



SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Ekonometri Ana Bilim Dalı

YAPAY ZEKÂ VE GENETİK ALGORİTMALAR İLE KAVŞAK SİNYALİZASYONLARININ OPTİMİZE EDİLMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Oğuz DURAK

Sivas
Mayıs 2023

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

**Sosyal Bilimler Enstitüsü
Ekonometri Ana Bilim Dalı**

**YAPAY ZEKÂ VE GENETİK ALGORİTMALAR İLE KAVŞAK
SİNYALİZASYONLARININ OPTİMİZE EDİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Oğuz DURAK

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Adem BABACAN

**Sivas
Mayıs 2023**

ETİK İLKELERE UYGUNLUK BEYANI

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü bünyesinde hazırladığım bu Yüksek Lisans tezinin bizzat tarafımdan ve kendi sözcüklerimle yazılmış orijinal bir çalışma olduğunu ve bu tezde;

- 1- Çeşitli yazarların çalışmalarından faydalandığımda bu çalışmaların ilgili bölümlerini doğru ve net biçimde göstererek yazarlara açık biçimde atıfta bulunduğumu;
- 2- Yazdığım metinlerin tamamı ya da sadece bir kısmı, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmışsa bunu da açıkça ifade ederek gösterdiğimi;
- 3- Başkalarına ait alıntılanan tüm verileri (tablo, grafik, şekil vb. de dahil olmak üzere) atıflarla belirttiğimi;
- 4- Başka yazarların kendi kelimeleriyle alıntıladığım metinlerini, tırnak içerisinde veya farklı dizerek verdiğim yine başka yazarlara ait olup fakat kendi sözcüklerimle ifade ettiğim hususları da istisnasız olarak kaynak göstererek belirttiğimi,

beyan ve bu etik ilkeleri ihlal etmiş olmam halinde bütün sonuçlarına katlanacağımı kabul ederim.

....../....../2023

Oğuz DURAK

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasındaki yardım ve katkıları nedeniyle danışmanım Doç. Dr. Adem BABACAN'a teşekkür ediyorum. Ayrıca tez süresi boyunca yaptıkları katkılar ve fedakârlıkları için Sinem GÖKÇE'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Eğitim hayatıma başladığım ilk günden bu yana tek gayeleri çocuklarının eğitimi olan babam Ahmet DURAK ve annem Zekiye DURAK minnetlerimi ve bu çabalara karşılık veren kardeşlerim Nurdan DURAK ve Muhammed Raşit DURAK'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Oğuz DURAK



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. YAPAY ZEKÂ	3
1.1. Yapay Zekâ Tanımı	3
1.2. Yapay Zekânın Gelişimi	6
1.3. Yapay Zekâ Teknolojileri	10
1.3.1. Genetik Algoritmalar	11
1.3.2. Yapay Sinir Ağları	11
1.3.3. Bulanık Mantık	13
1.3.4. Uzman Sistemler	13
1.3.5. Makine Öğrenmesi	14
1.3.6. Derin Öğrenme	16
1.3.7. Doğal Dil İşleme	17
1.4. Yapay Zekâ Kullanım Alanları	18
İKİNCİ BÖLÜM	21
2. GENETİK ALGORİTMALAR	21
2.1. Genetik Algoritma Kavramı	21

2.2. Genetik Algoritmanın Tarihçesi	23
2.3. Genetik Algoritma İle İlgili Terimler	24
2.4. Genetik Algoritmanın Aşamaları.....	26
2.5. Genetik Algoritmanın Operatörleri	28
2.5.1. Çaprazlama	28
2.5.1.1. Tek Noktadan Çaprazlama.....	28
2.5.1.2. İki Noktadan Çaprazlama	29
2.5.1.3. Çok Noktadan Çaprazlama	29
2.5.2. Mutasyon.....	30
2.6. Genetik Algoritma Kodlama Yöntemleri	30
2.6.1. Binary (İkili) Kodlama.....	31
2.6.2. Permütasyonlu Kodlama (Permutation Encoding)	31
2.6.3. Değer Kodlama.....	32
2.6.4. Ağaç Kodlama	32
2.7. Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları	33
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	35
3. AKILLI TRAFİK SİSTEMLERİ.....	35
3.1. Sinyalizasyon Sistemi.....	35
3.1.1. İzole Sinyalizasyon Sistemleri.....	36
3.1.2. Sabit Zamanlı Sinyalizasyon Sistemleri	37
3.1.3. Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemleri.....	38
3.1.4. Yaya Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemleri	40
3.1.5. El İle Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemi	40
3.1.6. Koordine Sinyalizasyon Sistemleri.....	40
3.1.7. Eş zamanlı Sinyalizasyon Sistemleri	41
3.2. Yapay Zekânın Akıllı Şehirlere Entegrasyonu	41

3.3. Yapay Zekânın Sinyalizasyon Sistemleri ile İlişkisi	42
3.4. Literatür İncelemesi.....	43
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	49
4. YAPAY ZEKÂ VE GENETİK ALGORİTMALAR İLE KAVŞAK	
SİNYALİZASYONLARININ OPTİMİZE EDİLMESİ.....	49
4.1. Araştırmanın Konusu	49
4.2. Veri Seti ve Metot	50
4.3. X Kavşağı Genel Özellikleri	61
4.3.1. X Kavşağı Trafik Sayım Verileri.....	61
4.4. Y Kavşağı	63
4.4.1. Y Kavşağı Trafik Sayım Verileri.....	64
4.5. Kavşakların Geometrisine Ait Sinyalizasyon Veriler	65
4.5.1. X Kavşağına Ait Sinyal Zaman Diyagramı	66
4.5.2. Y Kavşağı Sinyal Verileri.....	67
4.6. X ve Y Kavşaklarına Ait Araç Kuyruk Ortalamaları	69
4.7. Aimsun	71
4.8. Araştırmanın Bulguları	72
SONUÇ.....	79
KAYNAKÇA	81
ÖZ GEÇMİŞ.....	85



KISALTMALAR

YSA	: Yapay Sinir Ağları
GA	: Genetik Algoritma
YZ	: Yapay Zekâ
NLP	: Doğal Dil İşleme
MLP	: Çok Katmanlı Algılayıcılar
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
CNN	: Konvolüsyonel Yapay Sinir Ağları



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: İnsan Uzmanlığı ve Yapay Uzmanlığı Karşılaştırılması	6
Tablo 2: Genetik Algoritma ile İlgili Terimler.....	25
Tablo 3: Tek Noktadan Çaprazlama Örneği	29
Tablo 4: İki Noktadan Çaprazlama Örneği	29
Tablo 5: Çok Noktadan Çaprazlama Örneği	30
Tablo 6: X Kavşağı 08:00-09:00 Araç Geçiş Sayım Verileri	62
Tablo 7: X kavşağı 17:00- 18:00 Araç Sayım Verileri	62
Tablo 8: Y kavşağı 08:00-09:00 Araç Sayım Verileri	64
Tablo 9: Y Kavşağı 17:00-18:00 Araç Geçme Verileri	65
Tablo 10: Trafik Işık Süreleri.....	67
Tablo 11: Y kavşağı Trafik Işık Süreleri.....	68
Tablo 12: X Kavşağı 08:00 ile 09:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce.....	69
Tablo 13: X Kavşağı 17:00-18:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce	70
Tablo 14: Y Kavşağı 08:00-09:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce	70
Tablo 15: Y Kavşağı 17:00-18:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce	71
Tablo 16: X Kavşağı 08:00-09:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra	73
Tablo 17: X Kavşağı 17:00-18:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra	74
Tablo 18: Y Kavşağı 08:00-09:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra	74
Tablo 19: Y Kavşağı 17:00- 18:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra	75



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Yapay Zekânın Kronojik Tarihi	10
Şekil 2: Yapay Zekâ Teknolojileri.....	11
Şekil 3: Dünya Çapında Özel Sektörün YZ Alanı Yatırımlarının Dağılımı.....	19
Şekil 4: Yapay Zekânın Kullanım Alanları	20
Şekil 5: Binary Kodlama Gösterimi	31
Şekil 6: Permütasyon Kodlama Örneği	31
Şekil 7: Değer Kodlama Örnekleri	32
Şekil 8: Ağaç Kodlama Örneği.....	33
Şekil 9: Örnek PYTHON Ara Yüzü	51
Şekil 10: Örnek PYTON Ara Yüzü	52
Şekil 11: Örnek PYTON Sonuç Fonksiyonu Ara Yüzü	53
Şekil 12: Örnek PYTON Ara Yüzü	54
Şekil 13: X Kavşağı	61
Şekil 14: X Kavşağı Araç Güzergâhları	61
Şekil 15: Y Kavşağı	63
Şekil 16: Y Kavşağı Araç Güzergâhları	64
Şekil 17: X Kavşağı Trafik Işıkları Planı	66
Şekil 18: Y Kavşağı Trafik Işıkları Planı	68
Şekil 19: X ve Y Kavşağı Ocak Pazartesi Sabah 08:00-09:00 Kuyruk Karşılaştırması Grafiği	75
Şekil 20: X ve Y Kavşakları Ocak Pazartesi 17:00-18:00 Saatleri Arası Kuyruk Karşılaştırması Grafiği	76



ÖZET

Günümüzde teknoloji hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Özellikle akıllı şehirler ve teknolojik şehirler gibi kavramlar savunma sanayi ve kentlerin nüfus ve ihtiyaçlarındaki artış ile birlikte teknoloji entegrasyonunun önemini arttırmıştır. Trafik sıkışıklığı, yapay zekâ teknolojileri bu sorunun çözümü için önemli bir araç olabilir. Yapay zekâ destekli trafik yönetim sistemleri sayesinde, trafik akışı daha verimli bir şekilde yönlendirilebilir ve sürücülerin trafik sıkışıklığına takılma süreleri azaltılabilir. Ancak, yapay zekâ teknolojilerinin yüksek maliyeti bir dezavantaj olabilir. Bu nedenle, bu çalışmada maliyet kısmını minimumda tutarak esneklikten uzak olan sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerine hem esneklik sağlanmış, bu esneklik sağlanırken maliyet ve güvenlik sekteye uğramamıştır. Çalışmada, verilerinden yararlandığımız X ve Y kavşaklarında ki istatistikleri bir veri havuzunda toplayarak esnekliğe sahip olmayan ve her geçen gün hem kentleşme, hem de araçların çoğalması ile birlikte mevcut probleme çözüm üretemeyen ve bunlara ek olarak problemi içinden çıkılmaz hale getirilen sinyalizasyon sistemleri optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon gerçekleştikten sonra sabit zamanlı çalışmayan trafik lambaları hem daha esnek trafik akışını sağlamış hem de trafik ışıklarında araçların beklerken oluşturdukları kuyruk mesafesi azalmış ve bekleme süreleri düşürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Akıllı trafik sistemleri, Genetik algoritma, Yapay Zeka



ABSTRACT

Today, technology has become an indispensable part of our lives. Especially concepts such as smart cities and technological cities have increased the importance of technology integration with the increase in the population and needs of the defense industry and cities. Traffic congestion, artificial intelligence technologies can be an important tool for solving this problem. Thanks to artificial intelligence supported traffic management systems, the traffic flow can be directed more efficiently and the time for drivers to be stuck in traffic jams can be reduced. However, the high cost of artificial intelligence technologies can be a disadvantage. Therefore, in this study, by keeping the cost part to a minimum, flexibility was provided to the fixed-time signaling systems, which are far from flexibility, and while this flexibility was provided, cost and security were not interrupted. In the study, the optimization of signaling systems, which do not have flexibility and cannot produce a solution to the existing problem with both urbanization and the proliferation of vehicles, and in addition to these, the problem is made inextricable, has been carried out by collecting the statistics at the X and Y junctions, whose data we make use of, in a data pool. After the optimization, the traffic lights that do not work in a fixed time not only provided a more flexible traffic flow, but also the queue distance created by the vehicles while waiting at the traffic lights was reduced and the waiting times were reduced.

Keyword: Intelligent traffic systems, Artificial intelligence, Genetic algorithm



GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte artık her alana teknolojinin entegrasyonu mümkün hale gelmiştir. Akıllı şehirler, teknolojik gelişmelerin en belirgin yansımalarından biridir. Bu şehirlerde, ulaşım, su kaynakları, ısınma, güvenlik gibi birçok alanda teknoloji kullanılarak sorunlara özelleştirilmiş çözümler üretilmektedir. Özellikle trafik sıkışıklığı, akıllı şehirlerin en büyük sorunlarından biridir. Geleneksel sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri, trafik akışını optimize etmek için yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, yapay zekâ tabanlı sinyalizasyon sistemleri, trafik akışını dinamik olarak yöneterek, trafik sıkışıklığının azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu sistemler, trafik yoğunluğu, hava durumu, yol yapısı gibi birçok faktörü dikkate alarak, trafik ışıklarının süresini ve sıralamasını belirleyebilir. Bu sayede, trafik akışı daha verimli hale gelir ve zaman tasarrufu sağlanır. Ayrıca yapay zekâ sistemleri sadece trafik akışını optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda seyahat rotalarını planlamak için de kullanılır. Bu sistemler, trafik yoğunluğunu, yol durumunu ve hava koşullarını dikkate alarak en hızlı ve en uygun seyahat rotalarını belirleyebilirler. Ancak yapay zekâ teknolojisinin kullanımı sırasında da etik, sosyal ve hukuki yönleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle, yapay zekâ sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması ve kullanılması için gizlilik, güvenlik, adalet ve saydamlık gibi konular önemlidir. Yapay zekâ sistemlerinin etik ve gizlilik ilkelerine uygun şekilde tasarlanması ve kullanılması gerekmektedir. Verilerin toplanması, depolanması ve işlenmesi, insanların gizlilik haklarını koruyacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, algoritmaların doğru şekilde işletilmesi için, sistemlerin sürekli olarak izlenmesi ve test edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, yapay zekâ sistemleri insanların hayatını pozitif yönde etkilerken, aynı zamanda insanların gizlilik haklarını ve güvenliğini korumayı sağlayabilmektedir.

Bu tezde yapay zekâ ve genetik algoritmalarından yararlanılarak kavşak sinyalizasyon sistemlerinin optimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde yapay zekânın tanımından, gelişiminden ve yapay zekâ teknolojilerinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde genetik algoritma kavramı, tarihçesi, genetik algoritma ile ilgili terimlere yer verilmiştir. Devamında ise genetik algoritma aşamaları, operatörlerine ve genetik algoritma kodlama yöntemlerinden bahsedilmiştir. Son olarak ise genetik algoritma uygulama alanları hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde sinyalizasyon sistemi kavramından ve çeşitlerinden bahsedilmektedir. Devamında yapay zekânın akıllı şehirler ile entegrasyonuna ve yapay zekânın sinyalizasyon sistemleri ile ilişkisinden bahsedilmektedir. Ve son olarak ise literatür incelemesine yer verilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde yapay zekâ ve genetik algoritmalar ile kavşak sinyalizasyonlarının optimize edilmiştir. Araştırmanın konusu, araştırmanın veri seti ve metodu, araştırmaya tabii tutulan X ve Y kavşaklarının genel özelliklerinden bahsedilmiştir. Devamında X ve Y kavşaklarının geometrisine ait sinyalizasyon verilerine ve kavşaklara ait araç kuyruk ortalamalarına yer verilmiştir. Son olarak ise optimizasyon sağlanmadan önce ve optimizasyon sağlandıktan sonraki veriler verilmektedir. Bu tezin sonucunda ise optimizasyon sağlandıktan sonra kuyruk uzunlukları ve trafik ışıklarında bekleyen araçların sayısının düşmesi ile iyileştirmeler görülmüştür. Trafikte geçirilen sürelerin fırsat maliyeti ve araçlar kavşaklarda trafik yoğunluğu olmamasına rağmen 80 saniyeye varan sürelerde beklemektedir. Bu bekleme ve kalkışlar esnasında ortalama 48cc yakıt yakmaktadırlar. Örneğin ay boyu sadece 4 kırmızı ışıkta 80 er saniye bekleyen bir araç 5,8 litre gereksiz yakıt tüketmektedir. Bu beklemeler ekstra yakıt tüketiminin yanı sıra insanlar üzerinde oluşan baskı ve stresi arttırmaktadır. Çevre kirliliği konusuna değinecek olursak; dizel motorlu aracın CO₂ gazı salınım analizinde 52 noktadaki emisyon değerleri alınmış, toplam ve ortalama CO₂ salınımları ara yüz ile hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre 52 nokta boyunca salınan CO₂ miktarı ortalama olarak 3,900512 gr/saniye, toplam olarak 202,8266 gr/saniye yoldur. Bu sorunları göz önünde bulundurarak çalışmamızda mevcut sorunların iyileştirmesi sağlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. YAPAY ZEKÂ

1.1. Yapay Zekâ Tanımı

Günümüzde yapay zekâ hemen her alanda karşımıza çıkan, hızla gelişmekte ve yaygınlaşmakta olan teknolojilerden biridir. Yapay zekânın ilk olarak kullanım alanları uzay programları ve savunma sanayi faaliyetleridir. Zamanla yapay zekanın kullanım alanı oldukça genişlemiş ve her alana entegre olmuştur.

Yapay zekâ kavramı ilk olarak 1956 yılında, John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude E. Shannon tarafından Dartmouth Koleji'nde düzenlenen bir konferansta ortaya atılmıştır. Bu konferans, yapay zekâ araştırmalarının başlangıcı olarak kabul edilmektedir. John McCarthy, yapay zekâ kavramını ortaya atan önemli figürlerden biridir ve yapay zekânın buluşcusu olarak kabul edilir. McCarthy, zekânın hesaplamayla ilişkisini araştıran ve bilgisayarların zekaya benzer şekilde düşünmelerini sağlamayı amaçlayan bir algoritma oluşturdu. Bu algoritma, "Lisp" adlı bir programlama dilinde yazıldı ve yapay zekâ araştırmalarına büyük katkı sağladı. McCarthy zekânın tanımı için "Dünyada ideallere ulaşma yeteneğinin hesaplayıcı bir parçasıdır." ifadesini kullanmıştır. Bu tanım, yapay zekânın temel amaçlarından biri olan problemleri çözme ve karar verme yeteneğini vurgulamaktadır. Yapay zekâ kavramının tanımı zamanla değişiklik göstermiştir. Yapay zekâ, genel olarak bilgisayar sistemlerinin insan benzeri davranışlar sergilemesi ve insan gibi düşünebilmesi amacıyla tasarlanan bir bilim ve mühendislik dalı olarak tanımlanır. John McCarthy yapay zekâyı, "zekâ yapma bilimi ve mühendisliği" olarak tanımlamıştır. Bu tanım, yapay zekâ sistemlerinin amacının, insan benzeri zekâ ve davranışlar üretmek olduğunu vurgulamaktadır. Ancak günümüzde yapay zekâ tanımı, sadece insan benzeri zeka değil, aynı zamanda karmaşık verileri analiz edebilen, öğrenebilen, karar verebilen ve kendini geliştirebilen bilgisayar sistemleri olarak da genişletilmiştir.

Yapay zekâ sistemleri insanlar veya hayvanlar gibi doğal bir şekilde öğrenemezler. Bunun yerine, öğrenme süreçleri programlanarak gerçekleştirilir. Yapay zekâ sistemleri, büyük miktarda veri ve öğrenme algoritmaları kullanarak, belirli bir görevi yerine getirmek için kendilerini geliştirirler.

Yapay zekâ sistemleri, insan beynindeki nöronların çalışma prensiplerini taklit etmek için tasarlanmıştır. Bu sistemlerde, yapay sinir ağları olarak adlandırılan bir dizi matematiksel işlem birbirine bağlanarak, öğrenme ve karar verme süreçleri gerçekleştirir. Yapay zekâ sistemleri, bu şekilde optimal çözümler sunabilirler. Bu tanımı şu şekilde açmak mümkündür. Bu minvalde, bir bilgisayarın akıl yürütme, problemlere çözüm getirebilme, anlam çıkarımı yapma ve genelleme gibi insansı davranışlar göstermesi yani üst seviye bilişsel becerileri kullanması yapay zekâ olarak tanımlanabilir. Makine öğrenmesinin asıl çalışma prensiplerine ilave olarak optimal çözüme minimikron saniyeler içinde karar verebilme mekanizmasına sahiptir diyebiliriz. Daha önce de belirtildiği üzere, yapay zekâ kavramının göreceli olarak eskiden farklı olmasının temelinde disiplinler ve alanlar tarafından farklı tanımlanmasına sebebiyet vermiştir. Bu tanımlardan birkaçı şu şekildedir: Örneğin Slage, yapay zekâ kavramını “Sezgisel Programlama” olarak nitelendirmiştir. Benzer şekilde Axe, yapay zekâyı karmaşık problemleri çözen, sadece önceden belirlenen sorunları değil aynı zamanda yeni bir problem karşısında da tepkiler oluşturabilen akıllı programlar olarak kabul etmiştir (Nabiyev 2012: 25). Bu minvalde görüldüğü üzere sadece otonom bir problemi çözmek yerine oluşabilecek, oluşması muhtemel ve farklı durumlarda inisiyatif alabilecektir. Yapay zekâ konusunda yaptığı çalışmalarla alan yazında ön planda yer alan bir diğer isim olan Nils Nilsson (1990)’a göre yapay zekâ, doğal zekânın bir taklidini oluşturmayı hedefleyen bir kuramdır. Görüldüğü üzere farklı tanımlar olmasına rağmen temelde hepsinde yer alan ortak görüş yapay zekâ, “Akıllı programlama” ve “İnsansı tepkiler” olmak üzere iki kavram üzerine oturtulabilir (Arslan 2020: 76).

Yapay zekâ, bir makineye algılama, kıyas yapabilme ve öğrenme gibi bilişsel işlevleri en optimal şekilde gerçekleştirme yeteneği sağlayan güçlü bir teknoloji olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle yapay zekâ, makinelerin deneyimden öğrenmesini, yeni girdilere uyum sağlamasını ve insanın yaptığına benzeri görevleri gerçekleştirmesini mümkün kılmaktadır. Yapay zekâ sistemleri, verileri analiz

ederek belirli görevleri yerine getirmek için insan zekâsını taklit edebilirler. Bu sistemler, öğrenme algoritmaları kullanarak toplanan verileri analiz eder ve doğru sonuçları üretmek için kendilerini sürekli olarak geliştirirler. Bu süreç, yapay zekânın insana benzer bir şekilde öğrenme ve karar verme yeteneği kazanmasına olanak tanır. Ancak, yapay zekâ teknolojileri hala insan zekâsının sahip olduğu duygusal ve yaratıcı özelliklere sahip değildir. Bu iyileştirmeyi dışardan etki tepki üzerine değil belli başlı öngörülerle kendi kararlarını herhangi bir olguya bağlı kalmadan tamamen rasyonel kararlar alabilmektedir (Ergen 2019: 6).

Yenidünya düzeninde teknolojinin varlığı tartışılmaz bir gerçektir. Bu düzene teknoloji üzerinden doğru rasyonel adımlar atılabilirse teknoloji çağını insanlar kendileri ve ülkeleri adına, çeşitli alanlarda; savunma sanayi, iklim değişikliği, küresel ısınma gibi başlıca sorunları hem çözebilme hem ilerlemesini durdurabilme adına daha rasyonel adımlar atabileceklerdir. Teknoloji sektöründe yaşanan gelişmeler yapay zekânın kullanımını hızlandırmış ve yapay zekâ tekniklerinin devreye sokulması, birçok endüstriyel probleme hem çözüm önerisi getirmiş hem de belli başlı kronik sorunların çözümünde başarılı çözümler üretebilmiştir (Kaya, Engin 2005: 103).

Yapay zekâyı insanlardan ayıran en önemli maddeleri doğrudan doğruya problemi çözme odaklı olması ve herhangi dış etkilere bir ayrıcalık sağlamadan hem negatif yönde hem pozitif yönde etkilenmeden karar mekanizmasını en uygun bir şekil de sonlandırabilmesidir. Yapay zekâ sistemlerinin temelinde öğrenme becerisi vardır. Bir insan bilmediği bir işi öğrenmeden yapamıyorsa, yapay zekâ da önce verilen işin nasıl yapılacağını öğrenip daha sonra öğrendiği yöntemler arasından en doğru ve verimli yolu seçerek kullanmaktadır. Farklı bir ifade ile yapay zekâ, tahmin edebilmek, öğrenmek, mukayese etmek, karar vermek gibi becerilere sahip sistemlerdir. Yapay zekâ kalıcı olmakla birlikte insanlarda olduğu gibi bilgilerin unutulması, anımsanmakta zorlanması karıştırılması her hangi bir karar verme mekanizmasında verilen kararların duygular ile alınması durumları yapay zekâ için söz konusu olmayacaktır (Seyitoğlu 2019: 40).

Tablo 1: İnsan Uzmanlığı ve Yapay Uzmanlığı Karşılaştırılması

İnsan Uzmanlığı	Yapay Zekâ Uzmanlığı
Çabuk Etkilenebilir.	Kalıcıdır.
Aktarılması Zordur.	Kolay Aktarılabilir.
Dokümantasyon güçtür.	Kolay dokümente edilebilir.
Tahmini zordur	Tutarlıdır.
Maliyeti fazladır	Satın alınabilir.
Yeni fikirler üretebilir.	Esinlenilemez.
Uyumludur.	Uyum dışardan sağlanmalıdır.
Hassas gözlem yapabilir.	Sembolik verilerle çalışır.
Geniş görüş açısına sahiptir.	Dar açıdan bakışa sahiptir.
Sosyal duyuma sahiptir.	Teknik duyuma sahiptir.

Kaynak: (Pirim 2006: 86).

Bilim insanları yapay zekâyı güçlü ve zayıf olmak üzere iki yöne ayırmışlardır. Güçlü yapay zekâyı savunanlar, bir bilgisayarın yeterli donanımlar sayesinde insan gibi düşünebileceğini, bilinç sahibi olabileceğini ve insandan ayırt edilemeyeceğini düşünmektedirler. Güçlü yapay zekâyı savunanlar bu makine öğrenmelerinin verilen verilere ek olarak kendi inisiyatif mekanizmasını devreye sokabilme yetisinin var olduğunu öne sürmektedirler. Zayıf yapay zekâyı savunanlar ise, insan zekâsı ve onun davranışlarını sadece taklit ederek, herhangi bir ekstra karar vermeden sadece kendisine tanımlanan görevleri yerine getirmek üzerine karmaşık problemleri çözmek için kullanılabileceğini öne sürmektedirler (Kayabaş 2010: 24).

1.2. Yapay Zekânın Gelişimi

Yapay zekâ ve bilgisayar bilimindeki temel kavramların gelişimine büyük katkı sağlamıştır. Turing, bir makinenin insan düşüncesiyle aynı şekilde düşünebileceği konusunda bir argüman sunmuş ve Turing Testi olarak bilinen bir test önermiştir. Turing Testi, bir makinenin gerçek bir insanla konuştuğu zaman insanın makineyi insanla konuştuğunu düşünmesi halinde, makinenin gerçekten düşünebileceği sonucuna varılacağı bir testtir. Bu test, yapay zekâ araştırmalarında halen kullanılmaktadır. 1956 yılında ise John McCarthy tarafından yapay zekâ kavramı resmi olarak ortaya atılmış ve bu kavramın gelişimi hızla devam etmiştir. Bu makalesinde Turing, “Karar verebilme ve problem çözme gibi becerileri, mantık kadar mevcut bilgileri de kullanarak bir insan çözebiliyorsa, makineler neden

yapamam?” sorusuna cevap aramıştır. Daha sonra sıklıkla kullanılacak olan “Turing Testi” tam olarak bu makalede ortaya atılan bir fikirdir. Ancak, konu edildiği dönemden bugüne kadar kullanılan ortak kavram olarak “yapay zekâ”, ilk defa 1956 yılında Dortmund konferansında John McCarthy tarafından dile getirilmiştir. Bu tarih ayrıca bu konu üzerine yapılan ilk konferanstır (Alpaydın, 2013).

1950 yıllarında bilgisayarlar “zekâ” için en önemli gerekliliklerden biri olan “bilgiyi saklama” özelliğine henüz sahip değillerdi. Bu durumun bir sonucu olarak, 1956 yılına kadar yapay zeka alanın da bir ilerleme göstermeden “sessiz” kaldığı söylenebilir. 1960’lı yıllarda bilgisayarların bilgi saklaması yeni bir çıkışı açmaya sebebiyet vermiştir. Büyük veri ve yapay zekâ sistemlerinin gelişmesiyle birlikte verilerin yönlendirilebilmesi ve gelecekteki trendlerin tahmin edilebilmesinin daha kolay hale gelmesidir. Verilerin dinamik bir şekilde değişmesi, veri analizi ve tahmini yapacak sistemlerin de dinamik olarak adapte olmasını gerektirir. Bu nedenle, kabuk değiştirme metaforu, verilerin sürekli olarak değişen doğasına uygun bir şekilde yapay zekâ sistemlerinin geliştiği anlamında kullanılabilir. Bu şekilde, gelecekteki trendlerin tahmini, potansiyel sorunların önceden tespiti ve hatta bazı durumlarda gelecekteki olayların öngörülmesi mümkün hale gelebilir. (Arslan 2020, 77).

1960’larda bilgisayarların artık daha kolay bilgi saklaması ve daha hızlı çalışmasıyla birlikte yapay zekâ alanında farklı çalışmalar da ortaya çıkmıştır. Bunların ilki Newell and Simon tarafından geliştirilen “genel problem çözücü” ve MIT’nin yapay zekâ laboratuvarlarında Joseph Weizenbaum tarafından geliştirilen ELİZA isimli programlardır. 1964-1966 döneminde geliştirilen ELİZA, yapay zekâda doğal dil işleme programlarının ilk örneği olarak sayılabilir. Bu dönem içerisinde yapay zekâ elde ettiği popülerlikle, Arthur Clarke ve yönetmen Steve Kubrick tarafından, bugün artık geçerli olmadığını gördüğümüz, şu cümleyi söylemiştir: “2001 yılına geldiğimizde insan zekâsına denk ya da onu aşan makinelerimiz olacak” (Arslan 2020: 77).

1980’ler, bilgisayarların bilgi saklama ve işleme gibi özelliklerine ek olarak bilgiler arası ilişki kurabildiği bir dönemdir. Bu dönemde gelişen algoritmik yapılar ve birçok kurum veya kuruluş tarafından sağlanan fonlarla John Hopfield ve David

Rumelhart tarafından ortaya atılan ya da popülerleştirilen “Derin Öğrenme”, yani bilgisayarın daha önce sakladığı veya kullandığı bilgileri yeni deneyimlerde kullanması olarak tanımlanabilecek bir teknik yapay zekâ alanına kazandırılmıştır. Aynı dönemde, Edward Feigenbaum, uzman insanların karar mekanizmalarına benzer bir süreci taklit edebilen “Uzman Sistemler” programını da geliştirmiştir (Arslan 2020: 77).

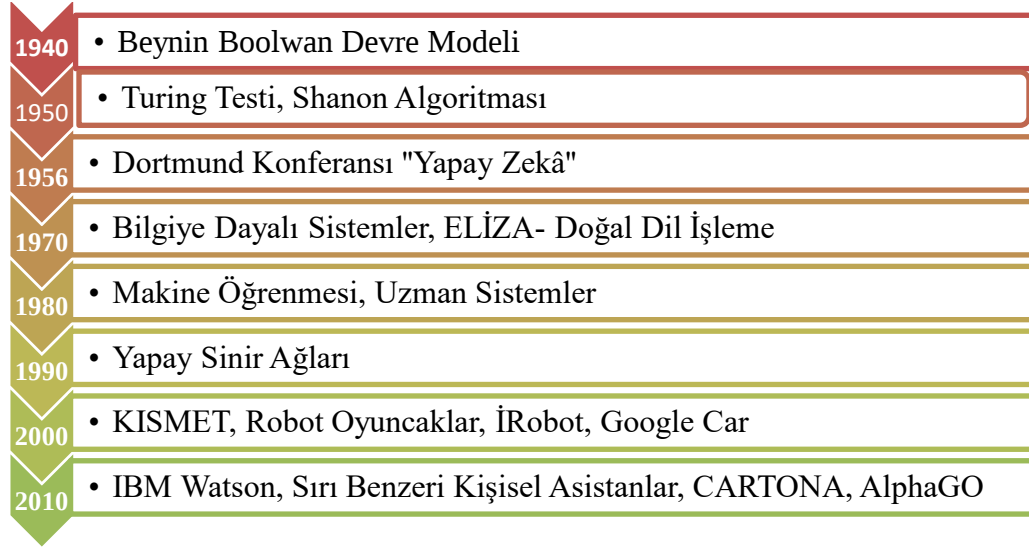
1990’lar, insan nöronlarını taklit ederek birbirinden iletişim konusunda bağımlı, bellek açısından bağımsız bilgi işleme yapıları olan yapay sinir ağları, güdümbilim alanında yapay zekânın yeni bir boyut kazanmasını sağlamıştır. Daha önce de belirtildiği üzere, yapay zekâ birçok alandan ilham alan ve bir çok alana ilham kaynağı olan bir olgudur ve bu özelliğini bu yıllarda kazandığı söylenebilir. Yapay sinir ağları, belli bir görev için programlanmadıkları halde asıl olan örneklerden yola çıkarak “öğrenen sistemler” olarak kabul edilmektedir. Buna göre, bir makine öğrenmesi “kalem” olarak etiketlenmiş bir resmi kullanarak, daha önce kalemler hakkında bir bilgiye sahip olmadan onlar hakkında betimleyici öngörücü karakterler ortaya koyabilir. Böylece bir sonraki kalem resmini tasvir edebilir (Arslan 2020,77).

1997 yılında “Büyük Usta” olarak isimlendirilen ve dünya satranç şampiyonu olan Gary Kasparov, Deep Blue isimli satranç oynama programı ile satranç müsabakası yapmış ve Gary Kasparov IBM tarafından geliştirilen Deep Blue programına yenilmiştir. Bu, yapay zekâ teknolojisinin bir başka öncü ve dikkat çekici örneğidir. IBM tarafından geliştirilen Deep Blue, Kasparov ile yaptığı 1997 satranç maçında, toplam altı oyun oynandıktan sonra dördünü kazanarak, birini kaybederek ve bir tanesi berabere sonuçlanarak Kasparov’u yendi. Bu, bilgisayarların insanlar tarafından önceden sadece yapılabilen belirli zihinsel işlevleri gerçekleştirebileceğini kanıtladı ve yapay zekâ teknolojisinin insan zekâsıyla yarışabileceğinin bir göstergesi oldu. Ayrıca bu dönemde Dragon Systems tarafından geliştirilen ve Windows’ta kullanılan ilk “konuşma tanıma yazılımı” piyasa da yerini almıştır (Arslan 2020, 78).

Yapay zekâ, 2001 yılından sonra da birçok soruna optimal çözümler üretmeye devam etmiştir. Örneğin, son yıllarda derin öğrenme teknikleriyle birlikte görüntü ve dil işleme gibi alanlarda büyük başarılar elde edilmiştir. Ayrıca, oyun teorisi, robotik,

finans, sağlık ve diğer birçok alanda yapay zekâ kullanılarak etkili çözümler sunulmuştur. Elbette yapay zeka henüz tüm sorunlara optimal çözümler sunabilmişt değildir, ancak geliştmeleler hızla devam etmektedir ve gelecekte daha da geliştmişt yapay zeka sistemleriyle karşılaştabiliriz. İlk olarak 2001 yılında yine MIT laboratuvarlarında Kısmet olarak adlandırılan, insani davranışları bilinçsel olarak gerçekleştirebilen adeta yeni doğan bir bebek gibi bilgi akışıyla öğrendiği şeyleri uygulamaya koyabilen iletişim gücü geliştmişt bir robot geliştirilmiştir (Breazeal 2004: Arslan 2020: 78). Robotun tasarımcısı Cynthia Breazeal’a göre amaç “bir şeyleri öğrenirken toplumsal etkileşimlerle öğrenebilen sosyal olarak akıllı bir makine inşa etmek” olduğunu belirtmiştir (Breazeal 2004: 5; Arslan 2020: 78).

Big Data çağını yaşıadığımız günümüzde yapay zekâ, kendine kolaylıkla çok farklı uygulama alanları bulmuştur. Özellikle bankacılık, akıllı şehirler teknoloji ve savunma sanayinde makine öğrenmesi uygulamaları etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Elmas 2018: 26). Bugün hayatımızda sık periyotlarla kullandığımız ve artık yabancı gelmeyen Siri ve benzeri kiştisel asistanlar, otonom araçlar, anlık dil çevirileri meta tarafından 2023 yılında devreye sokacağını açıkladığı yapay zekâ tabanlı anlık görüntülü konuştmalarda anlık olarak farklı dilleri anlık çevirerek iletişim alanında bambaştka bir çığır açacağı iten bile değildir. Yapay zekâ uygulamaları birçok alanda hayatımızı kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, eğitimde sanal derslikler ve öğrenme yönetim sistemleri, öğrencilere daha interaktif bir eğitim deneyimi sunmakta ve öğrenme sürecini daha etkili hale getirmektedir. Yeni nesil hastane takip sistemleri, hastaların daha iyi bir sağlık hizmeti almasına yardımcı olmaktadır. Görüntü iştleme sistemleri, tıp alanında teştis ve tedavi süreçlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, insansı robotlar ve aplikasyonlar, yaştlı bakımı, ev temizliği, güvenlik, tarım gibi birçok alanda da kullanılmaktadır. Bu sürecin bir bütün olarak değerlendirilebilmesi için aştağıda yapay zeka konusunda şu ana kadar değinilen bazı önemli kabuk değerışimlerini yıllara göre geliştmi gösterilmiştir



Şekil 1: Yapay Zekânın Kronojik Tarihi

Kaynak: (Arslan 2020: 78).

1.3. Yapay Zekâ Teknolojileri

İnsan ihtiyaçlarını üç başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; fiziksel, mental ve toplumsal ihtiyaçlardır. Bu ihtiyaçların karşılanmaması halinde ise kişide mental yorgunluk, stres, huzursuzluk veya gerginlik ortaya çıkmaktadır (Keçe 2012). Bu ihtiyaçları gidermenin yanında insan çalışma hayatı içerisinde dışsal ve içsel anlamda da motive edilmeye ihtiyaç duyar. Çünkü insan yaratılış gereği içsel anlamda sürekli doyum noktasına ulaşmayı hedefler dış etkilerden mental olarak hem negatif yönde hem de pozitif yönde etkilenebilir bir ruh haline sahiptir. Ancak makineler için bu durumların hiç birisi söz konusu değildir. Mantalite olarak sadece veriler ışığında çıkarımlar yaptığı için negatif yada pozitif yönde etki tepki altında etkilenmez, sunulan bilgiler eşliğinde optimal çözümü kıyaslama ile karar mekanizmasını tamamlar İnsan faktöründen kaynaklanan olumsuzlukları ortadan kaldırmak, çalışma verimliliğini ve etkinliğini arttırmak amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda yapay zekâ teknolojileri geliştirilmiştir. Sadece spesifik alanlarda değil artık makine öğrenmesinin her alana entegrasyonu kaçınılmaz bir realitedir. Bu teknolojiler; Genetik Algoritmalar, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Uzman Sistemler, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme ve Doğal Dil İşleme şeklinde sıralanabilir.



Şekil 2: Yapay Zekâ Teknolojileri

Kaynak: (<https://mesutpek.com.tr/uzman-sistem-nedir/>).

1.3.1. Genetik Algoritmalar

Evrimsel hesaplamaların bir parçası olan genetik algoritmaların günümüzdeki şekli ilk olarak 1975 yılında, psikolog ve bilgisayar bilimleri uzmanı John Henry Holland tarafından Michigan Üniversitesi'nde ortaya atılmıştır (Nabiyev 2012: 602; Taştan, Eker 2020: 50). John H. Holland'ın David Goldberg isimli öğrencisinin tezi için gaz boru hattı iletim kontrolünü içeren zor bir problemi çözmesi sonrasında genetik algoritmalar popüler hale gelmiştir (Haupt, Haupt 2004: 22; Taştan, Eker 2020: 50).

Genetik algoritmalar (Genetic Algorithms) Darwin'in Evrim Teorisi olan doğal seçilimden ilham alınarak geliştirilmiş olan bir teknolojidir. Bu algoritmalar biyolojik evrimin işleyiş biçimini taklit eder ve bilinen yöntemlerle çözülmesi zor olan problemlerin bilgisayar ortamında sanal bir evrimden geçirilerek çözülmesinde kullanılır (Güler 2019: 21).

1.3.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks - ANN), insan beyin nöronlarının çalışma prensibinden öykünerek geliştirilmiş, birbiriyle aynı doğrultuda ve iletişimli çalışabilen, birbirine bilgi akışı sağlayabilen ve bu bilgi akışını doğru bir şekilde kümeleyebilen modelleyebilen sistemler bütünüdür. Problem çözümü amacıyla kullanılan iş elemanları (yapay sinir hücreleri), bir ağ şeklinde birbirine

bağlanmıştır. Hücreler arasındaki bilgi akışı bağlantı değerleri ve ilişkilerle gösterilmektedir. Yapay sinir ağları insan beyninin fonksiyonel özelliklerini taklit eden, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda da yararlanılan bir modeldir.

Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirmektedirler. Temel işlevi bilgisayarların öğrenmesini sağlamaktır. Olayları öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermeye çalışırlar. Yapay sinir ağları programları çalışma organizasyonları bilinen programlama yöntemlerinden farklı prensiplere sahiptir. Yapay sinir ağları bilgi akışını kullanarak öğrenirler ve tam bir güvenle çalıştırılabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağlarının kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır. Yapay sinir ağları eksik bilgi ile dahi çalışabilmektedirler ve inisiyatif mekanizmasına sahiptirler.

Yapay zekâ teknolojinin ilerlemesi ile hayatımıza giren ve her alana entegre olan bir kavram haline gelmiştir. National Aeronautics and Space Administration (NASA) yapay zekâ destekli bir gezegen keşfi ve güneş benzeri sistem bulunduğunu açıklarken, özellikle "yapay sinir ağları" ile oluşturulan modellere atıfta bulundular. Yapay sinir ağları ile birlikte geçmiş verilerden öğrenen yapay zekâ simülasyonları geleceğe dönük olarak tahminlerini tutarlı olarak verebilmektedir.

Yapay sinir ağları, bir insan beynin nöronlarını taklit eden yapay zeka yöntemleridir. Bu yöntemler, veri girişlerine dayanarak, çıktı üretebilen sinir hücrelerinden oluşur. Yapay sinir ağları, birçok farklı alanda kullanılabilir. Örneğin:

- ✓ Görüntü Tanıma: Yapay sinir ağları, resimleri tanıyarak, resimlerdeki nesneleri sınıflandırmak ve etiketlemek için kullanılabilir. Örneğin, bir fotoğraf uygulaması, kullanıcının çektiği fotoğrafları yapay sinir ağları kullanarak otomatik olarak sınıflandırıp etiketleyebilir.
- ✓ Ses Tanıma: Yapay sinir ağları, ses dosyalarını tanıyarak, dosyalardaki kelime ve cümleleri anlamaya çalışabilir. Örneğin, bir ses tanıma uygulaması, kullanıcının sesini yapay sinir ağları kullanarak tanıyarak, söylediği kelime ve cümleleri yazıya çevirebilir.

- ✓ Dil Öğrenimi: Yapay sinir ağları, dil öğrenimi için kullanılabilir. Örneğin, bir dil öğrenme uygulaması, kullanıcının girdiği cümleleri yapay sinir ağları kullanarak anlayarak, doğru dil kurallarını öğretebilir.

1.3.3. Bulanık Mantık

Bulanık Mantık, ilk defa 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. İlk uygulaması ise 1973 yılında bir buhar makinesinde Mamdani tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda hızlı bir gelişme gösteren bulanık mantık ekonomi, sağlık, mühendislik, eğitim vb gibi alanlarda uygulanmaya başlanmıştır. Özellikle denetim sistemlerine karar mekanizması ve yapay zekâ çalışmalarına yaptığı önemli katkılar, bu alanlardaki çalışmaları çok çeşitlendirmiştir. (Işıklı 2008: 106).

Tüm elektronik cihazlar için bir nesne “0” ya da “1” dir. Nesne aynı anda her iki değere ya da bunların arasında bir değere sahip olamaz. Bu kavram klasik mantık olarak adlandırılmaktadır. Makineler için her şey “0” ve “1”lerden ibaret iken insan beyni belirsizlik, karmaşıklık, bilgisizlik, yaklaşık fikir ya da düşünce gibi kesinlik ifade etmeyen hallerde bile doğru kararlar alabilir ve uygulayabilir. Bulanık mantık (Fuzzy Logic) insan mantığını taklit etmeye çalışır. Bu sebeple insan mantığının çeşitli özellikleri, bulanık mantıkta kendine birer karşılık bulur. Aslında bulanık mantığın “bulanık” kısmı, insan zihninin bir yansımasıdır ve belirsizliği temsil eder (<https://globalaihub.com/bulanik-mantik>).

1.3.4. Uzman Sistemler

Uzman sistemleri, yapay zekâ teknolojilerinden biridir ve bilgi temelli bir karar mekanizması sistemi olarak tanımlanabilir. Bu sistemler, uzmanlar (doktor, mühendis, yönetici, ekonomist vb.) tarafından belirli konulardaki bilgi ve tecrübelerin bilgisayarlar aracılığıyla aktarılmasıyla çalışır. Uzman sistemleri, uzmanlar tarafından tanımlanan bilgiler doğrultusunda problemlere çözümler üretir ve kararlar alabilir. Uzman sistemlerinin arkasındaki temel fikir, uzmanlığın insandan bilgisayara aktarılmasıdır (Özkan, 2015).

Bu sistemler, bilgisayarların uzman kişi gibi problemleri çözmesine ve kararlar almasına olanak tanırken, uzmanların bilgi ve tecrübelerini paylaşmasına da olanak tanımaktadır. Uzman sistemleri, çeşitli alanlarda kullanılabilir. Örneğin,

sağlık alanında doktorlar tarafından tanımlanan bilgileri kullanarak hastalıkları teşhis etmekte, mühendislik alanında mühendisler tarafından tanımlanan bilgileri kullanarak projelerin tasarlanmasında, finans alanında ekonomistler tarafından tanımlanan bilgileri kullanarak yatırım kararlarının alınmasında kullanılabilir.

1.3.5. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenimi, veri bilimi ve yapay zekâ alanlarında yer alan bir kavramdır. Bir veri kümesi üzerinden öğrenebilen, sınıflandırma, modelleme ve tahmin yapan algoritmalar olarak tanımlanabilir. Bu algoritmalar, veri setinin yapısına göre ikiye ayrılır:

1. Gözetimli Öğrenme

Gözetimli öğrenme, etiketlenmiş veri setleri üzerinde çalışır. Bu veri setlerinde, her gözlem için bir sınıf etiketi (Label) mevcut olduğu durumda kullanılan bir makine öğrenimi yöntemidir. Algoritma, veri setinde belirli sınıfları öğrenir ve daha sonra veri setinde yer almayan ama benzer sınıflara ait olan yeni gözlemleri sınıflandırmak için kullanılabilir. Örnek olarak, sınıflandırma problemlerinde, etiketli veri setleri kullanılarak sınıflandırma modeli eğitilir ve daha sonra model, yeni verileri sınıflandırmak için kullanılır.

Sınıflandırma problemlerinde, veri seti etiketli veri seti olarak sunulur ve algoritma, veri setindeki sınıf etiketlerini öğrenir. Daha sonra algoritma, yeni verileri sınıflandırmak için kullanılabilir. Örnek olarak, sınıflandırma problemlerinde, veri seti resimler olarak sunulur ve algoritma, resimlerin içerdiği nesneleri sınıflandırmak için kullanılabilir. Regresyon problemlerinde, veri seti etiketli veri seti olarak sunulur ve algoritma, veri setindeki etiketleri öğrenir. Daha sonra algoritma, yeni veriler için tahminler yapmak için kullanır. Örnek olarak, regresyon problemlerinde, veri seti ev fiyatları olarak sunulur ve algoritma, ev fiyatlarını belirlemek için kullanılabilir.

Gözetimli öğrenme yöntemleri, çok çeşitli algoritmaları içerebilir. Örneğin, Lineer Regresyon, Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makinesi, K-En Yakın Komşular (K-NN) gibi algoritmalar gözetimli öğrenme yöntemleri arasında sayılabilir. Bu algoritmalar, veri setindeki etiketleri öğrenir ve daha sonra yeni verileri sınıflandırmak veya tahmin etmek için kullanılabilir. Ayrıca, gözetimli

öğrenme yöntemleri, endüstri ve bilim alanlarında veriye dayalı kararlar almak için kullanılır.

2. Gözetimsiz Öğrenme

Gözetimsiz öğrenme, etiketlenmemiş veri setleri üzerinde çalışır. Bu veri setlerinde, her gözlem için bir sınıf etiketi (label) mevcut değildir. Algoritma, veri setinde görünmeyen örüntüleri keşfetmeye çalışır. Örnek olarak, kümeleme problemlerinde, etiketlenmemiş veri setleri kullanılarak kümeleme modeli eğitilir ve daha sonra model, yeni verileri kümelere ayırıştırma ve sınıflandırmak için kullanılır.

Kümeleme problemlerinde, veri seti etiketlenmemiş veri seti olarak sunulur ve algoritma, veri setindeki gözlemleri benzer özelliklere sahip gruplara ayırıştırma için kullanılabilir. Daha sonra bu gruplar kullanıcıların daha iyi anlaması için etiketlenir veya daha sonraki analizler için kullanılabilir. Örnek olarak, müşteri segmentasyonu problemlerinde, algoritma müşterileri benzer özelliklere sahip gruplara ayırıştırır ve daha sonra bu grupların satın alma davranışlarını incelenir.

Bölütleme problemlerinde, veri seti etiketlenmemiş olarak sunulur ve algoritma, veri setindeki gözlemleri belirli kriterlere göre sınıflara ayırıştırma için kullanılabilir. Örnek olarak, bir görüntü içindeki nesneleri sınıflandırmak için bölütleme yöntemleri kullanılabilir.

Veri Madenciliği problemlerinde, veri seti etiketlenmemiş veri seti olarak sunulur ve algoritma, veri setinde gizli bilgiler veya örüntüleri bulmak için kullanılabilir. Örnek olarak, bir e-ticaret sitesindeki satın alma verileri kullanılarak müşterilerin satın alma davranışlarını veya beğenilerini belirlemek için veri madenciliği yöntemleri kullanılabilir.

Gözetimsiz öğrenme yöntemleri, çok çeşitli algoritmaları içerebilir. Örneğin, K-Ortalama, Hiyerarşik Kümelene, DBSCAN gibi algoritmalar gözetimsiz öğrenme yöntemleri arasında sayılabilir. Bu algoritmalar, veri setindeki gözlemleri benzer özelliklere sahip gruplara ayırıştırma veya veri setindeki gizli bilgiler veya örüntüleri bulmak için kullanılabilir.

Sonuç olarak, gözetimsiz öğrenme yöntemleri, veri setindeki gizli bilgiler veya örüntüleri bulmak veya veri setindeki gözlemleri benzer özelliklere sahip gruplara ayırtmak için kullanılır.

1.3.6. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, çok katmanlı sinir ağları kullanarak gerçekleştirilen bir öğrenme yöntemidir. Bu algoritmalar, farklı katmanlarda özellikleri ayırtmakta ve sonuçları bir araya getirerek bütüncül bir sonuç elde etmektedir. Derin öğrenmede, nihai sonucu elde etmek için tüm sinir ağı kullanılmaktadır, ancak her katmanda girdi ve çıktılar arasındaki etkileşimler sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, bir resimdeki bir nesnenin varlığının belirlenmesi problemi, kademeli olarak çözülmektedir. İlk katmanda, resimdeki bazı pikseller arasındaki dar bir alanda çizgilerin varlığı ve yönleri belirlenmektedir. Bu bilgiler sonraki katmanlara aktarılmaktadır. Bu şekilde devam eden döngüde, ham piksel renkleri yerine çizgi parçacıkları girdi olarak alınmaktadır. Bu, daha kolay ve daha doğru sonuçlar elde etmek için kullanılır. Katmanlarda çizgilerden şekillere ve bunların birleşimlerine doğru giden bir tanımlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Derin öğrenme büyük veri kümelerinden çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılarak yapay zekâ modellerinin geliştirildiği makine öğrenmesinin alt dalıdır (Seyyarer vd., 2020, 91).

Derin Öğrenme, aynı zamanda makine öğreniminde kullanılan bir tür öğrenme yöntemidir. Bu yöntem, yapay sinir ağlarının (ANN) kullanımını temel alır ve çok katmanlı yapay sinir ağlarının (MLP) veya konvolüsyonel yapay sinir ağlarının (CNN) kullanımını içerir. Derin öğrenme, veri işleme ve öğrenme işlemleri için çok sayıda katman kullanır ve bu katmanlar arasında veri işlemleri gerçekleştirir. Bu sayede, derin öğrenme, daha karmaşık ve yüksek özellikli veri modelleri oluşturabildiğinden, görüntü tanıma, ses tanıma, metin işleme gibi uygulamalarda oldukça etkilidir. Derin öğrenme, yapay sinir ağlarının (ANN) kullanımını temel alır. ANN, birçok katman ve birçok nöron içeren bir yapıdır. Bu katmanlar arasında veri işlemleri gerçekleştirilir ve her katman, verinin özelliklerini daha da fazla öğrenir. Derin öğrenme, yaygın olarak iki temel yapay sinir ağı türünü kullanır: çok katmanlı yapay sinir ağları (MLP) ve konvolüsyonel yapay sinir ağları (CNN). MLP, veri işleme ve öğrenme işlemleri için çok sayıda katman kullanır ve bu katmanlar

arasında veri işlemleri gerçekleştirir. CNN ise, resimler ve görüntüler gibi veriler için kullanılan bir yapay sinir ağı türüdür. CNN, görüntülerdeki özellikleri öğrenmek için kullanılan filtrelerle özellikleri çıkarır (Saygılı ve Özmen, 2022. 293).

Derin öğrenme, görüntü tanıma, ses tanıma, metin işleme, dil modellenmesi ve diğer uygulamalarda oldukça etkilidir. Örneğin, görüntü tanıma uygulamalarında, derin öğrenme algoritmaları, resimlerdeki nesneleri veya yüzleri tanıyabilir. Ses tanıma uygulamalarında ise, derin öğrenme algoritmaları, konuşmaları veya sesleri tanıyabilir (Learning, 2021: 49).

1.3.7. Doğal Dil İşleme

Doğal Dil İşleme (NLP), insan dilini bilgisayarlar tarafından anlaşılabilir ve işlenebilir hale getirmek için kullanılan bir teknolojidir. Bu teknoloji, birçok farklı alan için kullanılabilir ve çeşitli yöntemleri içerir. NLP çeşitli alanlarda kullanılmaktadır, örneğin metin analitik, ses tanıma, metin üretimi, dil çevirisi ve sohbet robotları gibi. Bu alanlarda, NLP yöntemleri kullanılarak metinlerin anlamlarının analizi, ses dalgalarının tanınması, metinlerin oluşturulması ve dil çevirileri gerçekleştirilir. NLP aynı zamanda yapay zeka ve makine öğreniminin önemli bir parçasıdır. Günümüzde, NLP teknolojisi popüler asistan programları, sohbet botları ve sosyal medya uygulamaları gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Günümüzde, NLP teknolojisi popülerdir.

Doğal dil işleme için önemli olan işlemlere değinecek olursak,

Metin analitik: Bu alanda, NLP yöntemleri kullanılarak metinlerin anlamlarının analizi gerçekleştirilir. Örneğin, bir yazıda belirli bir konunun ne kadar sıklıkla kullanıldığını veya bir yazıda belirli bir duygu veya tonun ne kadar sıklıkla kullanıldığını tespit etmek için kullanılabilir.

Ses tanıma: Bu alanda, NLP yöntemleri kullanılarak ses dalgalarının tanınması gerçekleştirilir. Örneğin, bir ses kaydındaki bir konuşmanın metin haline dönüştürülmesi için kullanılabilir.

Metin üretimi: Bu alanda, NLP yöntemleri kullanılarak metinlerin oluşturulması gerçekleştirilir. Örneğin, bir chatbot veya asistan programı tarafından yazılı olarak yanıt verilmesi için kullanılabilir.

Dil çevirisi: Bu alanda, NLP yöntemleri kullanılarak dil çevirileri gerçekleştirilir. Örneğin, bir web sitesi veya uygulama için çeşitli dillerde çevirilerin yapılması için kullanılabilir.

Sohbet robotları: Bu alanda, NLP yöntemleri kullanılarak sohbet robotları oluşturulur. Örneğin, bir kullanıcının yazılı veya sesli olarak sorularına cevap vermek için kullanılabilir.

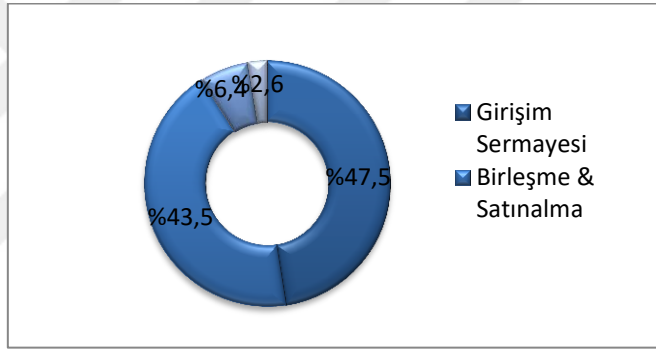
Bu yöntemler doğal dil işlemede önemli işlemler arasındadır.

1.4. Yapay Zekâ Kullanım Alanları

Hayatımızdaki yeri her gün gittikçe artan yapay zekâ birçok alanda karşımıza çıkmakta ve günlük yaşantımızda bize büyük faydalar sağlamaktadır. Sağladığı faydaların başında işleri kolaylaştırması ve işlem hızı gelmektedir. Yapay zekâ, insan beyninin değerlendiremeyeceği kadar büyüklükte ve zorluktaki verileri çok kısa sürede hatasız bir şekilde işleyebilir ve bundan çıkarımlarda bulunabilir.

Günümüzde birçok sektörde bilgisayar ve yapay zekâdan yararlanılmaktadır. Şirketler, kamu kurumları ve devletler yapay zekâ alanında sürekli ar-ge faaliyetleri yürütmekte ve bu faaliyetlere büyük önem vermektedirler. Hukuk alanında İK alanında çalışmalar ile birlikte liyakat kısmının Yapay zekâ ile birlikte yeniden geleceğine inanılmaktadır. Günümüz konjonktür yapısına baktığımızda gelişen teknolojinin hayatımızın bir parçası olma hızının hat safhada olduğunu gözlemleyebiliriz. Bu açıdan artık hukuk kavramını teknolojiye entegre edebilmek tüm dünyanın olmazsa olmazı hale gelmektedir. İnsansız araçların çoğalması insansız kuryeler hatta insansız lojistik firmaları yakın yılların vazgeçilmezleri arasında yer alacaktır. Bu evrilmenin sonucunda belli başlı kurallar dünyada tabiri caizse ezber bozan nitelikte olacaktır. Yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması ve otonom araçlar gibi insansız sistemlerin kullanımıyla birlikte hukuk sistemi de bu değişime uyum sağlamak zorunda kaldı. Çünkü otonom araçlar gibi yapay zekâ sistemleri, önceden programlanan algoritmalar doğrultusunda kararlar alabiliyorlar ve bu kararlar bazen insan hayatını etkileyebilecek sonuçlar doğurabiliyor. Bu durumda, hukuk sistemleri hangi durumlarda sorumluluğun yapay zekâ sistemine ait olduğunu belirlemek ve adil bir karar vermek zorunda kalıyorlar. Bu nedenle, yapay

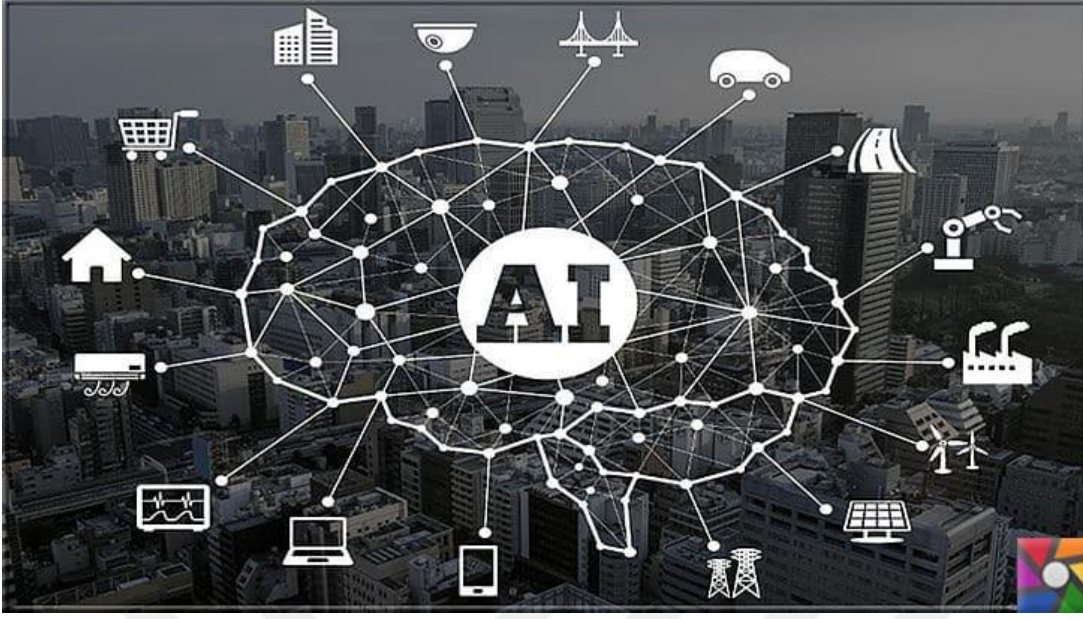
zekâ uygulamalarının kullanımıyla ilgili yeni yasal düzenlemeler ve hukuki çerçeveler oluşturulması gerekiyor. Yapay zekâ hukuku da bu nedenle, yapay zekâ uygulamalarının yasal çerçevelerini belirleyen, bu alanda çalışan uzmanların ve avukatların üzerinde çalıştığı bir alandır. Otonom araçların sebep olabileceği kazaların sorumluluğu konusunda hukuki boşluklar var ve bu da yapay zeka hukuku alanında çalışmaların yapılmasını gerektiriyor. Otonom araçların yasal sorumlulukları, kazaların nedenleri, yapay zekâ programlaması, veri gizliliği ve etik konuları gibi birçok konuda hukuki düzenlemeler yapılması gerekiyor. Bu nedenle, yapay zekâ hukuku uzmanları, otonom araçlar ve benzeri yapay zekâ uygulamalarının yasal sorumlulukları ve etik sorunları gibi konularda çalışmalar yapıyorlar. Bu çalışmaların amacı, yapay zekâ teknolojilerinin yasal, etik ve toplumsal açıdan sorunsuz bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır.



Şekil 3: Dünya Çapında Özel Sektörün YZ Alanı Yatırımlarının Dağılımı

Kaynak: (<https://cbddo.gov.tr/>)

Yapay Zekâ Endeksi 2019 yılı için yapay zeka alanındaki küresel olarak totalde özel sektör yatırımı 78 milyar ABD doları düzeyine ulaşmıştır. Şekil 3’de, yatırım türleri açısından 2019 yılı için toplam yatırımın yaklaşık yarısının girişim sermayesi fonları tarafından gerçekleştirildiği ve önemli bir yatırım kaleminin de birleşme ve satın alma operasyonları olduğu görülmektedir. (<https://cbddo.gov.tr/>)



Şekil 4: Yapay Zekânın Kullanım Alanları

Kaynak: (<https://www.gelgez.net/yapay-zeka-nedir>).

Açık bir şekilde görülmektedir ki yapay zekâ günümüzde birçok sektörde (Bankacılık ve Finans, Eğitim, Sağlık, Telekomünikasyon, Otomotiv, Ulaşım, Ticaret, Tarım, Hukuk, Sanat vb. gibi) kendisine ciddi bir yer edinmiştir ve gelişmeye de devam etmektedir. En önemli olgusu problemlere çözümleri hızlı, kararlı etki tepkiden veya dış etkilere etkilenmeden verebilen yapay zekâ kullanım alanı olarak artık bir gereklilik haline gelmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. GENETİK ALGORİTMALAR

2.1. Genetik Algoritma Kavramı

Yıllar içerisinde genetik algoritma birçok uygulama alanı bulmuş ve uygulama alanlarını genişletmeye devam etmektedir. Uygulama yelpazesinin sürekli genişlemesinin en temel nedeni genetik algoritmanın sezgisel yöntemler ile çözümü güç olan problemlere çözümler bulması ve hayatı kolaylaştırmasıdır.

Genetik algoritmalar Darwin'in Evrim Teorisi olan doğal seçim' den ilham alınarak geliştirilmiş olan bir teknolojik alandır. Genetik algoritmalar biyolojik evrimin işleyiş şeklini taklit ettiği ve öğrenilmiş yöntemler ile çözülmesi güç olan problemlerin bilgisayar yardımı ile sanal bir süreçten geçirilerek çözülmesinde kullanılmaktadır (Güler 2019: 21).

Genetik algoritmalar, çeşitli planlama yöntemleri ile bir fonksiyonun optimizasyonu veya ardışık değerlerin tespitini içine alan birçok problem tipleri için çözüm arama yöntemidir. Genetik algoritmalar, en iyinin korunumu ve doğal seçim ilkesine dayanarak, benzetim yöntemiyle bilgisayarlara uygulanan ve bilgisayar aracılığı ile oluşturulan bir evrim biçimidir.

Genetik algoritmalar, literatürde sıklıkla kullanılan ve oldukça hızlı çözüm sağlayan optimizasyon tekniklerinden birisidir. Bilineceği üzere optimizasyon algoritmaları ile çok geniş bir çözüm uzayından en iyi veya en iyiye yakın çözümler elde edilebilmektedir. Genetik algoritmalar ile de bu şekilde çözümler elde edilebilmektedir.

Genetik algoritmalar, olasılık kurallarına göre çalışır. Programın ne kadar iyi çalışacağı önceden kesin olarak belirlenemez. Ama olasılıklarla hesaplanabilir. Ayrıca genetik algoritmalar bir tek yerden değil, bir grup çözüm içinden arama yapar. Genetik algoritmalar ne yaptığı konusunda bilgi içermez, nasıl yaptığını bilir. Bu nedenle bir kör arama metodu olarak da ifade edilebilmektedir (Goldberg 1989; Şeker 2007: 79).

Genetik algoritmalar, bir nesil sonrasını ve bir sonraki neslin özelliklerini tahmin etmek için kullanılan yapay zeka yöntemleridir. Bu yöntemler, insanların evrim sürecini taklit ederek, bir neslin özelliklerinin bir sonraki nesle nasıl aktarılacağını tahmin etmeyi amaçlar.

Genel olarak genetik algoritma beş temel unsurdan oluşmakla beraber Michalewicz tarafından şöyle tanımlanmıştır

1. Problem için çözümlerin genetik gösterimi
2. Genetik algoritmanın parametre değerlerini tespit etmek
3. Kromozomların uygunluklarını belirlemek için bir evrimsel değerlendirme fonksiyonuna karar vermek
4. Genetik çeşitliliği sağlamak için yavru genleri oluşturmak için genetik operatörleri kullanmak
5. Çözümler için bir başlangıç popülasyonu oluşturma (Michalewicz 1996; Şeker 2007: 78).

Genetik algoritmalar, çeşitli problemleri çözmek için kullanılabilir. Örneğin:

- Endüstriyel tasarım problemleri: Genetik algoritmalar, bir ürünün tasarımı sırasında en iyi özellikleri seçmek için kullanılabilir. Örneğin, bir otomobil şirketi, motosiklet tasarımı sırasında hangi özelliklerin en iyi performans gösterdiğini yakıt tüketimine etkisi olan aerodinamik ağırlık gibi doğrudan doğruya yakıt ve hızlanmaya etki eden olguları tahmin etmek için genetik algoritmalar kullanabilir. Girilen veriler eşliğinde karşılaştırmaları optimal bir süreçten sonra en uygun olan seçeneği bulabilmektedir.
- Finansal piyasalar: Genetik algoritmalar, finansal piyasalardaki fiyat hareketlerini tahmin etmek için kullanılabilir. Çünkü finans piyasaları da dinamik bir popülasyon gibi etki tepkiler üzerine kaldıraç hareketlerini gerçekleştirmektedir. Sokastik trendlerde öngörü modelini yapabilmektedir. Örneğin, bir yatırım şirketi, bir hisse senedinin gelecekteki fiyat hareketlerini tahmin etmek için genetik algoritmalar kullanabilir.

- Sağlık: Genetik algoritmalar, hastalıkların yayılımını tahmin etmek ve bu hastalıklarla nasıl mücadele edileceğine dair öneriler sunmak için kullanılabilir. Yakın zamanda global olarak hem sağlık hem turizm hem de küresel piyasaları etkileyen pandemi sürecinin 10 yıllık bir periyotta bir başka pandemi ile karşılaşmamız pek mümkün değildir. Bu pandemiye doğru zamanda öngörebilmek adına da genetik algoritmalarla yararlanabiliriz. Örneğin, bir sağlık kuruluşu, bir hastalığın yayılımını tahmin etmek ve bu hastalıkla nasıl mücadele edileceğine dair öneriler sunmak için genetik algoritmalar kullanabilir.

Genetik algoritmaların faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Şeker 2007: 80).

1. Paralel bilgisayarlar kullanılarak çalıştırılabilir.
2. Türevsel bilgiler gerekmez.
3. Sadece tek çözüm değil, birden fazla parametrelerin optimum çözümlerini elde edebilir.
4. Çok sayıda parametrelerle çalışma imkânı vardır.
5. Sürekli ve ayırık parametreleri optimize eder
6. Karmaşık maliyet fonksiyon parametrelerini, yerel minimuma veya maksimuma takılmadan optimize edebilir.
7. Maliyet fonksiyonunu geniş perspektif ile araştırır.

2.2. Genetik Algoritmanın Tarihçesi

Genetik algoritmaların temel ilkeleri Michigan Üniversitesinde psikoloji ve bilgisayar bilimi uzmanı olan John Holland Mekanik öğrenme konusunda çalışmalar yaptığı sırada Darwin'in evrim teorisinden etkilenecek yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi amaçlamıştır. Tek bir mekanik yapının öğrenme yeteneğini geliştirmek yerine böyle yapılarda oluşan bir topluluğun çoğalma çiftleşme mutasyon vb. genetik süreçlerden geçerek başarılı yeni bireyler oluşturabildiği sonucuna ulaşmıştır. Araştırmalarını arama ve optimumu bulma için doğal seçme ve genetik evrimden yola çıkarak yapmıştır. İşlem sürecinde biyolojik sistemde bireyin çevreye uyum sağlayıp daha uygun hale gelmesi örnek alınarak

optimum bulma ve makine öğrenme problemlerinde bilgisayar yazılımı modellenmiştir.

1975 yılında yayınladığı kitapta yaptığı çalışmaların tümünün sonuçlarını açıklamış ve literatüre “Genetik Algoritmalar” olarak yerini almıştır. Ancak 1985 yılında Holland’ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989 da genetik algoritmalar konusunda klasik sayılan kitabın yayınlanma sürecinde toplumda genetik algoritmaların pratik ve faydalı bir araştırma olmadığı algısı oluşmuştur. İlk olarak Holland da makine öğrenme sistemlerine yardımcı olarak kullanılmış daha sonra De Jong Goldberg ve diğerleri tarafından analiz edilmiştir. Ayrıca kendisinin kullandığı makine öğrenmesi nesne tanıma görüntü işleme ve işlemsel arama gibi alanlarda kullanıldığını vurgulamıştır. Goldberg’in gaz boru hatlarının denetimi üzerine yaptığı doktora tezi ona sadece 1985 National Science Foundation Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmakla kalmadı genetik algoritmaların pratik kullanımının da olabirliğini kanıtladı. Ayrıca kitabında genetik algoritmalara dayalı tam 83 uygulamaya yer vererek genetik algoritmanın dünyanın her yerinde çeşitli konularda kullanılmakta olduğunu ortaya çıkarmıştır. Genetik algoritma yıllar içerisinde uygulama alanını genişletmeye devam etmiştir. Günümüzde de genetik algoritma her dalda kullanılır durumdadır.

2.3. Genetik Algoritma İle İlgili Terimler

Genetik algoritma terimleri popülasyon kromozom, gen, alel, lotus ve kodlama olarak altı grupta incelenebilmektedir.

Tablo 2: Genetik Algoritma ile İlgili Terimler

Terim	Açıklama
Popülasyon	Bir dizi birey
Birey/ kromozom	Soruna aday bir çözüm / çözümün genetik gösterimi
Gen	Kromozomun bir ögesi
Alel	Genin alabileceği değer
Lotus	Evrin sürecinde bir kromozom üzerindeki herhangi bir genin konumu,
Kodlama	Probleme ait olağan çözümlerin, parametreler kümesi şeklinde birleştirilmesi olarak ifade edilmektedir

Kaynak: (Gezer 2022: 60).

Gen: Kromozom yapısında kendi başına birer genetik bilgi taşıyan en ufak yapı birimine gen denir. Genetik algoritmanın kullandığı programlama yapısında bu gen yapıları programcının tanımlamasına bağlı olmaktadır. Bir genin içerdiği bilgi sadece ikili tabandaki sayıları içerebileceği gibi onluk taban ve onaltılık tabandaki sayı değerlerini de içerebilir. Dolayısıyla yazılan programa göre gen içeriği oldukça önemli konumda olduğu ifade edilebilmektedir (Şeker 2007: 31).

Kromozom: Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar, alternatif aday çözümleri gösterirler. Kromozom, genetik algoritma üzerinde durulan en önemli birim olduğu için bilgisayar ortamında iyi ifade edilmesi gerekir. Kromozom terimi, genetik algoritmanın çözmeye çalıştığı problemin aday çözümlerini temsil eden sayısal bir değeri veya değerleri ifade etmektedir (Carr 2014: 2)

Popülasyon: Olası çözüm bilgilerini içeren bireylerin bir araya gelmesiyle oluşan topluluğa popülasyon denir. Popülasyondaki birey sayısı problemin özelliğine göre, genetik algoritmayı tasarlayan tarafından belirlenir. Popülasyon büyüklüğü problemin çözüm süresini etkilemektedir. Popülasyondaki birey sayısının gerekli olandan fazla olması çözüm süresini uzatırken, birey sayısının az olması popülasyonun istenen çözüm değerine ulaşamamasına sebep olabilmektedir. Problemin özelliğine göre seçilecek olan popülasyondaki birey sayısı genetik algoritmayı hazırlayan kişi tarafından iyi belirlenmelidir. Grefensette, genetik algoritma için en uygun popülasyon büyüklüğünün 10 ile 160 birey arasında

olmasının uygun olacağını öne sürmüştür. Genelde popülasyon büyüklüğü kullanıcı tarafından belirlenen bir parametre olup genetik algoritmanın performansını ve ölçeklenebilirliğini etkilemektedir (Yılmaz 2017: 152).

Lokus: Evrim sürecinde bir kromozom üzerindeki herhangi bir genin konuma lokus adı verilmektedir. Genetik algoritmalarda ise bir genin kromozom üzerindeki konumu anlaşılmaktadır (Taşkın, Emel 2009: 26).

Alel: Bir genin alabileceği mümkün olan değerlerin her biri alel olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifade ile belirli bir özelliği belirleyen bir genin farklı hallerinden her biri olarak tanımlanır. Gen ve alel sözcüklerinin her ikisi de, belirli bir özelliğin kalıtsal faktörü olarak ifade edilmektedir. Örneğin saç rengi bir gende temsil edildiğinde, bu genin alel'leri siyah, kahverengi ve sarı gibi olacaktır (Cura 2008: 88).

Kodlama: Probleme ait olağan çözümlerin, parametreler kümesi şeklinde birleştirilmesi olarak ifade edilmektedir. Kodlama işlemi sistemden gözlemlenen bilgiye bakış açısını büyük oranda sınırlandırabildiğinden ve algoritmanın başarısını etkileyen bir faktör olduğundan dolayı genetik algoritmalar için oldukça önemli bir konudur (Mitchell 1996: 117; Yapıcı 2012: 6)

2.4. Genetik Algoritmanın Aşamaları

Genetik algoritmada öncelikli olarak popülasyon çeşidinin ve uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi gerekmektedir. bu aşamadan sonra popülasyon boyutu, seçim tekniği, çaprazlama ve mutasyon oranları belirlenerek algoritmanın kodlanmasına geçilmektedir. Temel olarak 8 adımdan meydana gelen genetik algoritmaların aşamaları aşağıda verildiği gibidir:

Rastgele popülasyon oluşturma: Popülasyon türü belirlendikten sonra yine daha önceden belirlenen boyuta göre rastgele kromozom adı verilen bireyler oluşturulur. Popülasyon kodlanırken ikilik kodlama, permütasyon kodlama, harf simge kodlama gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir.

Uygunluk belirleme: Algoritma tasarlanırken belirlenen fonksiyona göre, birinci aşamadaki bireylerin uygunluk değerleri belirlenir. Birinci aşamada rastgele

oluşturulan bireyler fonksiyon denkleminde yerleştirilerek her bir kromozomun uygunluğu belirlenir.

Seçim: Bu aşamada genellikle en iyi uygunluğa sahip ebeveyn kromozomlar seçilmektedir. Seçim işleminde elitizm, rulet tekerleği veya kümülatif yaklaşım gibi çeşitli teknikler mevcut olmakla beraber, literatürde en sık kullanılan seçim yöntemi rulet tekerleğidir.

Çaprazlama: Bu adımda seçilen ebeveyn bireyler kendi aralarında çaprazlama işlemine tabi tutulurlar. Tek noktalı, çift noktalı gibi çeşitli çaprazlama yöntemleri mevcuttur. Çaprazlama işlemi uygunluk değeri ile doğru orantılıdır. Yani sistemde bir çaprazlama oranı kullanılacaksa bu uygunluk değerine paraleldir. Bu aşama neticesinde çocuk bireyler elde edilir.

Mutasyon: Genetik algoritmanın bu aşamasında uygunluk değeri ile ters orantılı olacak şekilde çocuk bireyler mutasyon işlemine tabi tutulur. Mutasyon oranı uygunluk değeri ile ters orantılıdır. Sebebi ise daha iyi uygunluğa sahip çocuk bireylerin kaybolmasını engellemektir.

Uygunluk belirleme: 2. aşamada verilen uygunluk belirleme adımları bu adımda da uygulanmaktadır. Fakat bu sefer beşinci adımda elde edilen mutant bireylere sadece uygulanmaktadır.

Seçim: Buradaki seçim işlemi de 3. aşamada verilen ile aynı işlem olup, sadece mutant bireylere göre seçim işlemi yapılmaktadır.

Yer değiştirme: Genetik algoritmanın temel olarak son adımı yer değiştirmedir. Eğer mutant bireylerin uygunlukları başlangıçta rastgele oluşturulan bireylerin en kötüsünün uygunluğundan daha iyi ise rastgele birey popülasyondan silinir ve yeni mutant birey bu silinen bireyin yerine yazılır. Bu sayede yer değiştirme işlemi tamamlanmış olur. bu aşamanın ardından sistem belirlenen iterasyon veya süre boyunca 3. adımdan itibaren tekrar eder ve optimizasyon işlemi tamamlanmış olur. Bu işlemlerin sonucunda elde edilen bireylerin neredeyse tamamının en iyi veya en iyiye yakın uygunluğa ulaştığı gözlemlenirse algoritmanın düzgün bir şekilde çalıştığı test edilmiş olur

2.5. Genetik Algoritmanın Operatörleri

Genetik algoritmalar üç ana adım ile gerçekleşir: Çaprazlama, mutasyon ve seçme olarak sıralanabilmektedir. Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra popülasyondaki bireyler birbirleri ile çaprazlanarak yeni bireyler oluşturulur. Çaprazlama ile oluşturulan yeni bireylere oluşturulma aşamasında çok küçük olasılıklarla mutasyonlar eklenir. Son aşamada ise bu bireylerin beklenen çözüme ne kadar yakın oldukları ölçülür ve bazı bireyler uygunlukları oranında seçilme ihtimalleri hesaplanarak yeni jenerasyon için seçilirler (Birgin 2019: 22).

2.5.1. Çaprazlama

Ebeveynlere ait kromozomların birleşmesi ile yeni kromozomların elde edilmesine genetik algoritmalarda çaprazlama aşaması olarak ifade edilmektedir. Genetik algoritmalarda çözüm bulunmaya çalışılırken daha önce bulunmuş çözümler içinden seçilecek iki farklı çözüm dizilimi arasında yapılan çaprazlama ile önceki çözüm dizilimlerin en iyi çözüme daha yakın olan yeni iki çözüm dizilimi elde edilmektedir. Bu yeni yöntemler ile seçilen daha önceki çözüm dizilimlerinden benzerlikler içermektedir. Bu aşama sayesinde oluşturulan yeni daha iyiye yakın çözüm dizilimleri iyiye doğru evrimleşerek yeni bir toplum oluşturmaktadırlar. Başka bir ifade ile çaprazlama işleminde, kromozomlara ait genler birbirleriyle yer değiştirirler. İlk olarak çaprazlama işleminin uygulanacağı kromozom çiftleri rasgele seçilmektedir. Sonrasında ise seçilen bu kromozomlara çaprazlama için kesilecek olan genlerin hangi genden başlayıp hangi gende bitirileceği yine rasgele seçilir. Kesilmiş olan bu gen sırlaması diğer eş gen arasında değiştirilir. Bunun amacı mevcut nesilden farklı yeni nesiller oluşturmaktır. Çaprazlama işlemi farklı şekillerde uygulanabilir. Bu işlem yaşayan organizmalardaki DNA çaprazlamasına benzetilerek elde edilmiştir (Akoğlu 2006: 33).

2.5.1.1. Tek Noktadan Çaprazlama

Tek nokta çaprazlama uygulanması en kolay olan çaprazlama yöntemidir. Kromozomda çaprazlama yapılacak olan tek nokta, rastgele olarak seçilir ve o noktadan başlayarak kromozomdaki son gene kadar gen dizisi karşılıklı olarak iki

kromozom arasında değiştirilir. Aşağıdaki Tablo 3'te X noktası belirlenmiş ve X noktasından itibaren kromozom değiştirilmiştir.

Tablo 3: Tek Noktadan Çaprazlama Örneği

Kromozomlar	Tek		Noktadan	Çaprazlama		X		0
	0	1	1	0	0	1	1	0
Kromozom 1	0	1	1	0	0	1	1	0
Kromozom 2	1	1	0	1	0	1	0	0
Kromozom 1	0	1	1	0	0	1	0	0
Kromozom 2	1	1	0	1	0	1	1	0

2.5.1.2. İki Noktadan Çaprazlama

İki noktadan çaprazlama, kromozomun üzerinde rastgele iki nokta seçilir ve bu iki nokta arasında kalan gen dizisi Tablo 4'de verildiği gibi değiştirilir. Tek nokta çaprazlamada olduğu gibi bu yöntemde de yeni nesil eski değeri yok etmektedir. İki kesimli çaprazlamada her kromozom üç parçaya bölünmektedir. Bu parçalardan karşılıklı her ikisinin yer değiştirmesi ile farklı adet yeni kromozom elde edilir.

Tablo 4: İki Noktadan Çaprazlama Örneği

Kromozomlar	İki		Noktadan	Çaprazlama		X		0
	0	1	1	0	0	1	1	0
Kromozom 1	0	1	1	0	0	1	1	0
Kromozom 2	1	1	0	1	0	1	0	0
Kromozom 1	0	1	0	1	0	1	1	0
Kromozom 2	1	1	1	0	0	1	0	0

2.5.1.3. Çok Noktadan Çaprazlama

Çok noktadan çaprazlama işleminde ise, iki noktadan çaprazla işlemine benzer şekilde birden fazla çift sayıda nokta belirlenerek bu nokta çiftleri arasında kalan gelen değiştirilir. Bu yöntem, iki nokta çaprazlama yönteminin gelişmiş hali olarak tanımlanabilir. Yöntemde ikiden fazla sayıda çaprazlama noktası rastgele olarak seçilir. Birinci yavru kromozom; birinci kromozom ilk parçasını, ikinci kromozomun ikinci parçasını, birinci kromozomun üçüncü parçasını, ikinci kromozom dördüncü parçasını ve son olarak birinci kromozomun beşinci parçasını olarak oluşturulur. İkinci yavru kromozom ise tam tersi şekilde oluşturulur (Baytören 2020: 87).

Tablo 5: Çok Noktadan Çaprazlama Örneği

Kromozomlar	Çok Noktadan Çaprazlama							
		X	X			X		X
Kromozom 1	0	1	1	0	0	1	1	0
Kromozom 2	1	1	0	1	0	1	0	0
Kromozom 1	0	1	0	0	0	1	0	0
Kromozom 2	1	1	1	1	0	1	1	0

2.5.2. Mutasyon

Mutasyon diğer adı ile rakam değiştirme olarak adlandırılmaktadır. Mutasyon tek kromozom üzerinde yapılan bir genetik algoritma işlemi olarak tanımlanabilmektedir. Bu işlem ile en iyi çözüme ulaşmak için yapılan çalışmalar sırasında genetik algoritmalar bir adım sonrası gerçekleşen çözüm arama alanının uzağında çok daha iyi veya kötü bir çözümü de test etmektedir. Kötüye doğru gitmesinde bile bir sonraki adımda yapılacak bir rakam değişimi işlemi ile algoritma kendisini toplayarak en iyiye doğru hızla yaklaşabilme ihtimali bulunmaktadır. Böyle bir avantaj klasik yöntemlerde bulunmamaktadır, çünkü hepsi önceden belirlenen sistem dahilinde de karar uzayında bir sonraki adımı atmaktadır. Bu tür atılımlar her zaman başarılı olmasa da algoritma kendisini rastgele yenilediği için fazla zaman kaybı olmamaktadır (Akoğlu 2006: 37).

Mutasyon kromozomun bir hanesindeki 0 değerini 1 veya 1 değerini 0 yapma işlemidir. Bu işlem kromozomun bir hanesinde yapılabileceği gibi birden fazla hanede de yapılabilir. Böylece ortaya bir rakamın bile değişmesi ile çok farklı bir sayı çıkar. Genel olarak, en iyi çözümlerlerde de rakam değişikliğine müsaade edilmemektedir. Rakam değişimi çaprazlamadan farklı olarak iki kromozomun yerine bir tek kromozom üzerinde rast gele belirlenen hanelerin karşıt rakamlarla yer değiştirilmesi ile yapılan işlemdir (Akoğlu 2006: 37).

2.6. Genetik Algoritma Kodlama Yöntemleri

Genetik algoritmaların ilk adımı olarak kodlama kabul edilmektedir. Genetik algortmadan yararlanılarak çözüm üretilecek problemin yapısına bağlı olarak farklı kodlama türleri tercih edilmektedir. Genetik algoritmanın yapısına en uygun olan ve en sık kullanılan kodlama türü binary (ikili) kodlamadır fakat permütasyonlu

kodlama, değer kodlama ve ağaç kodlama gibi farklı kodlama türleri de kullanılmaktadır.

2.6.1. Binary (İkili) Kodlama

Genetik algoritmalar ile yapılan ilk çalışmalarda kullanılan ve genel olarak en sık olarak kullanılan kodlama türüdür. İkili düzende kodlamanın önemi, ikili dizilere genetik operatörler uygulandığında uygun çözümün garantisi olmasıdır. İkili kodlama aday çözümlerin 0 ve 1 değerlerinden oluşacak şekilde kodlanmasıdır. Bazı kaynaklarda Binary kodlama olarak da tanımlanmaktadır.

Kromozom A	101100101100101011100101
Kromozom B	111111100000110000011111

Şekil 5: Binary Kodlama Gösterimi

2.6.2. Permütasyonlu Kodlama (Permutation Encoding)

Permütasyonlu kodlama sıralama problemlerinde kullanılmaktadır. Bu kodlamada, her kromozom, dizideki bir sırayı temsil eden sayılardan oluşmaktadır. Sıralı kodlama olarak da bilinen permütasyon kodlama, Gezgin Satıcı Problemi, Araç Rotalama Problemi (ARP) ve iş-akış problemleri için uygun bir yöntemdir. Gezgin satıcı probleminde her bir tamsayı değeri farklı bir şehri ifade edecektir. Bu tür bir problem için kullanılan permütasyon kodlamada, uygulanacak çaprazlama ve mutasyon operatörleri sonrasında düzenlemeler yapılarak, sıra tekrarlarının oluşması önlenmelidir. Yani, aynı şehre birden fazla kez uğranmasının önüne geçilmelidir. Şekil 5 de permütasyon kodlama örneği yer almaktadır. A kromozomu dikkate alındığında, öncelikle 7 numaralı şehrin ziyaret edileceği, sonrasında ise sırasıyla 1, 8, 5, 2, 6, 4 ve son olarak 3 numaralı şehrin ziyaret edileceği ifade edilmektedir. Benzer olarak B kromozomuna göre, ilk olarak 3 numaralı şehrin, son olarak ise 2 numaralı şehrin ziyaret edileceği görülmektedir.

Kromozom A	7 1 8 5 2 6 4 3
Kromozom B	3 8 5 1 4 7 6 2

Şekil 6: Permütasyon Kodlama Örneği

2.6.3. Değer Kodlama

Karmaşık değerler ve gerçek sayıların kullanıldığı problemlerde sık olarak kullanılan kodlama türüdür. Negatif sayılar, harfler ya da ondalık sayılar içeren problemlerin kodlanması için ikili kodlamanın kullanımı oldukça güçtür, bu sebeple bu tip problemler için değer kodlama kullanılır. Değer kodlamanın kullanıldığı durumlarda, ilgilenilen probleme özgü olarak çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin geliştirilmesi gereği sıklıkla ortaya çıkmaktadır (Sivanandam, Deepa 2008). Bu kodlamada her bir kromozom; sayı, gerçek sayılar ya da karakterler gibi bazı dizilerden oluşur. Şekil 7'de değer kodlama örnekleri görülmektedir.

Kromozom A	GHRTYPGRASDEF
Kromozom B	(sol), (sol), (ileri), (sağ), (sol), (geri)
Kromozom C	0,597 2,364 5,148 3,952 1,372

Şekil 7: Değer Kodlama Örnekleri

2.6.4. Ağaç Kodlama

Ağaç kodlama kromozomların nesnelerden ve nesneler arasındaki işlemleri içeren bir ağaç yapısı şeklinde gösterildiği bir kodlama türüdür. Bu kodlamanın diğer kodlama türlerine göre çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasının daha kolay olduğu düşünülmektedir. Bir kelime bir işlem gibi yarışma programlarında bulunması istenilen sayı için aritmetik işlemlerin yapılması zorunlu olan ve verilen sayıların işlemlerde yalnızca bir defa kullanıldığı soruların çözümünde bu kodlama türünden yararlanılmaktadır (Yılmaz 2017: 160). Şekil 8'de ağaç kodlama örnekleri görülmektedir.

Kromozom A	Kromozom B
$(\div(4b\ y)(\div(b\ (-7b))))$	$(y(y\ 5b)b)$

Şekil 8: Ağaç Kodlama Örneği

2.7. Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları

Genetik algoritma, uygun bir kodlama ile birlikte uygulanan çaprazlama ve mutasyon işlemleri ile çözüm evreni içerisinde çeşitlenmenin iyi bir şekilde dengelendiği problemlerde kullanılabilir. Bu özelliği nedeniyle geleneksel yöntemler ile çözümü imkansız olan karmaşık problemlerin optimuma yakın çözümüne imkan tanıyan genetik algoritmalar, yöntemin geliştirilmesinden bu yana farklı alanlardan çeşitli problem tiplerine uygulanabilmektedirler (Holland 1992; Özçakar 1998; Baytören 2020: 133).

Genetik algoritmalar mühendislik problemlerinde de optimizasyon amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Makine tasarımı, öğrenme kabiliyetli makineler, ekonomi, üretim hattı yerleşimi, dijital resim işleme gibi oldukça farklı alanlarda başarılı uygulamaları yapılmıştır (Emel, Taşkın 2002: 138).

Genetik algoritmaların uygulama alanlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır (Sivanandam, Deepa 2008; Taşkın, Emel 2009):

- ✓ Doğrusal olmayan dinamik sistemlerin tahmini ve veri analizleri
- ✓ Montaj hattı dengeleme problemleri
- ✓ Protein molekülleri şeklinin bulunması
- ✓ Genetik programlama
- ✓ Strateji planlama

- ✓ Görüntü, resim yaratma işlevleri
- ✓ Gaz boru hattı, kutup dengeleme problemi uygulamaları
- ✓ Atama problemleri
- ✓ Makine öğrenmesi, sinir ağları tasarımı
- ✓ Sinyal işleme, filtre tasarımı
- ✓ Gezgin Satıcı Problemleri problemleri
- ✓ ARP problemleri
- ✓ Robot yörüngesi planlaması
- ✓ Çizelgeleme problemleri
- ✓ Tesis yerleşim problemleri
- ✓ İmalat planlaması, kaynak tahsisi
- ✓ Taşıma problemleri
- ✓ Minimum yayılan ağaç problemi
- ✓ Sistem güvenilirliği problemi
- ✓ Hücresel üretim problemi
- ✓ İşletmelerde finans ve pazarlama alanlarında portföy yönetim sistemlerinin kurulması, müşteri kredi değerliliği ölçümü ve tüketici profiline çıkarılması ve benzeri konularda genetik algoritmalarla yararlanılmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. AKILLI TRAFİK SİSTEMLERİ

3.1. Sinyalizasyon Sistemi

Trafik Sinyalizasyonu, 19. yüzyılın sonlarında ulaşım alanında bulunan işletme kollarından birini oluşturmaktadır. 1960 yılından sonra dünya genelinde yoğunlukla kentsel bölgelerdeki trafik sinyal lambalarının kullanıldığı görülmektedir (Chai, Shen, & Ye, 2006). Ülkemizde ise trafik sinyalizasyonu alanında ilk çalışmalar yirminci yüzyılda başlamış olup, İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük şehirlerdeki önemli kavşaklar dışında fazla kullanılmamıştır. Trafik sinyalizasyon sistemleri, trafik hacminin belirli seviyeden fazla olması durumlarında kullanılmaktadır (Tunç, 2003). Sinyalizasyon sistemi, öncelikli olarak trafik akışının düzenlenmesi için kullanılır. Ancak sistem aynı zamanda güvenliğin sağlanması için kullanılan bir sistemdir. Bu sistem, trafik işaretleri, ışıklı veya renkli işaretler, sesli uyarılar veya hatta otomatik sensörler gibi araçlar kullanarak trafik akışını kontrol etmeye çalışır. Sinyalizasyon sistemi, trafik yoğunluğunun azaltılması, trafik kazalarının önlenmesi ve şehirlerdeki trafik akışının düzenlenmesi gibi amaçları gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Sinyalizasyon sistemleri, yerleşim alanlarındaki trafik akışını kontrol etmek için kullanılırken, otoyollar ve diğer geniş yollar için kullanılırlar. Sistem çevre dostu olması için çalışır, örneğin LED ışıklı işaretler yerine sıradan ışıklı işaretleri kullanır. Sistem ayrıca can ve mal kayıplarını azaltmak ve hareketliliği arttırmak için kullanılır. (Murat ve Gedizlioğlu, 2003).

Son zamanlarda, sinyalizasyon sistemi teknolojisi önemli ölçüde gelişti. Örneğin, akıllı sinyalizasyon sistemi, trafik akışının analiz edilmesini ve düzenlenmesini sağlamak için kullanılan yapay zekâ veya internet of things (IoT) teknolojisini kullanır. Bu teknolojiler, trafik akışının daha verimli ve daha güvenli hale getirilmesini sağlar. Sinyalizasyon sistemi çeşitli türleri vardır. Bunlar arasında mekanik, elektronik veya elektromekanik sistemler bulunur.

1. Mekanik sistemler: Bu sistemler, manuel olarak kontrol edilen trafik işaretleri kullanır. Bu işaretler, trafik akışını kontrol etmek için kullanılan eski tip sistemlerdir.

2. Elektronik sistemler: Bu sistemler, elektronik sensörler, trafik sayaçları veya kameralar gibi araçlar kullanır. Bu sistemler, trafik akışını otomatik olarak kontrol etmeye ve düzenlemeye çalışır.

3. Elektromekanik sistemler: Bu sistemler, mekanik ve elektronik sistemlerin birleşimidir. Bu sistemler, manuel olarak kontrol edilen trafik işaretleri ve elektronik sensörler kullanır.

3.1.1. İzole Sinyalizasyon Sistemleri

İzole sinyalizasyon sistemleri, verici ve alıcı cihazlar arasında izolasyonu korurken iki veya daha fazla nokta arasında elektrik sinyalleri iletmek için kullanılır. Bu tür bir sistem genellikle elektrikli ekipmanın yüksek voltaja veya diğer elektriksel tehlikelere maruz kalabileceği endüstriyel ve tehlikeli ortamlarda kullanılır. Yalıtılmış sinyalizasyon sistemleri, elektronik ekipmanda hatalara veya hasara neden olabilecek elektromanyetik girişimi (EMI) ve radyo frekansı girişimini (RFI) azaltmaya da yardımcı olabilir. Bu sistemler, sinyalleri cihazlar arasında aktarmak için elektrik iletkenleri yerine tipik olarak optik veya manyetik bağlantı kullanır (asyatrafik.com).

İzole sinyalizasyon sistemleri, elektrik sinyallerinin cihazlar arasında doğrudan elektrik bağlantısı oluşturmada iletmesini sağlamak için kullanılır. Bu, yüksek voltaj, elektrik gürültüsü ve diğer tehlikelerin bulunabileceği endüstriyel ve tehlikeli ortamlarda önemlidir. Sistem, verici ve alıcı cihazlar arasındaki izolasyonu koruyarak elektrik çarpması, elektronik ekipman hasarı ve elektromanyetik girişim (EMI) veya radyo frekansı girişiminden (RFI) kaynaklanan hata riskini azaltır. Aşağıdakiler de dahil olmak üzere birkaç türde izole edilmiş sinyalizasyon sistemi vardır:

Optik İzolasyon: Bu tür bir sistem, elektrik sinyalini bir optik bariyer üzerinden iletmek için LED veya lazer diyodu gibi bir optik kuplör kullanır. Bu bariyer, sinyalin geçmesine izin verirken, verici ve alıcı cihazları fiziksel olarak ayırır.

Manyetik İzolasyon: Bu tür bir sistem, elektrik sinyalini cihazlar arasında aktarmak için bir transformatör veya başka bir manyetik cihaz kullanır. Transformatör, sinyalin geçmesine izin verirken elektrik akımının akışını engelleyen bir bariyer oluşturarak verici ve alıcı cihazları izole eder.

Kapasitif İzolasyon: Bu tip sistem, elektrik sinyalini cihazlar arasında aktarmak için bir kapasitör kullanır. Kapasitör, sinyalin geçmesine izin verirken elektrik akımının akışını engelleyen bir bariyer oluşturarak verici ve alıcı cihazları izole eder.

Yalıtılmış sinyalizasyon sistemleri, endüstriyel kontrol sistemlerinde, enstrümantasyon ve ölçüm sistemlerinde, tıbbi ekipmanlarda ve ekipmanı ve personeli elektriksel tehlikelerden korumak için elektriksel izolasyonun gerekli olduğu diğer uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.1.2. Sabit Zamanlı Sinyalizasyon Sistemleri

Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi, bir trafik yoğunluğunu azaltmak veya arttırmak için yol kullanımını düzenlemek için kullanılan bir sistemdir. Bu sistemler genellikle trafik ışıkları kullanır ve sinyal kalıpları (örneğin, yeşil, sarı, kırmızı) kullanarak trafik akışını düzenler. Bu sistemler, trafik yoğunluğunu veya mevcut durumu göz önüne alarak otomatik olarak sinyal kalıplarını değiştirebilir. Örneğin, sabah iş saatlerinde trafik yoğunluğu artarsa, sistem otomatik olarak daha uzun yeşil ışık süreleri sağlamak için sinyal kalıplarını değiştirebilir. Ayrıca, bu sistemler yangın veya acil durumlar için öncelikli olarak tasarlanmış olabileceği gibi, özel durumlar için manuel olarak da yapılandırılabilir (Murat ve Gedizlioğlu, 2003).

Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi, bir kavşakta trafik akışını düzenlemek için kullanılan bir sistemdir. Bu sistemler, genellikle bir dizi trafik ışığından oluşur. Sabit zamanlı sistemler ayrıca trafik yoğunluğu veya zaman dilimi gibi faktörleri dikkate alarak sinyallerin süresini veya kalıplarını otomatik olarak değiştirebilir. Ayrıca, bu sistemler yangın veya acil durumlar için öncelikli olarak tasarlanmış olabileceği gibi, özel durumlar için manuel olarak da yapılandırılabilir. Örneğin, bir maratonda trafik yoğunluğunun arttığı bir bölgede, sistem manuel olarak yönetilerek maratona öncelikli olarak tasarlanabilir. Sabit zamanlı sistemler, genellikle yerleşik bir zaman dilimine veya trafik yoğunluğuna dayalı olarak tasarlanır. Bu nedenle, bu

sistemler sadece belirli bir zaman diliminde veya trafik yoğunluğunda çalışır. Bu, bu sistemlerin diğer türlerine göre daha az esnek olduğu anlamına gelir. Örneğin, bir sabit zamanlı sistem, trafik yoğunluğu düşük olduğunda hala aynı sinyal kalıplarını kullanırken, adaptif sistemler trafik yoğunluğuna göre sinyal kalıplarını değiştirebilir (asyatrafik.com).

Sabit zamanlı sinyalizasyon sisteminin avantajları:

1. Kurulum ve bakım maliyetleri düşüktür: Sabit zamanlı sistemler, genellikle yerleşik bir zaman dilimine veya trafik yoğunluğuna dayalı olarak tasarlanır ve bu nedenle kurulum ve bakım maliyetleri düşüktür.

2. Kolayca yapılandırılabilir: Sabit zamanlı sistemler, genellikle manuel olarak yapılandırılabilir ve bu nedenle kolayca ayarlanabilir.

3. Kullanımı kolaydır: Sabit zamanlı sistemler, genellikle kullanımı kolaydır ve bu nedenle trafik polisleri veya diğer yetkililer tarafından kolayca yönetilebilir.

Sabit zamanlı sinyalizasyon sisteminin dezavantajları ise

1. Esneklik eksikliği: Sabit zamanlı sistemler, genellikle yerleşik bir zaman dilimine veya trafik yoğunluğuna dayalı olarak tasarlanır ve bu nedenle esneklik eksikliği vardır. Örneğin, trafik yoğunluğu düşük olduğunda hala aynı sinyal kalıplarını kullanırlar.

2. Trafik yoğunluğu değiştiğinde yetersiz kalabilir: Sabit zamanlı sistemler, trafik yoğunluğunun değiştiği zamanlarda sinyal kalıplarının yetersiz kalabileceği için, trafik akışını düzenlemekte yetersiz kalabilir.

3. Trafik Yoğunluğu değişimine adapte olamaz: Sabit zamanlı sistemler trafik yoğunluğunu gözlemlemez ve trafik yoğunluğu değiştiğinde sinyal kalıplarını otomatik olarak değiştiremez.

3.1.3. Trafik Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemleri

Trafik uyarmalı sinyal yönetimi genel itibariyle, anayollardaki vasıta yoğunluğunun çok daha fazla olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Trafik uyarmalı sinyal yönetim sisteminin amacı, anayollardaki trafik lambalarının yeşil renkte kalma sürelerinin gereksiz yere kesilmesinin engellenmesi ve değişken trafik yoğunluklara

göre dönüş yönlerindeki sinyalizasyon sistemlerinin anlık olarak çözüm üretmesini sağlamaktır. Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, yolların güvenliğini artırmak için kullanılan teknolojik araçlardır. Bu sistemler, sürücüleri belirli durumlarda uyarır ve onların hızlarını kontrol etmelerine yardımcı olurlar. Örneğin, trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, sürücüleri şehir içi yolların kritik noktalarında, okul bölgelerinde veya yaya geçitlerinde daha dikkatli olmaları için uyarabilir. Bu sistemler, sürücülerin hızlarını kontrol etmelerine yardımcı olmak için hız kameraları veya radarlar kullanabilir (Güler, 2013: 1).

Ayrıca, trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, sürücüleri belirli durumlarda uyarır ve onların yol kullanımını optimize etmelerine yardımcı olur. Bu sistemler, sürücüleri hız kontrolü, trafik yoğunluğu, yaya geçitleri, okul bölgeleri ve diğer kritik noktalarda daha dikkatli olmaları için uyarabilir. Örneğin, bu sistemler, sürücüleri trafik yoğunluğu hakkında bilgilendirebilir ve onları en az trafikte yolculuk etmelerine yardımcı olabilir.

Hız kontrolü: Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, sürücüleri hız kontrolü yapmaları için uyarabilir. Bu sistemler, hız kameraları veya radarlar kullanarak sürücülerin hızlarını ölçer ve eğer sürücü hız sınırını aşarsa, uyarı işareti vererek sürücüyü uyarır. Bu sayede sürücüler, hız sınırını aşmamaya dikkat ederek yolculuklarını daha güvenli hale getirebilirler.

Trafik yoğunluğu: Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, sürücüleri trafik yoğunluğu hakkında bilgilendirebilir. Bu sistemler, trafik yoğunluğunu ölçerek, sürücülere en az yoğunlukta yolculuk etmelerine yardımcı olabilir. Örneğin, bu sistemler, sürücülere trafik yoğunluğunun düşük olduğu yolları önererek, yolculuklarını daha hızlı ve konforlu hale getirebilirler.

Yaya geçitleri: Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, sürücüleri yaya geçitleri kullanmaları için uyarabilir. Bu sistemler, yaya geçitlerinin bulunduğu yerlerde sürücülere uyarı işareti vererek, yayaların güvenliğini artırmak için sürücüleri dikkatli olmaları için uyarabilir.

Okul bölgeleri: Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, sürücüleri okul bölgelerinde dikkatli olmaları için uyarabilir. Bu sistemler, okul bölgelerinde sürücülere uyarı vererek, okul çocuklarının güvenliğini artırmak için sürücüleri

dikkatli olmaları için uyarabilir. Bu sistemler, okul bölgelerinde hız sınırının daha düşük olduğunu hatırlatabilir ve sürücülere okul çocuklarının yürüyebileceği yolları veya yaya geçitlerini gösterebilir.

Son olarak, Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri, günümüzde yaygın olarak kullanılmakta ve hız kameraları, radarlar, yaya geçitleri, okul bölgeleri gibi kritik noktalarda uyarı sistemleri olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, hem sürücülerin güvenliğini artırmakta hem de trafik akışını düzenlemektedir. Bu sistemlerin kullanımı, yolların daha güvenli hale gelmesini sağlar ve sürücülerin yolculuklarını daha konforlu hale getirir.

3.1.4. Yaya Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemleri

Yaya uyarmalı sinyalizasyon sistemleri genelde kavşaklarda, bağlantı yollarında veya kavşak olmayan yaya geçitlerinde bulunur. Bu sistemlerde yayanın gelmediği durumlarda taşıtlara sürekli olarak yeşil ışık dalgası sağlar, yaya geldiğinde ise uyarı butona basarak taşıtlara yanan yeşil dalgaın kesilmesini sağlar ve yayaya geçiş imkanı sağlar (Karaoğlu 2021: 18).

3.1.5. El İle Uyarmalı Sinyalizasyon Sistemi

El ile uyarmalı sinyalizasyon sisteminde, örnek kavşağın tüm yaklaşım kollarında kumanda bağlanılarak örnek kavşak manuel yönetilir. Bu tip sistemler de, örnek kavşak genelde sabit zamanlı çalışır, ancak trafik akımının ani yükselişler gösterdiği trafiğin yoğunlaştığı durumlarda dışarıdan kumanda ile müdahale edilerek hızlı organizasyonun sağlanması için kullanılmaktadır (Murat 1996; Karaoğlu 2021: 18).

3.1.6. Koordine Sinyalizasyon Sistemleri

Trafik ağı üzerinde birbirine birbirini etkileyen kavşaklar arasında gecikmeyi, dur kalk yaparak zaman kaybı yaşayan araç sayısını azaltmak ve ortalama seyahat hızlarını arttırmak ve daha konforlu hale getirebilmek için o organizasyon sağlanabilir. Eşgüdüm kavşaklar genelde ana akım trafiği oluşturan bölümler arasında kurulur. Kavşaklar arasında eşgüdümün kurulmasının temel amacı taşıtların bağlantı yolları boyunca durmadan sürekli olarak geçişini sağlamaktır. Ve bu

kısımda bir yeşil dalga popülasyonunu sürekli halde devam ettirebilmektir Koordine kavşaklar kendi arasında dört gruba ayrılırlar;

- Senkronize Sistem;
- Alternatif Sistem;
- Progresif sistem;
- Alansal Trafik Kontrol Sistemidir.

Kavşakların koordine olarak çalıştırılmasının en büyük kazanımı gecikme, durma sayısı ve kuyruklanma gibi performans ölçütlerinde iyileşme sağlamasıdır (Karaoğlu 2021: 19).

3.1.7. Eş zamanlı Sinyalizasyon Sistemleri

Birçok sinyal cihazının aynı anda etkin bir biçimde çalıştırılmasını sağlar. Bu sistemler genellikle trafik akışını optimize etmek, güvenliği arttırmak ve seyahat zamanını azaltmak için kullanılır. Eş zamanlı sinyalizasyon sistemleri, sensörler, kameralar ve diğer cihazlar kullanarak trafik akışını öngörebilirler ve sinyallerin zamanlamasını manuel değil otomatik olarak ayarlarlar. Bu sistemler ayrıca yol kullanımını ve çevre koşullarını da izleyebilir belli başlı aksaklıklar yol açabilecek durumları yolun etkin ve koordine çalışabilmesini dikkate alarak sinyalleri ayarlayabilir (asyatrafik.com).

3.2. Yapay Zekânın Akıllı Şehirlere Entegrasyonu

Akıllı şehirler, teknolojinin kullanımını artırmak suretiyle insanların daha iyi bir yaşam kalitesi elde etmelerini amaçlar. Bu şehirlerde, birçok fonksiyon ve hizmet, sensörler, kameralar, internet of things (IoT) cihazları ve diğer teknolojiler aracılığıyla otomatik olarak yürütülür. Örneğin, akıllı şehirlerde trafik akışını optimize etmek için eş zamanlı sinyalizasyon sistemleri kullanılabilir, ısıtma ve aydınlatma sistemleri enerji verimliliğini arttırmak için otomatik olarak yönetilebilir veya sensörler aracılığıyla hava kalitesi ve su temininin izlenmesi sağlanabilir. Akıllı şehirler aynı zamanda veri analitik yöntemleri kullanarak insanların ihtiyaçlarını ve beklentilerini daha iyi anlamayı amaçlar. Akıllı şehirler sadece teknolojiyi pozitif anlamda bireylerin hizmetine sunmak değil, insan etkenleri ile doğaya verilen zararları da hem dolaylı hem direk olarak çözüm getirebilir. Akıllı şehirler

kapsamında ülkemizde ve tüm dünyada artık teknolojiyle aynı frekansta yer alması gereken şehirler, teknolojik gelişmeler ile birlikte hem yapay zekâ hem belli başlı robotik teknolojilerde yaşam standartlarını artırarak bireylere daha yaşanılabilir bir hayatı sunmaktadır. Yapay zekâ teknolojisinin gelişmesiyle birlikte sadece akıllı şehirler kümesinde değil dolaylı olarak tüm dünyanın geleceği ile alakalı tehditlere de bir çözüm getirmesi mümkündür.

- Trafik yönetimi: Yapay zekâ algoritmaları, trafik akışını analiz ederek eş zamanlı sinyalizasyon sistemlerini optimize etmekte, araç yoğunluğunu öngörerek yolların kullanımını azaltmakta ve kazaları önlemekte kullanılabilir.
- Enerji yönetimi: Yapay zekâ, enerji verimliliğini arttırmak için binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerini otomatik olarak yönetebilir. Örneğin, yapay zekâ algoritmaları, sensörler aracılığıyla topladığı verileri analiz ederek, binaların en az enerji harcayarak en iyi performansı sağlamasını sağlayabilir.
- Emniyet: Yapay zekâ, güvenliği arttırmak için kameralar ve diğer sensörler aracılığıyla toplanan verileri analiz ederek, potansiyel tehlikeleri önceden tespit edebilir ve bunların önüne geçebilir.
- Sağlık hizmetleri: Yapay zekâ, sağlık hizmetlerini optimize etmek için kullanılabilir. Örneğin, yapay zekâ algoritmaları, sensörler aracılığıyla topladığı verileri analiz ederek, kişilerin sağlık durumlarını takip edebilir ve gerektiğinde uyarılar verebilir.

Bu örnekler sadece birkaç alanı temsil etmektedir, yapay zekâ akıllı şehirlerde daha birçok alanda kullanılabilir. Ancak, yapay zekâ sistemlerinin entegrasyonu, önemli miktarda veri toplama, işleme ve depolama gerektirir, bu nedenle, veri güvenliği ve gizliliği de dikkate alınması gereken önemli bir konudur.

3.3. Yapay Zekânın Sinyalizasyon Sistemleri ile İlişkisi

Yapay zekâ, sinyalizasyon sistemleriyle ilişkisi olarak, sinyalizasyon sistemlerinin etkinliğini arttırmak için kullanılabilir. Örneğin, yapay zeka algoritmaları, sensörler ve kameralar aracılığıyla topladığı verileri analiz ederek,

trafik akışını öngörebilir ve sinyallerin zamanlamasını optimize edebilir. Bu, trafik akışını daha az yoğun hale getirerek seyahat zamanını azaltmayı, kaza oranlarını azaltmayı ve çevre dostu bir şehir oluşturmayı amaçlar.

Ayrıca, Yapay zekâ algoritmaları, trafik akışını ve çevre koşullarını dinamik olarak izleyebilir ve bunları dikkate alarak sinyallerin zamanlamasını ayarlayabilir. Örneğin, hava koşullarının kötüleşmesi durumunda trafik akışının daha yavaş olmasına neden olabileceği için sinyallerin zamanlamasını otomatik olarak uyarlamakta kullanılabilir.

Bu yapay zekâ teknolojileri sinyalizasyon sistemlerinin verimliliği ve kullanımını arttırmaktadır. Ancak, yine de bu sistemlerin veri güvenliği ve gizliliği gibi konuların önemli olduğunu unutmamak gerekir. Görüntü işleme kullanılarak uygulanan yapay zekâ tabanlı sistemlerde insanların görüntülerinin yüz el parmak izi ya da araç plakası gibi olguların bilgi akışı sırasında olumsuz kişilerin eline geçtiğinde problemler olabilmektedir. Yine yapay zekâ tabanlı görüntü işlemlerden kaynaklı maliyet artışı da bu teknolojinin uygulanmasını bazen sekteye uğratabilmektedir.

3.4. Literatür İncelemesi

Bu bölümde 1999 ve 2021 yılları arasında uluslararası ve yerel literatürde yapay zeka, genetik algoritmalar ve akıllı sinyalizasyon sistemleri ile ilgili yapılan çalışmaların bazıları incelenmiştir.

Murat (1999)'ın yaptığı çalışma, Ege Bölgesi'nin gelişen sanayi kentlerinden Denizli'de bulunan kent içi sinyalizasyon kavşaklarının kontrol düzenlerinin ele alınması ve araştırılması üzerine yapılmıştır. Çalışmada, bazı kavşaklar için yeni devre süreleri ve faz düzenleri önerilmiştir ve bu önerilerin kavşak kapasitelerinin artırılması yönünde yapılacaklar üzerinde tartışılmıştır. Çalışmanın bir diğer önemli önerisi, kavşakların belirli periyotlarla etüt edilmesi ve simülasyon çalışması yapılmasıdır. Bu sayede, kavşağın en uygun yönetim biçimi veya kontrolü ile ilgili stratejiler geliştirilebilir. Bu öneri, kavşakların verimliliğinin artırılması ve trafiğin daha düzenli hale getirilmesi açısından önemlidir. Murat'ın çalışması, şehir içi trafiğinin düzenlenmesi için yapılan araştırmalara bir örnek teşkil etmektedir. Kavşakların

kontrol düzenlerinin ele alınması ve daha verimli hale getirilmesi, trafiğin akışının hızlandırılması ve yoğunluğun azaltılması açısından önemlidir. Benzer çalışmalar, şehir içi trafiğinin daha verimli hale getirilmesi için faydalı olabilir ve trafiğin daha düzenli akmasına katkıda bulunabilir

Park ve diğerleri (1999, 2001) ise trafik sinyallerinin koordinasyonunda en uygun araçları bulmak için bir genetik algoritma kullanarak, mezoskopik/mikroskopik trafik simülasyonunu optimize etmeye çalışmışlardır. Bu çalışma, trafik yönetiminde genetik algoritmaların kullanımına dair önemli bir örnek teşkil etmektedir. Mezoskopik/ mikroskopik trafik simülasyonu, trafik akışını daha detaylı bir şekilde modellerken, genetik algoritma da en uygun trafik sinyalizasyonunu bulmak için kullanılmıştır. Bu çalışmalar, genetik algoritmaların trafik problemlerinin çözümünde kullanımına yönelik örneklerdir. Bu yöntemler, trafik akışını optimize etmek ve trafik sinyalizasyonunu en iyi şekilde planlamak gibi trafik yönetimi sorunlarına çözüm sağlamak için kullanılabilir.

İşçi ve Korukoğlu (2003) tarafından yapılan çalışmada, genetik algoritmaların çalışma prensipleri açıklanarak, gezgin satıcı problemi için bir java programı geliştirilmiştir. Bu program sayesinde genetik algoritma kullanılarak gezgin satıcı problemi çözülmüş ve çözümün nasıl elde edildiği gösterilmiştir. Ayrıca, genetik algoritma çözümü, geleneksel yöntemlerin çözümleri ile karşılaştırılmıştır.

Akmaz (2012) yaptığı çalışma, şehir içi trafiği açısından önemli olan kavşakların analiz edilmesi ve kavşak hizmet düzeyinin artırılması için yeni devre süreleri önerilmesini amaçlamaktadır. Çalışmada kullanılan yöntem Sidra programıdır ve kavşaklarda kamera ile görüntü kaydı yapılarak trafik sayımları yapılmıştır. Elde edilen veriler programda kullanılmak üzere eklenmiştir. Çalışmanın sonucunda, Amerikan ve Avustralya yöntemleri ile karşılaştırıldığında benzer sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Önerilen yeni devre süreleri sayesinde kavşakların kapasiteleri artmış ve gecikme süreleri azalmıştır. Bu sonuçlar, kavşak trafiğinin düzenlenmesi ve trafiğin daha verimli hale getirilmesi açısından önemlidir. Bu çalışma, trafiğin daha verimli hale getirilmesi için yapılan araştırmalara bir örnektir. Kavşakların analizi ve yeniden düzenlenmesi, trafiğin akışının hızlandırılması ve yoğunluğun azaltılması için önemlidir. Benzer çalışmalar, şehir içi

trafiğinin düzenlenmesinde etkili olabilir ve trafiğin daha verimli hale getirilmesine katkıda bulunabilir.

Yavuzylmaz ve Dündar (2017) tarafından yapılan çalışma, İstanbul 15 Temmuz Şehitler Köprüsü trafiğinin PTV Vissim programı kullanılarak incelendiği bir araştırmadır. Çalışmada, gişe sahasının köprü trafiği üzerindeki etkisi araştırılmış ve trafik verileri kamera kaydı yöntemiyle elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, gişe sahasının kaldırılması durumunda gecikme sürelerinin ve durmalarının önemli ölçüde azaldığı ve ortalama hızın ve trafik veriminin arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, gişelerin köprü trafiği üzerindeki olumsuz etkisine işaret etmektedir ve gişe sayısının azaltılması veya tamamen kaldırılması gibi çözümler önerilebilir. Çalışmanın önemi, trafik yönetiminde yapay zeka ve simülasyon programlarının kullanımının artması ile birlikte, gerçek trafik verilerinin bu programlarla incelenerek trafik problemlerinin çözümüne yönelik etkili stratejilerin geliştirilebileceğini göstermesidir.

Arshi vd.(2018) çalışmasında trafik levhası kontrollü, sinyal kontrollü ve dönel kavşak türleri karşılaştırılmış ve ortalama araç gecikmeleri ölçütü kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, dönüş yapan araçlar ve yayaların kavşak performansına önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kavşak tasarımlarında dönüş yapan araçların ve yayaların hareketlerine uygun bir şekilde düzenleme yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, çalışmada sinyal kontrollü kavşakların en iyi performansı gösterdiği ve trafik levhası kontrollü kavşakların en kötü performansı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma, sinyalize dönel kavşakların kapasitesinin hesaplanmasında farklı yeşil sürelerinin etkisini inceleyerek, trafik akışının optimize edilmesine yönelik önemli bir katkı sağlamaktadır. Geliştirilen kapasite yöntemi, gerçek sinyal zamanlama şeması ve trafik akış verileri kullanılarak doğrulanmıştır, bu da yöntemin gerçek dünya uygulamalarında kullanılabilirliğini artırmaktadır. Bu çalışma, sinyalize dönel kavşakların tasarımı ve yönetimi için yapay zeka tabanlı modellerin geliştirilmesine de katkı sağlayabilir.

Lu ve Sun (2019) tarafından yapılan çalışmada, bir sinyalize kavşak incelenerek trafik akışı değerlendirilmiş ve kavşağın kapasitesinin artırılması ve

gecikme sürelerinin azaltılması için yeni bir sinyalizasyon şeması önerilmiştir. Bu amaçla VISSIM programı kullanılarak kavşağın modeli oluşturulmuştur. Önerilen sinyal şemasının uygulanması sonucunda kavşağın hizmet düzeyinde ve kapasitesinde artış, gecikme sürelerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu durum, trafik sıkışıklığını çözmek için ideal bir sinyal şeması sunulduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Çalışma, sinyalizasyon kavşakların trafiği yönetmede önemli bir rol oynadığını ve doğru sinyalizasyon şemasının trafik akışını iyileştirebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, trafik akışının yoğun olduğu bölgelerdeki kavşakların sinyalizasyon şemalarının periyodik olarak gözden geçirilmesi ve gerekli iyileştirmelerin yapılması, trafik sıkışıklığı sorununu çözmek için önemli bir adımdır.

Sargın ve Göçen (2020) tarafından yapılan çalışmada, yapay zeka teknolojisinin gelişim süreci ve yapay zeka hakkında detaylı bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, 21. yüzyılda ve yeni nesil teknolojik gelişmelerde yapay zeka teknolojisinin önemi ve etkisi incelenmiştir. Yapay zeka, bilgisayarların insan benzeri düşünme ve karar verme yetenekleri kazanmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji, son yıllarda hızlı bir şekilde gelişmiş ve pek çok alanda kullanılmaktadır. Örneğin, yapay zeka teknolojisi sağlık sektöründe teşhis ve tedavi yöntemlerinde, otomotiv sektöründe sürücüsüz araç teknolojilerinde, finans sektöründe risk yönetimi ve dolandırıcılık tespiti gibi alanlarda kullanılmaktadır. Yapay zeka teknolojisi, öğrenme süreci, doğal dil işleme, görüntü işleme ve tahmin gibi farklı alanlarda kullanılan birçok farklı yöntem ve algoritmaya sahiptir. Bu teknolojinin gelişimi, daha da gelişmiş yapay zeka sistemleri ve uygulamalarının ortaya çıkmasına yol açtığı ifade edilmektedir.

Özen (2020), Ayrıca, trafik kontrolü özellikleri arasında trafik ışıklarının kullanımının kazaları azaltıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, kavşak geometrisi ve trafik hacmi gibi diğer faktörlerin de kazalar üzerinde etkisi olduğu görülmüştür. Özen'in çalışması, trafik kazalarının önlenmesi için kavşak geometrisi, trafik kontrolü ve trafik yoğunluğu gibi faktörlerin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Özinal ve Uz (2021) çalışması, dönel kavşakların tasarımında geometri faktörlerinin önemine dikkat çekmektedir. Kavşakların fiziksel koşullarının uygun

planlanması ve geometrik elemanların birbiriyle uyumlu olacak şekilde tasarlanması, kavşak güvenliği için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, farklı ülkelerin kavşak tasarım kriterlerinin incelenmesi de tasarımın doğru bir şekilde yapılması açısından önemlidir. Ülkemizde de trafik güvenliği açısından dönel kavşak tasarımlarına daha fazla önem verilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu doğrultuda, ülkemiz koşullarına uygun bir kılavuz hazırlanması, dönel kavşak tasarımında doğru adımların atılmasına yardımcı olabilir. Bu sayede, trafik güvenliğinin artırılması ve trafik kazalarının azaltılması hedeflenmektedir.





DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. YAPAY ZEKÂ VE GENETİK ALGORİTMALAR İLE KAVŞAK SİNYALİZASYONLARININ OPTİMİZE EDİLMESİ

4.1. Araştırmanın Konusu

Dünya nüfusunun gün geçtikçe artmasına paralel olarak dünyada kullanılan araç sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Araç sayısında yaşanan bu artış trafik problemlerini doğurmakta, bu da insan hayatını her açıdan olumsuz etkilemektedir. Trafikte bekleme sürelerinin artması, trafik kazaları, zaman kayıpları, yakıt tüketimlerinin artması trafik problemlerine örnek olarak gösterilebilir. Trafikte yaşanan problemleri azaltmak amacıyla trafik düzenlemesi yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kod, trafik akışını temsil eden bir dizi tanımlar ve ardından yeşil dalgaları yönetmek için bir döngü oluşturur. Her döngü döngüsünde, yeşil dalga başlangıç ve bitiş noktaları hesaplanır ve yeşil ışık süresi, trafik akışına dayalı olarak belirlenir. Yeşil ışık süresi, yeşil dalga periyodu ile uyumlu olacak şekilde ayarlanır ve son olarak, yeşil dalgayı oluşturmak için bir yazdırma işlemi gerçekleştirilir.

Sezgisel algoritmaların trafik sinyalizasyon sistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir sonuç fonksiyonu yazılabilir. Bu fonksiyon, verilen bir trafik akışı ve kullanılan bir sezgisel algoritma ile ilgili performans metriklerini hesaplayabilir.

Trafik sinyalizasyon sistemleri, şehirlerin ve diğer yerleşim yerlerinin trafiğini yönetmek için önemli bir araçtır. Sezgisel algoritmalar, bu sistemlerin verimliliğini artırmak ve trafik akışını optimize etmek için kullanılabilir. Sezgisel algoritmalar, öğrenme kapasitesine sahip algoritmalarlardır. Bu algoritmalar, verileri analiz ederek öğrenir ve sonuçları kullanarak gelecekteki kararları verirler. Bu nedenle, trafik sinyalizasyon sistemlerinde kullanılan sezgisel algoritmalar, trafiği daha iyi yönetmek ve optimizasyon yapmak için kullanılabilir. Sezgisel algoritmalar, trafik sinyalizasyon sistemleri için farklı kullanım senaryoları sunar. Örneğin, trafik

yoğunluğunu ölçmek ve buna göre sinyal sürelerini ayarlamak için kullanılabilirler. Bu, trafik akışını optimize ederek trafik sıkışıklığını azaltabilir ve seyahat sürelerini kısaltabilir. Ayrıca, sezgisel algoritmalar, trafik sinyalizasyon sistemlerinde kullanılan sensörlerin verilerini analiz ederek, trafiği daha iyi yönetmek için kararlar alabilirler. Örneğin, trafik sinyalleri, trafiğin yoğun olduğu saatlerde değişiklik göstererek, trafik akışını optimize edebilirler. Sonuç olarak, trafik sinyalizasyon sistemleri, sezgisel algoritmaların kullanımı ile daha etkili hale getirilebilir. Bu algoritmalar, trafik akışını optimize ederek trafik sıkışıklığını azaltabilir ve seyahat sürelerini kısaltabilir. Bu çalışmada bu optimizasyonu sağlayarak trafik sıkışıklığını en aza indirmek amaçlanmıştır.

4.2. Veri Seti ve Metot

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan X ve Y kavşaklarının temel özellikleri hakkında bilgi verilmektedir. X ve Y kavşaklarından belirlenen günlerde saat 08:00-09:00 ve 17:00-18:00 saatleri arasında geçen araç sayıları, sinyalizasyon bilgileri ve bu kavşaklarda oluşan kuyruk ortalama verileri hakkında bilgiler verilmiştir. Devamında bu veriler değerlendirilmiş ve Aimsun, Python yöntemi kullanılarak sinyalizasyon sistemleri optimize edilmiştir.

Web uygulamaları, yazılım geliştirme, veri bilimi ve makine öğreniminde (ML) yaygın olarak kullanılan bir programlama dilidir. Geliştiriciler, etkili ve öğrenmesi kolay olduğu ve birçok farklı platformda çalıştırılabildiği için Python'ı kullanır. Aşağıda Python kodu, yeşil dalgalarını yönetmek için kullanılan bir sezgisel algoritmanın örnek bir uygulamasını göstermektedir

```
def evaluate_traffic_flow(traffic_flow, algorithm):  
    """  
    Verilen trafik akışı ve sezgisel algoritma için performans metriklerini  
    """  
    # Sezgisel algoritma tarafından oluşturulan sinyal planını hesapla  
    signal_plan = algorithm(traffic_flow)  
  
    # Trafik akışına göre hesaplanan ortalama bekleme süresini hesapla  
    avg_wait_time = calculate_avg_wait_time(traffic_flow, signal_plan)  
  
    # Sinyal planının trafik yoğunluğuna göre etkililiğini hesapla  
    efficiency = calculate_efficiency(traffic_flow, signal_plan)  
  
    # Sonuçları bir sözlük olarak döndür  
    result = {'avg_wait_time': avg_wait_time, 'efficiency': efficiency}  
    return result
```

Şekil 9: Örnek PYTHON Ara Yüzü

Bu kod, trafik akışını temsil eden bir dizi tanımlar ve ardından yeşil dalgaları yönetmek için bir döngü oluşturur. Her döngü döngüsünde, yeşil dalga başlangıç ve bitiş noktaları hesaplanır ve yeşil ışık süresi, trafik akışına dayalı olarak belirlenir. Yeşil ışık süresi, yeşil dalga periyodu ile uyumlu olacak şekilde ayarlanır ve son olarak, yeşil dalgayı oluşturmak için bir yazdırma işlemi gerçekleştirilir.

Sezgisel algoritmaların trafik sinyalizasyon sistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir sonuç fonksiyonu yazılabilir. Bu fonksiyon, verilen bir trafik akışı ve kullanılan bir sezgisel algoritma ile ilgili performans metriklerini hesaplayabilir.

```

# Trafik akışını temsil eden bir dizi tanımlayalım
traffic_flow = [2, 5, 8, 10, 7, 4, 3, 1]

# Bir yeşil dalga periyodu tanımlayalım (örneğin, 30 saniye)
green_wave_period = 30

# Yeşil dalgaları yönetmek için bir döngü oluşturalım
for i in range(0, len(traffic_flow), 2):
    # Yeşil dalganın başlangıç noktasını hesaplayalım
    start_point = i * green_wave_period

    # Yeşil dalganın son noktasını hesaplayalım
    end_point = (i + 1) * green_wave_period

    # Yeşil ışık süresini hesaplayalım
    green_time = sum(traffic_flow[i:i+2]) * 5

    # Yeşil ışık süresi, yeşil dalga periyodu ile uyumlu olacak şekilde ayarlanabilir
    if green_time > green_wave_period:
        green_time = green_wave_period

    # Yeşil dalgayı oluşturmak için bir yazdırma işlemi gerçekleştirilebilir
    print("Green wave from", start_point, "to", end_point, "for", green_time)

```

Şekil 10: Örnek PYTHON Ara Yüzü

Bu kod, trafik akışını temsil eden bir dizi tanımlar ve ardından yeşil dalgaları yönetmek için bir döngü oluşturur. Her döngü döngüsünde, yeşil dalga başlangıç ve bitiş noktaları hesaplanır ve yeşil ışık süresi, trafik akışına dayalı olarak belirlenir. Yeşil ışık süresi, yeşil dalga periyodu ile uyumlu olacak şekilde ayarlanır ve son olarak, yeşil dalgayı oluşturmak için bir yazdırma işlemi gerçekleştirilir.

Sezgisel algoritmaların trafik sinyalizasyon sistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için bir sonuç fonksiyonu yazılabilir. Bu fonksiyon, verilen bir trafik akışı ve kullanılan bir sezgisel algoritma ile ilgili performans metriklerini hesaplayabilir.

Aşağıda bir örnek sonuç fonksiyonu verilmiştir:

```
def evaluate_traffic_flow(traffic_flow, algorithm):
    """
    Verilen trafik akışı ve sezgisel algoritma için performans metriklerini
    """
    # Sezgisel algoritma tarafından oluşturulan sinyal planını hesapla
    signal_plan = algorithm(traffic_flow)

    # Trafik akışına göre hesaplanan ortalama bekleme süresini hesapla
    avg_wait_time = calculate_avg_wait_time(traffic_flow, signal_plan)

    # Sinyal planının trafik yoğunluğuna göre etkililiğini hesapla
    efficiency = calculate_efficiency(traffic_flow, signal_plan)

    # Sonuçları bir sözlük olarak döndür
    result = {'avg_wait_time': avg_wait_time, 'efficiency': efficiency}
    return result
```

Şekil 11: Örnek PYTHON Sonuç Fonksiyonu Ara Yüzü

Bu fonksiyon, verilen trafik akışı ve bir sezgisel algoritma için performans metriklerini hesaplar. İlk olarak, verilen trafik akışına dayalı olarak sezgisel algoritma tarafından oluşturulan sinyal planını hesaplar. Ardından, sinyal planını kullanarak trafik akışına göre ortalama bekleme süresini ve sinyal planının trafik yoğunluğuna göre etkililiğini hesaplar. Son olarak, hesaplanan performans metriklerini bir sözlük olarak döndürür.

Bu örnek fonksiyonu kullanarak, farklı trafik akışları ve sezgisel algoritmalar için performans metriklerini karşılaştırabilir ve en iyi performansı sağlayan algoritmayı seçebilirsiniz.

Sezgisel algoritmaların trafik sinyalizasyon sistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için birkaç performans metriği kullanılabilir. Bunlar arasında ortalama bekleme süresi, trafik yoğunluğu, araç sayısı ve sinyal planının verimliliği yer alabilir. Aşağıda, verilen trafik akışı ve bir sezgisel algoritma için hesaplanabilecek bazı performans metriklerine bir göz atalım.

Ortalama Bekleme Süresi: Trafik sinyalizasyon sistemi, sıralı sinyallerle trafik akışını yönlendirir ve her sinyal geçişinde araçların beklemesi gerekebilir. Bu bekleme süresi, trafik sinyalizasyon sisteminin performansını etkileyen önemli bir

faktördür. Ortalama bekleme süresi, bir trafik akışı için sinyal planının tamamını kullanarak hesaplanabilir. Bu metrik, trafik akışı için belirli bir zaman diliminde bekleyen araçların sayısını

1. Hesaplayarak ve toplam bekleme süresini trafik akışındaki araç sayısına bölerek hesaplanır.

2. Trafik Yoğunluğu: Trafik yoğunluğu, bir trafik akışındaki araç sayısının yoğunluğunu ifade eder ve trafik sinyalizasyon sisteminin performansını etkileyen bir diğer önemli faktördür. Bu metrik, bir trafik akışında belirli bir zaman dilimindeki araç sayısını hesaplayarak hesaplanabilir.

3. Araç Sayısı: Trafik sinyalizasyon sistemi, bir trafik akışındaki araçların geçiş sayısını artırabilir. Bu metrik, bir trafik akışında belirli bir zaman dilimindeki toplam araç sayısını hesaplayarak hesaplanabilir.

4. Sinyal Planının Verimliliği: Trafik sinyalizasyon sistemi, verimli bir şekilde çalışarak trafik akışını en iyi şekilde yönlendirebilir. Bu metrik, trafik sinyalizasyon sistemi tarafından oluşturulan sinyal planının etkinliğini hesaplayarak hesaplanabilir.

Bu performans metriklerinden bazılarını hesaplamak için aşağıdaki örnek kodları kullanabilirsiniz:

```
def calculate_avg_wait_time(traffic_flow, signal_plan):  
    """  
    Verilen trafik akışı ve sinyal planına göre ortalama bekleme süresini he  
    """  
    # Trafik akışındaki her araç için beklemeleri hesapla  
    waits = []  
    for car in traffic_flow:  
        car_waits = []  
        for i in range(len(car)):  
            # Araç sinyalleri boyunca ilerler ve bekleme süresini hesaplar  
            if signal_plan[i] == 'G':  
                car_waits.append(0)
```

Şekil 12: Örnek PYTHON Ara Yüzü

Genetik algoritmaların trafik sinyalizasyon sistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için aşağıdaki performans metrikleri kullanılabilir:

1. Toplam Bekleme Süresi: Trafik sinyalizasyon sistemi, sıralı sinyallerle trafik akışını yönlendirir ve her sinyal geçişinde araçların beklemesi gerekebilir. Bu bekleme süresi, trafik sinyalizasyon sisteminin performansını etkileyen önemli bir faktördür. Toplam bekleme süresi, bir trafik akışı için sinyal planının tamamını kullanarak hesaplanabilir. Bu metrik, trafik akışındaki tüm araçların bekleme sürelerini toplayarak hesaplanabilir.

2. Trafik Yoğunluğu: Trafik yoğunluğu, bir trafik akışındaki araç sayısının yoğunluğunu ifade eder ve trafik sinyalizasyon sisteminin performansını etkileyen bir diğer önemli faktördür. Bu metrik, bir trafik akışında belirli bir zaman dilimindeki araç sayısını hesaplayarak hesaplanabilir.

3. Aracın Hareket Hızı: Trafik sinyalizasyon sistemi, bir trafik akışındaki araçların hareket hızını da etkileyebilir. Bu metrik, trafik akışındaki araçların hızlarını ve sinyal planının etkisini hesaplayarak hesaplanabilir.

4. Verimlilik: Trafik sinyalizasyon sistemi, verimli bir şekilde çalışarak trafik akışını en iyi şekilde yönlendirebilir. Bu metrik, trafik sinyalizasyon sistemi tarafından oluşturulan sinyal planının etkinliğini hesaplayarak hesaplanabilir.

Aşağıda, verilen trafik akışı ve bir genetik algoritma için hesaplanabilecek bazı performans metriklerine örnek kodlar verilmiştir:

Genetik algoritmalar, trafik sinyalizasyon sistemlerindeki optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılabilir. Bu problemlerin matematiksel modelleri bir dizi denklemden oluşur.

Bir trafik sinyalizasyon sistemi için matematiksel model şu şekilde olabilir:

Araçlar trafik akışını belirler, her bir araç yolda belirli bir hızda hareket eder. Trafik sinyalleri araçların hızını, yol boyunca ilerlemesini ve çarpışma riskini yönetmek için kullanılır.

Bir trafik sinyalizasyon sistemi, bir sinyal planı tarafından yönetilir. Sinyal planı, belirli bir zamanda hangi yönlerdeki araçlara öncelik verileceğini ve hangi yönde hangi sinyal renklerinin görüneceğini belirler.

Bir trafik sinyalizasyon sisteminin optimizasyonu, belirli bir sinyal planı ile en az bekleme ve en hızlı trafik akışını sağlamak için gerçekleştirilir. Bu amaçla, bir dizi matematiksel denklem kullanılabilir. Bu denklemler, trafik sinyallerinin döngüsü, araçların hızı, yoğunluğu ve bekleme süresi gibi faktörleri hesaba katarak trafik akışını optimize eder.

Matematiksel olarak, trafik sinyalizasyon sistemi için bir optimizasyon denklemi şu şekilde yazılabilir:

Minimize $f(\text{Signal Plan})$

Burada $f(\text{Signal Plan})$, belirli bir sinyal planı için bekleyen araç sayısı, toplam bekleme süresi veya diğer performans metrikleri gibi bir fonksiyondur. Bu fonksiyonun minimize edilmesi, trafik akışını optimize etmek için uygun bir sinyal planı sağlar. Genetik algoritmalar, bu denklemi kullanarak en iyi sinyal planını bulmak için iteratif bir optimizasyon yaklaşımı kullanabilir.

Ağın çıktı katmanındaki hata, beklenen çıktıdan elde edilen çıktıya göre hesaplanır ve ardından bu hata, ağın tüm katmanlarına geriye doğru yayılır. Bu yayılma sırasında, her katmanın hata katkısı hesaplanır ve ağırlıklar, hata katkısına göre güncellenir.

Geri yayılım algoritması matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Öncelikle, verilen bir öğrenme setindeki tüm örneklerin çıktıları hesaplanır. Bu çıktılar ve beklenen çıktılar arasındaki fark, hata fonksiyonu olarak adlandırılır:

$$E = 1/2 * (\text{target} - \text{output})^2$$

Burada, "target", beklenen çıktıyı ve "output", ağın çıktı değerini temsil eder.

Ardından, bu hata fonksiyonu ağı geriye doğru yayılmaya başlar. Örneğin, son katmandaki hatalar şu şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Delta_output} = (\text{target} - \text{output}) * f'(\text{input})$$

Burada, "delta_output", son katmandaki hata katkısını, "f" fonksiyonu ise son katmanın girdisinin türevini temsil eder.

Daha sonra, hata katkıları, bir önceki katmana yayılır ve her katmanda ağırlıkların nasıl güncelleneceği hesaplanır:

$$\text{Delta_weights} = \text{learning_rate} * (\text{delta} * \text{input})$$

Burada, "delta" hata katkısını, "learning_rate" öğrenme oranını ve "input" katmandan gelen girdiyi temsil eder.

Bu işlem, ağıın tüm katmanları boyunca tekrar edilir ve ağıın ağırlıkları güncellenir. Bu güncelleme işlemi, ağıın hata fonksiyonunu en aza indirmeye yöneliktir.

Geri yayılım algoritması, yapay sinir ağlarında kullanılan bir öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma, ağıın hata fonksiyonunu en aza indirmek için ağırlıkların güncellenmesiyle çalışır.

Ağıın çıktı katmanındaki hata, beklenen çıktıdan elde edilen çıktıya göre hesaplanır ve ardından bu hata, ağıın tüm katmanlarına geriye doğru yayılır. Bu yayılma sırasında, her katmanın hata katkısı hesaplanır ve ağırlıklar, hata katkısına göre güncellenir.

Geri yayılım algoritması matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Öncelikle, verilen bir öğrenme setindeki tüm örneklerin çıktıları hesaplanır. Bu çıktılar ve beklenen çıktılar arasındaki fark, hata fonksiyonu olarak adlandırılır:

$$E = 1/2 * (\text{target} - \text{output})^2$$

Burada, "Target", beklenen çıktıyı ve "output", ağıın çıktı değerini temsil eder.

Ardından, bu hata fonksiyonu ağı geriye doğru yayılmaya başlar. Örneğin, son katmandaki hatalar şu şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Delta_Output} = (\text{target} - \text{output}) * f'(\text{input})$$

Burada, "Delta_Output", son katmandaki hata katkısını, "f" fonksiyonu ise son katmanın girdisinin türevini temsil eder.

Daha sonra, hata katkıları, bir önceki katmana yayılır ve her katmanda ağırlıkların nasıl güncelleneceği hesaplanır:

$$\text{Delta_Weights} = \text{Learning_rate} * (\text{delta} * \text{input})$$

Burada, "delta" hata katkısını, "Learning_Rate" öğrenme oranını ve "İnput" katmandan gelen girdiyi temsil eder.

Bu işlem, ağın tüm katmanları boyunca tekrar edilir ve ağın ağırlıkları güncellenir. Bu güncelleme işlemi, ağın hata fonksiyonunu en aza indirmeye yöneliktir.

Matematiksel model şu şekildedir:

Kol 1 yeşil ışık süresi: x_1 (saniye)

Kol 2 yeşil ışık süresi: x_2 (saniye)

Kol 3 yeşil ışık süresi: x_3 (saniye)

Hedef fonksiyonu:

$$\begin{aligned} \text{Minimize } Q = & (3285/(0.95x_1)) + (2871/(0.95x_2)) + (2952/(0.95x_3)) + \\ & (3121/(0.95x_1)) + (2985/(0.95x_2)) + (2483/(0.95x_3)) + (2165/(0.95x_1)) + \\ & (3422/(0.95x_2)) + (2756/(0.95x_3)) + (2542/(0.95x_1)) + (2456/(0.95x_2)) + \\ & (3254/(0.95x_3)) \end{aligned}$$

Sınırlar:

$$x_1 \geq 1840$$

$$x_1 \leq 81$$

$$x_2 \geq 2840$$

$$x_2 \leq 81$$

$$x_3 \geq 38 \cdot 40$$

$$x_3 \leq 81$$

Burada, sınırlar yeşil ışık süresinin minimum ve maksimum değerlerini belirtir ve her bir kolun yeşil ışık süresi en az 18 saniye olmalıdır, çünkü bu en az yeşil ışık süresidir. Ayrıca, her kolun yeşil ışık süresi 81 saniyeyi geçemez, çünkü her bir yeşil ışık devresinin toplam süresi 98 saniyedir ve kalan süre kırmızı ve sarı ışıklar için ayrılır. Bu matematiksel model, kol 1, 2 ve 3 için en uygun yeşil ışık sürelerini belirleyerek araç kuyruklarını azaltmaya ve trafik akışını optimize etmeye

çalışır. Amaç fonksiyonu, trafik akışının optimize edilmesi için minimize edilmesi gereken bir matematiksel ifadedir. Bu durumda, amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\text{Minimize } Q = \sum_i (q_i * C_i)$$

Burada,

Q: toplam ortalama araç kuyruk uzunluğu

i: her bir ay ve gün kombinasyonunu ifade eden indis

q_i: o ay ve gün için ortalama araç sayısı

C_i: o ay ve gün için yeşil ışık devre süresi

Böylece, amaç fonksiyonu, her bir ay ve gün için ortalama araç sayısı ve yeşil ışık devre süresi kullanılarak toplam ortalama araç kuyruk uzunluğunu minimize eder.

Bu problemin çözümü için kullanılabilecek bir optimizasyon algoritması, örneğin lineer programlama veya tavlama algoritması olabilir. Ancak burada tavlama algoritması kullanarak çözüm adımları belirlenir. Başlangıçta rastgele bir çözüm oluşturulur. Bu çözüm, her bir ay ve gün için yeşil ışık devre süresinin rastgele seçilmiş bir değer olmasından oluşur. Oluşturulan çözüme göre, her bir ay ve gün kombinasyonu için toplam araç kuyruk uzunluğu hesaplanır. Bu hesaplama için verilen formül kullanılır:

$$T_i = (q_i / (C_i + K)) * (C_i / 2)^2$$

Burada T_i, o ay ve gün için hesaplanan araç kuyruk uzunluğudur, q_i o ay ve gün için ortalama araç sayısı, C_i o ay ve gün için yeşil ışık devre süresi ve K sabit bir değerdir. Oluşturulan çözüme göre, toplam ortalama araç kuyruk uzunluğu hesaplanır. Bu hesaplama için verilen formül kullanılır:

$$Q = (1 / n) * \sum_i T_i$$

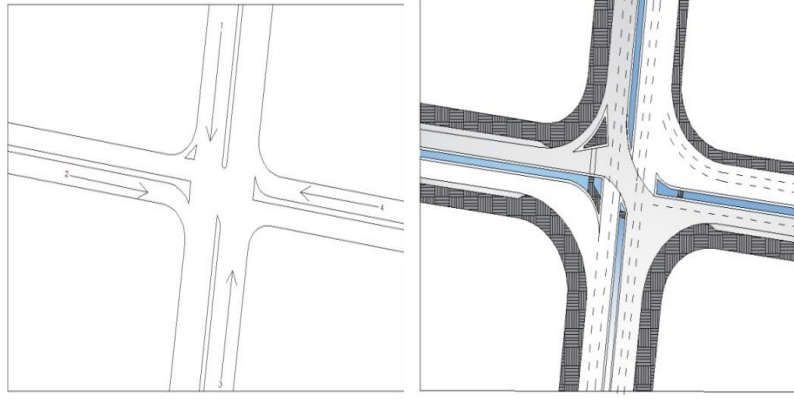
Burada n toplam ay ve gün sayısıdır.

Rastgele seçilen bir çözüm noktasından başlayarak, rastgele bir yöne doğru hareket edilir. Bu hareketin büyüklüğü, her bir ay ve gün için yeşil ışık devre süresinin ne kadar değiştirileceğiyle belirlenir.

Yeni oluşan çözüme göre, toplam ortalama araç kuyruk uzunluğu hesaplanır. Eğer yeni oluşan çözümün toplam ortalama araç kuyruk uzunluğu, mevcut çözümün toplam ortalama araç kuyruk uzunluğundan daha iyi ise, bu yeni çözüm kabul edilir ve adımlar 4-6 tekrarlanır. Eğer yeni oluşan çözümün toplam ortalama araç kuyruk uzunluğu, mevcut çözümün toplam ortalama araç kuyruk uzunluğundan daha kötü ise, bu yeni çözüm belirli bir olasılıkla kabul edilir veya reddedilir. Bu olasılık, Boltzmann sabiti ve sıcaklık kullanılarak belirlenir. Adımlar 4-7 belirli bir iterasyon sayısı veya toplam araç kuyruk uzunluğu hedef değerine ulaşılana kadar tekrarlanır.

Yeni kırmızı ve yeşil ışık sürelerini belirlemek için öncelikle her gün ve her ay için uygun araç sayısı ve kuyruk uzunluğu verilerini topladık. Bunları toplayarak, her bir gün ve ay için ortalama araç sayısı ve araç kuyruk uzunluğu değerlerini hesaplanmıştır. Ardından, bu değerleri kullanarak yeni kırmızı ve yeşil ışık sürelerini optimize etmek için bir matematiksel model oluşturduk. Bu model, kırmızı ve yeşil ışık sürelerini belirli bir amaç fonksiyonunu (örneğin, araç kuyruk uzunluğunu minimize etmek) optimize etmek için kullanılmıştır. Bu modeli oluşturmak için, öncelikle her bir gün ve ay için uygun araç sayısı ve kuyruk uzunluğu verilerini toplamak ve ortalama araç sayısı ve araç kuyruk uzunluğunu hesaplamak için bir veri tabanı oluşturduk. Daha sonra, bu verileri kullanarak bir matematiksel model oluşturulmuştur. Model oluşturulduktan sonra, modeli çözmek için optimizasyon yazılımı kullanılmaktadır. Bu yazılım, belirli kısıtlamalar (örneğin, kırmızı ışık süresi, yeşil ışık süresi vb.) altında en iyi çözümü bulmak için matematiksel modeli optimize eder. Son olarak, elde edilen yeni kırmızı ve yeşil ışık sürelerini trafik ışıklarına yüklenmektedir.

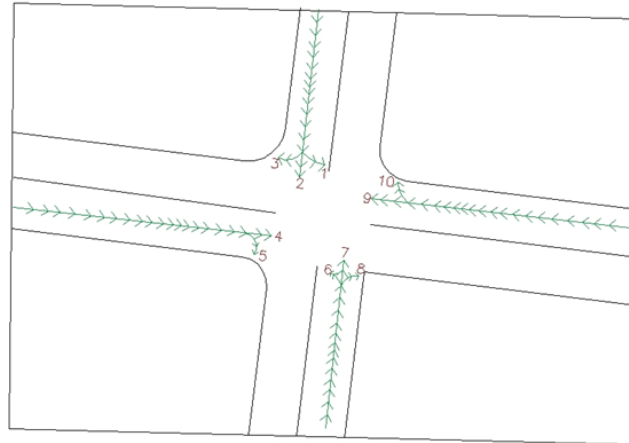
4.3. X Kavşağı Genel Özellikleri



Şekil 13: X Kavşağı

- ✓ 1 numaralı yönden gelen araçlar için sağa dönüşlerde küçük bir trafik adası bulunmaktadır. 1 numaralı yönden gelen araçlar hem sağa, hem sola, hem de düz olarak hareketine devam edebilmektedir. 1 numaralı yönden U dönüşü yapmak yasaktır.
- ✓ 2 numaralı yönden gelen araçlar sadece sağa dönüş yapabilmektedirler.
- ✓ 3 numaralı yönden gelen araçlar hem sağa, hem sola, hem de düz olarak hareketine devam edebilir. 3 numaralı yönden U dönüşü yapmak yasaktır.
- ✓ 4 numaralı yönden gelen araçlar sadece sağa dönüş yapabilmektedirler.

4.3.1. X Kavşağı Trafik Sayım Verileri



Şekil 14: X Kavşağı Araç Güzergâhları

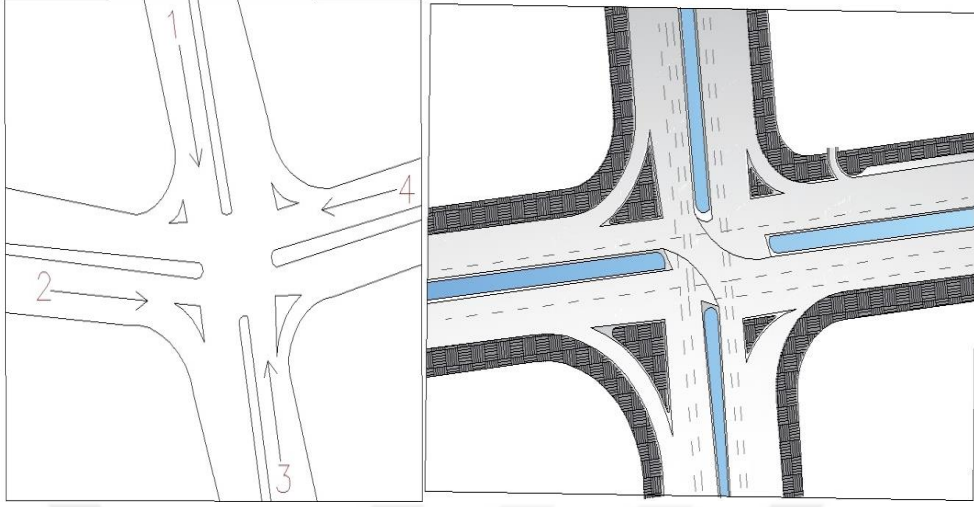
Tablo 6: X Kavşağı 08:00-09:00 Araç Geçiş Sayım Verileri

No	Araba	Motosiklet	Otobüs/ Minibüs	Ağır Vasıta		Araç Toplamı	Genel Toplam	Hareket Yüzdesi
1	2784	129	270	102		3285	7413	44,31
2	3342	156	324	123		3945		53,22
3	156	6	15	6		183		2,47
4	960	45	93	33		1131	1221	92,63
5	75	3	9	3		90		7,37
6	369	18	36	12		435	4014	10,84
7	2979	138	288	111		3516		87,59
8	54	3	6	0		63		1,57
9	1269	60	123	45		1497	4584	32,66
10	2616	123	255	93		3087		67,34
Toplam	14604	681	681	1416	=		17232	

Tablo 7: X kavşağı 17:00- 18:00 Araç Sayım Verileri

No	Araba	Motosiklet	Otobüs/ Minibüs	Ağır Vasıta		Araç Toplamı	Genel Toplam	Hareket Yüzdesi
1	3489	126	345	60		4020	7242	55,51
2	2619	93	261	51		3021		41,71
3	174	6	18	3		201		2,78
4	1101	39	108	21		1269	1380	91,96
5	96	3	9	3		111		8,04
6	324	12	33	9		396	3903	10,15
7	3030	108	300	54		3492		89,47
8	12	0	3	0		15		0,38
9	993	36	99	18		1146	4086	28,05
10	2562	90	252	36		2940		71,95
Toplam	14415	513	1428	255	=		16611	

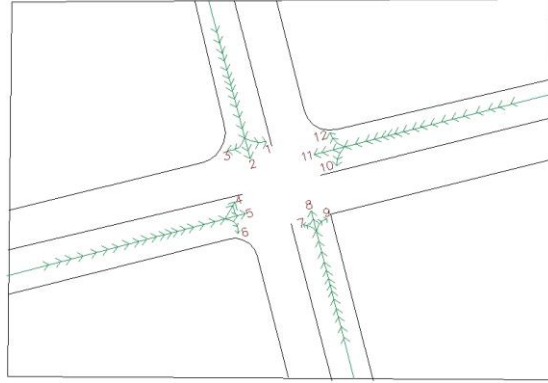
4.4. Y Kavşağı



Şekil 15: Y Kavşağı

- ✓ 1 numaralı yönden gelen araçlar için sağa dönüşlerde küçük bir trafik adası mevcuttur. 1 numaralı yönden gelen araçlar hem sağa dönüş yapabilir, hem sola dönüş yapabilir, hem de düz olarak hareketine devam edebilir.
- ✓ 2 numaralı yönden gelen araçlar için sağa dönüşlerde küçük bir trafik adası mevcuttur. 2 numaralı yönden gelen araçlar sağa dönüş yapabilir veya düz olarak hareketine devam edebilir.
- ✓ 3 numaralı yönden gelen araçlar için sağa dönüşlerde küçük bir trafik adası mevcuttur. 3 numaralı yönden gelen araçlar hem sağa dönüş yapabilir, hem sola dönüş yapabilir, hem de düz olarak hareketine devam edebilir.
- ✓ 4 numaralı yönden gelen araçlar için sağa dönüşlerde küçük bir trafik adası mevcuttur. 4 numaralı yönden gelen araçlar sağa dönüş yapabilir veya düz olarak hareketine devam edebilir.

4.4.1. Y Kavşağı Trafik Sayım Verileri



Şekil 16: Y Kavşağı Araç Güzergâhları

Tablo 8: Y kavşağı 08:00-09:00 Araç Sayım Verileri

No	Araba	Motosiklet	Otobüs/ Minibüs	Ağır Vasıta		Araç Toplamı	Genel Toplam	Hareket Yüzdesi
1	690	27	69	12		798	4347	18,36
2	2802	105	285	48		3237		74,47
3	165	6	18	3		192		4,42
Dönel kavşaktan U	105	3	12	3		120		2,75
4	354	12	36	6		408	1395	29,25
5	417	15	42	6		483		34,62
6	435	15	45	6		504		35,73
Dönel kavşaktan U	0	0	0	0		0		0,00
7	786	30	81	12		909	4926	18,45
8	3387	126	342	57		3912		79,42
9	60	3	6	0		69		1,40
Dönel kavşaktan U	30	3	3	0		36		0,73
10	156	6	15	3		180	1326	13,57
11	375	15	39	6		435		32,81
12	351	12	36	6		405		30,54
Dönel kavşaktan U	264	9	27	6		306		23,08
Toplam	10380	384	1053	177	=	11994		

Tablo 9: Y Kavşağı 17:00-18:00 Araç Geçme Verileri

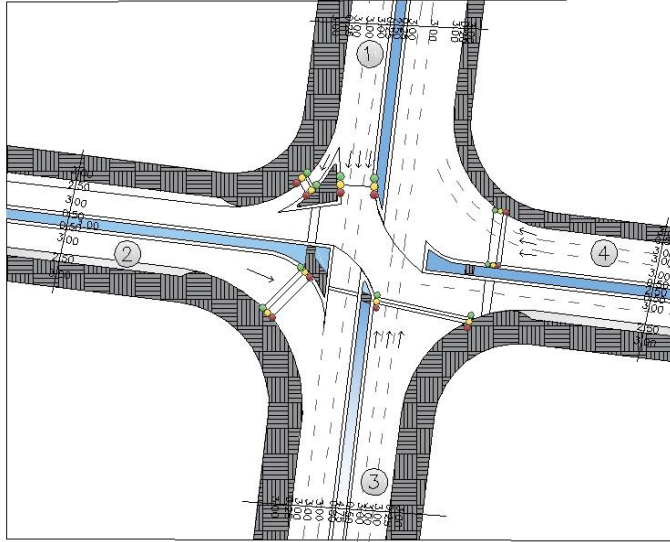
No	Araba	Motosiklet	Otobüs/ Minibüs	Ağır Vasıta		Araç Toplamı	Genel Toplam	Hareket Yüzdesi
1	735	30	69	18		852	4305	19,79
2	2664	108	246	69		3087		71,71
3	103	16	17	5		118		5,16
Dönel kavşaktan U	123	6	12	3		144		3,34
4	492	21	45	12		570	2118	26,91
5	759	30	69	21		879		41,50
6	468	41	19	6		663		31,30
Dönel kavşaktan U	2	0	0	0		6		0,29
7	876	36	81	24		1017	4956	20,52
8	3108	126	288	81		3603		72,70
9	153	6	15	3		180		3,63
Dönel kavşaktan U	135	6	12	3		156		3,15
10	606	24	57	15		702	1611	43,58
11	354	15	33	6		411		25,51
12	276	12	27	6		321		19,93
Dönel kavşaktan U	153	6	15	3		177		10,98
Toplam	11205	456	1041	288			12990	

4.5. Kavşakların Geometrisine Ait Sinyalizasyon Veriler

Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri trafik akışının yoğunluğuna göre ayarlanamadığı için sıklıkla trafik sıkışıklığına neden olabilirler. Ayrıca bu sistemler, sürücülerin tercihlerine veya anlık trafik koşullarına yanıt veremezler. Bu nedenle, akıllı trafik yönetimi sistemleri gibi daha gelişmiş teknolojilerin kullanılması trafik sorunlarını çözmek için daha etkili bir yaklaşım olabilir. Bu sistemler, gerçek zamanlı trafik verilerini kullanarak sinyal zamanlamasını otomatik olarak ayarlayabilir ve trafik akışını optimize edebilirler. Ayrıca, akıllı trafik sistemleri, sürücülere trafik durumunu ve alternatif güzergahları bildirerek trafik sıkışıklığını azaltabilirler. Belli başlı etkenler yüzünden trafik araç kuyruk uzunlukları uzamıştır sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinde mevsimsel olarak etkilere herhangi bir esneklikle cevap verememesinden kaynaklı trafik araç kuyrukları oluşmaktadır. Mevsimsel olarak artan nüfuslarda sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri yine bu soruna herhangi bir çözüm üretememektedir. Kavşaklarda ki birinci adadan hemen sonra sola dönüşte bekletmeleri o kavşaktaki kazaların büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Oysa sinyalizasyon sistemi hemen sola dönüşlerde karşı karşıya söz

konusu olan yol geometrilerinde karşı yoldan gelen araçları, beklettikten sonra akışı sağlanırsa herhangi bir kaza ve sıkışıklık sorunu minimumda tutulabilecektir.

4.5.1. X Kavşağına Ait Sinyal Zaman Diyagramı



Şekil 17: X Kavşağı Trafik Işıkları Planı

X Kavşağı'nda gün içerisinde trafik şık süreleri sabit olup 24 saat boyunca aynı sistem uygulanmaktadır. Her hangi bir mevsimsel yağış olumsuzluklar yada okul iş vb. kurum kuruluşların mesai saatleri bile anlık olarak trafiği etkilerken sinyalizasyon sistemi sabit tutulmuştur.

Tablo 10: Trafik Işık Süreleri

NUMARA	KIRMIZI IŞIK(SN)	SARI IŞIK(SN)	YEŞİL IŞIK(SN)	SARI IŞIK(SN)
1	98	2	81	2
2	131	2	48	2
3	124	2	55	2
4	131	2	48	2
5	131	2	48	2
DEVRE SÜRESİ (SN)				183

1 nolu sinyalizasyon renk devresinde 98sn periyotlar ile kırmızı(dur),2sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 81sn periyotlarla yeşil (geç)

2 nolu sinyalizasyon renk devresinde 2sn periyotlarla kırmızı(dur),2sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 129sn periyotlarla yeşil (geç)

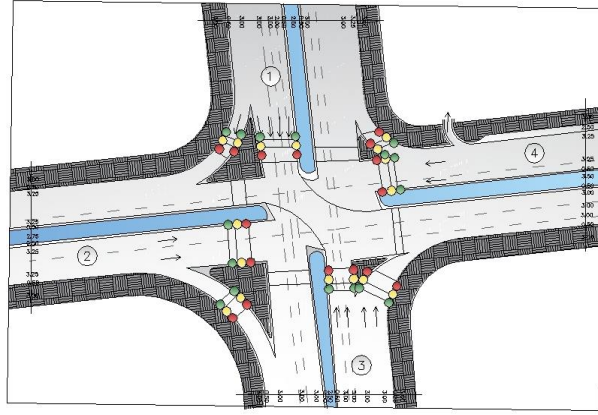
3 nolu sinyalizasyon renk devresinde 50sn periyotlarla kırmızı(dur),2sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 103 sn periyotlarla yeşil (geç)

4 nolu sinyalizasyon renk devresinde 2sn periyotlarla kırmızı(dur),2sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 129 sn periyotlarla yeşil (geç)

5 nolu sinyalizasyon renk devresinde 108sn periyotlarla kırmızı(dur),3sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 38sn periyotlarla yeşil (geç)

4.5.2. Y Kavşağı Sinyal Verileri

Örnek kavşak geometrisinde 24 saatlik gün periyodu boyunca trafik sinyalizasyonları sabit zamanlı olup birbirini takip eden PLC tabanlı devre kullanılmaktadır.



Şekil 18: Y Kavşağı Trafik Işıkları Planı

Y Kavşağı'nda gün içerisinde trafik ışık süreleri sabit olup 24 saat boyunca aynı sistem uygulanmaktadır.

Tablo 11: Y kavşağı Trafik Işık Süreleri

NUMARA	KIRMIZI IŞIK(SN)	SARI IŞIK(SN)	YEŞİL IŞIK(SN)	SARI IŞIK(SN)
1	130	2	86	2
2	38	2	178	2
3	161	2	55	2
4	45	2	171	2
5	150	2	66	2
6	68	2	148	2
7	158	2	58	2
8	72	2	144	2
DEVRE SÜRESİ (SN)			=	220

1 nolu sinyalizasyon renk devresinde 130sn periyotlarla kırmızı(dur),2sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 86sn periyotlarla yeşil (geç)

2 nolu sinyalizasyon renk devresinde 91sn periyotlarla yeşil ışık (geç),38sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 88sn periyotlarla kırmızı (dur)

3 nolu sinyalizasyon renk devresinde 2sn periyotlarla yeşil(geç),159sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) kırmızı (dur)145sn periyotlarla yeşil (geç)

4 nolu sinyalizasyon renk devresinde 59sn periyotlarla kırmızı(dur),34sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 3sn periyotlarla yeşil (geç)

5 nolu sinyalizasyon renk devresinde 63sn periyotlarla kırmızı(dur),3sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 66sn periyotlarla yeşil (geç)

6 nolu sinyalizasyon renk devresinde 2sn periyotlarla kırmızı(dur),3sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 148sn periyotlarla yeşil (geç)

7 nolu sinyalizasyon renk devresinde 95sn periyotlarla kırmızı(dur),3sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 58sn periyotlarla yeşil (geç)

8 nolu sinyalizasyon renk devresinde 63sn periyotlarla kırmızı(dur),3sn periyotlarla sarı(kontrollü geç) 144sn periyotlarla yeşil (geç)

4.6. X ve Y Kavşaklarına Ait Araç Kuyruk Ortalamaları

Elde edilen verilerin tamamı PTV Vissim paket programına tanımlanarak analiz çalışmaları yapılmıştır. Analizler sonucunda kavşaklara ait ortalama kuyruk uzunluğu, maksimum kuyruk uzunluğu, araç bazında kontrol gecikmesi ve hizmet sınıfı değerleri elde edilmiştir.

Tablo 12-15 de belirtilen her ay ve gün için araç sayısı ve araç kuyruk uzunluğu, bu senaryonun bir senede aylar ve günler içinde nasıl değiştiğini göstermektedir. Bu bilgiler, trafik yoğunluğunun haftalık olarak nasıl değiştiğini anlamamıza yardımcı olabilir. Bu veriler, trafik akışı yönetiminde kullanılan kararlar için önemli bir girdi olabilir.

Tablo 12: X Kavşağı 08:00 ile 09:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce

AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	98	2	81	3285	285,60
Şubat	Salı	98	2	81	2871	245,60
Mart	Çarşamba	98	2	81	2952	255,60
Nisan	Perşembe	98	2	81	3121	279,60
Mayıs	Cuma	98	2	81	2985	258,60
Haziran	Cumartesi	98	2	81	2483	238,60
Temmuz	Pazar	98	2	81	2165	221,60
Ağustos	Pazartesi	98	2	81	3422	291,60
Eylül	Salı	98	2	81	2756	242,60
Ekim	Çarşamba	98	2	81	2542	241,60
Kasım	Perşembe	98	2	81	2456	236,60
Aralık	Cuma	98	2	81	3254	281,60

Tablo 13: X Kavşağı 17:00-18:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce

AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	98	2	81	4020	286,60
Şubat	Salı	98	2	81	4450	330,60
Mart	Çarşamba	98	2	81	4530	370,60
Nisan	Perşembe	98	2	81	4230	350,60
Mayıs	Cuma	98	2	81	4340	360,60
Haziran	Cumartesi	98	2	81	3420	250,60
Temmuz	Pazar	98	2	81	3250	230,60
Ağustos	Pazartesi	98	2	81	4150	310,60
Eylül	Salı	98	2	81	4260	360,60
Ekim	Çarşamba	98	2	81	4420	370,60
Kasım	Perşembe	98	2	81	4110	275,60
Aralık	Cuma	98	2	81	4250	355,60

Tablo 14: Y Kavşağı 08:00-09:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce

AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	130	2	86	798	186,70
Şubat	Salı	130	2	86	810	192,70
Mart	Çarşamba	130	2	86	750	170,70
Nisan	Perşembe	130	2	86	780	172,70
Mayıs	Cuma	130	2	86	750	175,70
Haziran	Cumartesi	130	2	86	420	97,70
Temmuz	Pazar	130	2	86	370	72,70
Ağustos	Pazartesi	130	2	86	655	180,70
Eylül	Salı	130	2	86	780	182,70
Ekim	Çarşamba	130	2	86	790	185,70
Kasım	Perşembe	130	2	86	740	165,70
Aralık	Cuma	130	2	86	720	190,70

Tablo 15: Y Kavşağı 17:00-18:00 Optimizasyon Sağlanmadan Önce

AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	130	2	86	852	166,70
Şubat	Salı	130	2	86	875	172,70
Mart	Çarşamba	130	2	86	880	165,70
Nisan	Perşembe	130	2	86	870	169,70
Mayıs	Cuma	130	2	86	860	165,70
Haziran	Cumartesi	130	2	86	710	87,70
Temmuz	Pazar	130	2	86	640	67,70
Ağustos	Pazartesi	130	2	86	820	172,70
Eylül	Salı	130	2	86	855	169,70
Ekim	Çarşamba	130	2	86	830	173,70
Kasım	Perşembe	130	2	86	820	145,70
Aralık	Cuma	130	2	86	795	179,70

4.7. Aimsun

Aimsun, makroskopik, mezoskopik, mikroskopik ve hibrid simülasyonu tek bir yazılımda kullanıcıya sunmaktadır. Aimsun gerçek zamanlı trafik yönetimi için karar verme mekanizmasıdır. Büyük alanlar için dahi yüksek hızda trafik simülasyonu sağlayabilmektedir. Aimsun sağladığı birçok zengin içerik ile akıllı trafik sistemleri için mükemmel bir arka plan yardımcısıdır. Sağladığı birçok özellik arasından birkaçını sıralayacak olursak ;

- Makro trafik modeli; trafiğin genel karakteristik yapı taşlarını oluşturan hız yoğunluk ve hacimce bağlı tanımlanabilme.
- Mikro trafik modeli; farklı kavşak geometrilerini araç kuyruk uzunluklarına göre modelleyebilme.
- Akış modelleyebilme; kavşaklarda ki farklı senaryoları kümeleyebilme
- Aktif ulaşım ve talep yönetim becerisi; aktif işleyişte anlık problemlere çözüm üretebilme yetisi.
- Sinyalizasyon yönetimi; sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerini farklı senaryolara göre belirleyebilme.

- Gerçek zamanlı ulaşım bilgileri; gerçel olarak zaman hız gecikmelerini iyileştirebilme.
- Yol hava durumunda müdahil olabilme; hava koşullarından kaynaklı devamlılık arz eden problemlere anlık çözüm getirebilme.
- Trafik kazası ve olay yönetimi; kavşaklarda istatistik olarak süregelen devamlı kazaları önleyebilmek için optimizasyon sağlayabilme.
- Çalışma alanı mobilizasyonu ve güvenliği
- Yakıt tüketimi hesaplama; gereksiz yakıt tüketiminden kaynaklı yakıt tüketiminin önüne geçmek için sinyalizasyonun düzenlenebilmesi
- Kirlilik, karbondioksit emisyon değerleri hesaplama; uzun araç kuyruklarından ve gereksiz bekleme zamanlarından kaynaklı kirliliğe sebebiyet veren araç kuyruk uzunluklarını minimize etme.

4.8. Araştırmanın Bulguları

Çalışmanın bu kısmında kullanılan X ve Y kavşaklarının sinyalizasyon sistem bilgileri ve araç verileri örneklem olarak kullanılmış ve sonrasında bu bilgiler optimize edilerek verilmiştir. Bu tabloda, bir trafik akış senaryosu için Y Kavşağı'nda belirli saatler arasında kırmızı, sarı ve yeşil ışık sürelerinin optimizasyonunun yapıldığı belirtiliyor. Aynı zamanda, her ay için pazartesi, salı, çarşamba, perşembe, cuma, cumartesi ve pazar günlerinin belirtilen saatleri için araç sayısı ve araç kuyruk uzunluğu verilmiştir. Optimizasyon yapıldıktan sonra, bu trafik akış senaryosunda belirli saatler arasında kırmızı, sarı ve yeşil ışık süreleri ayarlanarak, araçların daha verimli bir şekilde hareket etmeleri hedeflenmiştir. Bu optimizasyon, araçların bekleme süresini azaltarak, trafik akışının daha hızlı ve daha verimli hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

Yeni kırmızı ve yeşil ışık sürelerini belirlerken her gün ve her ay değişkenlik göstermesi daha iyi sonuçlar elde etmek için uygun olacaktır. Bununla birlikte, %20 oranında bir iyileştirme yapmak için, yeşil ışık süresi arttırılabilir ve kırmızı ışık süresi azaltılabilir. Örneğin, X kavşağı için yeşil ışık süresi 95 saniye, kırmızı ışık süresi ise 84 saniye olabilir. Bu durumda kırmızı ışık süresi azaltıldığı için araçların

bekleme süreleri azalacak ve trafik akışı hızlanacaktır. Ayrıca yeşil ışık süresinin artırılması sayesinde daha fazla araç geçiş yapabilecektir. Y kavşağı için de benzer bir şekilde yeşil ışık süresi arttırılabilir ve kırmızı ışık süresi azaltılabilir. Örneğin, yeşil ışık süresi 100 saniye, kırmızı ışık süresi ise 80 saniye olabilir.

Yeni kırmızı ve yeşil ışık sürelerinin her gün ve her ay değişkenlik göstermesi için, trafik yoğunluğunun daha yüksek olduğu saatlerde yeşil ışık süresi arttırılabilir, kırmızı ışık süresi ise azaltılabilir. Örneğin, sabah ve akşam iş çıkış saatlerinde yeşil ışık süresi arttırılabilir. Ayrıca, yaz aylarında tatil sezonu olduğu için trafik yoğunluğunun daha yüksek olduğu saatlerde de yeşil ışık süresi arttırılabilir.

Bu değişiklikler sayesinde trafik akışının %20 oranında iyileştirilmesi mümkündür. Ancak bu iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi için öncelikle kavşaklarda trafik akışının nasıl olduğuna ilişkin daha detaylı verileri göz önünde bulundurarak okullar bölgesi çıkışı kamu kuruluşları mesai saati bitişi gibi. Bu veriler doğrultusunda daha doğru bir optimizasyon sağlanmıştır.

Tablo 16: X Kavşağı 08:00-09:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra

AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	71	2	103	2332	208,15
Şubat	Salı	67	2	97	2156	178,82
Mart	Çarşamba	74	2	101	2246	186,20
Nisan	Perşembe	71	2	92	2412	214,83
Mayıs	Cuma	81	2	96	2210	171,01
Haziran	Cumartesi	75	2	98	1945	173,67
Temmuz	Pazar	83	2	90	1689	162,07
Ağustos	Pazartesi	81	2	101	2632	212,33
Eylül	Salı	86	2	92	2208	176,54
Ekim	Çarşamba	79	2	97	1943	176,00
Kasım	Perşembe	88	2	95	1946	171,94
Aralık	Cuma	82	2	94	2571	206,21

Tablo 17: X Kavşağı 17:00-18:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra

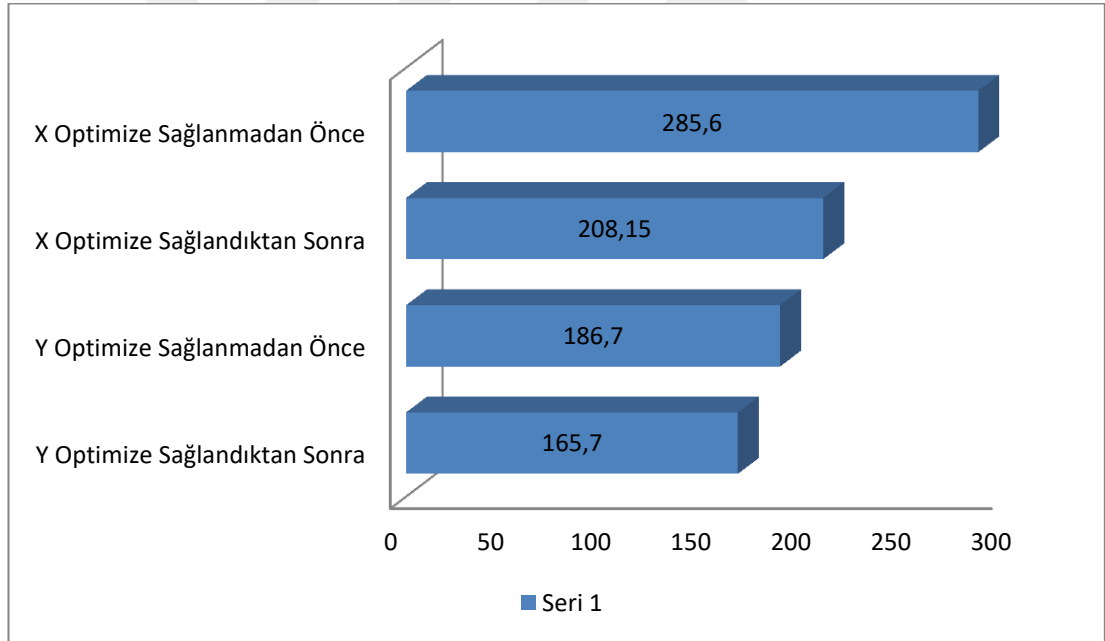
AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	82	2	97	3129	209,62
Şubat	Salı	88	2	91	3446	256,38
Mart	Çarşamba	79	2	100	3507	290,26
Nisan	Perşembe	86	2	93	3187	275,70
Mayıs	Cuma	80	2	99	3255	282,94
Haziran	Cumartesi	75	2	104	2697	192,98
Temmuz	Pazar	72	2	107	2501	179,18
Ağustos	Pazartesi	84	2	95	3159	282,94
Eylül	Salı	89	2	90	3276	290,26
Ekim	Çarşamba	77	2	102	3422	210,38
Kasım	Perşembe	9885	2	94	3109	268,53
Aralık	Cuma	98	2	81		

Tablo 18: Y Kavşağı 08:00-09:00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra

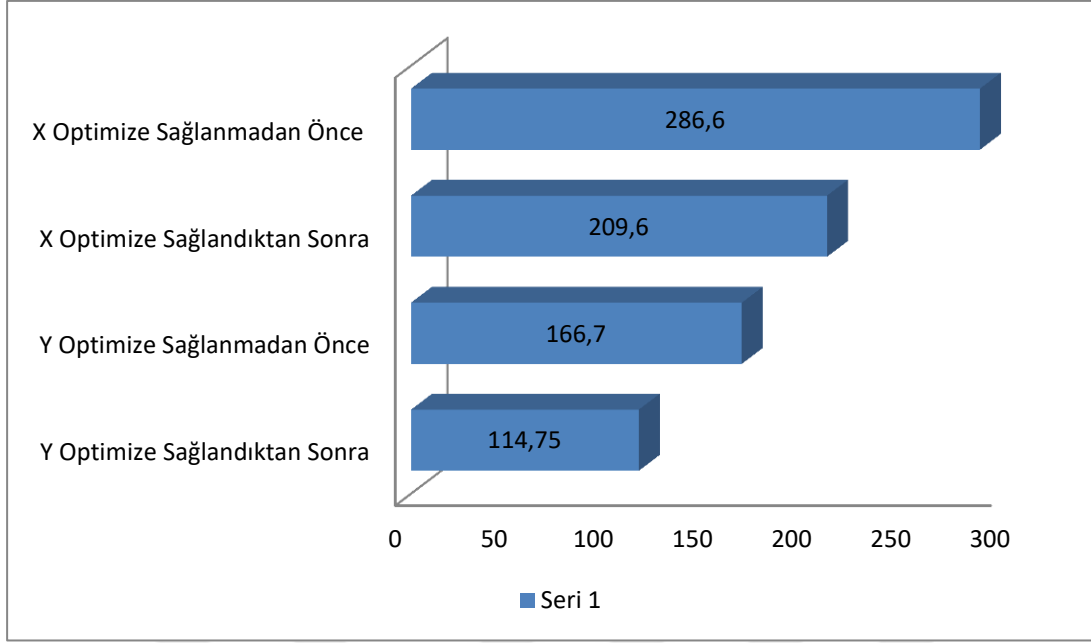
AYLAR	GÜNLER	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	65	2	112	712	165,70
Şubat	Salı	60	2	120	722	170,70
Mart	Çarşamba	70	2	110	711	155,70
Nisan	Perşembe	50	2	130	715	148,70
Mayıs	Cuma	55	2	125	732	156,70
Haziran	Cumartesi	65	2	115	392	86,70
Temmuz	Pazar	80	2	100	345	64,70
Ağustos	Pazartesi	65	2	115	632	165,70
Eylül	Salı	62	2	118	705	164,70
Ekim	Çarşamba	72	2	108	716	171,70
Kasım	Perşembe	67	2	125	719	149,70
Aralık	Cuma	57	2	123	697	178,70

Tablo 19: Y Kavşağı 17.00- 18.00 Optimizasyon Sağlandıktan Sonra

AYLAR	GÜNLER	KIRMIZI IŞIK DEVRE SÜRESİ	SARI IŞIK DEVRE SÜRESİ	YEŞİL IŞIK DEVRE SÜRESİ	ARAÇ SAYISI	ARAÇ KUYRUK UZUNLUĞU
Ocak	Pazartesi	115	2	101	772	114,75
Şubat	Salı	121	2	95	789	120,75
Mart	Çarşamba	111	2	105	737	128,75
Nisan	Perşembe	113	2	103	762	125,75
Mayıs	Cuma	107	2	109	739	120,75
Haziran	Cumartesi	122	2	94	401	105,75
Temmuz	Pazar	128	2	88	361	95,75
Ağustos	Pazartesi	108	2	108	632	107,75
Eylül	Salı	113	2	103	765	119,75
Ekim	Çarşamba	114	2	102	768	102,75
Kasım	Perşembe	107	2	109	726	97,75
Aralık	Cuma	110	2	106	697	110,75



Şekil 19: X ve Y Kavşağı Ocak Pazartesi Sabah 08:00-09:00 Kuyruk Karşılaştırması
Grafığı



Şekil 20: X ve Y Kavşakları Ocak Pazartesi 17:00-18:00 Saatleri Arası Kuyruk Karşılaştırması Grafiği

Bu çalışmada, hız-yoğunluk ilişkilerine dayalı mikroskobik bir trafik simülasyon modelini kalibre etmek için genetik bir algoritma uygulayan bir araştırmancının ilk sonuçlarını sunmaktadır. Çevreyolundan toplanan geniş bir trafik veri seti kullanıldı ve saha ölçümleri ile Aimsun mikroskobik simülatörü kullanılarak bir test çevreyolu sekmendi için elde edilen simülasyon çıktıları arasında bir karşılaştırma yapıldı. Kalibrasyon, genetik bir algoritmaya dayalı olarak çözülmesi gereken bir optimizasyon problemi olarak formüle edildi; hız-yoğunluk grafiklerinde simüle edilmiş ve gerçek veri setleri arasındaki farkları en aza indirmek için amaç fonksiyonu tanımlandı. Bu amaçla MATLAB içerisinde yer alan genetik algoritma aracı uygulandı. Bu süreci otomatikleştirme hedefi göz önünde bulundurularak, iki program arasındaki veri aktarımının otomatik olarak gerçekleşmesi için optimizasyon tekniği bir alt program aracılığıyla Aimsun'a eklenmiştir. Python ve MATLAB® dilleri arasında doğrudan bir etkileşim olmadığı için, harici bir Python komut dosyasını MATLAB® ile etkileşim halinde çalıştırmak için birkaç seçenek vardır:

MATLAB®'ın Python arayüzü olan "MATLAB® Engine for Python" kullanarak: Bu yöntem, Python betiğinin MATLAB®'da çalıştırılmasını sağlar. Bu yöntem, MATLAB® 2014b ve sonrası sürümlerinde desteklenmektedir.

Python betiğini MATLAB®'ın "system" veya "dos" fonksiyonlarıyla çağırarak: Bu yöntem, Python betiğinin dışarıdan MATLAB®'da çalıştırılmasını sağlar. Bu yöntem, MATLAB® ve Python arasındaki doğrudan bir etkileşim olmamasına rağmen, işlevsel bir çözümdür. Python betiğinin MATLAB® tarafından çalıştırılabilen bir MEX dosyasına dönüştürülmesi: MATLAB®'ın "MATLAB® Coder" aracı kullanılarak, Python betiği MATLAB® tarafından çalıştırılabilen bir MEX dosyasına dönüştürülebilir. Bu yöntem, doğrudan bir etkileşim sağlamasa da, daha hızlı ve daha verimli bir çözüm sağlayabilir.

Aimsun yazılımı, Python betiğini doğrudan çalıştırabilen bir yazılım olmadığından, yukarıdaki yöntemlerden biri kullanılarak etkileşim sağlanabilir. Genetik algoritma ile ayarlanan optimizasyon parametreleri ile saha verileri ile daha iyi eşleşme sağlanmıştır. Modelin gerçekliği ne ölçüde kopyaladığını kontrol etmek için model doğrulama da ele alındı. Sonuçlar, bir genetik algoritmanın mikroskobik trafik simülasyon modelinin kalibrasyon sürecinde faydalı bir şekilde uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Verimli bir arama yöntemiyle optimum bir parametre seti aradığından, önerilen optimizasyon tekniği uygulanarak faydalı etkiler beklenmektedir. Bir mikroskobik trafik simülasyon modelini kalibre etmek amacıyla, güvenilir bir kalibrasyon süreci şunları içermelidir:

(1) Bir modelin performansını bir amaç fonksiyonu açısından değerlendirmek için bir kriterin tanımı; sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinin hava koşullarında insiyatif olarak bekleme veya geçme sürelerini uzatamaması

(2) Kalibre edilecek parametrelerin seçimi; kavşakların araç kuyruk uzunluklarına sebebiyet veren olguların (kurum okul AVM vb) belirlenmesi

(3) Amaç fonksiyonunu en aza indirmek veya en üst düzeye çıkarmak için uygun bir algoritma; veri setlerinin doğru bir şekilde çaprazlamayla birlikte optimal çözüme ulaşılması

(4) Yeni veri setlerine karşı kalibrasyon sonuçlarının testi. Çaprazlamadan oluşan optimizasyonun sonuçları.

Bu düşüncelerden yola çıkarak, çalışma gerçek bir trafik veri setine dayalı olarak sivastaki çevreyolunda uygulanan ve test edilen bir kalibrasyon metodolojisi sunmaktadır. Sıkışık ve sıkışık olmayan trafik koşullarında bir test otoban segmenti için mikroskobik trafik simülasyon paketi AIMSUN kullanılarak elde edilen karşılık gelen simüle edilmiş çıktılarla saha ölçümlerini karşılaştırmak için makroskopik bir yaklaşım izlendi.

Simülasyon modellerinin kalibrasyonu için MATLAB içindeki Genetik Algoritma aracı kullanılmıştır. Bu işlemi gerçekleştirmek için optimizasyon tekniği, iki program arasında veri aktarımına izin veren bir alt program aracılığıyla Aimsun'a eklenmiştir. MATLAB yazılımı, Python'da yazılmış harici komut dosyası aracılığıyla Aimsun ile bir arayüz görevi gördü.

Genetik algorithmadan elde edilen Aimsun parametrelerinin en iyi kombinasyonu dikkate alındığında, optimize edilmiş parametrelerle yapılan simülasyon, varsayılan parametrelerin kullanıldığı simülasyona kıyasla saha verilerine tatmin edici bir uyum sağladı. Sonuçlar ayrıca prosedürün hem kalibrasyon hem de doğrulama bölümlerinde iyi bir uyum sağladığını göstermektedir.

SONUÇ

Yapay zekâ teknolojileri, ulaşım alanında da önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle trafik yönetimi konusunda yapay zekâ çözümleri sayesinde trafik sıkışıklığı azaltılabilmekte ve trafik akışı daha verimli hale getirilebilmektedir. Yapay sinir ağları, trafik akışının modellenmesi ve tahmin edilmesi için kullanılabilir. Örneğin, trafik yoğunluğunun en yoğun olduğu saatlerin ve günlerin belirlenmesi, trafik sıkışıklığının nedenleri ve olası çözümlerinin araştırılması gibi konularda yapay sinir ağları kullanılabilir. Genetik algoritmalar ise, trafik ışıklarının zamanlamasının optimize edilmesi, rotaların belirlenmesi gibi konularda kullanılabilir. Örneğin, bir genetik algoritma, belirli bir bölgedeki trafik ışıklarının zamanlamasını optimize ederek, trafik akışını daha verimli hale getirebilir. Ayrıca, sürücüsüz araçlar ve akıllı trafik sistemleri gibi teknolojiler de yapay zekâ teknolojileri sayesinde geliştirilmekte ve hayata geçirilmektedir. Bu teknolojiler sayesinde, trafik kazalarının azaltılması, trafik akışının daha verimli hale getirilmesi ve sürücülerin trafikte harcadığı zamanın azaltılması hedeflenmektedir. Sonuç olarak, yapay zeka teknolojileri, ulaşım alanında da önemli bir rol oynamakta ve trafik yönetimi gibi konularda iyileştirmeler sağlamaktadır. Bu sayede, insanlar daha verimli bir şekilde zamanlarını kullanabilecekleri ve trafikte harcanan zamanı azaltabilecekleri gibi avantajlar elde edebilmektedirler. Bu sayede trafik akışı daha düzenli hale getirilerek, sürücülerin zaman kaybı ve stresi azaltılmış, aynı zamanda yakıt tüketimi ve hava kirliliği de azaltılmıştır. Bu da çevre dostu bir ulaşım sistemi için önemli bir adımdır. Ayrıca, trafik akışı üzerindeki yapay zekâ tabanlı kontroller, kazaların sayısını da azaltmaya yardımcı olabilir. Bu da trafik güvenliği açısından büyük bir artıdır. Ancak, bu teknolojinin uygulanmasıyla ilgili bazı etik ve gizlilik endişeleri de ortaya çıkabilir. Örneğin, toplanan trafik verilerinin gizliliği ve bu verilerin kötüye kullanımı gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, yapay zekâ tabanlı trafik kontrol sistemleri geliştirilirken bu konulara da dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın İstanbul gibi büyük şehirlerde yaşayan insanların hayatını olumlu yönde etkileyeceği açıktır. Trafik sıkışıklığı, zaman kaybı, stres, yakıt tüketimi ve çevre kirliliği gibi sorunlar, yapay zekâ tabanlı trafik yönetim sistemleri ile azaltılabilir. Ayrıca, bu sistemlerin ticarileştirilerek ülkemize katma değer

sağlanması ve dünyanın çeşitli yerlerinde de kullanılması, yerel ve küresel ölçekte önemli bir etki yaratabilir. Bu çalışmanın bir startup olarak kuluçka merkezinde ticarileştirilmesi de önemlidir. Bu şekilde, girişimcilerin fikirlerini hayata geçirmeleri, işletme ve yönetim becerilerini geliştirmeleri ve pazarlama ve finansman gibi konularda destek almaları mümkün olabilir. Bu da, yenilikçi çözümlerin ticarileştirilmesine ve ekonomik kalkınmaya katkı sağlayabilir. Trafik sıkışıklığı ve yakıt tüketimi gibi olumsuz etkileri azaltarak sürücülerin zamanını ve enerjisini tasarruf etmelerine yardımcı olmak amacıyla yapay zekâ teknolojilerinin kullanımını vurgulamaktadır. Bu teknolojilerin kullanımıyla, trafik sıkışıklığı gibi sorunlarla başa çıkabilen daha akıllı ve verimli bir ulaşım sistemi oluşturulabilir. Bu da hem bireysel hem de toplumsal düzeyde birçok fayda sağlayabilir, örneğin sürücülerin daha az stres yaşaması, daha az zaman harcaması ve daha az yakıt tüketmesi gibi. Ayrıca, İstanbul BTM aracılığıyla yapılan çalışma, bu teknolojilerin ticarileştirilerek ülkeye ekonomik değer katılmasını da hedeflemektedir. Görüntü işleme tekniği ve yapay zeka algoritmaları gibi teknolojilerin maliyetleri yüksek olabilmektedir. Bu nedenle, trafik sıkışıklığı gibi sorunlar için maliyeti düşük ve uygulanması kolay bir çözüm yöntemi olan PLC tabanlı sinyalizasyon sistemleri tercih edilebilmektedir. Ayrıca, deprem anında kullanılabilecek bir sinyalizasyon sistemi de ülkemiz için önemli bir ihtiyaçtır. Bu nedenle, mevcut çalışma bu alanda da faydalı olabilir ve benzer bir optimizasyon yöntemi kullanılarak deprem sinyalizasyon sistemleri de geliştirilebilir.

Kavşaklarda uygulanacak optimizasyonlar, özellikle trafik sinyalizasyon sistemleriyle birlikte kullanıldığında kaza oranlarını düşürmeye yardımcı olabilir. Bu optimizasyonlar, örneğin kavşakta yaşanan trafiği daha iyi yönetmek için sinyalizasyon sistemi zamanlamasını ayarlamak veya yaya geçitlerinde güvenliği artırmak için sinyalizasyon sistemlerine uygun çözümler eklemek gibi yöntemleri içerebilir. Yapay zekâ teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen bu optimizasyonlar, kazaların azaltılması ve trafik akışının iyileştirilmesi konularında önemli bir rol oynayabilir.

KAYNAKÇA

- Akoğlu, Kıvanç (2006). *Konteyner Limanının Depolama Sahasının Genetik Algoritma İle Optimizasyonu*, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.
- Arslan, Kürşat (2020). “Eğitimde Yapay Zeka ve Uygulamaları”, *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11 (1), 71-88.
- Bayram, Gökhan (2018). *Kurumsal Yönetim Açısından Çevre Muhasebesinin İncelenmesi*, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik.
- Baytören, Esra (2020). *Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Ameliyathanelerde Çizelgeleme*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Birgin Mustafa ve Bilge Alper (2019). *Genetic Algorithm-Based Privacy Preserving Collaborative Filtering*, Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU), İzmir.
- Breazeal, Cynthia (2002). *Designing Sociable Robots*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carr, Jenna (2014, Mayıs 16). "An Introduction to Genetic Algorithm". Senior Project, 1-40.
- Cura, Tunçhan (2008). *Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamaları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim.
- Elmas, Çetin (2018). *Yapay Zekâ Uygulamaları*, (4. Baskı), Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Emel Gökay Gül ve Taşkın Çağatay (2002). “Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları”, *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 129-152.
- Ergen, Mustafa (2019). “What is Artificial Intelligence? Technical Considerations and Future Perception”, *The Anatolian Journal of Cardiology*, 22(2), 5-7.

- Gezer, Ahmet (2022). *Parçalı Hücresel Genetik Algoritma ile İnsansız Hava Aracı Performansına Dayalı Yol Planlama*, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir.
- Güler, Güler Ezgi (2019). *Çalışanların Bilişim Teknolojilerine Yönelik Öz-Yeterlik Algısının Bireysel Yaratıcılık Algısı Üzerindeki Etkisi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Güler, Zeki. (2013). “Akıllı trafik kontrol sistemi” Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Işıklı, Şevki (2008). “Bulanık Mantık ve Bulanık Teknolojiler”, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi*, (19), 105-126.
- Karaoğlu, Muhammet Enes (2021), *Koordine Sinyalize Kavşaklarda Optimizasyon*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Denizli
- Kaya İhsan ve Engin Orhan (2005). “Kalite İyileştirme Sürecinde Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanımı”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(11), 103-114.
- Kayabaş, İlker (2010) *Yapay Zekâ Sohbet Ajanlarının Uzaktan Eğitimde Öğrenci Destek Hizmeti Olarak Kullanılabilirliği*, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Keçe, Cem (2012). “Ruhsal ve Bedensel İhtiyaçlar”, (Erişim adresi: [https:// www.hurriyet.com.tr/aile/yazarlar/a-cem-kece/ruhsal-ve-bedensel ih-tiyaclar-372061](https://www.hurriyet.com.tr/aile/yazarlar/a-cem-kece/ruhsal-ve-bedensel-ih-tiyaclar-372061), Erişim Tarihi: 08.11.2022).
- Keysan, Pelin Erdoğan (2019). *Yapay Zekanın İşgücü, İstihdam Ve Gelir Dağılımına Etkileri*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Nabiyev, Vasif (2012). *Yapay Zeka İnsan-Bilgisayar Etkileşimi*, İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Pirim, Harun (2006). “Yapay Zeka”, *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 1(1), 81-93.
- Say, Cem (2018), *50 Soruda Yapay Zeka, Bilim ve Gelecek*, İstanbul.

Saygılı, Ziya, Özmen, Güzin (2022). İnsansız Hava Araçlarında Gömülü Sistem Üzerinden Derin Öğrenme ile Nesne Tespiti. *European Journal of Science and Technology Special Issue*, 34, 292–298.

Seyyarer, Ebubekir, Ayata, Faruk, Uçkan, Taner & Karci, Ali (2020). Derin Öğrenmede Kullanılan Optimizasyon Algoritmalarının Uygulanması Ve Kıyaslanması . *Computer Science*, 5(2), 90-98.

Seyitoğlu, Zehra (2019). *Türkiye’de Dijital Halkla İlişkilerde Değişen Müşteri Deneyimi: Chatbot Uygulamaları*, İstanbul Kültür Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Sivanandam Sonya and Deepa Neil (2008). *Introduction to Genetic Algorithms*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, York, New.

Şeker, Şükran (2007). *Araç Rotalama Problemleri ve Zaman Pencere Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Taşkın Çağatan ve Emel Gökay Gül (2009). *Sayısal Yöntemlerde Genetik Algoritmalar*, (1. Baskı), Bursa: Alfa Aktüel Yayınları.

Taştan Serkan ve Suvay Eker Halime (2020). “Genetik Algoritma ile Sınav Çizelgeleme”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21 (2), 47-68.

Tunç, Argun (2003). Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları. Asil Yayın Dağıtım.

Yapıcı, Muhammed Mutlu (2012, Ekim). "Genetik Algoritma Kullanılarak Ders Çizelgeme Yazılımının Geliştirilmesi". Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara.

Yılmaz, Atınç (2017). *Yapay Zeka*, İstanbul: Kodlab.

İnternet Kaynakları

Dijital Dönüşüm Ofisi (2022). “Dijital Dönüşüm”, Erişim adresi: <https://cbddo.gov.tr/Erişim> Tarihi: 10.12.2022).

Global AI Hub (2021). “Bulanık Mantık Nedir?” (Erişim adresi: <https://globalaihub.com/bulanik-mantik/>, Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Yapay Zeka (2022). “Yapay Zeka ve Teknoloji”, Erişim adresi: <https://www.yapayzekatr.com>, Erişim Tarihi: (10.12.2022).

www.asyatrafik.com



ÖZ GEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Oğuz DURAK

Uyruğu : T.C.

