğitim ve y-test y-eğitim verisi oluşturulmuştur. x ve y performans ölçütlerini göstermektedir. Sıcaklık belirli bir seviyeye geldiğinde arıza olacağına dair üretime sinyal verilmesi bu çalışmada planlanmıştır. Daha önceleri hangi sıcaklık seviyelerinde ne kadar süre arızaya geçtiği bilgisinden

yararlanılarak yeni sıcaklık tahminleri yapılmıştır. Eğitim sıcaklık değerleri ve test sıcaklık değerlerinin bazı örnekleri Çizelge 7.6'da verilmiştir.

Çizelge 7.6. Eğitim ve test veri seti ekran alıntısı

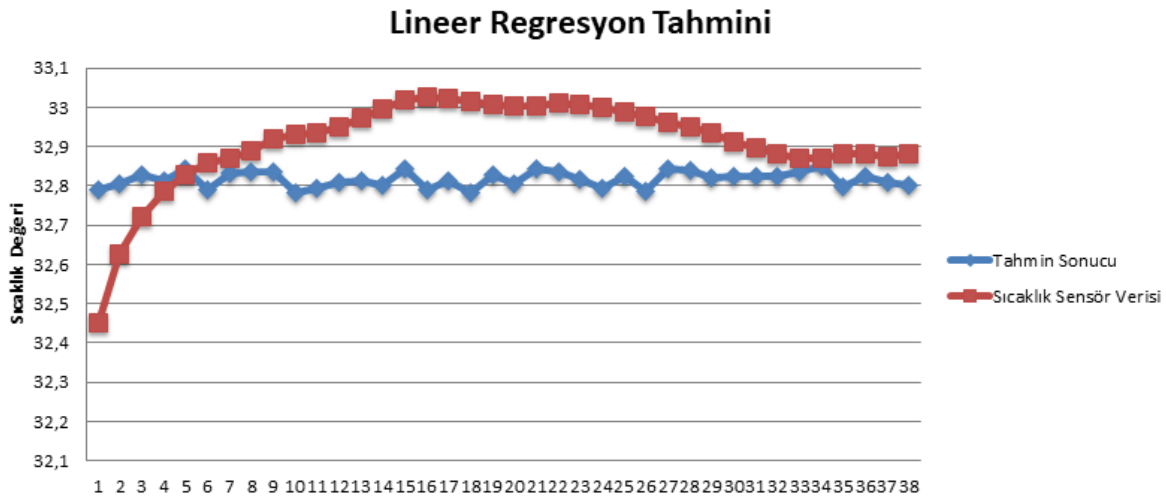
	Test Sıcaklık Veri Seti	Eğitim Sıcaklık Veri Seti
1	32,9370	32,8922
2	32,6561	32,3695
3	32,5309	32,7283
4	32,5681	32,5451
5	32,8376	33,2781
6	32,8159	33,1702
7	32,4313	32,8427
8	32,4609	32,9407
9	32,4348	32,8045
10	32,9020	33,2563
11	33,1053	32,7755
12	32,8534	33,0930
13	32,4852	32,4915
14	32,6305	33,2585
15	32,8506	32,8351
16	32,9161	32,8017
17	32,5284	33,0312
18	32,9111	32,3660
19	32,4231	32,7591
20	32,5725	32,5230

Test ve eğitim verilerinin analizi sonucunda sıcaklık yaklaşık 32 derecenin üzerine yükseldiğinde makinenin arızaya geçtiği görünmektedir.

Lineer regresyon sonucu çıkan tahmini sıcaklıkların ve gerçek sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 7.7 ve Şekil 7.7'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere sıcaklık değeri sürekli 32,7 derecenin üzerinde olduğunda makine arızaya geçmektedir.

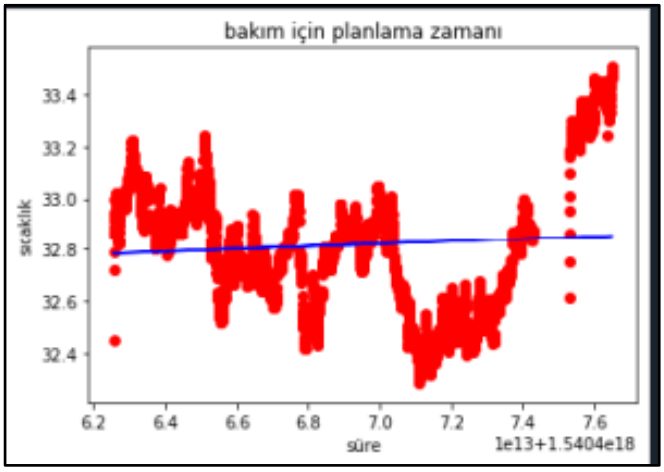
Çizelge 7.7. Gerçek ve tahmini değerler

	Sıcaklık	Lineer regresyon tahmini
1	32,4518	32,7835
2	32,6252	32,7836
3	32,7204	32,7839
4	32,7866	32,7846
5	32,8276	32,7849
6	32,8572	32,7854
7	32,8711	32,7857
8	32,8906	32,7858
9	32,9180	32,7875
10	32,9310	32,7878
11	32,9351	32,7879
12	32,9499	32,7881
13	32,9738	32,7897
14	32,9969	32,7906
15	33,0186	32,7917
16	33,0271	32,792
17	33,0221	32,7929
18	33,0136	32,7935
19	33,0085	32,7942
20	33,0032	32,7945



Şekil 7.7. Lineer regresyon tahmin ve gerçek değer

Python uygulamasından elde edilen bakım için planlama zamanı Şekil 7.8'de gösterilmiştir. Kırmızı olanlar anlık, o durumdaki sıcaklık değerleri, mavi olan ise tahmin edilen sıcaklık eğrisidir.



Şekil 7.8. Bakım için planlama zamanı

7.5. Lojistik Regresyon Uygulaması

Lojistik regresyon, parametre tahmini yapmak için sıradan küçük kare yöntemi yerine maksimum olasılığı kullanmaktadır. Bu nedenle büyük verilerin işlenmesinde oldukça uygun bir yöntemdir. Bu bölümde analiz edilen veriler python uygulamasındaki lojistik regresyon yöntemiyle çalıştırılmış olup tahmin sonuçları belirlenmiştir. Binlerce veri arasında eğitim ve test veri seti oluşturulmuş olup, bu eğitim setine 0,33 oranında rassallık atanmıştır. Verinin 1/3'ü test için kullanılmıştır. Bu değişiklik gösterip başka yüzdelerde de ayarlama yapılabilir. Daha önceki çalışmalara dayanarak verinin 0,66'lık kısmına öğrenme yapılmıştır. Bilindiği üzere lojistik regresyon değişkenler arası kuvvetli bir ilişki belirleme yöntemidir. Ekte tüm uygulamaya ait sayısal veriler verişmiştir.

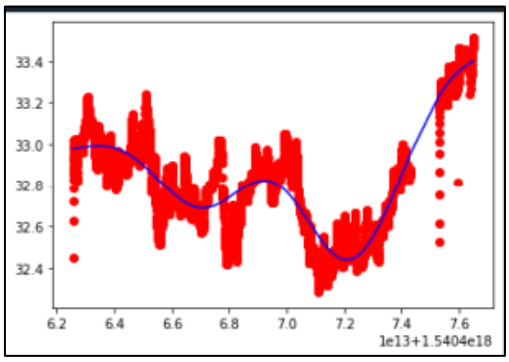
Lojistik regresyon çalışmasını yaparken aynı zamanda lineer regresyon çalışmasındaki veriler de değerlendirilmiştir. Bu yöntem ile iki yönlü karakteristik bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin en iyi şekilde tanımlanması amaçlanmıştır. Tahmin sonucundan da görüldüğü üzere 32,7 derecenin üzerinde makinenin sürekli arızaya geçtiği belirlenmiştir.

Çizelge 7.8'de sıcaklık ana verileri ve lojistik öğrenme sonucunun karşılaştırılması verilmiştir. Sıcaklık verileri makine üzerindeki sensörden aldığımız orijinal veriler olup tahmin sonucu değerleri ise bu verilere oldukça yakın sonuçlar çıkmıştır.

Çizelge 7.8. Gerçek ve tahmini değerler

	Sıcaklık	Lojistik regresyon tahmin
1	32,4518	33,0120
2	32,6252	32,9925
3	32,7204	32,8321
4	32,7866	32,6796
5	32,827	32,7798
6	32,8572	32,3893
7	32,8711	32,4512
8	32,8906	32,4820
9	32,9180	32,7806
10	32,9310	32,7808
11	32,9351	32,7809
12	32,9499	32,7811
13	32,9738	32,7823
14	32,9969	32,7829
15	33,0186	32,7837
16	33,0271	32,7839
17	33,0221	32,7846
18	33,0136	32,7851
19	33,0085	32,7858
20	33,0032	32,7860

Regresyon tahmin analizinin sadece ilk 20 değeri örnek olarak Şekil 7.9'da verilmiştir. Tüm etkenler incelendiğinde ortamın sıcaklığının makine üzerinde yüksek etkiye sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Sıcaklıktan kaynaklı makine sürekli arızaya geçip iş akışında sıkıntılar oluşturmaktadır.



Şekil 7.9. Lojistik regresyon tahmini

7.6. Destek Vektör Makinesi Uygulaması

Sıcaklık ve arıza süresi arasında ayrımcı sınıflandırma yöntemi olarak bu uygulama seçilmiştir. Sensör verilerden sıcaklık ve bakım verisinden arıza süreleri dikkate alınmıştır.

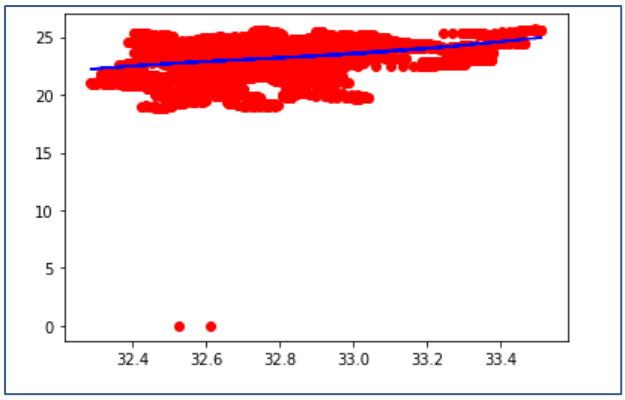
Sistemin arıza verdiği andaki sıcaklık değerleri makineye öğretilerek tahmini sıcaklık çalışması yapılmıştır. Makine öğrenim modellerinde debi katsayısının tahmin etmede kullanıldığı durumlar vardır (Li vd., 2021). Çizelge 7.9'da arızaya geçtiği andaki ortamın sıcaklık değerleri ve makine öğretilmesi sonucu oluşan tahmin sonuç verilmiştir.

Çizelge 7.9. Gerçek ve tahminleme sonucu karşılaştırması

	Sıcaklık	Destek Vektör Tahmini
1	32,4518	32,0498
2	32,6252	34,0498
3	32,7204	33,9141
4	32,7866	32,9341
5	32,827	33,0498
6	32,8572	32,1001
7	32,8711	33,8752
8	32,8906	33,8711
9	32,9180	32,2582
10	32,9310	32,2198
11	32,9351	32,2274
12	32,9499	32,204
13	32,9738	33,7946
14	32,9969	33,924
15	33,0186	33,8015
16	33,0271	33,014
17	33,0221	32,9223
18	33,0136	33,919
19	33,0085	33,8276
20	33,0032	33,8091

Tahminleme sonucu oluşan değerler doğrultusunda sıcaklık hangi değere ulaştığında makine arıza için sinyal vermeli hususu belirlenmiştir. Görüldüğü üzere bu değerler makinenin arızaya geçtiği sıcaklık değerleridir. Burada alarm için maksimum ve minimum sıcaklık değerinin belirlenmesi gereklidir. Ortamın sıcaklığı minimum 32,0 dereceyi gördüğü anda arıza olacağını bildiren bir bildirim üretim mühendislerine iletilmelidir. Şekilde tahmini birkaç değer örnek olarak verilmiştir, değerlerin tamamı Ek-6'da gösterilmiştir.

Tahminleme sonucunda oluşan dalgalanma grafiği Şekil 7.10'da verilmiştir. Burada zamana karşı oluşan sıcaklıklara ilişkin dalgalanmalar söz konusudur. Alanda ortam sıcaklığı bu derecelerin altına düşürülürek denenmiş ve makinede arıza tespit edilmediği belirlenmiştir.



Şekil 7.10. Destek vektör yöntemi sıcaklık ilişkisi

Makine öğrenmesi yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 7.10'da verilmiştir. Tahmin sonucu çıkan sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Görüldüğü üzere üç yöntem içinde tahmin sonuçları birbirine çok yakın olduğu için yorum yapılarak en iyi çalışma yönteminin belirlenmesi doğru olmayacaktır. Bu sebeple çalışmada çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak en iyi alternatif bulma yoluna gidilmiştir

Çizelge 7.10. Yöntemlerin karşılaştırılması

Sıcaklık	Lojistik Regresyon Tahmin	Lineer Regresyon Tahmini	Destek Vektör Tahmini
32,4518	33,0120	32,7835	32,0498
32,6252	32,9925	32,7836	34,0498
32,7204	32,8321	32,7839	33,9141
32,7866	32,6796	32,7846	32,9341
32,8276	32,7798	32,7849	33,0498
32,8572	32,3893	32,7854	32,1001
32,8711	32,4512	32,7857	33,8752
32,8906	32,4820	32,7858	33,8711
32,9180	32,7806	32,7875	32,2582
32,9310	32,7808	32,7878	32,2198
32,9351	32,7809	32,7879	32,2274
32,9499	32,7811	32,7881	32,2040
32,9738	32,7823	32,7897	33,7946
32,9969	32,7829	32,7906	33,9240
33,0186	32,7837	32,7917	33,8015
33,0271	32,7839	32,7920	33,0140
33,0221	32,7846	32,7929	32,9223
33,0136	32,7851	32,7935	33,9190
33,0085	32,7858	32,7942	33,8276
33,0032	33,0120	32,7835	32,0498

8. ALTERNATİFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri sayesinde birden fazla alternatif değerlendirilerek hangi yöntemin daha etkin olduğu bulunmaktadır. Gelişen bilgi ve teknolojide karar vermek çok zor bir iş olduğu gibi karar vericinin en iyi seçeneği bulması da oldukça zordur. Karar vericiler, seçim yaparken birden fazla kriteri dikkate alarak çelişen amaçları etkin bir şekilde gerçekleştiren seçenekleri bulmak zorundadırlar.

ÇKKV'de analiz için belirli adımlar mevcuttur. Bu adımlar; sorunun belirlenmesi, tüm seçeneklerin orataya çıkarılması, her seçeneğin herbir olay sonucunda gösterdiği etkinin belirlenmesi ve karar tablosunun oluşturulmasıdır. Türk savunma sanayisinde yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntem Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)'dir. Bu çalışmada kriterlere göre alternatiflerin ikili karşılaştırması değil, alternatif sayısı ve kriter sayısı fazla olduğundan mutlak ölçüm yapılmıştır.

8.1. Alternatif ve Kriterlerin Belirlenmesi

AHP yönteminde karar verme sürecini etkileyen faktörlerin belirlenmesinde anket çalışması ya da uzman kişi görüşü etkilidir (Dağdeviren, vd., 2004). Bu çalışmada değerlendirme yapılırken ölçütler uzmanlarla yapılan anketler sonucunda belirlenmiştir. Bu yöntemde karar verici kriterler için ikili karşılaştırma yaparak A kriterinin B kriterinden ne kadar üstün olduğunu önceliklerle tanımlamıştır. Şekil 8.1'de tercih ölçeği verilmiştir.

Önem Yoğunluğu	Tanım
1	Eşit Önem Durumu
2	Zayıf veya Biraz Daha Önemli
3	Orta Derecede Daha Önemli
4	Orta Dereceden Fazla Önemli
5	Güçlü Derecede Önemli
6	Güçlü Dereceden Daha Fazla Önemli
7	Çok Kuvvetli veya Kanıtlanmış Derecede Önemli
8	Çok Çok Güçlü Derecede Önemli
9	Aşırı Önem Durumu

Şekil 8.1. 1-9 puanlı tercih ölçeği

Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemlerinin karşılaştırılması için belirlenen kriterler;

- Arıza durumunu belirlemede hassaslık ölçüsü,
- Gerçeğe yakınlık ölçüsü,
- Karmaşık fonksiyonel ilişkilerde kullanılma ölçütü,
- Spesifik verilerin tahmininde kullanımı,
- Büyük hacimli verilerde yaşanan sorunun çözümü,
- Kullandığı veri büyüklüğünün büyük hacim fazlalığı ölçütüdür.

Çizelge 8.1'de çalışmada kullanılan kriterlerin tanımları ve kodları verilmiştir.

Çizelge 8.1. Kriterlerin tanımları ve kodları

	KRİTERLER
K1	Arıza durumunu belirlemede hassaslık ölçüsü
K2	Gerçeğe yakınlık ölçüsü
K3	Karmaşık fonksiyonel ilişkilerde kullanılma ölçütü
K4	Spesifik verilerin tahmininde kullanımı
K5	Büyük hacimli verilerde yaşanan sorunun çözümü
K6	Kullandığı veri büyüklüğünün büyük hacim fazlalığı ölçütü

Bakım planlamasında kullanılan alternatifler kriterler çerçevesinde değerlendirilerek puanlandırılmıştır. Bu çalışmada değerlendirilen alternatifler;

- Lineer Regresyon,
- Lojistik Regresyon
- Destek Vektör Makinesidir.

Çizelge 8.2'de çalışmada kullanılan alternattiflerin adları ve kodları gösterilmiştir.

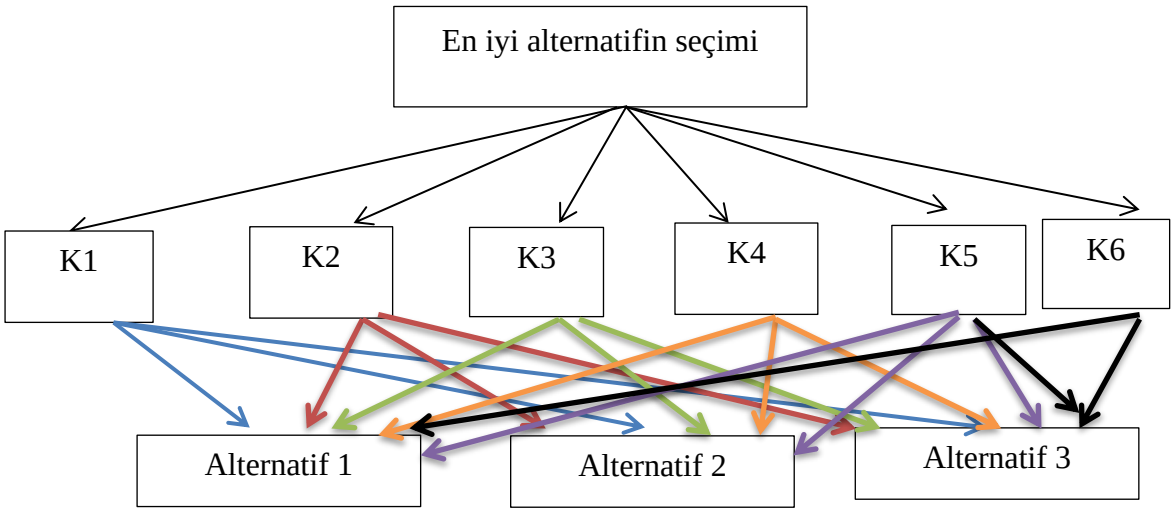
Çizelge 8.2. Çalışmada kullanılan alternatifler ve kodları

Alternatif	Kod
Lineer Regresyon	Alternatif 1
Lojistik Regresyon	Alternatif 2
Destek Vektör Makinesi	Alternatif 3

Kriter değerlerinin nitel olanları sayısal değere çevirmede bir işleme dayandırılması gerekmektedir. Bu kriterlerin değerlendirilmesi bu alanlarda uzmanlık yapmış TAI'de görev alan bakım mühendisleri ve makine mühendisleri ile uzun uzun görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Toplam 5 uzman değerlendirmiş olup anketlerle bu değerlendirme sağlanmıştır. Anketler sonucunda ortalama değer alınarak kriterlerin önem dereceleri belirlenmiş ve karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

8.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Çalışmada incelenen 6 kriter ve 3 alternatifin hiyerarşik yapısı Şekil 8.2'de verilmiştir.



Şekil 8.2. Hiyerarşik yapı

Uzman kişilerin verdikleri önem derecelerine göre kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Verilen önem dereceleri uzmanların kendi aralarında tartışarak verdikleri kritik değerlerdir.

8.3. Kriterlerin İkili Karşılaştırılması ve Normalizasyonu

Analitik hiyerarşi sürecinin ilk adımı olan ikili karşılaştırma matrisi oluşturulup Çizelge 8.3'te gösterilmiştir. Kriterler ikili olarak birbiri ile karşılaştırılıp önem dereceleri belirlenmiştir.

Çizelge 8.3. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	2	2	5	3	2
K2	0,5	1	4	3	2	4
K3	0,5	0,25	1	2	0,2	0,5
K4	0,2	0,333	0,5	1	0,5	0,5
K5	0,333	0,5	5	2	1	0,5
K6	0,5	0,25	2	2	2	1
Toplam	3,033	4,333	14,5	15	8,7	8,5

Matriste tüm kriterlerin ikili karşılaştırma ile öncelik değerleri belirlenmiştir. İkili kriter matrisi oluşturulduktan sonra kullanılacak olan ağırlık yani öz vektör hesaplamasına geçilir. Bunun için normalizasyon matrisi oluşturulur. Elimizde bulunan matristeki her hücre için, hücredeki değer, toplam sütun değerine bölünür. Çizelge 8.4'te normalize olmuş matrisin değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 8.4. Normalize matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,330	0,462	0,138	0,333	0,345	0,235
K2	0,165	0,231	0,276	0,200	0,230	0,471
K3	0,165	0,058	0,069	0,133	0,023	0,059
K4	0,066	0,077	0,034	0,067	0,057	0,059
K5	0,110	0,115	0,345	0,133	0,115	0,059
K6	0,165	0,058	0,138	0,133	0,230	0,118
Toplam	3,033	4,333	14,5	15	8,7	8,5

Normalize olmuş değerlerden yararlanarak ağırlık hesaplanır. Ağırlık hesaplaması için matrisin normalize olmuş satır değerlerinin ortalaması alınır. Çizelge 8.5'de ağırlık değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.5. Matrisin ağırlık değeri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	W(ağırlık)
K1	0,330	0,462	0,138	0,333	0,345	0,235	0,307
K2	0,165	0,231	0,276	0,200	0,230	0,471	0,262
K3	0,165	0,058	0,069	0,133	0,023	0,059	0,084
K4	0,066	0,077	0,034	0,067	0,057	0,059	0,060
K5	0,110	0,115	0,345	0,133	0,115	0,059	0,146
K6	0,165	0,058	0,138	0,133	0,230	0,118	0,140
Toplam	3,033	4,333	14,5	15	8,7	8,5	

8.4. Tutarlılık Analizi

Tutarlılık analizi AHP yönteminin temelidir. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra doğruluğunu garanti eden bir değerlendirme yoktur. Bu nedenle hazırlanan matrislerden tutarlı sonuçlar alınamayabilir. AHP yönteminde bu durumdan kaynaklı olumsuzlukları ortadan kaldırmak için tutarlılık analizi yapılması gerekmektedir. Ağırlık hesaplandıktan sonra tutarlılık hesaplanır. Çizelge 8.6'da tutarlılık indeksi hesabı için değerler verilmiştir.

Çizelge 8.6. Tutarlılık indeksi hesabı

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	W(ağırlık)	A*W	D
K1	1	2	2	5	3	2	0,307	2,019	6,574
K2	0,5	1	4	3	2	4	0,261	1,786	6,819
K3	0,5	0,25	1	2	0,2	0,5	0,084	0,522	6,192
K4	0,2	0,333	0,5	1	0,5	0,5	0,060	0,394	6,564
K5	0,333	0,5	5	2	1	0,5	0,146	0,991	6,784
K6	0,5	0,25	2	2	2	1	0,1402	0,940	6,707
								Dmax	6,607
								TI	0,121

Tutarlılık oranının hesaplanmasında ihtiyaç duyulan değer ise rassallık endeksi (RI)'dir. Sabit sayılardan oluşan ve n değerine göre belirlenen RI değerlerinin olduğu veriler Şekil 8.4'te verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda 1,24 değeri kullanılmıştır.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Şekil 8.3. Rassallık endeksi puanı

Tutarlılık oranı (TO) tutarlılık indeksinin rassal indekse bölünmesiyle bulunur. Çizelge 8.7'de tutarlılık oranı gösterilmiştir. Çıkan sonuç 0,1 değerinin altında olduğu için tutarlıdır, sonucun 0,097 çıkması işlemin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 8.7. Tutarlılık oranı hesabı

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	W(ağırlık)	A*W	D
K1	1	2	2	5	3	2	0,307	2,019	6,574
K2	0,5	1	4	3	2	4	0,261	1,786	6,819
K3	0,5	0,25	1	2	0,2	0,5	0,084	0,522	6,192
K4	0,2	0,333	0,5	1	0,5	0,5	0,060	0,394	6,564
K5	0,333	0,5	5	2	1	0,5	0,146	0,991	6,784
K6	0,5	0,25	2	2	2	1	0,140	0,940	6,707
								Dmax	6,607
								TI	0,121
								TO	0,0979

8.5. En İyi Alternatifin Seçimi

Verilen kriterlere göre uzmanlar tarafından alternatifler için puanlama yapılmıştır. Alternatifler kriterlere göre mutlak ölçüm ile eskiden işlenmiş veriye ve uzman görüşüne dayanarak puanlandırılmıştır. Tüm alternatiflere 1-9 arasında puanlar verilmiş olup, Çizelge 8.8'de kriterler bakımından verilen puanlar, uzmanların görüşlerine göre ortalaması alınarak gösterilmiştir.

Çizelge 8.8. Alternatiflerin puanlandırılması

	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	7	7	7	5	4
Alternatif 2	7	8	8	6	6	5
Alternatif 3	6	7	6	8	9	8

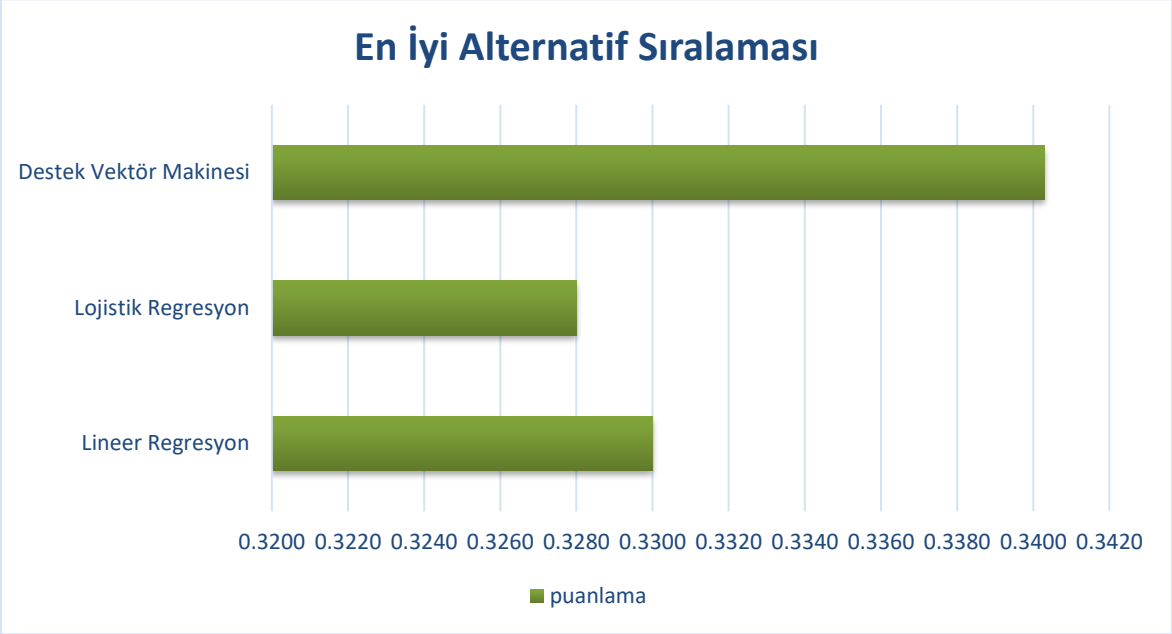
Her alternatif uzmanlar tarafından kriter bazlı değerlendirilmiştir. Beş uzman görüşünün ortalaması alınarak puanlamalar hesaplanmıştır. Çizelge 8.9'da en iyi alternatif seçilmiştir.

Çizelge 8.9. Nihai sıralama

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6	TOPLAM	SONUÇ	SIRA
Kriter Ağırlıkları	0,307	0,262	0,084	0,06	0,146	0,14			
Alternatif 1	9	7	7	7	5	4	6,895	0,330	2
Alternatif 2	7	8	8	6	6	5	6,853	0,328	3
Alternatif 3	6	7	6	8	9	8	7,094	0,340	1
							20,842		

Makine öğrenmesi yöntemlerinden bakım planlaması tahmininde kullanılan en iyi yöntem destek vektör makinesi seçilmiştir. Belirlenen kriterler arasında yapılan seçim ile alternatif 3 yani destek vektör makinesi yöntemi en iyi yöntem olarak belirlenmiştir. Alternatifler

sırasıyla en iyiden en kötüye doğru destek vektör makinesi, lineer regresyon ve lojistik regresyon olarak belirlenmiştir. Şekil 8.5'te görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 8.4. En iyi alternatif sıralaması

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında kestirimci bakıma dayanarak bakım takvimi planlama çalışması yapılmıştır. Bakım tahmini planlama çalışması için makine öğrenmesi tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu çalışma örnekleri sanayideki birçok alanda karşımıza çıkabilecek niteliktedir. Çalışmada iki ayrı veri seti kullanılmış olup, veri setleri eğitim ve test diye ayrılmıştır. Aynı zamanda bu eğitim ve test verileri ile birlikte fiziksel koşulları içeren sensör verileri de kullanılmıştır. Makine üzerine yerleştirilen sensörlerden alınan basınç, sıcaklık ve nem gibi veriler makine öğrenmesinde tahmin için kullanılan değişkenlerdir.

Çalışmada son üç yıl içerisindeki bakım zamanları, arıza süreleri, arızaya neden olan etkenlerin neler olduğu değerlendirilmiştir. Sonrasında arıza süresi ile ilişkili olan, uygulamada hangi sensör verisinin kullanılacağı korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Korelasyon analizi sonucunda sıcaklık ile arıza arasında kuvvetli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Tez aşamasında lineer regresyon, polinomal lojistik regresyon ve destek vektör sistemleri kullanılmış olup bu yöntemlerle sıcaklık arasında orantılı bakım tahmini hesaplanmıştır. Sonuçlar ışığında makinenin hangi sıcaklıkta arızaya geçtiği belirlenmiş ve onunla ilgili çalışmalar yapılması için alana bilgi verilmiştir. Üç alternatif yöntemin dış etkenlerden sıcaklık üzerindeki etkileriyle üretim duruşları belirlenmiştir. Her bir alternatif için sıcaklık değeri tahminleri belirlenmiştir. Belirlenen bu sıcaklık değerleri birbirine yakın olduğu için alternatiflerin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi alternatif yöntemi destek vektör makine sistemi seçilmiştir. Bu yönteme göre 32 derecenin üzerinde makine durdurucu arıza verip, üretimi aksatmaktadır.

Çıkan sonuçlar neticesinde tez kapsamında yapılan çalışma ile belirlenen yöntem, literatürdeki diğer çalışmaların sonuçlarını doğrular niteliktedir. Makine öğrenmesi yöntemlerinden bakım alanında destek vektör sistemi en iyi alternatif seçilmiştir. Bununla paralel olarak bazı sonuç değerleri ise farklı uygulama yöntemleri nedeni ile doğrudan karşılanamamaktadır. Arıza ve bozulmaların bakım tahmininde, makine öğrenmesi yöntemlerinden en etkin yöntemin destek vektör sistemi olduğu literatürde Konar (2011) tarafından yapılan “Rulman hata teşhisi ve rulman bozulma değerlendirilmesi bakım tahmini” adlı çalışma ile desteklenmiştir.

Aynı şekilde Tamilselvan (2013) tarafından yüksek hızlı CNC freze tezgâhlarında kullanılan regresyon analizi, destek vektör makineleri, tek katmanlı derin öğrenme yöntemleri, bakım planlamasında uygulanan makine öğrenmesi tekniklerinin en etkin ve en doğru yol olduğunu doğrular niteliktedir.

Bu çalışmada ekipmanın bakım koşullarında, alanın sıcaklık, titreşim, basınç, nem gibi fiziksel durumunu ölçmek için sensörlerden destek alınmıştır. Daha önce Swanson (2001) tarafından sensör verileri kullanılarak, beklenmeyen makine arızalarını önlemek için kestirimci bakım çalışması yapılmıştır. Bu yapılan çalışma analiz edilerek ele alınmış ve bakım planında makine öğrenmesi yöntem verileri için sensörlerden yararlanılmıştır.

Tez çalışmasının devamında burada elde edilen sonuçlar neticesinde alanda çalışmalara başlanmıştır. Bu tez sanayide bakım planlaması konusunda makine öğrenmesi yönteminin nasıl uygulandığını ifade edebilecek niteliktedir. Karşılaştırmalı sonuç tabloları ile hangi yöntemin daha etkin olacağı başarı analizleri ile sağlanmıştır. Öneri olarak bu çalışmayı uygulayacak olanlar için veriler hazır ve temiz olmayacağından verilerin toplanması, temizlenmesi ve uygun veri ile çalışılması bu yöntemlerin gerçekleşmesi için yeterli olacaktır. Bu çalışmanın literatüre katkısı, bakım planlaması konusunda dış fiziksel değişkenlerinde kullanılarak uygulamada değişik alternatifler üretilmesi sonucu en iyi bakım takvim çalışmasının oluşturulmasıdır.

KAYNAKLAR

Aggarwal, R. K., Xuan, Q. Y., Dunn, R. W., Johns, A. T. and Bennett, A. (1999). A novel fault classification technique for double-circuit lines based on a combined unsupervised/supervised neural network, *IEEE transactions on Power Delivery*, 14(4), 1250-1256.

Albright, S. C., Winston, W. L. and Zappe, C. (2006). *Data Analysis & Decision Making*, (Üçüncü Baskı), Australia: Thomson South-Western, 449-455.

Ayhan, S. ve Erdoğmuş, Ş. (2014). Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(1), 175-201.

İnternet: Ayodele, T. O. (2010). Machine learning overview, Intech Open Access Publisher. Web: https://www.tensorflow.org/resources/learn. Erişim Tarihi: 08.01.2020.

İnternet: Baskak, M. (2005). İTÜ İşletme Fakültesi Endüstri Müh. Bölümü Bakım Yönetimi Ders Notları.Web:http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/ Erişim Tarihi: 08.01.2020.

Bhatia, N. and Vandana, (2010). Survey of nearest neighbor techniques, *International Journal of Computer Science and Information Security*, 8(2), 302-305.

Caruana, R. and Niculescu-Mizil, A. (2006, 25-29 June). *An empirical comparison of supervised learning algorithms*. In Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning, Pittsburgh, 161-168.

Cheng-Min F. and Wang Rong-Tsu. (2001). Considering The Financial Ratios On The Performance Evaluation Of Highway Bus Industry, *Transport Reviews*, 24(4), 449-467.

Cheng-Ru W., Lin Chin-Tsai. and TSAI Pei-Hsuan. (2008). Financial Service of Wealth Management Banking: Balanced Scorecard Approach, *Journal of Social Sciences*, 4(4), 255-263.

Cover, T.M. and Hart, P.E. (1967). Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13(1), 21–27.

Cınar, Z.M., Nuhu, A.A., Zeeshan, Q., Korhan, O., Asmael, M. and Safaei, B. (2020). Machine Learning in Predictive Maintenance towards Sustainable Smart Manufacturing In Industry 4.0, *Sustainability*, 12(19), 12.

Fernandes, S., Antunes, M., Santiago, A.R, Barraca, J.P., Gomes, D. and Aguiar, R.L. (2020). Forecasting Appliances Failures: A Machine Learning Approach to Predictive Maintenance, *Information*, 14(4), 208.

Freedman, D. A. (2009). *Statistical Models*: *Theory and Practise*, California: Cambridge University Press, 1.

Coomans, D. H. and Massart, D. L. (1982). Alternative k-nearest neighbour rules in supervised pattern recognition : Part 2. Probabilistic classification on the basis of the kNN method modified for direct density estimation, *Analytica Chimica Acta*, 138(1), 153-165.

Dağdeviren, M., Akay D. ve Kurt M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138.

Ekici, S. (2012). Support Vector Machines for classification and locating faults on transmission lines, *Applied Soft Computing Journals*, 12(6), 1650-1658.

EN13306, (2010). Maintenance terminology, Br. Stand. Inst., no. CEN (European Committee for Standardization), 58.

Er, E. (2004). *Bakım Yönetimi ve Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin Türkiye'de Uygulama Düzeyi*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 10-46.

Erçelebi, S. G. ve Ergin, H. (1997, 6-9 Mayıs). *Maden makinalarında koruyucu bakım onarım planlaması*, Türkiye 15. Madencilik Kongresi, Ankara, 125-132.

Garcia, M. A. and Sanz-Bobi, Pico, J. (2006). SIMAP: Intelligent System for Predictive Maintenance. Application to the health condition monitoring of a wind turbine gearbox, *Computers and Industial Engineering Journals*, 57(6), 552–568.

Gök, M. ve Atuntaş, V. (2017). *Regresyon Analizi*, (Editör Akçetin E, Çelik, U, Gök, M.), Ankara: Rapidminer ile Veri Madenciliği, 85-86.

Gregory, G. (1998). *Decision Analysis*, New York: Plenum Pres, 58-78.

Wang, H., Ye, X. and Yin, M. (2016). Study on Predictive Maintenance Strategy, *International Journal of Science Technology*, 9(4), 295–300.

Han, C., Ma, T., Xu, G., and Huang, R. (2020). Intelligent decision model of road maintanance based on improved weight random forest algorithm. *International Journal of Pavement Engineering*, 13(1),1.

Hashemian, H. and Bean, W. C. (2011). State-of-the-art predictive maintenance techniques, *IEEE Transaction and Measurement*, 60(10), 3480–3492.

Hwang, C.L. and Yoon, K. P. (1981). Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, (1.baskı), Berlin: Springer-Verlag.

Jahnke, P. (2015). Machine Learning Approaches for Failure Type Detection and Predictive Maintenance, 83.

Karaeminoğulları, A. B. (2020). *Nehirlerdeki katı madde miktarının destek vektör makinesi modeli ile tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Kocaciğer H. (2003, 16-19 Ekim). *Durum Kontrollü Bakım Sistemi*, Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, MMO, Denizli, 127-141.

Konar, P. and Chattopadhyay, P. (2011). Bearing fault detection of induction motor using wavelet and Support Vector Machines (SVMs), *Applied Soft Computing Journals*, 11(6), 4203–4211.

Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Neter, J. and Li, W. (2015). *Applied Linear Statistical Models*, (103.baskı). New York: McGraw-Hill Irwin.

Lio Y.J. and Hwang C.L. (1994). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making* (1.baskı), Londra: Springer.

Li, S., Yang, J. and Ansell, A. (2021). Discharge prediction for rectangular sharp-crested weirs by machine learning techniques. *Flow Measurement and Instrumentation*, 79(1), 1-9.

Lyonnet, P. (1991). *Maintenance Planning: Methods and Mathematics*, (Çev. Chapman&Hall), Londra: Springer, 1-234.

Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*, (1.baskı). New York: Industrial Pres, 1-219.

Miller, T. (2019). Yapay zekâda açıklama: Sosyal bilimlerden içgörüler. *Yapay Zekâ*, 267(1), 1-38.

Nilsson, N. J. (1996). *Introduction to Machine Learning: An Early Draft of a Proposed Textbook.* (1. Baskı). Stanford University USA: Springer, 1.

Nitze, I., Schulthess, U. and Asche, H. (2012, 7-9 Mayıs). *Comparison of machine learning algorithms random forest, artficial neural network and support vector machine to maximum likelihood for supervised crop type classification.* Proceedings of the 4th. GEOBIA, Janeiro – Brazil, 35-40.

Osowski, S., Siwekand, K., and Markiewicz, T. (2004, 9-11 June). *MLP and SVM Networks a Comparative Study.* Proceedings of the 6th Nordic Signal Processing Symposium – NORSIG.

Öztanır, O. (2018). *Makine öğrenmesi kullanılarak kestirimci bakım*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 1-118.

Parida, S., Kotu, N.R., and Prasad, M.M, (2000, 15-21 October). *Development and implementation of reliability centered maintenance using vibration analysis: Experiences at Rourkela steel plant*, The 15th WCNDT, Roma.

Pench, M., Vrchota, J. and Bednar, J. (2021). Predictive Maintenance and Intelligent Sensors in Smart Factory: *Review sensors*, 21.

Herbrich, R. (2002). *Learning Kernel Classifiers: Theory and Algorithms*, Massachusetts: The MIT Press, 2.

Rohani, A., Abbaspour-Fard, M. and Abdolahpour, S. (2011). Prediction of tractor repair and maintenance costs using Artificial Neural Network, *Expert Syst. Appl.*, 38(1), 8999–9007.

Russell, S. J. and Norvig, P. (2021). *Yapay zeka*: *Modern bir yaklaşım* (4. baskı). Ankara: Pearson, 1-1152.

Saaty, Thomas L. (2004). Decision Making - The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP), *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1-35.

Sarac, A., Batta, R. and Rump, C. M. (2006). A Branch-and-Price Approach for Operational Aircraft Maintenance Routing. *Europen Journal of Operational Research Elsevier*, 175(3), 1850-1869.

Sebastiani, F. (2002). Machine learning in automated text categorization, *ACM computing surveys* (CSUR), 34(1), 1-47.

Sebe, Nicu, (2005). *Machine Learning in Computer Vision*, The Netherlands: Springer, 1.

Sriram, C. and Haghani, A. (2003). An Optimization Model for Aircraft Maintenance Scheduling and Re-assignment. *Transportation Research, Policyand Practice*, 37(1), 29-48.

Swanson, L. (2001). Linking Maintenance Strategies to Performance, *Int. J. Production Economics*, 70(1), 237-244.

Tamilselvan, P. and Wang, P. (2013). Failure diagnosis using deep belief learning based health state classification, *Reliability Engineering & System Safety Journals*, 115(1), 124–135.

Tsang A.H.C. (2002). Strategic Dimensions Of Maintenance Management, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7-39.

Vapnik, V. N. (2000). The Nature of Statistical Learning Theory, (2. Baskı), New York: Springer, 1.

Worsham, C.W. (2004). Önleyici bakım gerekli midir?, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 538(45), 21-23.

Yaralıoğlu, K. (2010). Karar Verme Yöntemleri. Ankara: *Detay Yayıncılık,* 24-39.

Zhou, X., Xi, L., ve Lee, J. (2007). Reliability centered predictive maintenance scheduling for a continuously monitored system subject to degradation, *Reliability Engineering & System Safety*, 92(1), 530-534.

EKLER

(Ekler Tezin arka kapağında CD ortamında verilmiştir.)

EK-1. Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi (Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
03.01.2018	3,51	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.01.2018	2,54	DURDURUCU DEĞİL	635	961
05.01.2018	1,6	DURDURUCU DEĞİL	635	961
08.01.2018	1,08	DURDURUCU DEĞİL	635	961
08.01.2018	7,21	DURDURUCU DEĞİL	635	961
10.01.2018	7,48	DURDURUCU	635	961
10.01.2018	1,55	DURDURUCU DEĞİL	635	961
14.01.2018	1,66	DURDURUCU DEĞİL	635	961
15.01.2018	2,85	DURDURUCU DEĞİL	635	961
18.01.2018	2,02	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.01.2018	4,29	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.01.2018	1,72	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.01.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.01.2018	8,34	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.01.2018	6,73	DURDURUCU DEĞİL	635	961
29.01.2018	8,37	DURDURUCU DEĞİL	635	961
02.02.2018	8,59	DURDURUCU DEĞİL	635	961
03.02.2018	18,14	DURDURUCU DEĞİL	635	961
06.02.2018	6,81	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.02.2018	14,2	DURDURUCU DEĞİL	635	961
20.02.2018	0,89	DURDURUCU DEĞİL	635	961
20.02.2018	1,82	DURDURUCU DEĞİL	635	961
21.02.2018	8,81	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.03.2018	3,48	DURDURUCU	635	961
05.03.2018	5,19	DURDURUCU DEĞİL	635	961
12.03.2018	5,81	DURDURUCU DEĞİL	635	961
12.03.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.03.2018	2,18	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.03.2018	5,79	DURDURUCU DEĞİL	635	961
21.03.2018	5,86	DURDURUCU DEĞİL	635	961
21.03.2018	5,45	DURDURUCU	635	961
25.03.2018	2,87	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.03.2018	4,89	DURDURUCU	635	961
26.03.2018	3,05	DURDURUCU DEĞİL	635	961
26.03.2018	23,02	DURDURUCU DEĞİL	635	961
31.03.2018	4,24	DURDURUCU DEĞİL	635	961
05.04.2018	2,68	DURDURUCU DEĞİL	635	961
05.04.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961

EK-1. (devam) Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. (devam) Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi (Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
08.04.2018	1,45	DURDURUCU	635	961
13.04.2018	5,25	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.04.2018	3,56	DURDURUCU DEĞİL	635	961
15.04.2018	23,9	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.04.2018	2,95	DURDURUCU	635	961
21.04.2018	4,17	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.04.2018	16,13	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.04.2018	3,02	DURDURUCU DEĞİL	635	961
26.04.2018	1,54	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.05.2018	2,85	DURDURUCU DEĞİL	635	961
08.05.2018	8,54	DURDURUCU DEĞİL	635	961
10.05.2018	6,73	DURDURUCU DEĞİL	635	961
11.05.2018	10,37	DURDURUCU DEĞİL	635	961
11.05.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.05.2018	5,88	DURDURUCU DEĞİL	635	961
14.05.2018	2,12	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.05.2018	1,1	DURDURUCU DEĞİL	635	961
21.05.2018	10,28	DURDURUCU DEĞİL	635	961
11.06.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.06.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961
18.06.2018	4,05	DURDURUCU	635	961
18.06.2018	2,95	DURDURUCU	635	961
19.06.2018	3,16	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.06.2018	3,59	DURDURUCU DEĞİL	635	961
28.06.2018	4,34	DURDURUCU DEĞİL	635	961
30.06.2018	1,13	DURDURUCU DEĞİL	635	961
05.07.2018	7,35	DURDURUCU DEĞİL	635	961
09.07.2018	151,98	DURDURUCU DEĞİL	635	961
19.07.2018	3,12	DURDURUCU DEĞİL	635	961
22.07.2018	3,09	DURDURUCU	635	961
23.07.2018	1,88	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.07.2018	2,83	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.07.2018	3	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.07.2018	4,13	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.07.2018	5,92	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.07.2018	6,45	DURDURUCU DEĞİL	635	961
29.07.2018	6,31	DURDURUCU DEĞİL	635	961
31.07.2018	0	DURDURUCU DEĞİL	635	961
01.08.2018	0,99	DURDURUCU DEĞİL	635	961
05.08.2018	3,46	DURDURUCU DEĞİL	635	961

EK-1. (devam) Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. (devam) Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi (Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
13.08.2018	1,93	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.08.2018	12,01	DURDURUCU DEĞİL	635	961
14.08.2018	1,59	DURDURUCU DEĞİL	635	961
15.08.2018	4,05	DURDURUCU DEĞİL	635	961
15.08.2018	4,65	DURDURUCU DEĞİL	635	961
16.08.2018	3,12	DURDURUCU DEĞİL	635	961
27.08.2018	4,5	DURDURUCU DEĞİL	635	961
07.09.2018	107,15	DURDURUCU DEĞİL	635	961
10.09.2018	1,09	DURDURUCU DEĞİL	635	961
11.09.2018	29,92	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.09.2018	5,67	DURDURUCU DEĞİL	635	961
19.09.2018	1,69	DURDURUCU DEĞİL	635	961
22.09.2018	8,17	DURDURUCU DEĞİL	635	961
24.09.2018	1,2	DURDURUCU	635	961
27.09.2018	4,33	DURDURUCU DEĞİL	635	961
30.09.2018	2,01	DURDURUCU DEĞİL	635	961
01.10.2018	8,24	DURDURUCU DEĞİL	635	961
08.10.2018	5,77	DURDURUCU DEĞİL	635	961
09.10.2018	12,63	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.10.2018	4,78	DURDURUCU DEĞİL	635	961
14.10.2018	9,18	DURDURUCU DEĞİL	635	961
18.10.2018	7,32	DURDURUCU DEĞİL	635	961
21.10.2018	0,57	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.10.2018	3,41	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.10.2018	9,8	DURDURUCU DEĞİL	635	961
02.11.2018	3,96	DURDURUCU DEĞİL	635	961
03.11.2018	2,4	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.11.2018	4,4	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.11.2018	5,57	DURDURUCU DEĞİL	635	961
06.11.2018	7,07	DURDURUCU DEĞİL	635	961
06.11.2018	4,92	DURDURUCU DEĞİL	635	961
07.11.2018	2,71	DURDURUCU DEĞİL	635	961
08.11.2018	7,58	DURDURUCU DEĞİL	635	961
13.11.2018	1,17	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.11.2018	2,4	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.11.2018	3,96	DURDURUCU DEĞİL	635	961
28.11.2018	1,73	DURDURUCU DEĞİL	635	961
01.12.2018	8,4	DURDURUCU DEĞİL	635	961
01.12.2018	6,57	DURDURUCU DEĞİL	635	961
03.12.2018	94,39	DURDURUCU DEĞİL	635	961

EK-1. (devam) Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. (devam) Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi (Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
17.12.2018	5,6	DURDURUCU DEĞİL	635	961
21.12.2018	8,14	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.12.2018	13,48	DURDURUCU DEĞİL	635	961
26.12.2018	2,24	DURDURUCU DEĞİL	635	961
29.12.2018	5,14	DURDURUCU DEĞİL	635	961
02.01.2019	8,59	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.01.2019	1,91	DURDURUCU DEĞİL	635	961
07.01.2019	3,22	DURDURUCU DEĞİL	635	961
11.01.2019	0,31	DURDURUCU DEĞİL	635	961
15.01.2019	9,41	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.01.2019	1,19	DURDURUCU DEĞİL	635	961
31.01.2019	10,71	DURDURUCU DEĞİL	635	961
31.01.2019	4,8	DURDURUCU	635	961
06.02.2019	5,73	DURDURUCU	635	961
07.02.2019	1,29	DURDURUCU	635	961
13.02.2019	2,49	DURDURUCU	635	961
19.02.2019	6,93	DURDURUCU	635	961
23.02.2019	4,05	DURDURUCU	635	961
01.03.2019	0,51	DURDURUCU DEĞİL	635	961
08.03.2019	11,77	DURDURUCU	635	961
10.03.2019	5,18	DURDURUCU DEĞİL	635	961
20.03.2019	0,49	DURDURUCU DEĞİL	635	961
23.03.2019	3,39	DURDURUCU	635	961
23.03.2019	1,29	DURDURUCU	635	961
29.03.2019	4,63	DURDURUCU DEĞİL	635	961
05.04.2019	0,63	DURDURUCU DEĞİL	635	961
06.04.2019	18,76	DURDURUCU	635	961
07.04.2019	3,02	DURDURUCU	635	961
08.04.2019	5,47	DURDURUCU DEĞİL	635	961
11.04.2019	6,88	DURDURUCU	635	961
16.04.2019	0,14	DURDURUCU	635	961
05.05.2019	8,74	DURDURUCU DEĞİL	635	961
14.05.2019	6,77	DURDURUCU	635	961
24.05.2019	8,68	DURDURUCU DEĞİL	635	961
02.06.2019	1,55	DURDURUCU	635	961
11.06.2019	2,62	DURDURUCU	635	961
11.06.2019	2,32	DURDURUCU DEĞİL	635	961
12.06.2019	7,19	DURDURUCU	635	961
12.06.2019	4,47	DURDURUCU	635	961

EK-1. (devam) Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. (devam) Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi (Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
22.07.2019	25,21	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.07.2019	2,46	DURDURUCU	635	961
25.07.2019	2,91	DURDURUCU	635	961
26.07.2019	2,95	DURDURUCU DEĞİL	635	961
27.07.2019	2,58	DURDURUCU	635	961
31.07.2019	8,29	DURDURUCU	635	961
03.08.2019	0,98	DURDURUCU	635	961
04.08.2019	2,28	DURDURUCU	635	961
05.08.2019	3,2	DURDURUCU	635	961
06.08.2019	2,07	DURDURUCU	635	961
08.08.2019	1,9	DURDURUCU	635	961
15.08.2019	4,07	DURDURUCU	635	961
16.08.2019	4,94	DURDURUCU	635	961
18.08.2019	7,5	DURDURUCU	635	961
20.08.2019	3,33	DURDURUCU	635	961
21.08.2019	7,55	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.08.2019	2,93	DURDURUCU	635	961
25.08.2019	241,6	DURDURUCU DEĞİL	635	961
27.08.2019	2,71	DURDURUCU	635	961
07.09.2019	2,32	DURDURUCU	635	961
17.09.2019	0,66	DURDURUCU	635	961
23.09.2019	4,54	DURDURUCU	635	961
23.09.2019	4,2	DURDURUCU	635	961
24.09.2019	17,63	DURDURUCU	635	961
27.09.2019	7,73	DURDURUCU	635	961
30.09.2019	7,39	DURDURUCU	635	961
04.10.2019	1,48	DURDURUCU	635	961
05.10.2019	4,06	DURDURUCU	635	961
14.10.2019	2,04	DURDURUCU	635	961
14.10.2019	4,05	DURDURUCU	635	961
16.10.2019	7,47	DURDURUCU	635	961
18.10.2019	2,96	DURDURUCU	635	961
20.10.2019	3,54	DURDURUCU	635	961
20.10.2019	3,3	DURDURUCU	635	961
21.10.2019	8,98	DURDURUCU	635	961
21.10.2019	1,27	DURDURUCU	635	961
22.10.2019	1,71	DURDURUCU	635	961
30.10.2019	1,68	DURDURUCU	635	961
31.10.2019	30,64	DURDURUCU	635	961
2.11.2019	6,57	DURDURUCU	635	961

EK-1. (devam) Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. (devam) Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi(Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
02.01.2020	0,48	DURDURUCU	635	961
03.01.2020	3,87	DURDURUCU	635	961
03.01.2020	6,99	DURDURUCU	635	961
04.01.2020	4,47	DURDURUCU	635	961
04.01.2020	3,37	DURDURUCU	635	961
06.01.2020	5,78	DURDURUCU	635	961
23.01.2020	6,13	DURDURUCU	635	961
27.01.2020	4,98	DURDURUCU	635	961
07.02.2020	4,11	DURDURUCU	635	961
15.02.2020	2,76	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.02.2020	8,21	DURDURUCU	635	961
18.02.2020	6,34	DURDURUCU	635	961
19.02.2020	10,55	DURDURUCU	635	961
22.02.2020	0,4	DURDURUCU	635	961
23.02.2020	4,43	DURDURUCU	635	961
26.02.2020	2,03	DURDURUCU	635	961
28.02.2020	7,33	DURDURUCU	635	961
28.02.2020	3,01	DURDURUCU	635	961
01.03.2020	2,08	DURDURUCU	635	961
02.03.2020	0,74	DURDURUCU	635	961
03.03.2020	1,88	DURDURUCU DEĞİL	635	961
09.03.2020	4,12	DURDURUCU	635	961
13.03.2020	3,82	DURDURUCU	635	961
23.03.2020	4,64	DURDURUCU	635	961
24.03.2020	3,59	DURDURUCU DEĞİL	635	961
25.03.2020	10,91	DURDURUCU	635	961
26.03.2020	1,61	DURDURUCU	635	961
01.04.2020	1,92	DURDURUCU	635	961
02.04.2020	2,82	DURDURUCU	635	961
23.04.2020	2,92	DURDURUCU	635	961
28.04.2020	2,87	DURDURUCU	635	961
13.05.2020	7,06	DURDURUCU	635	961
14.05.2020	3,17	DURDURUCU	635	961
20.05.2020	6,54	DURDURUCU	635	961
27.05.2020	1,57	DURDURUCU	635	961
27.05.2020	22,19	DURDURUCU DEĞİL	635	961
03.06.2020	5,86	DURDURUCU	635	961
22.06.2020	1,44	DURDURUCU	635	961
25.06.2020	26,68	DURDURUCU DEĞİL	635	961
17.07.2020	0,98	DURDURUCU	635	961
24.07.2020	3,03	DURDURUCU DEĞİL	635	961
04.08.2020	38,86	DURDURUCU	635	961
19.08.2020	4,68	DURDURUCU	635	961
24.08.2020	101,57	DURDURUCU	635	961
31.08.2020	4,38	DURDURUCU	635	961
21.09.2020	3,76	DURDURUCU	635	961
24.09.2020	7,13	DURDURUCU	635	961
05.10.2020	3,71	DURDURUCU	635	961

EK-1. (devam) Makine Arıza Süreleri ve İstasyonları

Çizelge 1.1. (devam) Makine arıza süreleri ve istasyonları

İş Emri Tr.	Arıza Süresi (Dk)	Arıza Etkisi	İstasyon No	İş Merkezi
22.10.2020	5,5	DURDURUCU	635	961
23.10.2020	3,95	DURDURUCU	635	961
26.10.2020	29,27	DURDURUCU	635	961
02.11.2020	6,74	DURDURUCU	635	961
04.11.2020	4,27	DURDURUCU	635	961
10.11.2020	0,71	DURDURUCU	635	961
19.11.2020	9,14	DURDURUCU	635	961
20.11.2020	9,2	DURDURUCU	635	961
21.11.2020	6,2	DURDURUCU	635	961
21.11.2020	1,86	DURDURUCU	635	961
26.11.2020	4,49	DURDURUCU	635	961
26.11.2020	4,19	DURDURUCU	635	961
26.11.2020	1,48	DURDURUCU	635	961
28.11.2020	6,47	DURDURUCU	635	961
30.11.2020	2,65	DURDURUCU	635	961
30.11.2020	8,96	DURDURUCU	635	961
30.11.2020	2,62	DURDURUCU	635	961

EK-2. Makine Arıza Anında Bakım Personeli Açıklaması

Çizelge 2.1. Makine arıza anında bakım personeli açıklaması

Arıza süresi(dk)	İş mrk	Bakım personeli açıklaması
3,51	961	Basınç switchleri sıfırlandı.
2,54	961	Yüksek basınç valfi tam kapatamadığından dolayı kum ıslanıyor, valf değiştirildi.
1,6	961	Sistem komple sıfırlandı.
1,08	961	Sıfırlandı.
7,21	961	F10 pogosu değiştirildi.
7,48	961	A eksen harici encoder yağlanmış temizlendi ve yağ kaçağı giderildi.
1,55	961	G23 pogosu (drive 171) değiştirildi.
1,66	961	F9 pogosu vakum valfi yenisi ile değiştirildi. Takip ediliyor.
2,85	961	Lazerli ölçüm sistemi adaptasyonu sırasında değiştirilen bağlantılar şemaya uygun hale getirildi.
2,02	961	Kumun basıncı ayarlandı
4,29	961	Home sensörü ayarlandı.
1,72	961	Servis tarafından "x" eksenine traorı de yanlış değer girilmiş, düzeltildi.
0	961	İlerleme komitatörü değişti
8,34	961	Index pistonu ayarı yapıldı
6,73	961	40A güç kaynağı değiştirildi.
8,37	961	Pogolar resetlendi ve tekrar referans yapıldı.
8,59	961	Sıkışan pogo sıfırlandı.
18,14	961	Gider açıldı tezgah faal.
6,81	961	Pompanın iki tarafının da bakımı yapıldı. X ekseni üzerinde bulunan çelik boruda kaçak vardı, tadilatı yapıldı.
14,2	961	Delik hortum yenisi ile değiştirildi.
0,89	961	Sistem sıfırlandı.
1,82	961	Yüksek basınç pompası yüksüğü değiştirildi.
3,48	961	Basınçlandırma ünitesi sol keçe gurubu değişti çek valf gurubu temizlendi zımparalandı.
5,19	961	B14 pogosu haberleşme arızasından dolayı değiştirildi.
5,81	961	Pogo harddisk tarandı, sorun giderildi.
0	961	Harddisk sorunu giderildi.
2,18	961	C28 pogosu değiştirildi.
5,79	961	Kaçak giderildi
5,86	961	Reset yapıldı vardiya sonuna kadar takip edildi.
5,45	961	Elektrik seması gönderildi cevap bekleniyor.
2,87	961	Güvenlik test tamamlanamamış. Tekrarlandı, geçti.
4,89	961	Tamir takımı değiştirildi.
3,05	961	Sıfırlandı.
23,02	961	Yedek soğutma ünitesi takıldı ve çıkana bakım yapılıp tekrar değiştirilecek
4,24	961	Er module patlamış, modül değiştirildi.
2,68	961	Tıkalı hat temizlenerek açıldı.
0	961	Güvenlik sorunundan dolayı elektrik kesmiş. Kontaktör kontağı temizlendi.
0	961	Tezgâh pozisyon ayarı tamamlandı.
0	961	F26 pogosu değiştirldi

EK-2. (devam) Makine Arıza Anında Bakım Personeli Açıklaması

Çizelge 2.1. (devam) Makine arıza anında bakım personeli açıklaması

Arıza süresi(dk)	İş mrk	Bakım personeli açıklaması
2,95	961	Yaptırılıp denenecek olan çek valf orifice değiştirildi.
4,17	961	Motor tahliye hortumu kırılmış, tamiratı yapıldı.
16,13	961	E8 pogosu f41 ile yer değiştirildi.
3,02	961	Sağ keçe bozulmuş
1,54	961	Takip ediliyor.
2,85	961	Kalibrasyon dosyalarındaki sorun nedeniyle ölçümleme yapılamıyor. Servisten haber bekleniyor.
8,54	961	Haberleşme kablosu değiştirildi.
6,73	961	Referans ayarlandı.
10,37	961	Kaçak giderildi.
0	961	Tezgâh numarası yanlış girilmiştir.
5,88	961	Çek valf parçası aşınmış, değiştirildi.
2,12	961	Su kaçağı giderildi.
1,1	961	Pogo referans palsi görmüyor. Makinanın çalışmasına engel bir durum yok.
10,28	961	I 9 pogosu mekanik olarak rahatlatıldı.
0	961	Sağ taraf yüksek basınç keçesi değişti.
0	961	Hortum tıkanmıştı, giderildi.
4,05	961	Basınç set point ayarlandı. Wj manuel modda devreye alındı.
2,95	961	Pogo resetlendi, home pozisyonuna alındı. Teslim edildi.
3,16	961	Tezgâh mevcut NC programına göre fazla zorlandığı tespit edilmiştir. Motor aşırı yüklenme kaynaklı dolayı pozisyon kayıpları yaşanmaktadır. Bu durum spindle hardware'ına zarar verme riski çok yüksektir. Bu haliyle tezgâhın çalışması bakımsal açıdan uygun değildir.
3,59	961	Analog valf arızalı görüldü, değiştirildi.
4,34	961	Wj güvenlik pozisyonu termal kompanzasyon ekli olmayan değerden aldığı için robot güvenli pozisyonda değil. Güvenlik pozisyonuna termal kompanzasyon ofseti dâhil edildi.
1,13	961	Sistem sıfırlandı.
151,98	961	Pogo kalibrasyonları yapıldı, vacum pedleri değişti.
3,12	961	Su kaçakları giderildi.
3,09	961	Kum değirmen haznesi temizlendi.
1,88	961	Hortum değiştirildi
2,83	961	Keçe değiştirildi.
3	961	Tpts cihazı tezgâhtan "çalışıyor" "duruyor" bilgisini alıyor.
5,92	961	Makina tarafından çalışıyor ve duruyor bilgileri geliyor. Bilgi işleme operatör tarafında bildirilecek.
6,45	961	Yedeği ile değiştirildi.
6,31	961	Pogo sistemi kontrol edildi. Elmo drive 181 (g26) pogosu haberleşmeyi kesiyor. Pogo iptal edildi. Bağlantıları koparıldı.
0	961	Operatör tarafından kum değiştirildi, takip ediliyor.

EK-2. (devam) Makine Arıza Anında Bakım Personeli Açıklaması

Çizelge 2.1. (devam) Makine arıza anında bakım personeli açıklaması

Arıza süresi(dk)	İş mrk	Bakım personeli açıklaması
0	961	Arıza tekrarı görülmedi.
6,41	961	Rekor sıkıldı
16,8	961	Su kaçakları giderildi ve su giriş filtresi değişti. Yağ kaçakları giderildi.
1,93	961	G26 pogosu devreye alındı.
12,01	961	Cycle time ayarlandı. G26 pogosu değiştirildi. 3 adet pogo tamir edildi.
1,59	961	Yeni boru takılarak devreye alındı.
4,05	961	Garanti kapsamında firmadan yedek parça tedarik yapılacak.
3,12	961	Termal kompazisyon dolayı milling pozisyonundan dolayı waterjet çalışmıyordu.
4,5	961	Waterjet safety pozisyon ayarlanmıştı. Aynı işlem tezgâh müsait olduğu zaman miling tarafı için de yapılacak.
107,15	961	Kayıt cihazı arızalı tamir edildi.
1,09	961	Yüksek basınç rekoru gevşek.
29,92	961	Yeni hidrofor takıldı.
5,67	961	Suction ünitesinin çıkışının tıkanmasını önlemek için kullanılan sistem üzerindeki selenoid valf takılı kalmış valf sıkışıklığı giderildi.
1,69	961	Pogo değiştirildi.
8,17	961	Piston oring seti değiştirildi.
1,2	961	Abrazif kum tankı tıkanmış.
4,33	961	Pogo sistemi hazır olmadığında eksenler hareket etmiyordu, düzeltildi.
2,01	961	Miling gövdesi x eksen koruma sacına takılıp sacı yerinden sökmüştür, sac eksen arasından çıkartıldı, tezgâh çalışıyor.
8,24	961	Nozul bağlama ekseni yenisiyle değişti.
5,77	961	E23 pogosu iptal edildi.
12,63	961	I 9 pogosu home switch pozisyonu ayarlandı.
4,78	961	F40 ve h8 pogoların donanımları söküldü.
9,18	961	H8 pogosu haberleşmeyi düşürüyor, yerinde söküldü, yerine E40 pogosu takıldı.
7,32	961	Becoff sıfırlandı.
0,57	961	Arızalı pogo değiştirildi.
3,41	961	Pogo yerinden sökülüp home sensörü ayarı yapıldı.
9,8	961	Eksen kontrolleri yapıldı, eksen ayarları yapıldı.
3,96	961	Soğutma ünitesine gündüz bakılacaktır.
2,4	961	Sıfırlandı.
4,4	961	Waterjet basınç borusu rekorlar havşa açıldı diş çekildi.
5,57	961	Pogo da arıza olmamasına rağmen CNC hataya düşüyor çalışmıyor. Sürücüler programdan sıfırlandı ve güncellendi.
7,07	961	F2 nolu pogo değiştirildi.
4,92	961	Selenoid valf değişti.
2,71	961	I22 pogo home sensörü ayarı yapıldı, sistem sıfırlandı.
7,58	961	Tezgâh talaş emme ünitesi malzemeye binmiş.
1,17	961	Sistem resetlendi.
2,4	961	Sabitleyici plaka yenisi yapılarak takıldı.
3,96	961	Hortum değiştirildi.
1,73	961	D18 pogosu A9 pogosu ile değiştirildi.

EK-2. (devam) Makine Arıza Anında Bakım Personeli Açıklaması

Çizelge 2.1. (devam) Makine arıza anında bakım personeli açıklaması

Arıza süresi(dk)	İş mrk	Bakım personeli açıklaması
2,46	961	Yüksek basınç hat borusu yüzüğü değiştirildi.
2,91	961	Suctıon hortumu birkaç noktadan yırtılmış tamiratı yapıldı. Mevcut hortum uygun değil yeni hortum sipariş edildi.
2,95	961	Suctıon hortumunun yırtık olan 2 metrelik kısmı değiştirildi.
2,58	961	Suction hortumu çap ve malzeme olarak uygun değil. Geçici olarak kırık yerleri kesilerek içine farklı bir boru takılarak arıza giderilmiştir.
8,29	961	Eksen ölçümleri kontrol edilip ayarlandı fakat tezgah çok titreşimli çalıştığından tolerans içine girmedi.
0,98	961	Su kaçağı giderildi.
2,28	961	Rekor sıkılarak kaçak giderildi.
3,2	961	Yükleme kapısı tam kapatılmadığı için sensor görmemiş.
2,07	961	Çek valf yüzeyi zımparalandı.
1,9	961	Pogo sıfırlandı, home yapıldı.
4,07	961	Program hata logları temizlendi ve ayarlar sıfırlandı.
4,94	961	Pogolar sıfırlandı.
7,5	961	Hata veren pogo sıfırlanarak, referansa gönderildi.
3,33	961	Tezgâh ayarı yapıldı.
7,55	961	Miling suctıon hortumu değişti.
2,93	961	Keçe değiştirildi.
241,6	961	Suction hortum kanalı kırılmış hortum yerinden söküldü, hortum kanalı tedarik edilip tamir edilecek.
2,71	961	Pivot boyu kontrolü yapıldı ve 0.262 fark görüldü düzeltildi.
2,32	961	Haberleşme arızası sistem reset atılarak düzeltildi. H3 pogosu home sensörü ayarlandı.
0,66	961	Hortum kaynatıldı.
4,54	961	Keçe değiştirildi.
4,2	961	Çek valf yüzeyi zımparalandı, kaçak giderildi.
17,63	961	D5 pogosu sökülüp yerine J7 pogosu takıldı.
7,73	961	A ekseninde 50 mm de 0,05 hata vardı.
7,39	961	Pogo takıldı.
1,48	961	Arıza diğer tezgâh olan 635-2 ye ait, yanlış açılmış.
4,06	961	Catcher sökülüp kaçak yer kaynatıldı.
2,04	961	Parça kaynatılarak yerine takıldı.
4,05	961	Home pozisyon anahtarı takılı kalmış, düzeltildi.
7,47	961	E15 ve E17 pogolarının fren hava hortumları yerlerinden çıkmış.
2,96	961	Eksen manuel kurtarıldı.
3,54	961	Tamiratı yapıldı.
3,3	961	Eksen trori ayarı yapıldı.
8,98	961	Center off set ayarı yapıldı.
1,27	961	Dirsek düzeltildi.
1,71	961	Sistem sıfırlandı.
1,68	961	Kmt ünitesinde sağ kafa çek valfi yenisi ile değiştirildi.
30,64	961	A ekseni 2. Encoderi iptal edildi.
6,57	961	Center off set ayarı yapıldı.

EK-2. (devam) Makine Arıza Anında Bakım Personeli Açıklaması

Çizelge 2.1. (devam) Makine arıza anında bakım personeli açıklaması

Arıza süresi(dk)	İş mrk	Bakım personeli açıklaması
6,94	961	Karışım odası ve nozul değişimi yapıldı eksen ve trori ayarları yapıldı.
2,33	961	Motor soketleri kontrol edilip temizlendi.
3,59	961	Yüksek basınç hattı ek yeri boru çatlak tadilatı yapıldı.
6,37	961	Kum hattı tıkanmış açıldı, basınç hattı bağlantı elemanında su kaçağı vardı giderildi.
5,17	961	11 nolu pogo valf hava girişi kırılmış çabuk geçme yenisiyle değiştirildi
1,1	961	Pompa manuel çalıştırıldı, üretime bilgi verildi.
13,16	961	BT tarafından bilgisayar onarıldı.
2,23	961	Yüksek basınç keçeleri değiştirilerek su kaçağı giderildi.
0,64	961	Kmt parametreleri girildi ve kalibrasyonu yapıldı.
5,73	961	E17 pogosuna ait sensör ayarlandı.
6,45	961	Şalter kapatılıp atıldı.
1,72	961	Catcher takozu delinen yeri kaynak yaptırılıp yerine takıldı.
2,99	961	F30 pogo haberleşmediği için değiştirildi.
6,4	961	Catcher gövdesi değişti.
2,99	961	Pogo plc'si sıfırlandı.
3,65	961	Tezgâh üzerinde parça olduğu için müdahale edilemedi.
3,6	961	Tezgâhta parça bağlı bitince müdahale edilecek. Disable olmuş pogo düzeltildi.
24,26	961	Pazartesi öğleden sonra prop değiştirilip denenecek.
3,51	961	Orifiks değiştirildi.
0,48	961	Güvenlik rolesi devrede değil. Kapı onarıldı.
3,87	961	G32 pogosu devreye alındı. Frenleri ayarsız iki pogoya fren ayarı yapıldı.
6,99	961	Kmt hitrolik keçe tamir takımı değişti.
4,47	961	G23 pogosu değiştirildi ve G12 pogosu home sensörü değiştirildi.
3,37	961	Pogo değişimi yapıldı.
5,78	961	Yedek pompa devreye alındı.
6,13	961	Pogo haberleşme hatası giderildi, hava yetersiz.
4,98	961	Yüksek basınç keçeleri değişti.
4,11	961	Kapı switch ayarı yapılıp tezgah üretime verildi.
2,76	961	Elektrik panosuna verilen pozitif basınç kaynaklı sorun çözüldü.
8,21	961	Hava şartlandırıcı filtreleri değiştirildi.
6,34	961	Tuz tankının su seviyesi düşüktü tamamlattırılıp çalıştırıldı.
10,55	961	Arızalı pogoların bakımları yapıldı.
0,4	961	Kacher bağlantı oluğu yamulmuş ve kacher nozul eksenine göre ayarlandı.
4,43	961	Valfin rekoru değiştirildi.
2,03	961	Çelik boruya yeniden diş çekilip rekor sıkıldı.
7,33	961	Yüksek basınç keçeleri değiştirildi.
2,08	961	Hortum delinen yerinden kesildi yeniden bağlantı yapıldı.
0,74	961	Pogo PC ve haberleşme kabloları kontrol edildi.
1,88	961	Mevcut hava kaçağı giderildi.
4,12	961	43 nolu pogo haberleşme kesiyor ondan sonra hepsi değiştirildi.
3,82	961	Tezgâhta iş olduğu için bakılamadı, valf arızası mevcut.

EK-3. 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
03.01.2018	Fan bağlantı arızası giderildi.	3,51	Tez-Kr-502
04.01.2018	Yüksek basınç boru bağlantı rekoru oldu.	2,54	Tez-Kr-502
05.01.2018	Güvenlik sistemi arızası var.	1,6	Tez-Kr-502
08.01.2018	Ayar yapma problemi mevcuttur.	1,08	Tez-Kr-502
08.01.2018	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	7,21	Tez-Kr-502
10.01.2018	Güvenlik sistemi arızası	7,48	Tez-Kr-502
10.01.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	1,55	Tez-Kr-502
14.01.2018	Pogo sensor / swıtch arızası	1,66	Tez-Kr-502
15.01.2018	Ayar yapma problemi	2,85	Tez-Kr-502
18.01.2018	Ayar valfi arızası	2,02	Tez-Kr-502
23.01.2018	Pogo sensor / swıtch arızası	4,29	Tez-Kr-502
23.01.2018	Ayar yapma problemi	1,72	Tez-Kr-502
24.01.2018	Ayar yapma problemi	0	Tez-Kr-502
24.01.2018	Takım seçme/değiştirme	8,34	Tez-Kr-502
25.01.2018	Güvenlik sistemi arızası	6,73	Tez-Kr-502
29.01.2018	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	8,37	Tez-Kr-502
02.02.2018	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	8,59	Tez-Kr-502
03.02.2018	Yüksek basınç boru bağlantı rekoru	18,14	Tez-Kr-502
06.02.2018	Yüksek basınç keçeleri arızası	6,81	Tez-Kr-502
13.02.2018	Su besleme hortumu	14,2	Tez-Kr-502
20.02.2018	Parametrik / data arızası	0,89	Tez-Kr-502
20.02.2018	Yüksek basınç pompası	1,82	Tez-Kr-502
21.02.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	8,81	Tez-Kr-502
04.03.2018	Elektrik arıza	3,48	Tez-Kr-502
05.03.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	5,19	Tez-Kr-502
12.03.2018	Parametrik / data arızası	5,81	Tez-Kr-502
12.03.2018	Parametrik / data arızası	0	Tez-Kr-502
13.03.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	2,18	Tez-Kr-502
17.03.2018	Su tahliye pompası arızası	5,79	Tez-Kr-502
21.03.2018	Reset- power off/on arızası	5,86	Tez-Kr-502
21.03.2018	Takım seçme/değiştirme	5,45	Tez-Kr-502
25.03.2018	Güvenlik sistemi arızası	2,87	Tez-Kr-502
25.03.2018	Elektrik arıza	4,89	Tez-Kr-502
26.03.2018	Ayar yapma problemi	3,05	Tez-Kr-502
26.03.2018	Kompresör arızası	23,02	Tez-Kr-502
31.03.2018	Power supply (güç besleme) arızası	4,24	Tez-Kr-502
05.04.2018	Vakum kaçağı	2,68	Tez-Kr-502
05.04.2018	Güvenlik sistemi arızası	0	Tez-Kr-502
07.04.2018	Encoder/lineer cetvel/okuyucu arızası	0	Tez-Kr-502
07.04.2018	Swıtch/sensor arızası	0	Tez-Kr-502
08.04.2018	Güvenlik (safety) rölesi arızası	1,45	Tez-Kr-502
13.04.2018	Parametrik / veri arızası	5,25	Tez-Kr-502
13.04.2018	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	3,56	Tez-Kr-502

EK-3. (devam) 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. (devam) İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
17.04.2018	Elektrik arıza	2,95	Tez-Kr-502
21.04.2018	Su kaçağı	4,17	Tez-Kr-502
24.04.2018	Güvenlik sistemi arızası	16,13	Tez-Kr-502
24.04.2018	Yüksek basınç keçeleri arızası	3,02	Tez-Kr-502
26.04.2018	Parametrik / data arızası	1,54	Tez-Kr-502
04.05.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	2,85	Tez-Kr-502
08.05.2018	Kablo-kısa devre/kablaj hatası	8,54	Tez-Kr-502
10.05.2018	Swıtch/sensor arızası	6,73	Tez-Kr-502
11.05.2018	Yüksek basınç boru bağlantı rekoru	10,37	Tez-Kr-502
11.05.2018	Cup delinmesi	0	Tez-Kr-502
13.05.2018	Yüksek basınç keçeleri arızası	5,88	Tez-Kr-502
14.05.2018	Su tahliye pompası arızası	2,12	Tez-Kr-502
17.05.2018	Elektronik pcb/komponent hasarı	1,1	Tez-Kr-502
21.05.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	10,28	Tez-Kr-502
11.06.2018	Çek valf	0	Tez-Kr-502
13.06.2018	Kumun ıslanması	0	Tez-Kr-502
18.06.2018	Elektrik arıza	4,05	Tez-Kr-502
18.06.2018	Reset- power off/on arızası	2,95	Tez-Kr-502
19.06.2018	Sürücü arızası	3,16	Tez-Kr-502
25.06.2018	Çek valf	3,59	Tez-Kr-502
28.06.2018	Güvenlik sistemi arızası	4,34	Tez-Kr-502
30.06.2018	Plc haberleşme arızası	1,13	Tez-Kr-502
05.07.2018	Encoder/lineer cetvel/okuyucu arızası	7,35	Tez-Kr-502
09.07.2018	Beckhoff pc/panel arızası	151,98	Tez-Kr-502
19.07.2018	Intensifier arızası	3,12	Tez-Kr-502
22.07.2018	Ayar valfi arızası	3,09	Tez-Kr-502
23.07.2018	Ayar valfi arızası	1,88	Tez-Kr-502
23.07.2018	Yüksek basınç pompası	2,83	Tez-Kr-502
24.07.2018	Asenkron motor arızası	3	Tez-Kr-502
24.07.2018	Güvenlik sistemi arızası	4,13	Tez-Kr-502
24.07.2018	Elektrik arıza	5,92	Tez-Kr-502
24.07.2018	Cup delinmesi	6,45	Tez-Kr-502
29.07.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	6,31	Tez-Kr-502
31.07.2018	Kumun ıslanması	0	Tez-Kr-502
01.08.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	0,99	Tez-Kr-502
05.08.2018	Hareket pistonu arızası	3,46	Tez-Kr-502
06.08.2018	Çek valf	10,27	Tez-Kr-502
07.08.2018	Elektrik arıza	0	Tez-Kr-502
10.08.2018	Yüksek basınç keçeleri arızası	6,41	Tez-Kr-502

EK-3. (devam) 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. (devam) İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
14.08.2018	Yüksek basınç keçeleri arızası	1,59	Tez-Kr-502
15.08.2018	Yüksek basınç keçeleri arızası	4,05	Tez-Kr-502
15.08.2018	Emiş zayıf	4,65	Tez-Kr-502
16.08.2018	Ayar yapma problemi	3,12	Tez-Kr-502
27.08.2018	Güvenlik sistemi arızası	4,5	Tez-Kr-502
07.09.2018	Elektronik pcb/komponent hasarı	107,15	Tez-Kr-502
10.09.2018	Yüksek basınç bağlantı rekoru	1,09	Tez-Kr-502
11.09.2018	Yüksek basınç pompası	29,92	Tez-Kr-502
13.09.2018	Valf arızası	5,67	Tez-Kr-502
19.09.2018	Hareket dişlisi arızası	1,69	Tez-Kr-502
22.09.2018	Yüksek basınç pompası	8,17	Tez-Kr-502
24.09.2018	Kumun ıslanması	1,2	Tez-Kr-502
27.09.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	4,33	Tez-Kr-502
30.09.2018	Kızak ped arızası	2,01	Tez-Kr-502
01.10.2018	Ölçü/dayama ayarsızlığı	8,24	Tez-Kr-502
08.10.2018	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	5,77	Tez-Kr-502
09.10.2018	Swıtch/sensor arızası	12,63	Tez-Kr-502
13.10.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	4,78	Tez-Kr-502
14.10.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	9,18	Tez-Kr-502
18.10.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	7,32	Tez-Kr-502
21.10.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	0,57	Tez-Kr-502
23.10.2018	Swıtch/sensor arızası	3,41	Tez-Kr-502
23.10.2018	Ölçü/dayama ayarsızlığı	9,8	Tez-Kr-502
02.11.2018	Flow metre arızası	3,96	Tez-Kr-502
03.11.2018	Parametrik / data arızası	2,4	Tez-Kr-502
04.11.2018	Kumun ıslanması	4,4	Tez-Kr-502
04.11.2018	Beckhoff pc/panel arızası	5,57	Tez-Kr-502
06.11.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	7,07	Tez-Kr-502
06.11.2018	Basınçlı hava üfleme ünitesi	4,92	Tez-Kr-502
07.11.2018	Swıtch/sensor arızası	2,71	Tez-Kr-502
08.11.2018	Ölçü/dayama ayarsızlığı	7,58	Tez-Kr-502
13.11.2018	Elektrik arıza	1,17	Tez-Kr-502
17.11.2018	Ölçü/dayama ayarsızlığı	2,4	Tez-Kr-502
23.11.2018	Boru/hartum delinmesi	3,96	Tez-Kr-502
28.11.2018	Elektronik pcb/komponent hasarı	1,73	Tez-Kr-502
01.12.2018	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	8,4	Tez-Kr-502
01.12.2018	Ayar bozukluğu	6,57	Tez-Kr-502
03.12.2018	Nc memory/cf card/ eprom hatası	94,39	Tez-Kr-502
05.12.2018	Fan problemi	1,4	Tez-Kr-502
07.12.2018	Ayar yapma problemi	4,24	Tez-Kr-502

EK-3. (devam) 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. (devam) İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
17.12.2018	Radyatör arızası	5,6	Tez-Kr-502
21.12.2018	Ölçü/dayama ayarsızlığı	8,14	Tez-Kr-502
25.12.2018	Yüksek basınç bağlantı rekoru	13,48	Tez-Kr-502
26.12.2018	Reset- power off /on arızası	2,24	Tez-Kr-502
29.12.2018	Yüksek basınç bağlantı rekoru	5,14	Tez-Kr-502
02.01.2019	Emiş zayıf	8,59	Tez-Kr-502
04.01.2019	Yüksek basınç bağlantı rekoru	1,91	Tez-Kr-502
07.01.2019	E/r modul/ ınfeed modul arızası	3,22	Tez-Kr-502
11.01.2019	Yüksek basınç bağlantı rekoru	0,31	Tez-Kr-502
15.01.2019	Su kaçağı	9,41	Tez-Kr-502
17.01.2019	Yüksek basınç bağlantı rekoru	1,19	Tez-Kr-502
31.01.2019	Piston arızası	10,71	Tez-Kr-502
31.01.2019	Elektrik arıza	4,8	Tez-Kr-502
06.02.2019	Parametrik / data arızası	5,73	Tez-Kr-502
07.02.2019	Swıtch/sensor arızası	1,29	Tez-Kr-502
13.02.2019	Pogo sensor / swıtch arızası	2,49	Tez-Kr-502
19.02.2019	Vakumlama sorunu	6,93	Tez-Kr-502
23.02.2019	Hava kaçağı	4,05	Tez-Kr-502
01.03.2019	Emiş zayıf	0,51	Tez-Kr-502
08.03.2019	Güvenlik sistemi arızası	11,77	Tez-Kr-502
10.03.2019	Vısıon sys/görüntüleme/kamera sistem arızası	5,18	Tez-Kr-502
20.03.2019	Termik akım rölesi/ sigorta/röle/otomat	0,49	Tez-Kr-502
23.03.2019	Yüksek basınç keçeleri arızası	3,39	Tez-Kr-502
23.03.2019	Yüksek basınç boru bağlantı rekoru	1,29	Tez-Kr-502
29.03.2019	Swıtch/sensor arızası	4,63	Tez-Kr-502
05.04.2019	Filtre tıkanması	0,63	Tez-Kr-502
06.04.2019	Motor fren arızası	18,76	Tez-Kr-502
07.04.2019	Su tahliye pompası arızası	3,02	Tez-Kr-502
08.04.2019	Yüksek basınç pompası	5,47	Tez-Kr-502
11.04.2019	Vakum kaçağı	6,88	Tez-Kr-502
16.04.2019	Kablo-kısa devre/kablaj hatası	0,14	Tez-Kr-502
05.05.2019	Emiş zayıf	8,74	Tez-Kr-502
14.05.2019	Emiş zayıf	6,77	Tez-Kr-502
24.05.2019	Kablo-kısa devre/kablaj hatası	8,68	Tez-Kr-502
02.06.2019	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	1,55	Tez-Kr-502
11.06.2019	Servomotor arızası	2,62	Tez-Kr-502
11.06.2019	Yüksek basınç pompası	2,32	Tez-Kr-502
12.06.2019	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	7,19	Tez-Kr-502
12.06.2019	Pogo sensor / swıtch arızası	4,47	Tez-Kr-502

EK-3. (devam) 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. (devam) İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
04.11.2019	Vısıon sys/görüntüleme/kamera sistemi arızası	7,52	Tez-Kr-502
09.11.2019	Hava kaçağı	1,8	Tez-Kr-502
10.11.2019	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	1,73	Tez-Kr-502
19.11.2019	Ayar valfi arızası	6,94	Tez-Kr-502
20.11.2019	Parametrik / veri arızası	2,33	Tez-Kr-502
20.11.2019	Yüksek basınç bağlantı rekoru	3,59	Tez-Kr-502
21.11.2019	Yüksek basınç bağlantı rekoru	6,37	Tez-Kr-502
22.11.2019	Vakumlama sorunu	5,17	Tez-Kr-502
23.11.2019	Elektronik pcb/komponent hasarı	1,1	Tez-Kr-502
28.11.2019	Elektronik pcb/komponent hasarı	13,16	Tez-Kr-502
02.12.2019	Yüksek basınç keçesi arızası	2,23	Tez-Kr-502
04.12.2019	Parametrik / veri arızası	0,64	Tez-Kr-502
06.12.2019	Pogo sensor / swıtch arızası	5,73	Tez-Kr-502
06.12.2019	Ayar bozukluğu	6,45	Tez-Kr-502
08.12.2019	Cup delinmesi	1,72	Tez-Kr-502
11.12.2019	Servo motor arızası	2,99	Tez-Kr-502
14.12.2019	Cup delinmesi	6,4	Tez-Kr-502
16.12.2019	Parametrik / data arızası	2,99	Tez-Kr-502
19.12.2019	Vakumlama sorunu	3,65	Tez-Kr-502
21.12.2019	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	3,6	Tez-Kr-502
29.12.2019	Mekanik arıza	24,26	Tez-Kr-502
30.12.2019	Yüksek basınç keçeleri arızası	3,51	Tez-Kr-502
02.01.2020	Swıtch/sensor arızası	0,48	Tez-Kr-502
03.01.2020	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	3,87	Tez-Kr-502
03.01.2020	Yüksek basınç keçesi arızası	6,99	Tez-Kr-502
04.01.2020	Swıtch/sensor arızası	4,47	Tez-Kr-502
04.01.2020	Kart problemi	3,37	Tez-Kr-502
06.01.2020	Yüksek basınç keçesi arızası	5,78	Tez-Kr-502
23.01.2020	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	6,13	Tez-Kr-502
27.01.2020	Yüksek basınç keçeleri arızası	4,98	Tez-Kr-502
07.02.2020	Güvenlik (safety) rölesi arızası	4,11	Tez-Kr-502
15.02.2020	Hava kacağı	2,76	Tez-Kr-502
17.02.2020	Filtre tıkanması	8,21	Tez-Kr-502
18.02.2020	Su kaçağı	6,34	Tez-Kr-502
19.02.2020	Vakumlama sorunu	10,55	Tez-Kr-502
22.02.2020	Hortum	0,4	Tez-Kr-502
23.02.2020	Hava kaçağı	4,43	Tez-Kr-502
26.02.2020	Yüksek basınç bağlantı rekoru	2,03	Tez-Kr-502
28.02.2020	Yüksek basınç keçeleri arızası	7,33	Tez-Kr-502
28.02.2020	Valf arızası	3,01	Tez-Kr-502

EK-3. (devam) 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. (devam) İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
03.03.2020	Hava kacağı	1,88	Tez-Kr-502
09.03.2020	Servomotor arızası	4,12	Tez-Kr-502
13.03.2020	Joystıck kumanda arızası	3,82	Tez-Kr-502
23.03.2020	Ölçü/dayama ayarsızlığı	4,64	Tez-Kr-502
24.03.2020	Power supply(güç besleme) arızası	3,59	Tez-Kr-502
25.03.2020	Valf arızası	10,91	Tez-Kr-502
26.03.2020	Vakumlama sorunu	1,61	Tez-Kr-502
01.04.2020	Hava kaçağı	1,92	Tez-Kr-502
02.04.2020	Cup delinmesi	2,82	Tez-Kr-502
23.04.2020	Yüksek basınç keçeleri arızası	2,92	Tez-Kr-502
28.04.2020	Ext modül / sensor-voltaj modül arızası	2,87	Tez-Kr-502
13.05.2020	Swıtch/sensor arızası	7,06	Tez-Kr-502
14.05.2020	Mekanik arıza	3,17	Tez-Kr-502
20.05.2020	Kontur balans arızası	6,54	Tez-Kr-502
27.05.2020	Power supply(güç besleme) arızası	1,57	Tez-Kr-502
27.05.2020	Reset- power off/on arızası	22,19	Tez-Kr-502
03.06.2020	Vakum kaçağı	5,86	Tez-Kr-502
22.06.2020	Su kaçağı	1,44	Tez-Kr-502
25.06.2020	Yüksek basınç keçesi arızası	26,68	Tez-Kr-502
17.07.2020	Hava kaçağı	0,98	Tez-Kr-502
24.07.2020	Termik akım rölesi/ sigorta/röle/otomat	3,03	Tez-Kr-502
04.08.2020	Reset- power off/on arızası	38,86	Tez-Kr-502
19.08.2020	Ayar bozukluğu	4,68	Tez-Kr-502
24.08.2020	Ölçü/dayama ayarsızlığı	101,57	Tez-Kr-502
31.08.2020	Pogo sensor / swıtch arızası	4,38	Tez-Kr-502
21.09.2020	Kompresör arızası	3,76	Tez-Kr-502
24.09.2020	Takım seçme/değiştirme	7,13	Tez-Kr-502
05.10.2020	Eksen arızası	3,71	Tez-Kr-502
12.10.2020	Pogo sensor / swıtch arızası	7,29	Tez-Kr-502
15.10.2020	Eksen arızası	4,66	Tez-Kr-502
21.10.2020	Basınç yükseltici pompa arızası	2,93	Tez-Kr-502
22.10.2020	Valf arızası	5,5	Tez-Kr-502
23.10.2020	Eksen arızası	3,95	Tez-Kr-502
26.10.2020	Nc program / operatör hatası	29,27	Tez-Kr-502
02.11.2020	Ölçü/dayama ayarsızlığı	6,74	Tez-Kr-502
04.11.2020	Vakumlama sorunu	4,27	Tez-Kr-502
10.11.2020	Ölçü/dayama ayarsızlığı	0,71	Tez-Kr-502
19.11.2020	Ölçü/dayama ayarsızlığı	9,14	Tez-Kr-502
20.11.2020	Vakumlama sorunu	9,2	Tez-Kr-502
21.11.2020	Hava kaçağı	6,2	Tez-Kr-502

EK-3. (devam) 961 İstasyonuna Ait Arıza Süreleri ve Nedenleri

Çizelge 3.1. (devam) İstasyonuna ait arıza süreleri ve nedenleri

İş emri Tarih	Genel Arıza	Arıza Süresi (Dk)	Kritiklik Durumu
26.11.2020	Manometre arızası	4,19	Tez-Kr-502
26.11.2020	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	1,48	Tez-Kr-502
28.11.2020	Basınç yükseltici pompa arızası	6,47	Tez-Kr-502
30.11.2020	Parametrik / veri arızası	2,65	Tez-Kr-502
30.11.2020	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	8,96	Tez-Kr-502
30.11.2020	Clamp arızası	2,62	Tez-Kr-502
08.07.2019	Encoder/lineer cetvel/okuyucu arızası	18,09	Tez-Kr-502
08.07.2019	Clamp arızası	68,22	Tez-Kr-502
22.07.2019	Elektronik pcb/komponent hasarı	25,21	Tez-Kr-502
25.07.2019	Yüksek basınç boru bağlantı rekoru	2,46	Tez-Kr-502
25.07.2019	Emiş zayıf	2,91	Tez-Kr-502
26.07.2019	Emiş zayıf	2,95	Tez-Kr-502
27.07.2019	Emiş zayıf	2,58	Tez-Kr-502
31.07.2019	Ölçü/dayama ayarsızlığı	8,29	Tez-Kr-502
03.08.2019	Yüksek basınç boru bağlantı rekoru	0,98	Tez-Kr-502
04.08.2019	Su kaçağı	2,28	Tez-Kr-502
05.08.2019	Swıtch/duyar arızası	3,2	Tez-Kr-502
06.08.2019	Elektrik arıza	2,07	Tez-Kr-502
08.08.2019	Beckhoff / ethercat haberleşme arızası	1,9	Tez-Kr-502
15.08.2019	Güvenlik (safety) rölesi arızası	4,07	Tez-Kr-502
16.08.2019	Elektronik pcb/komponent hasarı	4,94	Tez-Kr-502
18.08.2019	Motor fren arızası	7,5	Tez-Kr-502
20.08.2019	Ölçü/dayama ayarsızlığı	3,33	Tez-Kr-502
21.08.2019	Emiş zayıf	7,55	Tez-Kr-502
25.08.2019	Yüksek basınç pompası	2,93	Tez-Kr-502
25.08.2019	Emiş zayıf	241,6	Tez-Kr-502
27.08.2019	Ayar bozukluğu	2,71	Tez-Kr-502
07.09.2019	Parametrik / data arızası	2,32	Tez-Kr-502
17.09.2019	Hortum	0,66	Tez-Kr-502
23.09.2019	Elektrik arıza	4,54	Tez-Kr-502
23.09.2019	Elektrik arıza	4,2	Tez-Kr-502
24.09.2019	Sıcaklık/basınç nem dijital kontrolörü	17,63	Tez-Kr-502
27.09.2019	Ölçü/dayama ayarsızlığı	7,73	Tez-Kr-502
30.09.2019	Pogo sensor / swıtch arızası	7,39	Tez-Kr-502
04.10.2019	Pogo sensor / swıtch arızası	1,48	Tez-Kr-502
05.10.2019	Su kaçağı	4,06	Tez-Kr-502
14.10.2019	Cup delinmesi	2,04	Tez-Kr-502
14.10.2019	Swıtch/sensor arızası	4,05	Tez-Kr-502
16.10.2019	Hedefe ulaşamama-clamp sorunu	7,47	Tez-Kr-502

EK-4. Sensörden Alınan Veriler

Çizelge 4.1. Sensörden alınan veriler

Time,ambient,gasRes,humidity,pressure,temp,temp_probe1,temp_probe2,temp_probe3,temp_probe4
1540462560076546519,1,10879.511516994336,23.37184028800669,85605.02033023864,32.451826191867255,22.75,26.312,25.687
1540462562812796645,1,14042.58886653253,23.283040450002705,85264.96643676049,32.625216081399955,22.812,26.312,25
1540462565372825412,1,16255.82298136646,23.223638064799278,85039.2652466172,32.720423033880614,22.812,26.312,25.687,24.875
1540462567933020263,1,18034.02239448751,23.166348710598253,84903.28201224573,32.78662660255704,22.812,26.312,25.687,24.875
1540462570494815172,1,18982.320942883045,23.10765122172151,84799.8480097671,32.82760978823844,22.812,26.312,25.687,24.875
1540462573056684099,1,19940.47619047619,23.052762778913998,84747.64590839946,32.85724379552903,22.812,26.312,25.687,24.875
1540462575617297692,1,21063.883299798792,23.031375602323514,84711.68890221721,32.87111503629767,22.812,26.312,25.687,24.875
1540462578178149121,1,21343.01732925586,23.016571555344537,84651.46930948229,32.89066087914889,22.812,26.312,25.687,24.875
1540462580740428522,1,22132.663847780128,22.984900151496372,84589.80412572582,32.91808811732044,22.812,26.312,25.687,24.812
1540462583301223653,1,22393.048128342245,22.951454073736123,84571.07673960057,32.93101360024211,22.875,26.312,25.625,24.875
1540462585862250664,1,23084.343991179714,22.917798152813912,84556.04621894154,32.935111924478406,22.875,26.312,25.625,24.875
1540462588422259734,1,23263.88888888889,22.919884033010447,84503.11164409027,32.94992894441002,22.875,26.312,25.625,24.875
1540462590981109234,1,24090.182135172414,22.973341861383098,84450.84486770691,32.97388838599636,22.812,26.312,25.5,24.875
1540462593540340574,1,24427.10775944056,22.964365079103313,84390.15699188129,32.9969020660872,22.75,26.375,25.375,24.875
1540462596099869280,1,24527.160278057345,22.943570591322683,84340.48306441882,33.018654727958165,22.75,26.375,25.375,24.875
1540462598659009489,1,24876.50855501484,22.898093305805887,84337.84615132175,33.027166640539505,22.687,26.375,25.312,24.875
1540462601218025759,1,25388.804915324046,22.738001024020715,84351.54691743742,33.02212254409896,22.687,26.375,25.187,24.812
1540462603778711913,1,25747.491962653563,22.566501248337655,84371.57397193325,33.0136106319891,22.625,26.375,25.187,24.812
1540462606338992496,1,26051.533197762586,22.34453788813212,84383.23503826252,33.00856653629944,22.625,26.375,25.187,24.812
1540462608906345305,1,26647.753919389703,22.111709632871023,84395.09398175264,33.003207184935306,22.625,26.375,25.187,24.812
1540462611474231844,1,26698.673194394905,21.851882606268898,84385.67519441724,33.004152952800176,22.625,26.375,25.187,24.812
1540462614043417160,1,27165.85671756319,21.61530045923774,84376.45010818478,33.00919704824537,22.625,26.375,25.187,24.812
1540462616611370068,1,27540.681284625494,21.361583191761852,84386.59732689349,33.006675000487846,22.625,26.375,25.187,24.75
1540462619179236853,1,27851.772036677743,21.125217388141007,84401.28743435146,33.00131564923504,22.625,26.312,25.187,24.75
1540462621748996547,1,27870.29050212766,20.93355384160038,84431.13741900324,32.98870541223732,22.625,26.312,25.187,24.687
1540462624319117949,1,28075.630887608844,20.814602975156404,84471.27065477044,32.97609517698584,22.625,26.312,25.187,24.687
1540462626886636260,1,28207.884868909827,20.77979558000767,84506.26977188129,32.960962896989074,22.625,26.312,25.187,24.687
1540462629445470408,1,28341.390747261667,20.913076127006256,84533.42896868645,32.94898317710831,22.687,26.312,25.187,24.687
1540462632012101989,1,28476.1663826087,20.995323635756126,84583.33506968082,32.93385090161682,22.687,26.25,25.187,24.625
1540462634570586177,1,28514.90946612245,21.05508987058178,84633.98139176265,32.91115249309441,22.687,26.25,25.187,24.625
1540462637141056944,1,28789.091287912088,21.115561129147817,84667.81410809547,32.89633547947214,22.687,26.25,25.187,24.625
1540462639710678592,1,28928.169023602488,21.057864225302644,84713.46146493976,32.87962693508816,22.687,26.25,25.187,24.625
1540462642279063540,1,28379.767715098173,21.091009281355884,84725.60294563568,32.870169269814504,22.687,26.25,25.187,24.625

EK-4. (devam) Sensörden Alınan Veriler

Çizelge 4.1. (devam) Sensörden alınan veriler

Time,ambient,gasRes,humidity,pressure,temp,temp_probe1,temp_probe2,temp_probe3,temp_probe4
1540462649984505119,1,28729.89507553119,21.14195140406581,84713.06646802902,32.87962693508816,22.687,26.25,25.187,24.562
1540462652552688660,1,29149.455434770516,21.198274414196327,84705.08767573663,32.87489810232855,22.687,26.25,25.187,24.562
1540462655113456023,1,28769.332131228555,21.294105754022006,84696.50688331334,32.8824642348618,22.687,26.25,25.125,24.562
1540462657681704229,1,28729.89507553119,21.406516845030055,84695.78113234541,32.88183372379335,22.687,26.25,25.125,24.562
1540462660248813321,1,29149.455434770516,21.47931039900361,84704.35699641197,32.88057270166955,22.75,26.25,25.187,24.562
1540462662346038007,1,29749.408740383253,21.476924713764785,84614.39660985788,32.89759650181422,22.75,26.25,25.187,24.562
1540462664902781037,1,29129.19869020153,21.488322988967127,84613.33585682501,32.920610162624506,22.75,26.25,25.187,24.562
1540462667469677479,1,28968.152671181757,21.5372663303765,84658.1189408778,32.90201008014901,22.75,26.25,25.125,24.562
1540462670038929566,1,29333.041928061582,21.564079381072556,84695.64784837009,32.88782357911987,22.75,26.25,25.125,24.562
1540462672598707357,1,28888.29559972433,21.57342173899417,84746.3173968876,32.86701671494156,22.75,26.25,25.187,24.562
1540462675166921722,1,29108.970080000003,21.696980565833663,84755.95184867748,32.85724379552903,22.812,26.25,25.187,24.562
1540462677734856215,1,28808.877604948455,21.74745906315775,84763.27543874865,32.855982773745744,22.812,26.25,25.187,24.562
1540462680310530303,1,29210.395062857144,21.724347537067516,84777.85911938178,32.85125394221395,22.812,26.25,25.187,24.562
1540462682864729317,1,28948.14704088398,21.65639204897515,84784.46247146234,32.846840366339165,22.812,26.25,25.187,24.562
1540462685440481307,1,29292.045363522015,21.672127683155406,84817.25866628488,32.83895898138053,22.812,26.25,25.187,24.562
1540462688002512526,1,29271.590024581008,21.79584283957252,84823.86318036825,32.82918606497915,22.812,26.25,25.187,24.562
1540462690569887686,1,29108.970080000003,21.823522849864865,84839.30489793686,32.828870809628825,22.812,26.25,25.125,24.562
1540462693136287823,1,29108.970080000003,21.834867526233882,84836.27198632978,32.82319621350962,22.812,26.25,25.125,24.562
1540462695695472882,1,29190.053562116995,21.886495250664 11,84814.16187836748,32.83202336318118,22.812,26.25,25.125,24.562
1540462698261641920,1,29251.1632346127,21.931466062617506,84819.8373887758,32.83486066147161,22.812,26.25,25.125,24.562
1540462700820561825,1,28848.531944390917,21.931110772766935,84830.32916658657,32.829501320330564,22.812,26.25,25.125,24.562
1540462703388427300,1,29353.58327394958,21.964946405922895,84830.59610028085,32.82666402220711,22.812,26.25,25.125,24.562
1540462705949081109,1,28888.29559972433,21.948619959198773,84813.5692120944,32.832969129268164,22.875,26.25,25.125,24.562
1540462708517128133,1,29088.76954559334,21.84683250488096,84817.19979084628,32.83391489536498,22.875,26.25,25.125,24.562
1540462711085451387,1,28948.14704088398,21.746579110407737,84782.28954880286,32.84022000292807,22.875,26.25,25.125,24.562
1540462713656217032,1,28928.169023602488,21.710011249786813,84704.10510345285,32.86859299236439,22.875,26.25,25.125,24.562
1540462716222718394,1,28828.691138376893,21.672862370479645,84643.81355894975,32.89791175740247,22.875,26.25,25.125,24.562
1540462718791344245,1,28769.332131228555,21.646143238336414,84605.56214902388,32.913989793850305,22.875,26.25,25.125,24.562
1540462721359086284,1,28789.091287912088,21.608071942388765,84566.9264381231,32.92754578757085,22.937,26.25,25.125,24.562
1540462723920475032,1,28573.22216441718,21.576020073612053,84520.84248795176,32.94709164253436,22.937,26.25,25.125,24.562
1540462726486261032,1,28690.565992607804,21.543682592061153,84482.4129807998,32.961278152796694,22.937,26.25,25.125,24.562
1540462729052928327,1,28592.71276616644,21.53517887545156,84407.81529337751,32.98555285326074,22.937,26.25,25.125,24.562
1540462731612597749,1,28573.22216441718,21.52017201438939,84359.12425479943,33.014871655955176,23,26.25,25.125,24.562

EK-4. (devam) Sensörden Alınan Veriler

Çizelge 4.1. (devam) Sensörden alınan veriler

Time,ambient,gasRes,humidity,pressure,temp,temp_probe1,temp_probe2,temp_probe3,temp_probe4
1540462736733824121,1,28651.344439644567,21.60986881621877,84369.7981998022,33.01014281617245,23,26.25,25.125,24.562
1540462739303629189,1,28226.88007757576,21.650230930641065,84346.54233456016,33.019915751994084,23,26.25,25.125,24.562
1540462741872783857,1,28437.52843636364,21.678804684521953,84337.121483961,33.02559036037182,23,26.25,25.125,24.562
1540462744442289694,1,28188.915208607938,21.706713018188886,84344.96013860685,33.022753056138754,23,26.25,25.125,24.562
1540462747010330089,1,28398.9952,21.722610768280255,84373.67990571943,33.014871655955176,23,26.25,25.125,24.562
1540462749577152393,1,28534.320568550036,21.6991392233779,84396.93831357255,33.00352244088917,23.062,26.25,25.187,24.562
1540462752146425424,1,28437.52843636364,21.681752232040047,84409.72012356739,32.9981630898219,23.062,26.25,25.187,24.562
1540462754714071738,1,28341.390747261667,21.69265033434599,84419.14381990707,32.99311899498789,23.062,26.25,25.187,24.562
1540462757275054490,1,28379.767715098173,21.658029570487333,84439.9014014833,32.98555285326074,23.062,26.25,25.187,24.625
1540462759844131965,1,28651.344439644567,21.67450477962082,84451.17102032583,32.979247735635,23.062,26.25,25.187,24.625
1540462762411187995,1,28245.90088625337,21.7022605479932,84462.44116938688,32.97483415355673,23.125,26.25,25.187,24.625
1540462764977553299,1,28151.052327199464,21.691157506856978,84456.70943575268,32.9754646652691,23.125,26.25,25.187,24.625
1540462767536098878,1,28075.630887608844,21.680464983549967,84441.6172412368,32.98019350325103,23.125,26.25,25.187,24.625
1540462770102835087,1,27981.920504138852,21.675118922710524,84433.77548438292,32.98366131792718,23.125,26.25,25.187,24.625
1540462772663067913,1,28207.884868909827,21.726492751120976,84417.56514333929,32.98996643585851,23.125,26.25,25.187,24.625
1540462775230791226,1,28226.88007757576,21.7713091740695,84427.51269187882,32.98965117995158,23.125,26.25,25.187,24.625
1540462777798869048,1,28113.29102293763,21.79350321372111,84438.31851528877,32.98460708558905,23.187,26.25,25.187,24.625
1540462780358956045,1,28151.052327199464,21.815760016361963,84446.09599212381,32.98019350325103,23.187,26.25,25.187,24.625
1540462782919291336,1,28094.448334584453,21.827346783631718,84437.6620691739,32.983030806158055,23.187,26.25,25.187,24.625
1540462785487382344,1,28226.88007757576,21.84487732762653,84421.97907232799,32.98933592404573,23.187,26.25,25.187,24.625
1540462788057014706,1,28132.159003489935,21.839495499032882,84415.84951450798,32.99343425090683,23.187,26.25,25.187,24.625
1540462790625018326,1,28151.052327199464,21.844316766008912,84438.12116993885,32.986183365047324,23.25,26.25,25.25,24.625
1540462793193179468,1,27981.920504138852,21.86102370591124,84444.51305996707,32.98050875912522,23.25,26.25,25.25,24.625
1540462795760367827,1,28056.838631325303,21.849226450156348,84457.62765042068,32.97893247976517,23.25,26.25,25.25,24.625
1540462798325463045,1,28038.071515183947,21.837637415092125,84464.48334716825,32.974203641848725,23.25,26.25,25.25,24.625
1540462800894629707,1,27963.253445763843,21.815583267748874,84449.06454393663,32.97609517698584,23.25,26.25,25.25,24.625
1540462803453841161,1,27851.772036677743,21.81073292348716,84428.5034777795,32.985237597369085,23.25,26.25,25.25,24.625
1540462806014207587,1,27963.253445763843,21.822790928166206,84408.66904415826,32.99343425090683,23.312,26.25,25.25,24.625
1540462808575898691,1,27741.175986234284,21.83464463379474,84394.30469677757,33.000369881399635,23.312,26.25,25.25,24.625
1540462811144013806,1,28038.071515183947,21.84023294217744,84396.34634689073,33.00257667303085,23.312,26.25,25.25,24.625
1540462813712342183,1,27814.808835567354,21.833258684992856,84430.74273588002,32.99122745949717,23.312,26.25,25.25,24.625
1540462816281356965,1,27907.40140825566,21.839112052904632,84424.8787856491,32.987759644532886,23.312,26.25,25.25,24.625
1540462818850499123,1,27777.943615109347,21.845290395767968,84411.23836623019,32.9943800186702,23.375,26.25,25.25,24.625

EK-4. (devam) Sensörden Alınan Veriler

Çizelge 4.1. (devam) Sensörden alınan veriler

Time,ambient,gasRes,humidity,pressure,temp,temp_probe1,temp_probe2,temp_probe3,temp_probe4
1540462847077612224,1,27218.77721766234,21.97312397546213,84467.18621169757,32.973573130145084,23.5,26.25,25.312,24.687
1540462849645867814,1,27343.06387162427,21.9280813543798,84462.04645099667,32.97262736259781,23.5,26.25,25.312,24.687
1540462852213486971,1,27183.474004669264,21.899620851949802,84467.91127349934,32.972312106750906,23.5,26.187,25.312,24.687
1540462854775226655,1,26956.216665723474,21.849226450156348,84456.04880271824,32.97514940941237,23.562,26.187,25.312,24.687
1540462857344251139,1,27008.322754639175,21.81570109976447,84447.34863822877,32.97893247976517,23.562,26.25,25.312,24.687
1540462859912155707,1,27060.63067475791,21.798853650957376,84444.77894881243,32.98019350325103,23.562,26.25,25.312,24.687
1540462862486637962,1,27165.85671756319,21.81623136329478,84432.72025383628,32.984291829700666,23.562,26.187,25.312,24.687
1540462865046758765,1,27113.14160103493,21.849728107434608,84445.49980492685,32.983346062042074,23.562,26.25,25.312,24.687
1540462867613379839,1,27325.239188526728,21.927577698478085,84477.53041702526,32.97136633921673,23.562,26.25,25.312,24.687
1540462870181260154,1,27522.598105843732,22.00666494736565,84478.19113064438,32.967898525008785,23.625,26.25,25.312,24.687
1540462872748837089,1,27486.502895213118,22.080180034900472,84479.31096151375,32.96852903667313,23.625,26.25,25.312,24.687
1540462875309258124,1,27595.073676892694,22.11375180542681,84489.7242724547,32.96506122257324,23.625,26.25,25.312,24.687
1540462877875588789,1,27201.11415652174,22.101952416427768,84501.72136224444,32.96001712957277,23.625,26.25,25.312,24.687
1540462880436907223,1,27183.474004669264,22.06257727973392,84495.32798731496,32.960332385377114,23.687,26.25,25.312,24.687
1540462882995145691,1,27043.17220335484,22.00678393202095,84473.7118487006,32.966952757520446,23.687,26.25,25.375,24.687
1540462885561534585,1,27236.463232748538,22.00234799103037,84442.60398088179,32.97893247976517,23.687,26.25,25.375,24.687
1540462888127410876,1,27343.06387162427,22.003507998399026,84412.75258318639,32.992173227237615,23.687,26.25,25.375,24.687
1540462890693414877,1,27236.463232748538,22.021221083157336,84394.03894458301,33.00194616113076,23.687,26.25,25.375,24.75
1540462893251810814,1,26973.56300849421,21.998982415357265,84384.2216129445,33.00635974452307,23.75,26.25,25.375,24.75
1540462895818530973,1,27095.615329799613,21.977014966132426,84366.69793977961,33.01171909607274,23.75,26.25,25.375,24.75
1540462898386994698,1,26887.05382629891,21.955021097904883,84349.30831848732,33.018654727958165,23.75,26.25,25.375,24.75
1540462900959620762,1,26990.93169040567,21.93868355278464,84333.10360688584,33.02527510434156,23.75,26.25,25.375,24.75
1540462903517899263,1,27130.690560000003,21.96183288987701,84318.87651957176,33.03126496910318,23.75,26.25,25.375,24.75
1540462906077525028,1,27165.85671756319,21.97352863365764,84307.87857515781,33.035678553916476,23.75,26.25,25.375,24.75
1540462908643049991,1,27113.14160103493,22.00237352236917,84293.12565709472,33.04198367544941,23.812,26.25,25.375,24.75
1540462911210036642,1,27343.06387162427,22.01910710204349,84299.9083437155,33.041668419362395,23.812,26.25,25.437,24.75
1540462913776283258,1,27414.5957587966,22.069022823142546,84326.12274488062,33.032841249369085,23.812,26.25,25.437,24.75
1540462916342663279,1,27576.919023157898,22.108291155067434,84335.60766456765,33.026851384503786,23.812,26.25,25.437,24.75
1540462918909440774,1,27307.437729771988,22.13124083689642,84326.38831370336,33.02748189657632,23.812,26.25,25.437,24.75
1540462921478113065,1,27343.06387162427,22.137203766718457,84319.33934818188,33.03189548120626,23.875,26.25,25.437,24.75
1540462924046702987,1,27432.53724816754,22.14325706932705,84308.34136831603,33.03536329785129,23.875,26.25,25.437,24.75
1540462926615043013,1,27343.06387162427,22.13825226535416,84291.61206676601,33.041668419362395,23.875,26.25,25.437,24.75
1540462929175108074,1,27254.172246553968,22.132947906461297,84281.53705260657,33.046397260782214,23.875,26.25,25.437,24.75

EK-4. (devam) Sensörden Alınan Veriler

Çizelge 4.1. (devam) Sensörden alınan veriler

Time,ambient,gasRes,humidity,pressure,temp,temp_probe1,temp_probe2,temp_probe3,temp_probe4
1540462954843490304,1,27201.11415652174,22.145804478604187,84240.25123798454,33.06089904266755,23.937,26.25,25.5,24.75
1540462957413285593,1,27148.262250777203,22.168946003611282,84228.4642653727,33.06751942212213,24,26.25,25.5,24.812
1540462959981985831,1,27165.85671756319,22.180909332147408,84212.66194525103,33.07319403346628,24,26.25,25.5,24.812
1540462962551004248,1,27289.659450000003,22.18141984316049,84199.56044724557,33.07981441381471,24,26.25,25.5,24.812
1540462965116677812,1,27130.690560000003,22.193445551172484,84181.91721513278,33.085804282163735,24,26.25,25.5,24.812
1540462967685502677,1,27148.262250777203,22.19983492661197,84162.56515803828,33.0933704322204,24,26.25,25.5,24.812
1540462970247473029,1,27025.73624448743,22.206194996842367,84144.33304682672,33.1012518391979,24,26.25,25.5,24.812
1540462972814854303,1,27025.73624448743,22.217653500522573,84142.81698761861,33.10503491478939,24,26.25,25.5,24.812
1540462975382591370,1,27095.615329799613,22.222841483038206,84155.7828720551,33.09936030146109,24,26.25,25.5,24.812
1540462977948354721,1,26938.89261902314,22.24009247659685,84148.80688431558,33.100306070324585,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462980515091320,1,26956.216665723474,22.25200679466401,84133.66918380218,33.10598068371182,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462983084082788,1,26938.89261902314,22.252247942089184,84127.28531367856,33.10881799053804,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462985653549039,1,26921.590825433526,22.246486346732418,84130.83764452701,33.11197055378197,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462988221682187,1,27043.17220335484,22.245461818562912,84158.21706074895,33.103143376974,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462990794824758,1,27008.322754639175,22.24413613115174,84192.25003638412,33.088011075865325,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462993363808402,1,27008.322754639175,22.266186494213322,84206.67046157824,33.07855338894933,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462995935714230,1,26990.93169040567,22.2829905556933,84212.92375499109,33.076346595476934,24.062,26.25,25.5,24.812
1540462998503550206,1,26973.56300849421,22.29994796722557,84212.99179703291,33.072878777271214,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463001065452869,1,26818.244987332055,22.316152060703434,84235.30979790598,33.07130249631227,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463003624104166,1,26956.216665723474,22.327016027123403,84246.50536662199,33.05932276191597,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463006327888875,1,26613.915501714288,22.35451198092906,84270.27529400606,33.05617020049467,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463008895841735,1,26732.7276244898,22.39382188340516,84280.4180367259,33.0476582852023,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463011462538676,1,26783.97246977636,22.422333697959075,84277.32280885868,33.04797354131006,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463014033961772,1,26613.915501714288,22.45647283024409,84275.67658183505,33.050495590211355,24.125,26.25,25.5,24.812
1540463016600665202,1,26904.311242105265,22.490592300440646,84275.14935515798,33.050495590211355,24.125,26.25,25.562,24.812
1540463019167595142,1,26869.818535384617,22.513660072082015,84264.61594391818,33.0517566146882,24.125,26.25,25.562,24.812
1540463021735812315,1,27078.111702325583,22.5199547289408,84249.5356456829,33.05837699347812,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463024303593196,1,26921.590825433526,22.542968833790272,84242.81885365063,33.06216006728846,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463026864331005,1,26835.414158258645,22.549480274179132,84221.68348267788,33.06846519065493,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463029432546630,1,26904.311242105265,22.534257870546075,84174.28427911301,33.08359748851562,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463032001435522,1,26698.673194394905,22.50775717332866,84125.11641679174,33.1047196584841,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463034569779877,1,26563.31870418251,22.47010535029991,84070.89130205804,33.12710285887206,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463037139639225,1,26580.16291388713,22.44342824789245,84025.69229411594,33.144441961545816,24.187,26.25,25.562,24.812
1540463039704966017,1,26446.00436290221,22.416358667650123,83992.07650603146,33.16209632402388,24.187,26.25,25.562,24.812

EK-4. (devam) Sensörden Alınan Veriler

Çizelge 4.1. (devam) Sensörden alınan veriler

Time,ambient,gasRes,humidity,pressure,temp,temp_probe1,temp_probe2,temp_probe3,temp_probe4
1540463065340131294,1,26379.431664694777,22.341517026436243,83872.78323768976,33.21348314857369,24.312,26.25,25.625,24.875
1540463067913822965,1,26346.270845505973,22.335869177961502,83872.25700428289,33.21348314857369,24.312,26.25,25.625,24.875
1540463070477917494,1,26396.04339748111,22.341547324172655,83871.86294258444,33.21411366193843,24.312,26.25,25.625,24.812
1540463073044602484,1,26630.8239613723,22.352176969943038,83891.1923037388,33.20812378514965,24.375,26.25,25.625,24.875
1540463075610913614,1,26429.32970693569,22.37368023185745,83922.491618754,33.19645928937589,24.375,26.25,25.625,24.875
1540463078169754909,1,26613.915501714288,22.406911602950032,83943.14225941626,33.185425308262346,24.375,26.25,25.625,24.875
1540463080743035149,1,26698.673194394905,22.447021140442704,83933.80466982418,33.18605582143282,24.375,26.25,25.625,24.875
1540463083307447305,1,26852.60532684177,22.470122210906446,83926.30578309362,33.191099926953754,24.375,26.25,25.625,24.875
1540463085876373963,1,26613.915501714288,22.480485097841342,83952.3479077755,33.18447953851482,24.375,26.25,25.625,24.875
1540463088444935454,1,26630.8239613723,22.496106018035967,83989.70574346794,33.170292993480686,24.375,26.25,25.687,24.875
1540463091014229832,1,26429.32970693569,22.506560927214803,84010.82394717674,33.15831324606188,24.375,26.25,25.687,24.875
1540463093582282861,1,26396.04339748111,22.5237107787721,84007.66737261968,33.1567369636241,24.375,26.25,25.687,24.875
1540463096141010071,1,26580.16291388713,22.546030823623877,84019.770164225,33.15610645065662,24.375,26.25,25.687,24.875
1540463098706897389,1,26429.32970693569,22.568324010364552,84031.41454450898,33.14822503893156,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463101262214416,1,26429.32970693569,22.579579266788233,84034.1124220145,33.147909782476745,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463103820621076,1,26613.915501714288,22.596832216729272,84028.78434610898,33.14854029538746,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463106387156300,1,26580.16291388713,22.60316689685687,84012.20656915156,33.1542149117804,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463108946927399,1,26580.16291388713,22.615469876849993,83989.51144294886,33.16272683703282,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463111527012993,1,26613.915501714288,22.632852917428405,83981.68408702213,33.166509915178175,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463114080814240,1,26749.78743790683,22.65568654030915,83981.61654151641,33.170292993480686,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463116648032918,1,26921.590825433526,22.672122069796806,83997.60090979673,33.163357350046134,24.437,26.25,25.687,24.875
1540463119209628116,1,26613.915501714288,22.67716972492266,84013.98055587301,33.15705222010947,24.437,26.312,25.687,24.875
1540463121777295371,1,26462.700072727275,22.664303971715682,84052.66296569855,33.14475721798863,24.5,26.25,25.687,24.875

EK-5. Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
32,45182619	32,93700346	32,89223716
32,62521608	32,65611104	32,36954492
32,72042303	32,53095499	32,72830441
32,7866266	32,56815501	32,54514144
32,82760979	32,83769796	33,27811079
32,8572438	32,81594534	33,17029299
32,87111504	32,43133468	32,84274205
32,89066088	32,46096856	32,94078653
32,91808812	32,43480248	32,80459615
32,9310136	32,90201008	33,25635807
32,93511192	33,10535017	32,77559267
32,94992894	32,85346073	33,09305518
32,97388839	32,48524313	32,49154821
32,99690207	32,63057541	33,25856487
33,01865473	32,85062343	32,83517592
33,02716664	32,91619658	32,80175885
33,02212254	32,52843296	33,03126497
33,01361063	32,91115249	32,36607713
33,00856654	32,42313808	32,7591994
33,00320718	32,57256857	32,52307363
33,00415295	32,83076234	32,48177533
33,00919705	32,48019906	32,45466348
33,006675	32,82067417	33,35724031
33,00131565	32,90926096	32,97924774
32,98870541	32,47704652	32,72420609
32,97609518	33,03284125	32,92439323
32,9609629	32,87079978	32,52969397
32,94898318	32,59148384	32,46443635
32,9338509	32,88025745	32,51109397
32,91115249	32,63057541	32,80648768
32,89633548	32,85251496	32,4600228
32,87962694	32,62773812	32,64507713
32,87016927	32,52118211	33,48365853
32,86953876	33,25068344	33,26518526
32,87994219	33,12836388	32,63719576
32,87962694	32,7374468	32,99816309
32,8748981	32,64413136	32,97262736
32,88246423	32,73776206	32,4291279
32,88183372	32,33108397	32,57698213
32,8805727	32,90673891	32,86796248

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
32,90201008	32,67281955	32,74343665
32,88782358	32,55113127	33,4067357
32,86701671	32,96695276	32,85629803
32,8572438	32,94330857	32,56973128
32,85598277	33,29797198	32,69930095
32,85125394	32,40359234	32,52528041
32,84684037	33,26455475	32,77275537
32,83895898	32,60377877	32,87742015
32,82918606	33,06089904	32,76802655
32,82887081	32,84747088	32,90642366
32,82319621	32,67092802	33,43826144
32,83202336	32,84967767	32,85219971
32,83486066	32,62679235	32,68322295
32,82950132	32,41021267	32,90516264
32,82666402	32,60756182	32,81815213
32,83296913	32,9281763	32,3887754
32,8339149	32,52717194	33,24847665
32,84022	32,91304403	33,00036988
32,86859299	32,91745761	32,5426194
32,89791176	32,88876935	32,66462292
32,91398979	32,86544044	32,87742015
32,92754579	32,92565425	32,43354146
32,94709164	32,90074906	32,86008109
32,96127815	32,66840598	32,59085333
32,98555285	32,52937872	32,63845678
33,01487166	33,06279058	32,4209313
33,0145564	32,47673126	32,74091461
33,01014282	32,80175885	32,5675245
33,01991575	32,98397657	32,77906048
33,02559036	33,01424114	33,2787413
33,02275306	32,58360248	32,72925017
33,01487166	32,87647438	33,00194616
33,00352244	32,81499958	32,69677891
32,99816309	32,33486702	32,36544662
32,99311899	32,86417942	32,71663997
32,98555285	32,75951466	32,9801935
32,97924774	33,33864014	32,68353821
32,97483415	32,9310136	32,69015856
32,97546467	32,91840337	32,85062343
32,9801935	32,62962965	32,76077568

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
32,98303081	33,28220913	32,83296913
32,98933592	32,48902618	32,73082645
32,99343425	32,6022025	33,01140384
32,98618337	32,70087723	32,49249397
32,98050876	32,36576188	32,45371772
32,97893248	32,86670146	32,94709164
32,97420364	33,16272684	32,43101943
32,97609518	32,80869447	32,42408384
32,9852376	32,94236281	32,59306011
32,99343425	32,47420923	32,61859573
33,00036988	32,59211435	32,6794399
33,00257667	33,10881799	32,73271798
32,99122746	32,56720925	33,4067357
32,98775964	32,98113927	32,96127815
32,99438002	32,74217563	32,76361298
32,9959563	33,02716664	32,59968046
32,99122746	32,45718551	32,32761618
32,99028169	33,41272559	32,44961941
32,99185797	33,41650868	32,59621266
32,98712913	32,6299449	32,61544319
32,97546467	32,89791176	32,37301271
32,9638002	32,8805727	32,57950417
32,95970187	32,93322039	32,69646366
32,96127815	32,73965359	32,91745761
32,97136634	32,51330075	32,54923974
32,97357313	32,49942957	32,70718233
32,97262736	32,6126059	32,48209059
32,97231211	33,42439011	32,8134233
32,97514941	32,76613502	32,48366686
32,97893248	32,9032711	32,92975258
32,9801935	32,91462031	32,89349818
32,98429183	32,71790099	32,74091461
32,98334606	32,5848635	32,9338509
32,97136634	33,36386071	32,47042618
32,96789853	32,88151847	32,52181262
32,96852904	32,78441982	32,50037533
32,96506122	32,36134833	32,71727048
32,96001713	32,92439323	32,48871092
32,96033239	32,68164668	32,84715562
32,96695276	33,00226142	32,8197284

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
33,05049559	33,34652157	32,36733815
33,05049559	32,8805727	32,4984838
33,05175661	32,92691528	32,83612168
33,05837699	32,8777354	32,71695523
33,06216007	32,58801604	32,70024672
33,06846519	32,8805727	32,911783
33,08359749	33,01865473	32,88467102
33,10471966	32,43322621	32,64034831
33,12710286	32,74217563	32,45907704
33,14444196	32,83927424	32,72641288
33,16209632	32,5391516	33,34242322
33,17281505	32,87174555	33,40106107
33,17376082	33,1044044	33,06089904
33,17722864	32,47326347	32,92565425
33,19173044	32,80018258	32,48303635
33,21001533	33,04576675	32,61575844
33,2204188	33,05175661	32,47263296
33,22231034	32,79703002	32,71191115
33,22640867	32,55838212	33,37930831
33,22514765	32,71033488	33,0943162
33,21348315	32,45466348	32,73996884
33,21348315	32,85030818	32,80869447
33,21411366	32,35725003	32,71443319
33,20812379	32,80396564	33,22640867
33,19645929	33,23365958	32,8862473
33,18542531	32,79198594	33,03599381
33,18605582	33,27432771	32,74406716
33,19109993	32,76329772	32,55459907
33,18447954	32,43606349	32,55365331
33,17029299	33,18857787	32,75005701
33,15831325	32,60157199	32,42786689
33,15673696	33,43006475	32,83202336
33,15610645	33,0353633	32,90642366
33,14822504	33,16335735	32,65138222
33,14790978	32,77779946	32,46979567
33,1485403	32,89570497	33,40043055
33,15421491	32,73366374	33,22073405
33,16272684	33,41934599	32,83801322
33,16650992	32,87899642	32,63467372
33,17029299	32,51361601	33,34273848

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
33,12268927	32,52433465	32,58580926
33,12962491	33,33233499	32,82288096
33,13151645	32,85503701	32,49154821
33,12237401	32,74564344	32,6863755
33,11638414	32,62363981	32,47137194
33,12363504	32,97262736	32,86197263
33,12741812	32,51771431	33,44235979
33,12300453	32,81815213	32,62805337
33,11102478	32,80459615	32,86480993
33,1094485	32,78221303	32,69236535
33,11922145	32,88309475	32,61575844
33,11890619	32,69299586	32,9694748
33,10125184	33,09337043	32,795769
33,10251286	33,29986352	32,88341
33,11007902	32,96632225	32,87615912
33,1144926	33,3190942	33,03914637
33,11039427	32,68826703	32,76550451
33,10755697	32,45813127	32,64602289
33,10408915	32,71632472	32,84242679
33,10881799	32,41840927	32,80112834
33,11039427	33,33832488	32,41052792
33,10755697	33,31531111	32,47200245
33,11007902	32,85188445	33,36827431
33,10913325	32,68479923	33,29292787
33,10093658	32,78378931	33,00036988
33,10787222	33,04639726	32,89791176
33,11134004	32,72294507	32,77874522
33,10408915	32,66493818	32,46727364
33,0993603	32,70024672	32,48871092
33,09872979	32,81153177	33,28662273
33,09589248	32,50258211	33,01140384
33,09084838	32,79072492	32,80554192
33,08990261	32,83139285	32,77716895
33,08233646	32,58044993	32,93984076
33,06531263	33,02149203	32,45277195
33,0612143	32,46159907	32,73177221
33,0640516	32,74406716	32,8919219
33,06279058	32,79703002	33,33611808
33,07004147	33,34935888	32,35819579
33,06783468	32,90831519	32,8077487

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
33,08139069	32,83832847	32,74154512
33,07224826	32,94299332	32,51834482
33,06657365	32,58801604	32,63498898
33,08044493	32,92880681	32,80680294
33,09147889	32,9310136	33,42470537
33,08485851	32,96852904	32,72578237
33,07319403	32,84242679	32,80806396
33,06247532	32,61859573	32,57635162
33,05806174	32,66998225	32,57887366
33,05900751	32,81090126	32,91052198
33,04860405	33,02275306	32,55113127
33,04482098	33,04671252	32,85314547
33,04702777	32,82887081	32,67565684
33,05364815	33,0117191	32,86134212
33,04482098	32,71695523	33,02937343
33,03504804	32,64287034	32,57382959
33,02716664	32,98555285	32,53063974
33,02874292	32,89980329	33,0640516
33,03315651	32,28789424	32,83517592
33,02685138	32,7024535	32,89665074
33,0224378	33,1116553	32,66367716
33,02968869	32,69425687	33,24122574
33,03914637	32,78410456	32,6126059
33,03914637	33,01896998	32,86197263
33,03473279	32,85472175	32,97798671
33,03063446	33,07445506	32,81373855
33,02180729	32,74343665	32,49564651
33,01644794	32,54987025	32,89633548
33,00036988	32,7437519	32,67155853
32,97798671	32,98933592	32,72420609
32,96537648	33,37836254	32,89602022
32,96348494	33,27684976	33,03441753
32,95213573	32,47515499	32,57666688
32,94078653	32,97577992	33,05900751
32,9281763	32,92975258	32,6063008
32,91619658	32,97893248	33,38687449
32,91083724	32,92470849	32,48524313
32,90579315	32,86323365	32,98145453
32,9061084	32,48808041	32,549555
32,90736943	32,84179628	33,22514765

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
32,89412869	32,55586009	32,56531772
32,89570497	32,57193806	32,9281763
32,89381343	33,3058534	32,86165737
32,8947592	32,65421951	32,83423015
32,89412869	32,35851104	32,62458557
32,89066088	32,44804314	32,71790099
32,89412869	32,82760979	33,36354545
32,88782358	33,03126497	32,67187378
32,87931168	32,85535226	33,12300453
32,88530153	33,2875685	32,98145453
32,88750832	32,77842997	32,62521608
32,89791176	32,88971511	32,82161994
32,91115249	32,38530761	32,85472175
32,92975258	32,87994219	32,8430573
32,95339676	32,87552861	32,97231211
32,98429183	32,49060245	32,46695839
32,98681388	32,810586	32,87805066
32,99627155	32,911783	32,5779279
33,00478346	32,86260314	32,94583062
33,01770896	32,46475161	33,11638414
33,03473279	33,37016585	32,52654143
33,0482888	32,85472175	33,01361063
33,06247532	32,98271555	32,92407798
33,07823813	33,42565114	33,29986352
33,08675005	32,73334849	32,73019594
33,08895684	32,74785022	32,91398979
33,08454326	32,62679235	32,9089457
33,07035673	32,86701671	33,22136457
33,05081085	33,41209507	32,94047127
33,04229893	32,44205332	32,44205332
33,03599381	33,00572923	33,27779553
33,03788535	32,59400588	32,9801935
33,04072265	33,00163091	32,3594568
33,03567855	32,6299449	32,42030079
33,04482098	33,26959886	33,02968869
33,05175661	32,52212787	32,63845678
33,05175661	32,86449467	32,74217563
33,05490918	32,73492476	33,31152803
33,05459392	32,8515692	33,33895539
33,04166842	32,52086685	32,91052198

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
32,92344746	33,01581742	32,46727364
32,93038309	33,30301609	32,73492476
32,93700346	32,68448397	33,00635974
32,9366882	32,61166013	32,6829077
32,92912207	32,54104313	33,05553969
32,92344746	32,8077487	33,02559036
32,91556607	32,74848073	32,91619658
32,91588133	32,92596951	32,79450798
32,92061016	32,93637295	33,07855339
32,92754579	32,53000923	32,7248366
32,93794923	32,67376531	32,86764723
32,94330857	32,62868388	33,0511261
32,94330857	32,88656256	33,43038
32,93479667	32,80964024	32,82382672
32,93195937	32,92061016	32,78505033
32,92470849	32,85093869	33,00036988
32,91903388	33,03473279	32,91997965
32,9089457	32,60125673	32,63309745
32,90264059	32,52338889	32,61512793
32,90926096	33,28819901	32,45844653
32,91115249	32,92313221	33,0117191
32,90579315	32,89854227	32,75510109
32,9032711	32,85409124	32,48209059
32,90863045	32,78284354	32,55617534
32,91808812	32,88309475	32,80900972
32,92565425	33,34399951	32,52685669
32,925339	32,29073152	32,80648768
32,91304403	32,7087586	32,72105354
32,90137957	33,26077166	32,89412869
32,89633548	32,57666688	32,83013183
32,87836591	32,9987936	33,01865473
32,84936241	32,83927424	32,66430767
32,8572438	33,01865473	32,73681629
32,85882007	32,47200245	32,91367454
32,85566752	32,84967767	32,65800257
32,84085051	32,7986063	32,95213573
32,83769796	32,78883339	32,88845409
32,83675219	32,61134488	32,93416616
32,83486066	32,86480993	32,76172144
32,83076234	32,82981658	32,57761264

EK-5. (devam) Sıcaklık, Test ve Eğitim Verisi

Çizelge 5.1. (devam) Sıcaklık, test ve eğitim verisi

SICAKLIK	TEST VERİSİ	EĞİTİM VERİSİ
32,78410456	32,64034831	32,4833516
32,77811471	32,96001713	32,91588133
32,78378931	32,62237879	32,90137957
32,79482324	32,41777876	32,90516264
32,80711819	32,6829077	32,73933833
32,81373855	33,42312908	32,79545375
32,80648768	33,3036466	32,62710761
32,80680294	32,57698213	32,89791176
32,80806396	32,68196194	32,47673126
32,79387747	32,67061276	33,14790978
32,7894639	32,73177221	32,4600228
32,79324696	33,29135158	32,85787431
32,80270462	32,85755905	32,48524313
32,81373855	32,5675245	32,77212486
32,8134233	32,63719576	33,37552523
32,81216228	32,71790099	32,73839257
32,81594534	32,8635489	33,07382455
32,81657585	32,76865706	33,45276328
32,80932498	32,86953876	33,43132578
32,7986063	32,81878264	32,86134212
32,80491141	32,74721971	32,81783687
32,81531483	32,70402978	32,54072788
32,8197284	32,46790415	32,91997965
32,83233862	32,56878552	32,51046346
32,84620986	32,3247789	32,79671477
32,86197263	32,63183643	32,83486066
32,88151847	32,87237606	32,80396564
32,89444395	32,79923681	32,95686457
32,91335928	32,81373855	33,05995327
32,93794923	32,88183372	32,92155593
32,96222392	32,65737206	33,28946004
32,9694748	33,31657214	32,88813883
32,95402727	32,50762617	33,44172927
32,94583062	32,36922967	33,0690957
32,93416616	32,42566011	33,04166842
32,93195937	33,4259664	32,86102686
32,94173229	32,53883635	32,733979
32,94236281	32,84085051	33,04103791
32,93006783	32,92439323	32,85787431
32,92407798	33,01707845	32,5460872

EK-6. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Tahmin Sonuçları

Çizelge 6.1. Makine öğrenmesi yöntemlerinin tahmin sonuçları

SICAKLIK	LİNEER REGRESYON TAHMİN	LOJİSTİK REGRESYON TAHMİN	DESTEK VEKTÖR MAKİNE TAHMİN
33,05207187	32,7835	33,0120	32,0498
33,05459392	32,7836	32,9925	34,0498
33,06279058	32,7839	32,8321	33,9141
33,06089904	32,7846	32,6796	32,9341
33,07004147	32,7849	32,7798	33,0498
33,06594314	32,7854	32,3893	32,1001
33,05207187	32,7857	32,4512	33,8752
33,04797354	32,7858	32,4820	33,8711
33,06089904	32,7875	32,7806	32,2582
33,06751942	32,7878	32,7808	32,2198
33,07319403	32,7879	32,7809	32,2274
33,07981441	32,7881	32,7811	32,204
33,08580428	32,7897	32,7823	33,7946
33,09337043	32,7906	32,7829	33,924
33,10125184	32,7917	32,7837	33,8015
33,10503491	32,792	32,7839	33,014
33,0993603	32,7929	32,7846	32,9223
33,10030607	32,7935	32,7851	33,919
33,10598068	32,7942	32,7858	33,8276
33,10881799	32,7945	32,786	33,8091
33,11197055	32,7948	32,7863	33,7315
33,10314338	32,7955	32,7868	33,7619
33,08801108	32,7962	32,7874	33,8026
33,07855339	32,7963	32,7875	33,8118
33,0763466	32,797	32,7882	33,796
33,07287878	32,7972	32,7884	33,7588
33,0713025	32,7973	32,7885	33,7772
33,05932276	32,7976	32,7888	33,8298
33,0561702	32,7981	32,7894	32,0878
33,04765829	32,7982	32,7895	33,0468
33,04797354	32,7984	32,7897	32,1658
33,05049559	32,7985	32,7898	34,0422
33,05049559	32,7986	32,7899	33,9436
33,05175661	32,7989	32,7903	32,1112
33,05837699	32,7996	32,7909	33,8439
33,06216007	32,8009	32,7921	33,9628
33,06846519	32,8014	32,7925	33,918
33,08359749	32,8027	32,7934	32,1682
33,10471966	32,8029	32,7936	34,0025

EK-6. (devam) Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Tahmin Sonuçları

Çizelge 6.1. (devam) Makine öğrenmesi yöntemlerinin tahmin sonuçları

SICAKLIK	LİNEER REGRESYON TAHMİN	LOJİSTİK REGRESYON TAHMİN	DESTEK VEKTÖR MAKİNE TAHMİN
33,17722864	32,8085	32,7971	33,6762
33,19173044	32,809	32,7975	33,7522
33,21001533	32,8093	32,7976	33,5932
33,2204188	32,8096	32,7978	32,7588
33,22231034	32,8106	32,7985	32,8684
33,22640867	32,8107	32,7986	32,8795
33,22514765	32,8108	32,7987	33,6003
33,21348315	32,8113	32,799	33,6578
33,21348315	32,8118	32,7994	33,5906
33,21411366	32,8121	32,7996	33,5962
33,20812379	32,8131	32,8004	33,6261
33,19645929	32,8133	32,8006	33,6595
33,18542531	32,8134	32,8007	33,7327
33,18605582	32,8141	32,8011	33,7459
33,19109993	32,8143	32,8014	32,8975
33,18447954	32,8145	32,8015	32,8334
33,17029299	32,8152	32,8021	33,5627
33,15831325	32,8172	32,8036	32,783
33,15673696	32,8175	32,8038	33,5289
33,15610645	32,8176	32,8039	32,7255
33,14822504	32,8183	32,8046	32,6916
33,14790978	32,8188	32,8048	32,7754
33,1485403	32,8195	32,8054	33,6352
33,15421491	32,8197	32,8056	32,8226
33,16272684	32,8199	32,8058	33,6779
33,16650992	32,8203	32,806	33,7014
33,17029299	32,8204	32,8061	32,8836
33,16335735	32,8206	32,8063	33,6919
33,15705222	32,8207	32,8064	33,7045
33,14475722	32,8215	32,807	33,7303
33,12804863	32,8216	32,8071	33,7415
33,11985196	32,8219	32,8073	33,753
33,12268927	32,8221	32,8075	33,7479
33,12962491	32,8229	32,8082	32,082
33,13151645	32,8234	32,8086	33,7426
33,12237401	32,8237	32,8088	32,8512
33,11638414	32,8255	32,8102	32,637
33,12363504	32,8259	32,8105	32,6238
33,12741812	32,8267	32,8112	33,5023
33,12300453	32,827	32,8114	32,6102

EK-6. (devam) Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Tahmin Sonuçları

Çizelge 6.1. (devam) Makine öğrenmesi yöntemlerinin tahmin sonuçları

SICAKLIK	LİNEER REGRESYON TAHMİN	LOJİSTİK REGRESYON TAHMİN	DESTEK VEKTÖR MAKİNE TAHMİN
33,10125184	32,8314	32,8149	33,7333
33,10251286	32,8319	32,8153	33,7474
33,11007902	32,832	32,8154	32,9407
33,1144926	32,8322	32,8156	32,0866
33,11039427	32,8327	32,8159	32,9803
33,10755697	32,8329	32,8161	33,7457
33,10408915	32,8343	32,8174	33,751
33,10881799	32,8348	32,8177	33,7608
33,11039427	32,8353	32,8181	33,0349
33,10755697	32,8359	32,8185	32,9466
33,11007902	32,8361	32,8187	32,93
33,10913325	32,8366	32,8191	33,6272
33,10093658	32,8374	32,8198	33,6717
33,10787222	32,8376	32,82	32,9933
33,11134004	32,8377	32,8201	32,9753
33,10408915	32,8382	32,8205	32,9935
33,0993603	32,8385	32,8206	33,7513
33,09872979	32,8391	32,8212	33,7538
33,09589248	32,8398	32,8217	33,953
33,09084838	32,8414	32,8228	33,7963
33,08990261	32,8417	32,823	33,7205
33,08233646	32,842	32,8232	33,6936
33,06531263	32,8433	32,8242	32,0725
33,0612143	32,8438	32,8245	33,7196
33,0640516	32,8493	32,8248	33,6235
33,06279058	32,8496	32,8251	32,7826
33,07004147	32,8501	32,8256	32,7373
33,06783468	32,8503	32,8258	32,6854
33,06342109	32,8506	32,8261	32,7518
33,06846519	32,8507	32,8262	33,5643
33,07540083	32,8512	32,8266	32,6842
33,07445506	32,8512	32,8267	32,6736
33,07571608	32,8519	32,8274	32,6011
33,08139069	32,8522	32,8277	32,5969
33,07224826	32,853	32,8284	33,3145
33,06657365	32,8532	32,8287	33,2842
33,08044493	32,8536	32,8291	33,2117
33,09147889	32,854	32,8294	33,2622
33,08485851	32,8543	32,8298	33,3566

EK 7. Analitik Hiyerarşi Prosesi İkili Karşılaştırma Matrisi Verileri

Çizelge 7.1. Analitik hiyerarşi prosesi ikili karşılaştırma matrisi verileri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	2	2	5	3	2
K2	0,5	1	4	3	2	4
K3	0,5	0,25	1	2	0,2	0,5
K4	0,2	0,333	0,5	1	0,5	0,5
K5	0,333	0,5	5	2	1	0,5
K6	0,5	0,25	2	2	2	1
Toplam	3,033	4,333	14,5	15	8,7	8,5

EK-8. Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi Normalizasyon Hesabı

Çizelge 8.1. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi normalizasyon hesap cetveli

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	2	2	5	3	2
K2	0,5	1	4	3	2	4
K3	0,5	0,25	1	2	0,2	0,5
K4	0,2	0,333	0,5	1	0,5	0,5
K5	0,333	0,5	5	2	1	0,5
K6	0,5	0,25	2	2	2	1

Çizelge 8.2. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi normalizasyon hesabı

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,330	0,462	0,138	0,333	0,345	0,235
K2	0,165	0,231	0,276	0,200	0,230	0,471
K3	0,165	0,058	0,069	0,133	0,023	0,059
K4	0,066	0,077	0,034	0,067	0,057	0,059
K5	0,110	0,115	0,345	0,133	0,115	0,059
K6	0,165	0,058	0,138	0,133	0,230	0,118
Toplam	3,033	4,333	14,5	15	8,7	8,5

EK-9. Analitik Hiyerarşi Prosesi Tutarlılık Hesabı

Çizelge 9.1. Analitik hiyerarşi prosesi tutarlılık hesabı

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	W(ağırlık)	A*W	D
K1	1	2	2	5	3	2	0,307	2,019	6,574
K2	0,5	1	4	3	2	4	0,261	1,786	6,819
K3	0,5	0,25	1	2	0,2	0,5	0,084	0,522	6,192
K4	0,2	0,333	0,5	1	0,5	0,5	0,06	0,394	6,564
K5	0,333	0,5	5	2	1	0,5	0,146	0,991	6,784
K6	0,5	0,25	2	2	2	1	0,14	0,94	6,707
								Dmax	6,60667
								TI	0,12133
								TO	0,09785

EK-10. Analitik Hiyerarşi Uygulama Sonucu Alternatiflerin Sıralanması

Çizelge 10.1. Analitik hiyerarşi uygulama sonucu alternatiflerin sıralanması

	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6	TOPLAM	SONUÇ	
Kriter Ağırlıkları	0,307	0,262	0,084	0,06	0,146	0,14			
Alternatif 1	9	7	7	7	5	4	6,895	0,3308	2
Alternatif 2	7	8	8	6	6	5	6,853	0,328	3
Alternatif 3	6	7	6	8	9	8	7,094	0,340	1
							20,842		

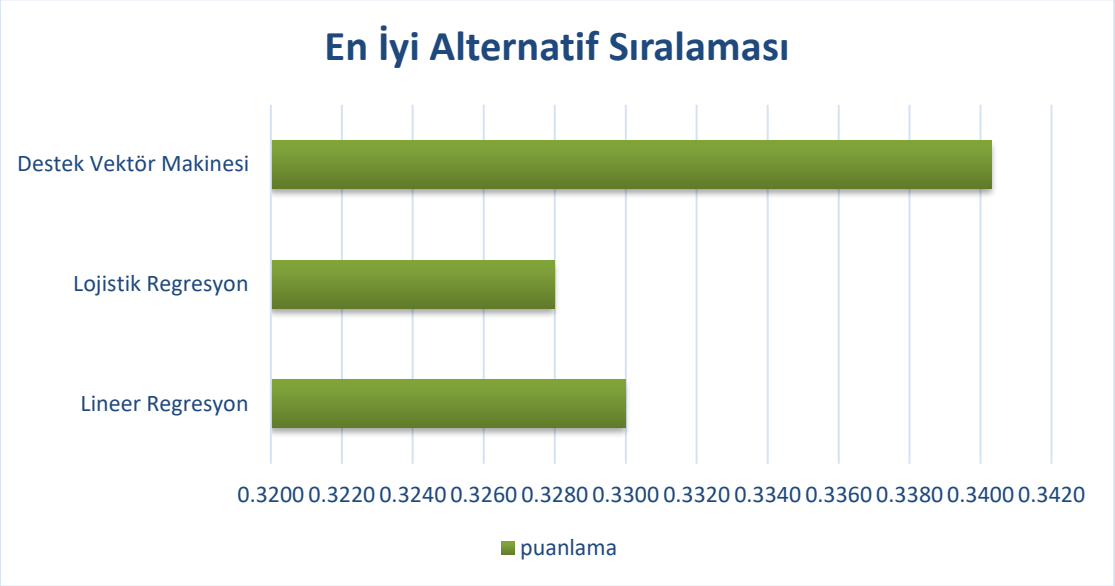
EK-11. Alternatiflerin Her Kriter İçin Puanlanması

Çizelge 11.1. Alternatiflerin her kriter için puanlanması

	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	7	7	7	5	4
Alternatif 2	7	8	8	6	6	5
Alternatif 3	6	7	6	8	9	8

EK-12. Alternatiflerin Sıralanması

Şekil 12.1. Alternatiflerin sıralanması

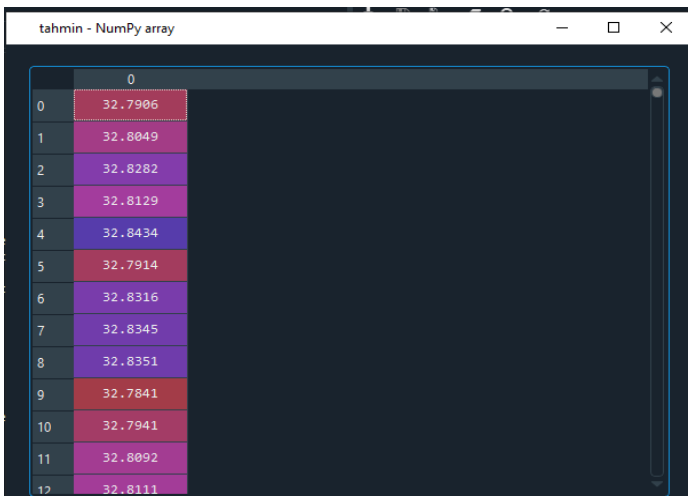


EK-13. Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Ekran Görüntüleri

Şekil 13.1. Eğitim ve test veri seti ekran alıntısı

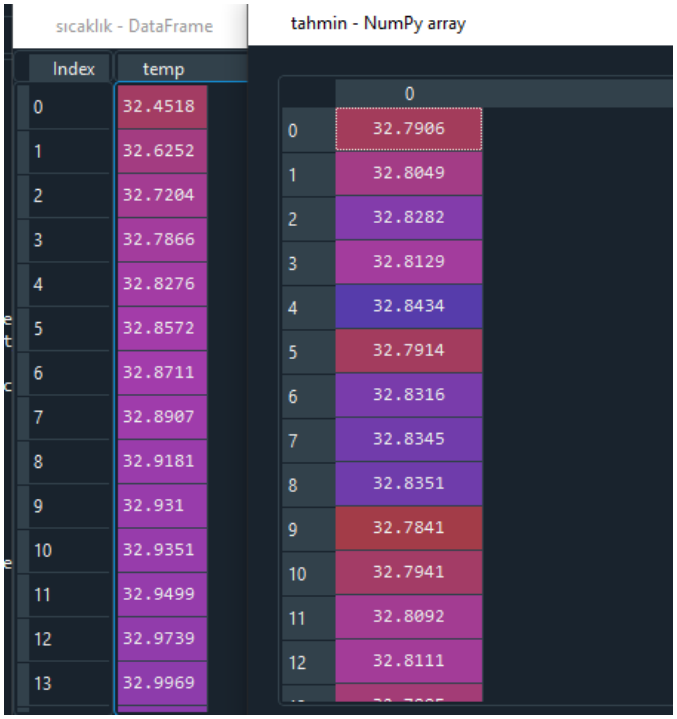


Şekil 13.2. Tahmin sonucu ekran alıntısı

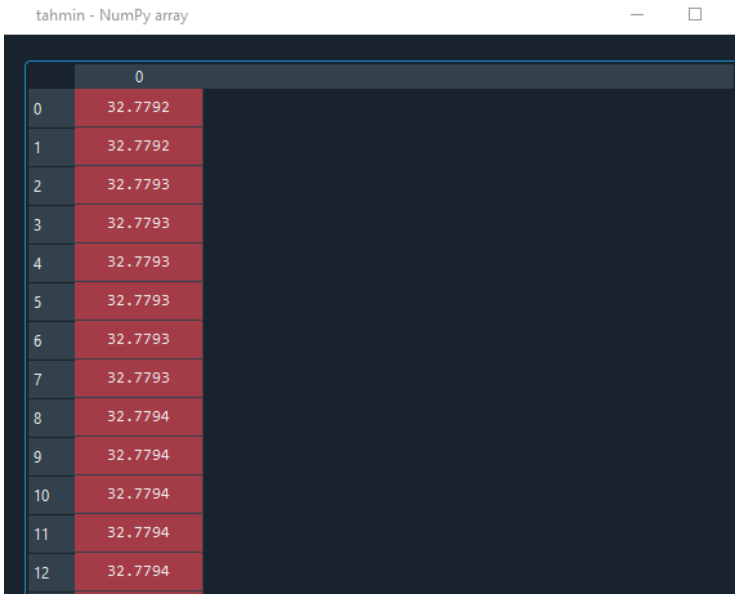


EK-13. (devam) Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Ekran Görüntüleri

Şekil 13.3. Lineer regresyon sıcaklık ve tahmin sonuçları

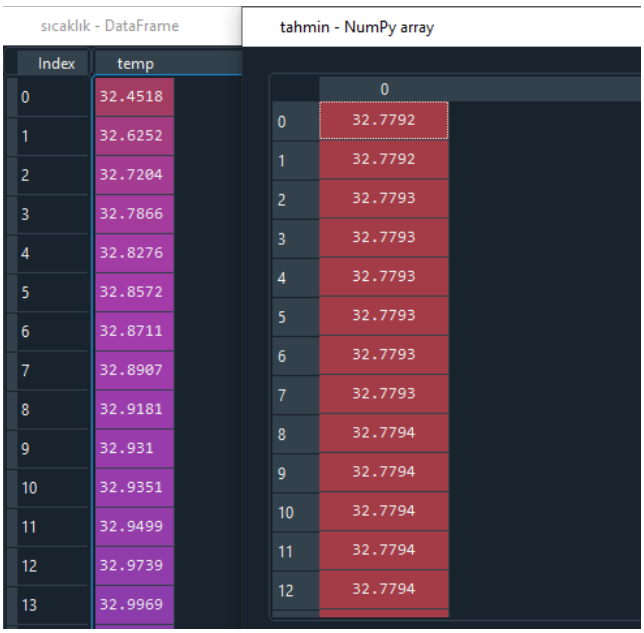


Şekil 13.4. Polinomal lineer regresyon Tahmini

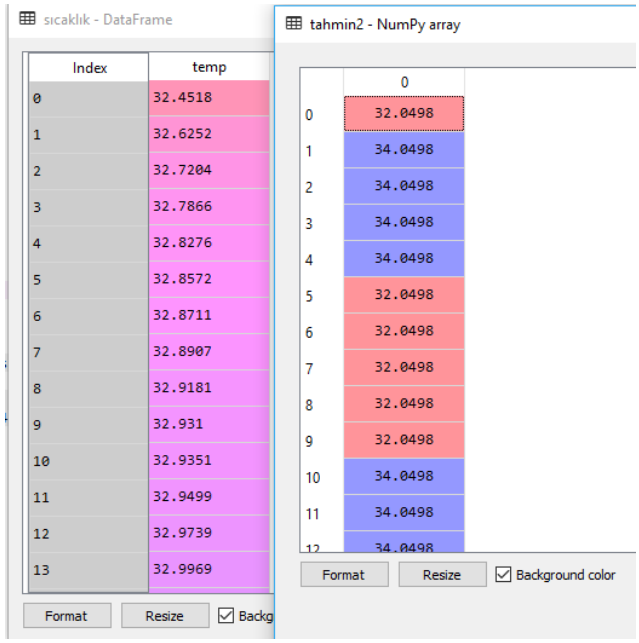


EK-13. (devam) Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Ekran Görüntüleri

Şekil 13.5. Polinomal lineer regresyon gerçek ve tahmini değerler



Şekil 13.6. Destek vektör makinesi sonuçları



EK-14. Uzmanlar İçin Oluşturulan Anket

ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHP) ANKETİ

- Aşağıdaki ankette verilen kriterler için tüm alternatifleri değerlendirip tabloya 1-9 arasında puan verebilir misiniz?
- Değerlendirme kriteri olarak önceki yapılan çalışmaları ve alternatiflerin sonuçları kullanılıp, etkin cevaplar verilmelidir.
- Hepinizin uzman olduğu konular olduğu için sizlerin değerlendirilmesine sunulmuştur.

KRİTERLER	ALTERNATİFLER
K1-Arıza durumunu belirlemede hassaslık ölçüsü	A1-Lineer Regresyon
K2-Gerçeğe yakınlık ölçüsü	A2-Lojistik Regresyon
K3-Karmaşık fonksiyonel ilişkilerde kullanılma ölçütü	A3-Destek Vektör Makineleri
K4-Spesifik verilerin tahmininde kullanımı	
K5-Büyük hacimli verilerde yaşanan sorunun çözümü	
K6-Kullandığı veri büyüklüğünün büyük hacim fazlalığı ölçütü	

UZMAN	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1						
Alternatif 2						
Alternatif 3						

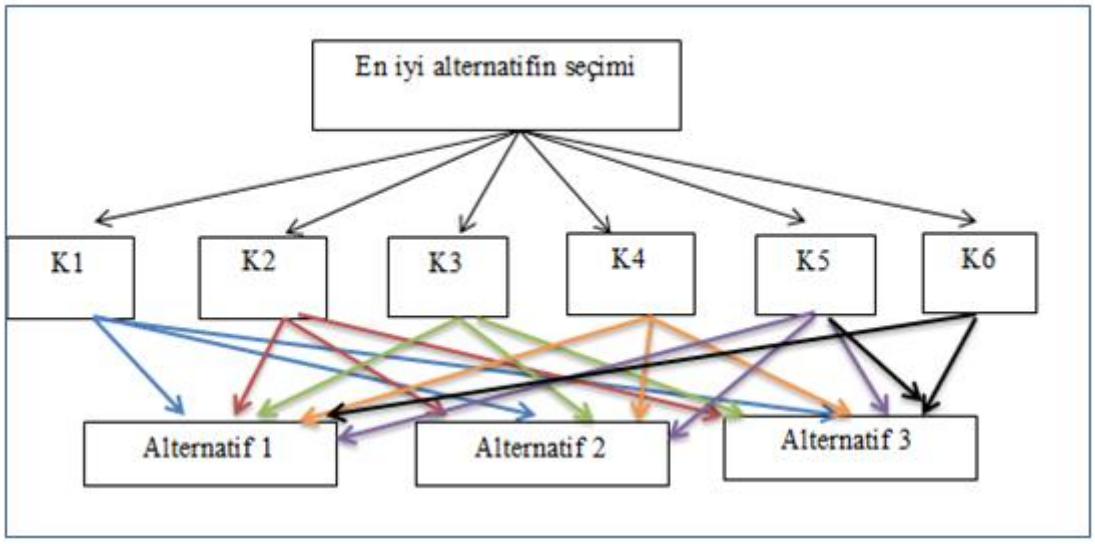
EK-15. Kriterler Matrisi

Çizelge 15.1. Kriterler matrisi

		K1	K2	K3	K4	K5	K6
Arıza durumunu belirlemede hassaslık ölçüsü	K1						
Gerçeğe yakınlık ölçüsü	K2						
Nasıl fonksiyonel ilişkilerde kullanıldığı	K3						
Spesifik verilerin tahmininde kullanımı	K4						
Büyük hacimli verilerde yaşanan sorunun çözümü	K5						
Kullandığı veri büyüklüğünün büyük hacim fazlalığı ölçütü	K6						

EK-16. AHP Hiyerarşik Yapı

Şekil 16.1. AHP hiyerarşik yapı



EK-17. Uzman 1 Anket Değerlendirmesi

Çizelge 17.1. Uzman 1 anket değerlendirmesi

UZMAN 1	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	9	7	8	6	5
Alternatif 2	8	7	9	7	7	5
Alternatif 3	8	7	5	7	9	7

EK-18. Uzman 2 Anket Değerlendirmesi

Çizelge 18.1. Uzman 2 anket değerlendirmesi

UZMAN 2	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	7	5	6	7	4
Alternatif 2	7	8	7	8	5	4
Alternatif 3	6	7	4	7	9	9

EK-19. Uzman 3 Anket Değerlendirmesi

Çizelge 19.1. Uzman 3 anket değerlendirmesi

UZMAN 3	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	8	8	6	4	4
Alternatif 2	8	9	8	6	4	7
Alternatif 3	7	6	4	9	9	8

EK-20. Uzman 4 Anket Değerlendirmesi

Çizelge 20.1. Uzman 1-4 anket değerlendirmesi

UZMAN 4	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	6	7	8	4	3
Alternatif 2	6	8	9	4	8	4
Alternatif 3	5	7	9	8	9	7

EK-21. Uzman 5 Anket Değerlendirmesi

Çizelge 21.1. Uzman 5 anket değerlendirmesi

UZMAN 5	KRİTERLER					
ALTERNATİFLER	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	Kriter 4	Kriter 5	Kriter 6
Alternatif 1	9	5	8	7	4	4
Alternatif 2	6	8	7	5	6	5
Alternatif 3	4	8	8	9	9	9



GAZİ GELECEKTİR...